



सत्यमेव जयते

ভারতের সংবিধান

প্রস্তাবনা

“আমরা, ভারতের জনগণ, ভারতকে সার্বভৌম, সমাজতান্ত্রিক, ধর্মনিরপেক্ষ, গণতান্ত্রিক, সাধারণতন্ত্ররূপে গড়ে তুলতে এবং তার সকল নাগরিকই যাতে সামাজিক, অর্থনৈতিক ও রাজনৈতিক, ন্যায়বিচার, চিন্তা, মতপ্রকাশ, বিশ্বাস, ধর্ম এবং উপাসনার স্বাধীনতা, সামাজিক প্রতিষ্ঠা অর্জন ও সুযোগের সমতা প্রতিষ্ঠা এবং তাদের সকলের মধ্যে ব্যক্তির মর্যাদা এবং জাতীয় ঐক্য ও সংহতি সুনিশ্চিতকরণের মাধ্যমে তাদের মধ্যে যাতে ভ্রাতৃত্বের ভাব গড়ে ওঠে তার জন্য সত্যনিষ্ঠার সঙ্গে শপথ গ্রহণ করে, আমাদের গণপরিষদে আজ ১৯৪৯ সালের ২৬ নভেম্বর, এতদ্বারা এই সংবিধান গ্রহণ, বিধিবদ্ধ এবং নিজেদের অর্পণ করছি।”



Constitution of India

Part IV A (Article 51 A)

Fundamental Duties

It shall be the duty of every citizen of India —

- (a) to abide by the Constitution and respect its ideals and institutions, the National Flag and the National Anthem;
- (b) to cherish and follow the noble ideals which inspired our national struggle for freedom;
- (c) to uphold and protect the sovereignty, unity and integrity of India;
- (d) to defend the country and render national service when called upon to do so;
- (e) to promote harmony and the spirit of common brotherhood amongst all the people of India transcending religious, linguistic and regional or sectional diversities; to renounce practices derogatory to the dignity of women;
- (f) to value and preserve the rich heritage of our composite culture;
- (g) to protect and improve the natural environment including forests, lakes, rivers, wildlife and to have compassion for living creatures;
- (h) to develop the scientific temper, humanism and the spirit of inquiry and reform;
- (i) to safeguard public property and to abjure violence;
- (j) to strive towards excellence in all spheres of individual and collective activity so that the nation constantly rises to higher levels of endeavour and achievement;
- *(k) who is a parent or guardian, to provide opportunities for education to his child or, as the case may be, ward between the age of six and fourteen years.

Note: The Article 51A containing Fundamental Duties was inserted by the Constitution (42nd Amendment) Act, 1976 (with effect from 3 January 1977).

* (k) was inserted by the Constitution (86th Amendment) Act, 2002 (with effect from 1 April 2010).



রসায়ন

দ্বিতীয় ভাগ

একাদশ শ্রেণির পাঠ্যবই

প্রস্তুতকরণ

বিঃদ্রঃ ১ পৃষ্ঠা পর্যন্ত



एन सी ई आर टी
NCERT

জাতীয় শিক্ষা গবেষণা ও প্রশিক্ষণ পর্যদ, নতুন দিল্লি ।

অনুবাদ ও অভিযোজন

রাজ্য শিক্ষা গবেষণা ও প্রশিক্ষণ পর্যদ, ত্রিপুরা সরকার ।

© এন সি ই আর টি কর্তৃক সর্বস্বত্ব সংরক্ষিত

একাদশ শ্রেণির রসায়ন (দ্বিতীয় ভাগ) পাঠ্যবই

এন সি ই আর টি-র Chemistry Vol-II
পাঠ্যপুস্তকের ২০১৮ সালের পুনর্মুদ্রণের অনূদিত সংস্করণ

এন সি ই আর টি অনুমোদিত প্রথম বাংলা সংস্করণ

প্রথম প্রকাশ : মার্চ, ২০১৯

পুনর্মুদ্রণ : মার্চ, ২০২০

প্রচ্ছদ : মরণ চন্দ্র শীল

অঙ্কর বিন্যাস : সমীরণ দেবনাথ, শিক্ষক
মরণ চন্দ্র শীল

মূল্য : ১২০ টাকা মাত্র

মুদ্রক : সত্যযুগ এমপ্লয়িজ কো-অপারেটিভ
ইন্ডাস্ট্রিয়াল সোসাইটি লিমিটেড,
১৩ প্রফুল্ল সরকার স্ট্রিট, কলকাতা-৭২

প্রবণাঙ্ক

অধিকর্তা

রাজ্য শিক্ষা গবেষণা ও প্রশিক্ষণ পর্যদ, ত্রিপুরা সরকার ।

ভূমিকা

২০০৬ সাল থেকে রাজ্য শিক্ষা গবেষণা ও প্রশিক্ষণ পর্যদ প্রথম থেকে অষ্টম শ্রেণি পর্যন্ত প্রাথমিক ও উচ্চপ্রাথমিক স্তরের পাঠ্যপুস্তকের মুদ্রণ ও প্রকাশের দায়িত্ব পালন করে আসছে।

রাজ্যের বিদ্যালয়স্তরে উন্নত ও সমৃদ্ধতর পাঠ্যক্রম চালু করার লক্ষ্যে ত্রিপুরা রাজ্য শিক্ষা দপ্তরের প্রচেষ্টায় প্রথম থেকে অষ্টম, নবম ও একাদশ শ্রেণির জন্য ২০১৯ শিক্ষাবর্ষ থেকে জাতীয় শিক্ষা গবেষণা ও প্রশিক্ষণ পর্যদের (এন সি ই আর টি) পাঠ্যপুস্তকসমূহ গ্রহণ করার সিদ্ধান্ত নেওয়া হয়।

বাংলা বিষয় ছাড়া অন্যান্য বিষয়গুলোর জন্য জাতীয় শিক্ষা গবেষণা ও প্রশিক্ষণ পর্যদের প্রকাশিত পুস্তকগুলোর অনূদিত ও অভিযোজিত সংস্করণ ২০১৯ সালে প্রথম প্রকাশ করা হয় এবং এ বছর ওইসব পুস্তকগুলোর পুনর্মুদ্রণ করা হল। পাশাপাশি দশম ও দ্বাদশ শ্রেণির বাংলা বিষয় ছাড়া অন্যান্য বিষয়গুলোর জন্য জাতীয় শিক্ষা গবেষণা ও প্রশিক্ষণ পর্যদের প্রকাশিত পুস্তকগুলোর অনূদিত ও অভিযোজিত সংস্করণ ২০২০ শিক্ষাবর্ষে প্রথম প্রকাশ করা হয়। এখানে উল্লেখ্য যে, বাংলা বিষয়ে পাঠ্যপুস্তক প্রকাশনার দায়িত্বও রাজ্য শিক্ষা গবেষণা ও প্রশিক্ষণ পর্যদ পালন করে আসছে।

বিশাল এই কর্মকাণ্ডে যেসব শিক্ষক-শিক্ষিকা, অধ্যাপক-অধ্যাপিকা, শিক্ষাবিদ, অনুবাদক, অনুলেখক, মুদ্রণকর্মী ও শিল্পীরা আমাদের সঙ্গে থেকে নিরলসভাবে অক্লান্ত পরিশ্রমে এই উদ্যোগ বাস্তবায়িত করেছেন তাদের সবাইকে সকৃতজ্ঞ ধন্যবাদ জানাচ্ছি।

প্রকাশিত এই পাঠ্যপুস্তকটির উৎকর্ষ ও সৌন্দর্য বৃদ্ধির জন্য শিক্ষানুরাগী ও গুণীজনের মতামত ও পরামর্শ বিবেচিত হবে।

আগরতলা
মার্চ, ২০২০

উত্তম কুমার চাকমা
অধিকর্তা
রাজ্য শিক্ষা গবেষণা ও প্রশিক্ষণ পর্যদ

উ পদেষ্টা

ড. অর্ণব সেন, সহ অধ্যাপক, এন ই আর আই ই (এন সি ই আর টি), শিলং

ড. অরূপ কুমার সাহা, সহ অধ্যাপক, আর আই ই (এন সি ই আর টি), ভুবনেশ্বর।

অনুবাদ

সুভাষ চন্দ্র দাস, শিক্ষক

শৈবাল রায়, শিক্ষক

বিশ্বজিৎ চৌধুরী, শিক্ষক

শীলা গণ চৌধুরী, শিক্ষিকা

গৌতম রায় বর্মণ, শিক্ষক

নন্দদুলাল চৌধুরী, শিক্ষক

পরিমার্জনা

ইন্দুমাধব চক্রবর্তী, অবসরপ্রাপ্ত শিক্ষক

প্রবুদ্ধ সুন্দর কর, শিক্ষক

সৌমিত্র কিশোর সরকার, শিক্ষক

প্রাক্কথন

জাতীয় পাঠ্যক্রমের রূপরেখা (২০০৫)-এর নির্দেশ অনুযায়ী, শিশুদের স্কুলজীবন ও স্কুলের বাইরের জীবনের মধ্যে একটি বিশেষ সম্পর্ক থাকা খুব প্রয়োজন। তার কারণ, শিশুদের শিক্ষা যদি শুধুমাত্র স্কুল এবং পাঠ্যবইয়ের গণ্ডির মধ্যে সীমিত থাকে, তাহলে সেইসব শিশুদের স্কুল, বাড়ি এবং সম্প্রদায়— এই তিন জায়গার শিক্ষায় একটি বড়ো ফাঁক থাকার সম্ভাবনা রয়ে যায়। মূলত এই শূন্যস্থানটাকে পূরণ করার লক্ষ্যেই জাতীয় পাঠ্যক্রমের রূপরেখার উপর ভিত্তি করে নতুন পাঠ্যক্রম ও নতুন ধরনের পাঠ্যবই তৈরি করার উদ্যোগ নেওয়া হয়েছে। এর ফলে শিশুদের মুখস্থ করা এবং চারদেয়ালের মধ্যে তীব্রভাবে আবদ্ধ করে বিভিন্ন বিষয়ে শিক্ষার প্রবণতা আবদ্ধ করে বিভিন্ন শিক্ষার করার বন্ধ হবে বলে মনে করা হচ্ছে। পাশাপাশি এটাও আশা করা হচ্ছে যে, এই পরিবর্তন জাতীয় শিক্ষানীতির (১৯৮৬) শিশুকেন্দ্রিক শিক্ষার লক্ষ্যকে উল্লেখযোগ্যভাবে এগিয়ে নিয়ে যাবে।

তবে এই ধরনের প্রচেষ্টার সাফল্য অনেকটাই নির্ভর করছে স্কুলের প্রধান শিক্ষক এবং অন্যান্য শিক্ষক/শিক্ষিকাদের উপরে, যাঁরা শিশুদের শিখন সম্পর্কে প্রশ্ন করতে এবং বিভিন্ন কাজে শিশুদের কল্পনাক্রমের প্রয়োগ করতে উৎসাহিত করবেন। আমাদের এটা মনে রাখা খুব জরুরি, শিশুরা যদি সময়, স্থান এবং স্বাধীনভাবে কাজ করার সুযোগ পায়, তাহলে বড়োদের কাছ থেকে প্রাপ্ত জ্ঞান নিয়ে তারা নতুন অনেক কিছু সৃষ্টি করতে পারবে। একমাত্র পাঠ্যবই পড়েই পরীক্ষায় পাস করা যায় - মূলত এই ধারণার ফলেই শিক্ষার অন্যান্য দিকগুলো সর্বদা উপেক্ষিত হয়ে থাকে। আমাদের ভুলে গেলে চলবে না, শিশুদের মধ্যে সৃজনশীলতার বিকাশ তখনই সম্ভব, যখন আমরা ওদের এই গোটা শিখন প্রক্রিয়ার কেবলমাত্র গ্রহীতা না ভেবে একটা পূর্ণ অংশীদার মনে করব।

তবে এই লক্ষ্যপূরণ করতে গেলে স্কুলের দৈনন্দিন কার্যসূচি ও ব্যবস্থাপনায় অনেক ধরনের পরিবর্তন আশা অনিবার্য। স্কুলের দৈনন্দিন সময় সূচি যেমন নমনীয় হওয়া উচিত, ঠিক তেমনই বার্ষিক কার্যসূচি এমনভাবে তৈরি হওয়া প্রয়োজন যাতে শিক্ষাদানের দিনগুলোর সংখ্যায় কোনো পরিবর্তন না আসে। তবে বাস্তবে এই নতুন পাঠ্যবই শিশুদের কতটুকু কাজে লাগবে, ওদের স্কুলজীবন কতটা সমৃদ্ধ করবে কিংবা ওদের স্কুলজীবনকে দুর্বিসহ করে তুলবে কিনা, সবটাই নির্ভর করছে শিক্ষক/শিক্ষিকারা কী পদ্ধতি অবলম্বন করে এই বইটি স্কুলে পড়াবেন এবং কীভাবে সেই পড়ার মূল্যায়ন করবেন। বিগত দিনগুলোর ন্যায় শিশুদের যাতে পাঠ্যবইয়ের বোঝা বইতে না হয়, এই নতুন পাঠ্যক্রম তৈরি করার সময় এই ব্যাপারে বিশেষ নজর দেওয়া হয়েছে। তার জন্য শিক্ষাদানের প্রদত্ত সময় এবং শিশুদের মানসিক বিকাশের কথা মাথায় রেখে প্রতিটি স্তরের পাঠ্যবইয়ে অন্তর্ভুক্ত শিক্ষার বিষয়বস্তুগুলো এক নতুন দৃষ্টিভঙ্গি নিয়ে পুনর্গঠন করা হয়েছে। এই প্রচেষ্টাকে আরো এগিয়ে নিয়ে যাবার জন্য এই পাঠ্যবইয়ের মাধ্যমে শিশুদের নানারকম প্রশ্ন করা, নতুন বিষয় নিয়ে ভাবনা-চিন্তা, তর্ক-বিতর্ক, ছোটো ছোটো গ্রুপ বানিয়ে আলোচনা করা এবং হাতে-কলমে শিক্ষা এইসব কিছুর উপর গুরুত্ব আরোপ করা হয়েছে।

পাঠ্যবই উন্নয়ন কমিটির দায়িত্বপ্রাপ্ত সকল ব্যক্তিবর্গ যাঁরা কঠোর পরিশ্রম করে এই বইটি রূপায়ণ করেছেন তাঁদেরকে এন সি ই আর টি প্রশংসা জানাচ্ছে। এই কমিটির কার্যকলাপকে সঠিক পথে চালিত করার জন্য বিজ্ঞান ও গণিত বিষয়ের উপদেষ্টা কমিটির চেয়ারপার্সন অধ্যাপক জে ভি নারলিকর এবং এই পাঠ্য বইয়ের মুখ্য উপদেষ্টা অধ্যাপক বি এল খান্ডেলওয়াল মহোদয়গণের প্রতি আন্তরিক কৃতজ্ঞতা এবং ধন্যবাদ জ্ঞাপন করছি। এই পাঠ্যবই পুনর্গঠনের পিছনে বহু শিক্ষক/শিক্ষিকার অবদান অনস্বীকার্য।

আমরা সেইসব স্কুলের প্রধান শিক্ষকদেরও বিশেষভাবে ধন্যবাদ জানাচ্ছি। এই পাঠ্যবই তৈরির ক্ষেত্রে যেসব প্রতিষ্ঠান এবং সংগঠন তাঁদের বহুমূল্য সম্পদ, উপাদান এবং লোকবল নিয়ে কাজ করার অনুমতি দিয়ে উদার মনের পরিচয় দিয়েছেন, তাঁদের সবার প্রতি আমরা বিশেষভাবে কৃতজ্ঞতা স্বীকার করছি এবং ধন্যবাদ জানাচ্ছি। মানব সম্পদ উন্নয়ন মন্ত্রকের (এম এইচ আর ডি) চেয়ারপার্সন অধ্যাপক মুগাল মিরি এবং অধ্যাপক জি পি দেশপান্ডের তত্ত্ববধানে মাধ্যমিক এবং উচ্চতর শিক্ষা বিভাগ দ্বারা নিযুক্ত জাতীয় পর্যবেক্ষণ সমিতির সদস্যদের বহুমূল্য সময় ও অবদানের জন্য পর্যদের পক্ষ থেকে তাঁদের বিশেষ ধন্যবাদ জ্ঞাপন করছি। নিজেদের প্রকাশনা এবং ব্যবস্থাপনার গুণগত মান সংস্কারের কাজে নিরন্তর নিয়োজিত থাকা এন সি ই আর টি কর্তৃপক্ষ সর্বদা পাঠকদের মতামত এবং পরামর্শকে স্বাগত জানায়, যাতে ভবিষ্যতে পাঠ্যবই সংশোধনী প্রক্রিয়াগুলো সফলভাবে সম্পন্ন হতে পারে।

নিউ দিল্লি

২০ ডিসেম্বর, ২০০৫

অধিকর্তা

রাষ্ট্রীয় শিক্ষা গবেষণা এবং প্রশিক্ষণ পরিষদ

(এন সি ই আর টি)

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 effectively for editing, reviewing, refining and finalisation of the manuscript of this book: G.T. Bhandage, *Professor*, RIE, Mysuru; 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 Sarada, *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), Mother's 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.

We express gratitude to R.S. Sindhu, *Professor (Retd.)*, DESM, NCERT, New Delhi, for editing, reviewing and refining the textbook right from the initial stage.

We are also grateful to Ruchi Verma, *Associate Professor*, DESM, NCERT, New Delhi; Pramila Tanwar, *Assistant Professor*, DESM, NCERT, New Delhi; R.B. Pareek, *Associate Professor*, RIE, Ajmer and A.K. Arya, *Associate professor*, RIE, Ajmer, for reviewing and refining the content of the textbook.

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 and Hari Darshan Lodhi *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.

সূচিপত্র

অষ্টম অধ্যায় : [রেডক্স (জারণ ও বিজারণ) বিক্রিয়া সমূহ]

পৃষ্ঠা - (263- 283)

- 8.1 রেডক্স বিক্রিয়ার সনাতন ধারণা - জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়াসমূহ
- 8.2 ইলেকট্রন স্থানান্তরের বিনিময়ের ভিত্তিতে রেডক্স বিক্রিয়াসমূহ
- 8.3 জারণ সংখ্যা
- 8.4 রেডক্স বিক্রিয়াসমূহ এবং তড়িৎদ্বার প্রক্রিয়াসমূহ

নবম অধ্যায় : হাইড্রোজেন

পৃষ্ঠা - (284- 298)

- 9.1 পর্যায় সারণিতে হাইড্রোজেনের অবস্থান
- 9.2 ডাই হাইড্রোজেন
- 9.3 ডাই হাইড্রোজেনের প্রস্তুতি
- 9.4 ডাই হাইড্রোজেনের ধর্মসমূহ
- 9.5 হাইড্রাইডসমূহ
- 9.6 জল
- 9.7 হাইড্রোজেন পার অক্সাইড
- 9.8 ভারী জল
- 9.9 জ্বালানি হিসেবে ডাই হাইড্রোজেন

দশম অধ্যায় : (S- ব্লক মৌলসমূহ)

পৃষ্ঠা - (299- 314)

- 10.1 গ্রুপ-I মৌলসমূহ : ক্ষার ধাতুসমূহ
- 10.2 ক্ষারধাতুর যৌগগুলোর সাধারণ বৈশিষ্ট্য
- 10.3 লিথিয়ামের ব্যতিক্রমী ধর্মসমূহ
- 10.4 সোডিয়ামের গুরুত্বপূর্ণ যৌগসমূহ
- 10.5 সোডিয়াম এবং পটাশিয়ামের জৈবিক গুরুত্ব
- 10.6 গ্রুপ-II মৌল সমূহ : ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুসমূহ
- 10.7 ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর যৌগসমূহের সাধারণ বৈশিষ্ট্য
- 10.8 বেরিলিয়ামের অস্বাভাবিক আচরণ
- 10.9 ক্যালশিয়ামের কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ যৌগ
- 10.10 ম্যাগনেসিয়াম এবং ক্যালশিয়ামের জৈবিক গুরুত্ব

একাদশ অধ্যায় : (P- ব্লক মৌল সমূহ)

পৃষ্ঠা - (315- 333)

- 11.1 গ্রুপ -13 মৌল সমূহ : বোরণ পরিবার
- 11.2 বোরণের ব্যতিক্রমী ধর্ম এবং গুরুত্বপূর্ণ প্রবণতাসমূহ
- 11.3 বোরণের কিছু গুরুত্বপূর্ণ যৌগ
- 11.4 বোরণ, অ্যালুমিনিয়াম এবং এদের যৌগসমূহের ব্যবহার

- 11.5 গ্রুপ-14 মৌল সমূহ : কার্বন পরিবার
- 11.6 কার্বনের অস্বাভাবিক আচরণ এবং গুরুত্বপূর্ণ প্রবণতাসমূহ
- 11.7 কার্বনের বহুবুপতা
- 11.8 কার্বন ও সিলিকনের কিছু গুরুত্বপূর্ণ যৌগ

দ্বাদশ অধ্যায় : (জৈব রসায়নের কিছু মৌলিক নীতি ও ক্রিয়াকৌশল)

পৃষ্ঠা - (334- 372)

- 12.1 সাধারণ ভূমিকা
- 12.2 কার্বনের চতুর্ভুজতা : জৈব যৌগের আকৃতিসমূহ
- 12.3 জৈব যৌগসমূহের গঠন সংকেত প্রকাশ
- 12.4 জৈব যৌগসমূহের শ্রেণিবিভাগ
- 12.5 জৈবযৌগসমূহের নামকরণ
- 12.6 সমাংশতা
- 12.7 জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়ার ক্রিয়াকৌশলের মৌলিক ধারণাসমূহ
- 12.8 জৈব যৌগগুলোর বিশুদ্ধিকরণের পদ্ধতিসমূহ
- 12.9 জৈব যৌগ সমূহের গুণগত বিশ্লেষণ
- 12.10 পরিমাণগত বিশ্লেষণ

ত্রয়োদশ অধ্যায় : (হাইড্রোকার্বনসমূহ)

পৃষ্ঠা - (373- 406)

- 13.1 শ্রেণিবিভাগ
- 13.2 অ্যালকেনসমূহ
- 13.3 অ্যালকিনসমূহ
- 13.4 অ্যালকাইনসমূহ
- 13.5 অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন
- 13.6 ক্যাটারজেনক পদার্থের তীব্রতা এবং বিষাক্ততা

চতুর্দশ অধ্যায় : (পরিবেশ রসায়ন)

পৃষ্ঠা - (407- 423)

- 14.1 পরিবেশ দূষণ
- 14.2 বায়ুমণ্ডলীয় দূষণ
- 14.3 জলদূষণ
- 14.4 মৃত্তিকা দূষণ
- 14.5 শিল্প বর্জ্য
- 14.6 পরিবেশ দূষণ নিয়ন্ত্রণের কৌশল
- 14.7 সবুজ রসায়ন

- উত্তরমালা

পৃষ্ঠা - (424- 426)

রেডক্স বিক্রিয়া (REDOX REACTIONS)

উদ্দেশ্য

এই অধ্যায়টি অধ্যয়নের পর তুমি নিম্নলিখিত বিষয়গুলো জানতে সমর্থ হবে।

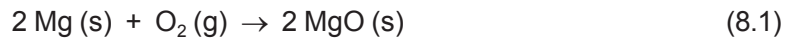
- * রেডক্স বিক্রিয়াটি এমন এক ধরনের বিক্রিয়া হিসেবে সনাক্ত করতে পারবে যেখানে জারণ ও বিজারণ যুগপৎ ঘটে।
- * জারণ, বিজারণ, জারক দ্রব্য, বিজারক দ্রব্যের সংজ্ঞা
- * ইলেকট্রন আদান প্রদানের মাধ্যমে রেডক্স বিক্রিয়ার ক্রিয়া কৌশলের ব্যাখ্যা।
- * জারণ সংখ্যার ধারণা ব্যবহার করে কোনো বিক্রিয়ায় জারক দ্রব্য ও বিজারক দ্রব্য সনাক্তকরণ।
- * সংযোজন, বিয়োজন, প্রতিস্থাপন, অসমঞ্জস্য বিক্রিয়া গুলো রেডক্স বিক্রিয়া হিসেবে শ্রেণীবদ্ধকরণ
- * বিভিন্ন জারক ও বিজারক দ্রব্যের তুলনামূলক ক্রম।
- * রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমতা বিধান করতে পারবে।
 - ১) জারণ সংখ্যা পদ্ধতির দ্বারা
 - ২) অর্ধবিক্রিয়া পদ্ধতির দ্বারা
- * তড়িৎদ্বার প্রক্রিয়ার ভিত্তিতে জারণ ও বিজারণের ধারণা শিখতে পারবে।

“ জারণ ও বিজারণ যুগপৎ হয়। জারণ ও বিজারণ রসায়নের একটি গুরুত্বপূর্ণ অধ্যায়। ”

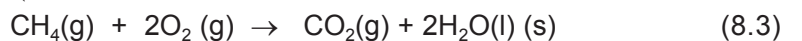
রসায়নে আলোচনার বিষয়বস্তু হল পদার্থের বৈচিত্র্য এবং তার রূপান্তর। বিভিন্ন বিক্রিয়ার মাধ্যমে পদার্থের রূপান্তর সম্ভব। তাদের মধ্যে একটি গুরুত্বপূর্ণ বিভাগ হলো জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়া তথা রেডক্স বিক্রিয়া। অনেকরকম ভৌত এবং জৈবিক পরিবর্তন রেডক্স বিক্রিয়ার অন্তর্গত। উল্লেখযোগ্য ক্ষেত্রগুলো যেমন ঔষধি শিল্প, জীব বিজ্ঞান সংক্রান্ত ক্ষেত্র, শিল্প কারখানা, কৃষিজ শিল্প এবং ধাতুবিদ্যায় রেডক্স বিক্রিয়ার বহুল ব্যবহার রয়েছে। এই গুলির পাশাপাশি বিভিন্ন রকমের জ্বালানীর দহনের ফলে যে শক্তি পাওয়া যায় তার দ্বারা গার্হস্থ্যে, পরিবহন শিল্পে, বাণিজ্যিক ক্ষেত্রেও রেডক্স বিক্রিয়ার ব্যবহার স্পষ্ট। তাছাড়া তড়িৎ রাসায়নিক বিক্রিয়ার দ্বারা খুব সক্রিয় ধাতু ও অধাতুর নিষ্কাশন প্রক্রিয়া, রাসায়নিক যৌগের উৎপাদন (যেমন কস্টিক সোডা), শুল্ক এবং সিক্ত ব্যাটারীর কার্যপ্রণালী এবং ধাতুক্ষয়ের প্রক্রিয়া ও রেডক্স বিক্রিয়ার অন্তর্গত। বর্তমানে পরিবেশবান্ধব কিছু পদক্ষেপ নেওয়া হয়েছে যেগুলি রেডক্স বিক্রিয়ার আওতাভুক্ত, যেমন তরল হাইড্রোজেনকে জ্বালানী হিসেবে ব্যবহার করা (Hydrogen economy) এবং ওজোন গহ্বরের (Ozone Hole) বিস্তার।

8.1 রেডক্স বিক্রিয়ার সনাতন ধারণা—জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়া সমূহ (CLASSICAL IDEA OF REDOX REACTIONS – OXIDATION AND REDUCTION REACTIONS)

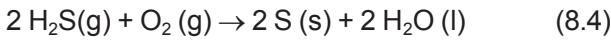
মূলত, মৌল বা যৌগের সঙ্গে অক্সিজেনের সংযোজনই হল জারণ। বায়ুমণ্ডলে ডাইঅক্সিজেন ($\approx 20\%$) এর উপস্থিতির জন্যই ভূপৃষ্ঠে বেশিরভাগ মৌলই জারিত হয়ে অক্সাইড রূপে থাকে। জারণের সীমাবদ্ধ সংজ্ঞা অনুসারে নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলো জারণ প্রক্রিয়াকে নির্দেশ করে :



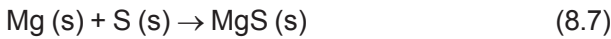
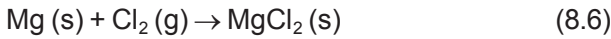
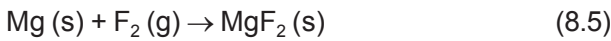
8.1 এবং 8.2 বিক্রিয়ায় ম্যাগনেসিয়াম ও সালফার মৌল অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হওয়ার ফলে জারিত হয়েছে। অনুরূপে মিথেন, অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে জারিত হয়।



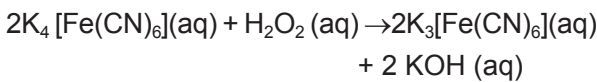
8.3 বিক্রিয়াটি সতর্কতার সাথে পরীক্ষা করলে দেখা যায় হাইড্রোজেন অক্সিজেন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়েছে। তাই মিথেন থেকে হাইড্রোজেনের অপসারণ, জারণ দ্বারা ব্যাখ্যা করতে রসায়নবিদদের উদ্বুদ্ধ করে, সুতরাং বৃহৎ অর্থে পদার্থ থেকে হাইড্রোজেনের অপসারণ জারণের সংজ্ঞায় যুক্ত করা হয়েছে। হাইড্রোজেনের অপসারণে জারণ বিক্রিয়া হয়, নীচে আরও একটি উদাহরণের সাহায্যে দেখানো হলো।



স্বাভাবিক ভাবেই রসায়নবিদদের জ্ঞানের পরিধি থেকে বিস্তার লাভ করেছিল যে, 8.1 - 8.4 বিক্রিয়াগুলোর মত অন্যান্য তড়িৎ ঋণাত্মক মৌলের সংযোগেও জারণ সম্ভব যেখানে অক্সিজেন জড়িত নয়। ম্যাগনেসিয়ামের সঙ্গে ফ্লোরিন, ক্লোরিন ও সালফারের সংযোগে জারণ হয় নীচের বিক্রিয়া গুলোতে দেখানো হলো :



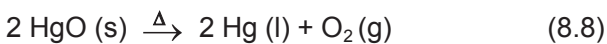
8.5 - 8.7 সঙ্গাবদ্ধ রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলো রসায়নবিদদের বিবেচনা করতে উৎসাহিত করল যে কেবলমাত্র হাইড্রোজেনের অপসারণই জারণ নয়, তড়িৎ ধনাত্মক মৌলের অপসারণেও জারণ হয়। এরূপ একটি বিক্রিয়া হলো:



উপরের বিক্রিয়ায় পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড থেকে পটাসিয়াম অপসারিত হয়ে পটাসিয়াম ফেরিসায়ানাইডে রূপান্তর প্রক্রিয়াটি জারণ ক্রিয়াকে ব্যাখ্যা করে।

সুতরাং সংক্ষেপে জারণের সংজ্ঞা হল, কোনো পদার্থের সাথে অক্সিজেন তথা তড়িৎ ঋণাত্মক মৌলের সংযোজন বা কোনো পদার্থ থেকে হাইড্রোজেন বা তড়িৎ ধনাত্মক মৌলের অপসারণ। শুরুর্তেই বলা যায় কোনো যৌগ থেকে অক্সিজেনের অপসারণ হল বিজারণ। তবে বর্তমানে বিস্তীর্ণক্ষেত্রে বিজারণ হল, কোনো যৌগ থেকে অক্সিজেন বা তড়িৎ ঋণাত্মক মৌলের অপসারণ অথবা কোনোও পদার্থের সঙ্গে হাইড্রোজেন বা তড়িৎ ধনাত্মক মৌলের সংযোজন।

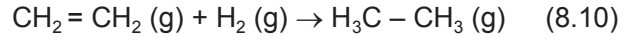
উপরের সংজ্ঞা অনুযায়ী নীচে বিজারণ বিক্রিয়ার কতকগুলো উদাহরণ দেওয়া হলো



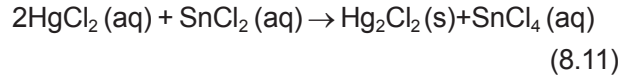
(মারকিউরিক অক্সাইড থেকে অক্সিজেনের অপসারণ)



(ফেরিক ক্লোরাইড থেকে তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল ক্লোরিন এর অপসারণ)



(হাইড্রোজেনের সংযোজন)

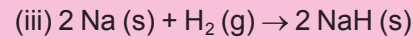
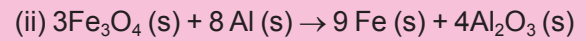
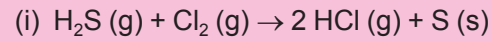


(মারকিউরিক ক্লোরাইডের সাথে মারকারীর সংযোজন)

8.11 বিক্রিয়ায় একইসঙ্গে স্ট্যানাস ক্লোরাইড স্ট্যানিক ক্লোরাইডে জারিত হয়েছে, কারণ তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল ক্লোরিন, স্ট্যানাস ক্লোরাইডের সাথে যুক্ত হয়েছে। সুতরাং এর থেকে বলা যায় জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়া যুগপৎ ঘটে। উপরের সবগুলো বিক্রিয়া পুনঃপরীক্ষা করলে দেখা যায় জারণ বিজারণ একই সাথে ঘটে। তাই জারণ ও বিজারণ নিয়ে রেডক্সের উদ্ভাবন।

সমস্যা : 8.1

নীচের বিক্রিয়াগুলিতে কোন্ পদার্থের জারণ ও বিজারণ হয়েছে সনাক্ত কর।



সমাধান :

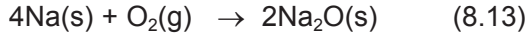
(i) H_2S জারিত হয়েছে, কারণ বেশি তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল ক্লোরিন হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়েছে (অথবা বেশি তড়িৎ ধনাত্মক মৌল হাইড্রোজেন, সালফার থেকে অপসারিত হয়েছে)। ক্লোরিন নিজে বিজারিত হয়েছে কারণ এর সঙ্গে হাইড্রোজেন যুক্ত হয়েছে।

(ii) অ্যালুমিনিয়াম জারিত হয়েছে কারণ এর সহিত অক্সিজেন যুক্ত হয়েছে। ফেরাস ফেরিক অক্সাইড (Fe_3O_4) বিজারিত হয়েছে কারণ এর থেকে অক্সিজেন অপসারিত হয়েছে।

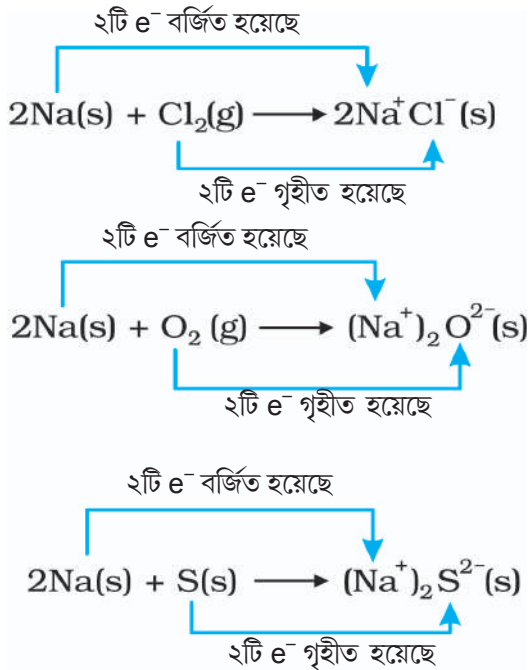
(iii) তড়িৎ ঋণাত্মকতার ধারণা যথাযথ প্রয়োগ করে সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যায় যে, সোডিয়াম জারিত হয়েছে এবং হাইড্রোজেন বিজারিত হয়েছে।

বিক্রিয়া (iii) থেকে রেডক্স তথা জারণ বিজারণের সংজ্ঞা অন্যভাবে চিন্তা করতে অনুপ্রাণিত করে।

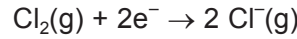
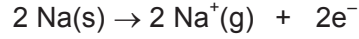
8.2 ইলেক্ট্রন বিনিময় দ্বারা রেডক্স বিক্রিয়া সমূহ : (REDOX REACTIONS IN TERMS OF ELECTRON TRANSFER REACTIONS)



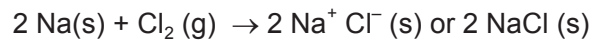
আমরা যথারীতি শিখেছি যে উপরের বিক্রিয়া গুলোর প্রতিটি রেডক্স বিক্রিয়া। কারণ, সোডিয়ামের সঙ্গে অক্সিজেন বা তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল যুক্ত হওয়ার ফলে সোডিয়াম জারিত হয়েছে। একইসঙ্গে ক্লোরিন, অক্সিজেন ও সালফার বিজারিত হয়েছে কারণ এদের সঙ্গে অধিকতর তড়িৎ ধনাত্মক মৌল সোডিয়াম যুক্ত হয়েছে। বন্ধনের রাসায়নিক জ্ঞান থেকে আমরা জানতে পারি সোডিয়াম ক্লোরাইড, সোডিয়াম অক্সাইড এবং সোডিয়াম সালফাইড হলো তড়িৎযোজী যৌগ। তাই এদেরকে সম্ভবত $\text{Na}^+\text{Cl}^-(\text{s})$, $(\text{Na}^+)_2\text{O}^{2-}(\text{s})$ এবং $(\text{Na}^+)_2\text{S}^{2-}(\text{s})$ এইভাবে লেখাই উচিত। 8.12 থেকে 8.14 পর্যন্ত যৌগগুলোতে আধান উৎপন্ন হয় তাই বিক্রিয়াগুলোকে নিম্নলিখিত উপায়ে প্রকাশ করা উচিত।



সুবিধার জন্য উপরের প্রত্যেকটি বিক্রিয়া দুইটি পৃথক ধাপে সম্পন্ন হয় বলে বিবেচনা করা যেতে পারে। একটি হল ইলেক্ট্রন বর্জন এবং অপরটি হল ইলেক্ট্রন গ্রহণ। দৃষ্টান্ত হিসেবে এগুলোর মধ্যে সোডিয়াম ক্লোরাইডের গঠন আলোচনা করা হল।



প্রত্যেকটি ধাপকে বলা হবে এক একটি অর্ধবিক্রিয়া যেখানে স্পষ্টভাবে ইলেক্ট্রন দায়ী। দুটি অর্ধবিক্রিয়াকে যোগ করলে সমগ্র বিক্রিয়াটি পাওয়া যাবে।



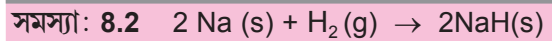
8.12 - 8.14 বিক্রিয়াগুলি স্পষ্টতই যে অর্ধ বিক্রিয়াটি ইলেক্ট্রন বর্জনের সঙ্গে যুক্ত সেটি হল জারণ বিক্রিয়া। অনুরূপে যে অর্ধবিক্রিয়াটি ইলেক্ট্রন গ্রহণ দ্বারা সম্পন্ন হয়েছে সেটি হল বিজারণ বিক্রিয়া। এখানে উল্লেখ্য যে, পদার্থের আচরণের ভিত্তিতে, সনাতন মতবাদ অনুসারে জারণ ও বিজারণের যে সংজ্ঞা প্রচলিত আছে তার সাথে ইলেক্ট্রন বিনিময়ের দ্বারা নতুন জারণ বিজারণের সংজ্ঞার যে আন্তঃসম্পর্ক স্থাপন করা হয়েছে আলোচ্য সূচির বর্হিভূত হবে না।

8.12 - 8.14 বিক্রিয়ায় সোডিয়াম নিজে জারিত হয়েছে, তাই সোডিয়াম বিজারক দ্রব্য রূপে কাজ করে, কারণ প্রত্যেকটি বিক্রিয়াকারী মৌলকেই সোডিয়াম ইলেক্ট্রন দানের মাধ্যমে বিজারিত করে। ক্লোরিন, অক্সিজেন এবং সালফার নিজে বিজারিত হয় এবং জারক দ্রব্য রূপে কাজ করে কারণ এই মৌলগুলো সোডিয়াম থেকে ইলেক্ট্রন গ্রহণ করে। সুতরাং সংক্ষেপে আমরা উল্লেখ করতে পারি যে -

জারণ : কোনোও পদার্থ থেকে এক বা একাধিক ইলেক্ট্রন বর্জন।
বিজারণ : কোনোও পদার্থ কর্তৃক এক বা একাধিক ইলেক্ট্রন গ্রহণ।

জারক দ্রব্য : যে সব পদার্থ এক বা একাধিক ইলেক্ট্রন গ্রহণ করে এরা জারক দ্রব্য।

বিজারক দ্রব্য : যে সব পদার্থ এক বা একাধিক ইলেক্ট্রন বর্জন করে এরা বিজারক দ্রব্য।

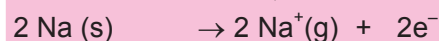


বিক্রিয়াটিকে রেডক্স বিক্রিয়া হিসেবে বিচার করো।

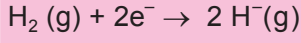
সমাধান :

উপরের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগটি আয়নিক প্রকৃতির, সেই হেতু একে $\text{Na}^+\text{H}^-(\text{s})$ এভাবে উপস্থাপন করাটাই যুক্তিযুক্ত।

এক্ষেত্রে একটি অর্ধবিক্রিয়া হলো



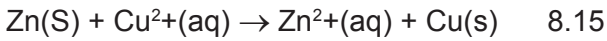
এবং অপর অর্ধবিক্রিয়াটি হল



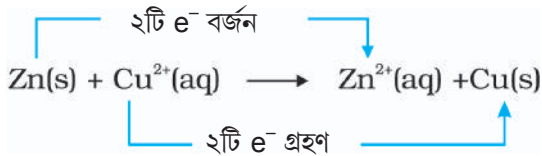
দুটি অর্ধবিক্রিয়ার বিভাজন থেকে সহজেই বলা যায় যে সোডিয়াম জারিত হয়েছে এবং হাইড্রোজেন বিজারিত হয়েছে। সুতরাং এটি সম্পূর্ণরূপে জারণ-বিজারণ বা রেডক্স বিক্রিয়া।

8.2.1 ইলেকট্রন স্থানান্তরের প্রবণতার উপর নির্ভর করে রাসায়নিক বিক্রিয়া সমূহ (Competitive Electron Transfer Reactions)

কপার নাইট্রেট এর জলীয় দ্রবণে একটি ধাতব জিঙ্ক পাতকে এক ঘন্টা রেখে দাও যেমনটা চিত্র 8.1 এ দেখানো হয়েছে। তুমি দেখতে পাবে জিঙ্ক দণ্ডের উপরে কপারের বাদামি আস্তরণ পরেছে এবং কপার নাইট্রেটের নীলবর্ণের দ্রবণ বর্ণহীন হয়েছে। বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলোর মধ্যে Zn^{2+} তৈরি হওয়ার জন্য Cu^{2+} এর নীলবর্ণ বর্ণহীন হয়েছে। জাতক হিসেবে Zn^{2+} আয়নের উৎপাদন খুব সহজেই বিচার করা যায় যখন Cu^{2+} এর সম্পূর্ণ প্রতিস্থাপনের ফলে দ্রবণের নীলবর্ণ সম্পূর্ণরূপে চলে যায়। Zn^{2+} আয়নযুক্ত বর্ণহীন দ্রবণে যদি H_2S গ্যাস চালনা করা হয় তাহলে সাদাবর্ণের জিঙ্কসালফাইড উৎপন্ন হয়। অতঃপর অ্যামোনিয়া দ্বারা দ্রবণকে ক্ষারীয় করলে ZnS এর উপস্থিতি প্রমাণ করা যায়। জলীয় কপারনাইট্রেট দ্রবণের সঙ্গে ধাতব জিঙ্ক দণ্ডের বিক্রিয়াটি হল:

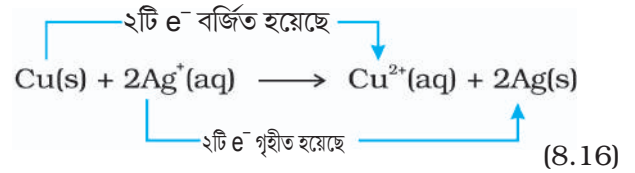


8.15 বিক্রিয়ায় জিঙ্ক ইলেকট্রন বর্জন করে Zn^{2+} আয়নে পরিণত হয়েছে, সুতরাং জিঙ্ক জারিত হয়েছে। স্পষ্টতই, জিঙ্ক যেহেতু ইলেকট্রন বর্জন দ্বারা জারিত হয়েছে। তাহলে অন্য পদার্থ অবশ্যই জিঙ্ক দ্বারা বর্জিত ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিজারিত হয়েছে। এখানে কপার আয়ন জিঙ্ক কর্তৃক বর্জিত ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিজারিত হয়েছে। 8.15 বিক্রিয়াটি পুনরায় নিম্নলিখিত ভাবে লেখা যায়



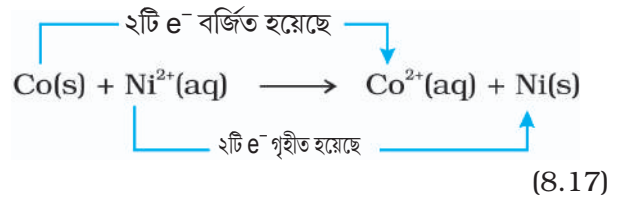
এই পর্যায়ে আমরা 8.15 সমীকরণ দ্বারা যে বিক্রিয়াটি উল্লেখ করেছি, সেটির সাম্যবস্থা তদন্ত করতে পারি। চল, এরজন্য একটি ধাতব কপার দণ্ডকে জিঙ্ক সালফেট দ্রবণে স্থাপন করি। দৃশ্যত কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়া লক্ষ্য করা যায় না, দ্রবণে Cu^{2+} আয়নের উপস্থিতি সনাক্ত করার জন্য দ্রবণে H_2S গ্যাস পাঠালো কালো বর্ণের কিউপ্রিক সালফাইড উৎপন্ন হওয়ার কথা, কিন্তু CuS এর পরীক্ষাটি সফল ভাবে হয় না। কিউপ্রিক সালফাইড এর দ্রাব্যতা খুব কম হওয়ার জন্য এটি একটি অত্যন্ত সংবেদনশীল পরীক্ষা, Cu^{2+} আয়ন তৈরি হলেও এর পরিমাণ এত কম যে Cu^{2+} আয়নকে সনাক্ত করা যায় না। আমরা এভাবে উপসংহারে যেতে পারি যে 8.15 বিক্রিয়াটির সাম্যবস্থা বিক্রিয়ক পদার্থ থেকে বিক্রিয়াজাত পদার্থ তৈরি হওয়ার পক্ষে অনুকূল।

চল ইলেকট্রন বিনিময়ের অপর একটি বিক্রিয়া লক্ষ্য করি। এক্ষেত্রে সিলভার নাইট্রেট এর জলীয় দ্রবণে ধাতব কপার পাত যোগ করা হল, এই প্রক্রিয়াটি 8.2 চিত্রে দেখানো হল। Cu^{2+} আয়ন তৈরি হওয়ার জন্য দ্রবণটিতে নীল বর্ণের সৃষ্টি হয়।



এখানে $\text{Cu}(\text{s})$, $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ এ জারিত হয় এবং $\text{Ag}^+(\text{aq})$, $\text{Ag}(\text{s})$ এ বিজারিত হয়। সাম্যবস্থাটি বিক্রিয়াজাত পদার্থ $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ এবং $\text{Ag}(\text{s})$ উৎপন্ন হওয়ার পক্ষে অনুকূল।

চল আমরা আরও একটি বিক্রিয়া তুলনা করি। এবার নিকেল সালফেটের জলীয় দ্রবণে ধাতব কোবাল্ট যোগ করা হলো।



চিত্র 8.1 কপার নাইট্রেট দ্রবণের সঙ্গে ধাতব জিঙ্ক দণ্ডের রেডক্স বিক্রিয়া বিকারে দেখানো হয়েছে।



চিত্র ৪.২ সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের সঙ্গে কপারদণ্ডের বিক্রিয়া বিকারে দেখানো হল।

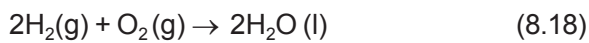
সাম্যবস্থায় সর্বোত্তম গাঢ়ত্বে $Ni^{2+}(aq)$ এবং $Co^{2+}(aq)$ উভয়েরই অস্তিত্ব রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ধরা পড়ে। এক্ষেত্রে সাম্যবস্থাটি বিক্রিয়ক $Co(s)$ এবং $Ni^{2+}(aq)$ বা বিক্রিয়াজাত পদার্থ $Co^{2+}(aq)$ এবং $Ni(s)$ কোনো দিকেই ধাবিত হয়না।

ইলেকট্রন দান করার এই প্রবণতা আমাদের অ্যাসিডগুলির প্রোটনদানের প্রবণতা মনে করিয়ে দেয়। প্রোটন দান করার প্রবণতার উপর নির্ভর করে যেমন অ্যাসিডগুলোর মাত্রা নির্ণয় করা যায় তেমনি ধাতুর ইলেকট্রন দানের প্রবণতার উপর নির্ভর করে আমরা ধাতু ও তাদের আয়নগুলির মধ্যে সক্রিয়তা অনুসারে একটি তালিকা তৈরি করতে পারি।

তুলনামূলক বিক্রিয়াগুলিতে আমরা জানতে পারি যে, জিঙ্কের বর্জিত ইলেকট্রনগুলো কপার গ্রহণ করে এবং কপারের বর্জিত ইলেকট্রনগুলো সিলভার গ্রহণ করে। অতএব ধাতুগুলোর ইলেকট্রন বর্জন করার প্রবণতার ক্রম হল $Zn > Cu > Ag$ । ধাতুগুলোর সক্রিয়তা সারি বা তড়িৎ রাসায়নিক সারির একটি সুসজ্জিত বিশাল তালিকা তৈরি করতে পারি। বিভিন্ন ধাতুগুলোর মধ্যে ইলেকট্রন বর্জন করার যে প্রবণতা তার উপর নির্ভর করে আমরা বিভিন্ন ধরণের তড়িৎকোষ তৈরি করতে পারি, এরূপ একটি কোষ হল গ্যালভানিক কোষ যেখানে রাসায়নিক বিক্রিয়ার দ্বারা তড়িৎশক্তি পাওয়া যায়। দ্বাদশ শ্রেণিতে কোষগুলোর বিস্তারিত ধারণা পাব।

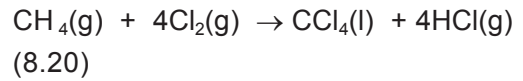
৪.৩ জারণ সংখ্যা (OXIDATION NUMBER)

হাইড্রোজেন অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে যখন জল তৈরি করে তখন ইলেকট্রন স্থানান্তরের ঘটনাটি গৌণ

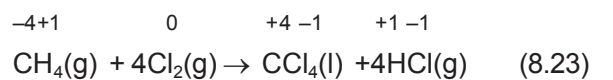
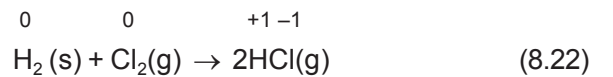
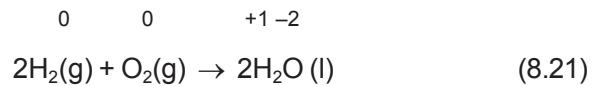


যদিও এটা সহজ নয় তবু আমরা কল্পনা করতে পারি H_2 অণুর H পরমাণু প্রশম (শূন্য) অবস্থা থেকে জলে ধনাত্মক অবস্থায় পরিণত হয় এবং O_2 অণুর অক্সিজেন পরমাণু প্রশম (শূন্য) অবস্থা থেকে দ্বি-ঋণাত্মক (-2) অবস্থায় পরিণত হয়। এখানে ধারণা করা

যেতে পারে H থেকে একটি ইলেকট্রন অক্সিজেনে স্থানান্তরিত হয়েছে, ফলে H_2 জারিত হয় এবং O_2 বিজারিত হয়। পরবর্তী সময়ে আমরা দেখব যে H দ্বারা সম্পূর্ণরূপে ইলেকট্রন বর্জন ও O দ্বারা ইলেকট্রন গ্রহণের প্রক্রিয়াটি আধানের আংশিক স্থানান্তরের মাধ্যমে ব্যাখ্যা করাটাই সম্ভবত সঠিক হবে। ৪.১৪ বিক্রিয়ায় যা বলা হয়েছে তা আরও অনেক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সত্য যেসব ক্ষেত্রে সমযোজী যৌগ উৎপন্ন হয়। এই শ্রেণির অন্তর্ভুক্ত দুটি বিক্রিয়ার উদাহরণ নীচে দেওয়া হল।



রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে সমযোজী যৌগ গঠনের সময় ইলেকট্রনের স্থানান্তর ছাড়াও আরও একটি ব্যবহারিক পদ্ধতি আছে যাহা হল জারণ সংখ্যা পদ্ধতি। এই পদ্ধতিতে ধারণা করা হয় যে কম তড়িৎ ঋণাত্মক থেকে বেশি তড়িৎ ঋণাত্মক পরমাণুর দিকে ইলেকট্রনের স্থানান্তর হয়। ৪.১৪ থেকে ৪.২০ বিক্রিয়াগুলিকে পুনরায় আধানের দ্বারা প্রকাশ করা হলো যেখানে প্রত্যেকটি পরমাণুর উপর আধান দেখানো আছে।



এটা বলা যায় যে ইলেকট্রন স্থানান্তরের ধারণাটি শুধুমাত্র পুঁথিগত ব্যাখ্যার জন্যই তৈরি হয়েছে। এই অধ্যায়ের পরবর্তী অংশে রেডক্স বিক্রিয়ার সহজতর ব্যাখ্যার জন্য, এই ধারণাটি অবশ্যই প্রয়োজনীয় হবে।

সমযোজী বন্ধনে উপস্থিত বেশি তড়িৎ ঋণাত্মক মৌলের দিকে ইলেকট্রন যুগলের অবস্থান করার উপর নির্ভর করে, কোনো মৌলের পরমাণুর জারণ অবস্থাকে জারণ সংখ্যা দ্বারা নির্ধারণ করা যায় প্রস্তাবিত নিয়ম অনুসারে।

একটি যৌগ বা আয়নে কোনো একটি মৌল অপর মৌল অপেক্ষা কত বেশি তড়িৎ ঋণাত্মক এটা বের করা সর্বদা সহজ নয়। তাই যৌগ বা আয়নের মধ্যে একটি মৌলের জারণ সংখ্যা বের করার জন্য কতকগুলি নিয়ম একত্রিত করে লেখা হয়েছে। যদি একই মৌলের দুই বা তার অধিক পরমাণু নিয়ে একটি অণু বা আয়ন গঠিত হয়, যেমন $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3/\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ তখন মৌলটির সব পরমাণুর জারণ সংখ্যা হবে গড় জারণ সংখ্যা। এই পর্যায়ে মৌলের জারণ সংখ্যা গণনা করার জন্য কতগুলি নিয়ম উল্লেখ করা যায়। জারণসংখ্যা বের করার নিয়মাবলিগুলো হল:

1. কোনোও যৌগ যখন মুক্ত অবস্থায় বা অসংযোজিত অবস্থায় থাকে, তখন মৌলের প্রত্যেকটি পরমাণুর জারণ সংখ্যা শূন্য হয়। যেমন H_2 , O_2 , Cl_2 , O_3 , P_4 , S_8 , Na , Mg , Al মৌলগুলোর প্রত্যেকটি পরমাণুর জারণ সংখ্যা শূন্য।
2. যেসব আয়ন একটিমাত্র পরমাণু দ্বারা গঠিত তাদের ক্ষেত্রে আয়নটির আধানই হবে জারণ সংখ্যা। যেমন Na^+ আয়নের জারণ সংখ্যা +1, Mg^{2+} আয়নে +2, Fe^{3+} আয়নে +3, Cl^- আয়নে -1, O^{2-} আয়নে -2 এইরকম। ক্ষার ধাতুর যৌগে ক্ষার ধাতুর জারণ সংখ্যা +1 এবং ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর যৌগে ধাতুর জারণ সংখ্যা +2, অ্যালুমিনিয়ামের প্রত্যেক যৌগে অ্যালুমিনিয়ামের জারণ সংখ্যা +3।
3. অক্সিজেনের বেশিরভাগ যৌগেই অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা -2। এক্ষেত্রে দুটি ব্যতিক্রম আছে। একটি হল পারঅক্সাইড, যেখানে প্রত্যেক অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা -1। উদাহরণ স্বরূপ H_2O_2 , Na_2O_2 । সুপার অক্সাইড যেমন KO_2 , প্রত্যেক অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা $-1/2$ । দ্বিতীয় ব্যতিক্রমটি হল অক্সিজেন ডাইফ্লুরাইড ও ডাই অক্সিজেন-ডাই-ফ্লুরাইড যৌগে অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা যথাক্রমে +2 এবং +1। বণ্টনের প্রকৃতির উপর নির্ভর করেই অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা ধনাত্মক হয়েছে।
4. হাইড্রোজেনের জারণ সংখ্যা +1 তবে হাইড্রোজেন যদি

ধাতুর সাথে বন্ধন করে দ্বিযোগ (দুটি মৌল নিয়ে যে সব যৌগ গঠিত হয়) গঠন করে সেক্ষেত্রে হাইড্রোজেনের জারণ সংখ্যা -1।

উদাহরণ LiH , NaH এবং CaH_2 প্রতিটি যৌগে হাইড্রোজেনের জারণ সংখ্যা -1

5. ফ্লোরিনের যে কোনও যৌগে ফ্লোরিনের জারণ সংখ্যা -1 অন্য হ্যালোজেন গুলোও (Cl , Br , I) এদের হ্যালাইড যৌগে -1 জারণ সংখ্যা দেখায়। ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন যখন অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হয়ে অক্সোঅ্যাসিড এবং অ্যাক্সো অ্যানায়ন তৈরি করে তখন তাদের জারণ সংখ্যা ধনাত্মক হয়।
6. যৌগ মধ্যস্থ প্রত্যেকটি পরমাণুর জারণ সংখ্যার বীজগাণিতিক যোগফল শূন্য হয়। বহু পরমাণু সমন্বিত আয়নের ক্ষেত্রে, পরমাণু সমূহের জারণ সংখ্যার বীজগাণিতিক যোগফল আয়নের আধানের সমান। কার্বোনেট (CO_3^{2-}) আয়নে তিনটি অক্সিজেন পরমাণু ও একটি কার্বন পরমাণুর জারণ সংখ্যার সমষ্টি -2 এর সমান।

এই নিয়ম অনুসরণ করে যৌগ বা আয়নের মধ্যে কোন পরমাণুর জারণ সংখ্যা নির্ণয় করতে পারি। এটা স্পষ্ট যে ধাতব মৌল সমূহের জারণ সংখ্যা ধনাত্মক হয় এবং অধাতব মৌল সমূহের জারণ সংখ্যা ধনাত্মক বা ঋনাত্মক উভয়েই হতে পারে। সন্ধিগত মৌলের পরমাণুগুলি অনেকগুলি ধনাত্মক জারণ অবস্থায় থাকতে পারে। প্রতিনিধি মৌল সমূহের সর্বোচ্চ জারণ সংখ্যা এদের শ্রেণি সংখ্যার সমান (প্রথম দুইটি শ্রেণির ক্ষেত্রে) এবং দীর্ঘ পর্যায় সারণির ক্ষেত্রে শ্রেণি সংখ্যা থেকে 10 বিয়োগ করলে যা হবে, সেটাই হবে অন্য শ্রেণির মৌল সমূহের সর্বোচ্চ জারণ সংখ্যা। তাহলে পর্যায় সারণিতে পর্যায় বরাবর অগ্রসর হলে জারণ সংখ্যার সর্বোচ্চমান বৃদ্ধি পায়। তৃতীয় পর্যায়ের মৌলগুলোর যৌগে জারণ সংখ্যা +1 থেকে +7 পর্যন্ত বাড়তে থাকে।

জারণ সংখ্যার পরিবর্তে জারণ অবস্থা শব্দটিও মাঝে মাঝে ব্যবহার করা যায়। যেমন CO_2 যৌগে 'C' এর জারণ অবস্থা +4, এটি আবার 'C' এর জারণ সংখ্যাও। অনুরূপ ভাবে অক্সিজেনের জারণ অবস্থা ও জারণ সংখ্যা -2। যৌগের মধ্যে মৌলের জারণ সংখ্যাকে জারণ অবস্থা দ্বারাও সূচিত করা যায়।

শ্রেণি	1	2	13	14	15	16	17
মৌল	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
যৌগ	NaCl	MgSO ₄	AlF ₃	SiCl ₄	P ₄ O ₁₀	SF ₆	HClO ₄
শ্রেণির মৌলসমূহের সর্বোচ্চ জারণ সংখ্যা	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7

জার্মান রসায়নবিদ আলফ্রেড স্টক (Alfred Stock) যৌগের মধ্যে ধাতুর জারণ সংখ্যা তথা জারণ অবস্থাকে কোনো কোনোও ক্ষেত্রে রোমান প্রতীক (notation) এর মাধ্যমে প্রকাশ করেন। এটি Stock notation নামে অধিক পরিচিত। এই তথ্য অনুসারে অণুর মধ্যে ধাতব পরমাণুর জারণ সংখ্যা রোমান সংখ্যা (Roman numeral) দ্বারা পরমাণুটির চিহ্নের ঠিক পরে লেখা হয়।

Stock notation অনুসারে অ্যুরাস ক্লোরাইড ও অ্যারিক ক্লোরাইডকে AU(I)Cl এবং AU(III)Cl₃ রূপে লেখা হয়। অনুরূপে স্ট্যানাস ক্লোরাইড ও স্ট্যানিক ক্লোরাইডকে লেখা হয় Sn(II)Cl₂ এবং Sn(IV)Cl₄।

জারণ সংখ্যার এই পরিবর্তন পদার্থটির জারণ অবস্থার পরিবর্তন সূচিত করে যার উপর ভিত্তি করে আমরা পদার্থটি জারিত অবস্থায় নাকি বিজারিত অবস্থায় আছে তা সনাক্ত করতে পারি। যেমন Hg₂(I)Cl₂ হল Hg(II)Cl₂ এর বিজারিত অবস্থা।

সমস্যা : 8.3

Stock notation এর সাহায্যে নীচের যৌগগুলোকে সূচিত করো।

HAuCl₄, Ti₂O, FeO, Fe₂O₃, CuI, CuO, MnO এবং MnO₂

সমাধান :

যৌগের মধ্যে কাক্ষিত ধাতব মৌলের জারণ সংখ্যা নির্ণয়ের বিভিন্ন নিয়ম প্রয়োগ করে, ধাতব পরমাণুর এর জারণ সংখ্যা নির্ণয় করতে পারি।

HAuCl ₄	Au এর জারণ সংখ্যা 3
Ti ₂ O	Ti ,, ,, ,, 1
FeO	Fe ,, ,, ,, 2
Fe ₂ O ₃	Fe ,, ,, ,, 3
CuI	Cu ,, ,, ,, 1
CuO	Cu ,, ,, ,, 2
MnO	Mn ,, ,, ,, 2
MnO ₂	Mn ,, ,, ,, 4

উপরের যৌগগুলোকে নিম্নলিখিত ভাবেও প্রকাশ করা যায়।

HAu(III)Cl₄, Ti₂(I)O, Fe(II)O, Fe₂(III)O₃, Cu(I)I, Cu(II)O, Mn(II)O, Mn(IV)O₂।

জারণ সংখ্যার ধারণা থেকে জারণ, বিজারণ, জারক দ্রব্য, বিজারক দ্রব্য এবং রেডক্স বিক্রিয়া সম্পর্কিত ধারণা পাওয়া যায়। সংক্ষেপে বলা যায়,

জারণ : কোনো প্রদত্ত যৌগে মৌলের জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি পেলে জারণ হয়।

বিজারণ : কোনো প্রদত্ত যৌগে মৌলের জারণ সংখ্যা হ্রাস পেলে বিজারণ হয়।

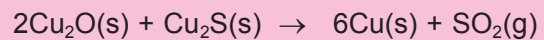
জারক দ্রব্য : যে সব বিকারক যৌগে উপস্থিত কোনো নির্দিষ্ট মৌলের জারণ সংখ্যার মান বৃদ্ধি ঘটাতে সক্ষম তারাই হল জারক দ্রব্য।

বিজারক দ্রব্য : যে সব বিকারক যৌগে উপস্থিত কোনো নির্দিষ্ট মৌলের জারণ সংখ্যার মান হ্রাস করতে সক্ষম তারাই হল জারক দ্রব্য।

রেডক্স বিক্রিয়া : বিকারক গুলোর মধ্যে জারণ সংখ্যা পরিবর্তনের মাধ্যমে যে বিক্রিয়া সংঘটিত হয় সেগুলোই হল রেডক্স বিক্রিয়া।

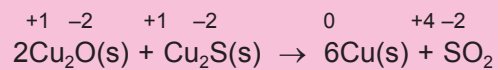
সমস্যা 8.4 :

নীচের বিক্রিয়াটি একটি রেডক্স বিক্রিয়া। বিক্রিয়াটিতে জারক দ্রব্য, বিজারক দ্রব্য, জারিত ও বিজারিত পদার্থকে চিহ্নিত কর।



সমাধান :

বিক্রিয়াটিতে চল, প্রথমে প্রত্যেকটি মৌলের জারণ সংখ্যা চিহ্নিত করি।



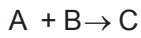
পরিশেষে আমরা বলতে পারি কপার (+1) অবস্থা থেকে 0 জারণ অবস্থায় পরিণত হয়েছে বা বিজারিত হয়েছে এবং সালফার -2 জারণ অবস্থা থেকে +4 জারণ অবস্থায় পরিণত হয়েছে বা জারিত হয়েছে। সুতরাং উপরের বিক্রিয়াটি একটি রেডক্স বিক্রিয়া। (জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া)

তাছাড়া Cu_2O , Cu_2S এর 'S' এর জারণ সংখ্যাকে বৃদ্ধি করে। সুতরাং Cu(I) হল জারক দ্রব্য। অনুরূপভাবে Cu_2S এর 'S', Cu_2S ও Cu_2O উভয় যৌগ থেকেই Cu এর জারণ সংখ্যাকে হ্রাস করে। সুতরাং CuS এর 'S' বিজারক দ্রব্য।

8.3.1 রেডক্স তথা জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়ার প্রকার ভেদ (Types of Redox reactions)

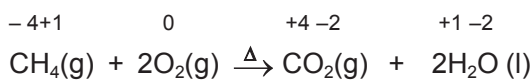
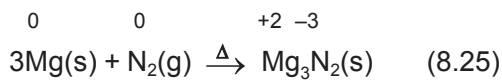
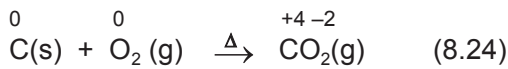
1. সংযোজন বিক্রিয়া : (Combination Reaction)

নিম্নলিখিত ভাবে একটি সংযোজন বিক্রিয়াকে সূচিত করা যায়।



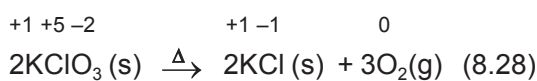
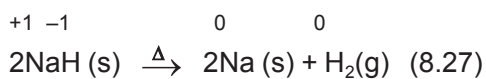
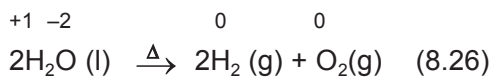
A এবং B উভয়েই মৌলিক অবস্থায় থাকতে পারে নতুবা হয় A না হয় B মৌলিক অবস্থায় থেকেও বিক্রিয়াটি একই সঙ্গে সংযোজন ও জারণ বিজারণ বিক্রিয়া হয়।

সব দহন বিক্রিয়ায় ডাই-অক্সিজেন মৌলিক অণু রূপে ব্যবহৃত হয়। তাছাড়া অন্য অনেক বিক্রিয়া আছে যেখানে ডাই-অক্সিজেন ছাড়াও অন্য মৌল দহন বিক্রিয়ায় মৌলিক অণুরূপে কাজ করে। কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ উদাহরণ নীচে দেওয়া হল:



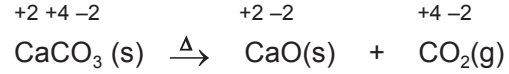
2. বিয়োজন বিক্রিয়া: (Decomposition Reactions)

সংযোজন বিক্রিয়ার বিপরীত হল বিয়োজন বিক্রিয়া। বিয়োজন বিক্রিয়ায় একটি যৌগ বিয়োজিত হয়ে দুই বা ততোধিক পদার্থ পরিণত হবে। তার মধ্যে একটি পদার্থ অবশ্যই মৌলিক অবস্থায় থাকবে। এই বিক্রিয়ার উদাহরণ নীচে দেওয়া হল:



উপরের পরিবর্তনগুলো লক্ষ্য করলে দেখা যায় মিথেনের সংযোজন বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেনের জারণ সংখ্যার পরিবর্তন হয়নি

এবং 8.28 বিক্রিয়ায় পটাসিয়ামের ক্লোরেটে উপস্থিত পটাসিয়ামের জারণ সংখ্যার পরিবর্তন হয় না। সব বিয়োজন বিক্রিয়াই যে জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া হবে এরকম নাও হতে পারে। যেমন ক্যালসিয়াম কার্বোনেটের বিয়োজন বিক্রিয়াটি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া নয়।



3. প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া : (Displacement reactions)

প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় একটি যৌগের পরমাণু বা আয়ন অন্য মৌলের পরমাণু বা আয়ন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। একে নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা যায়।

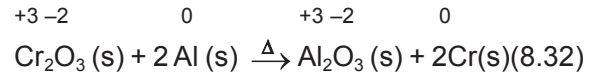
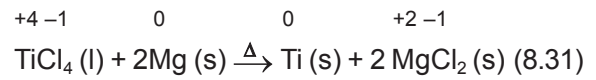
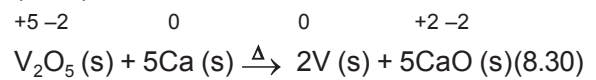
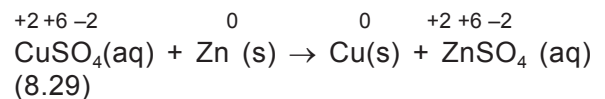


প্রতিস্থাপন বিক্রিয়াকে দুইভাগে ভাগ করা যায়। ধাতুর প্রতিস্থাপন এবং অধাতুর প্রতিস্থাপন।

(a) ধাতুর প্রতিস্থাপন : (Metal displacement)

যৌগের ধাতু প্রতিস্থাপিত হয় মুক্ত ধাতু দ্বারা। 8.2.1 অনুচ্ছেদে এই ধরনের বিক্রিয়া যথারীতি আলোচনা করা হয়েছে। ধাতু বিদ্যায় ধাতুর আকরিক থেকে বিশুদ্ধ ধাতু নিষ্কাশন এই ধরনের ধাতব প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার বহুল প্রয়োগ রয়েছে।

নীচে কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হল :

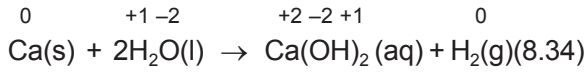
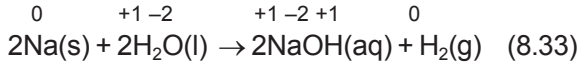


প্রতিটি ক্ষেত্রে যে ধাতুটি বিজারিত হয়েছে, তার চেয়ে বিজারক ধাতুটি শক্তিশালী বিজারক দ্রব্য এবং পাশাপাশি এটা দেখা যায় যে এর ইলেকট্রন বর্জন করার প্রবণতা যে বিজারিত হয়েছে তার চেয়ে বেশি।

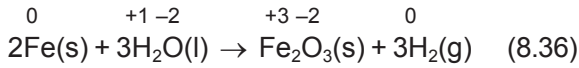
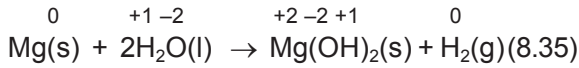
(b) অধাতুর প্রতিস্থাপন : (Non metal displacement)

হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন বিক্রিয়াটি অধাতুর প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার অন্তর্গত এবং খুব কম ক্ষেত্রেই অক্সিজেনের প্রতিস্থাপন ঘটে।

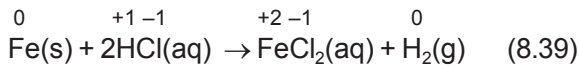
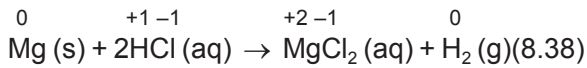
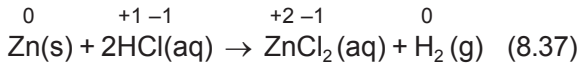
সব ক্ষার ধাতু এবং কিছু ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতু (Ca, Sr, Ba) ইত্যাদি, শক্তিশালী বিজারক দ্রব্য, এরা ঠাণ্ডা জল থেকে হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপন করে।



তুলনামূলক ভাবে কম সক্রিয় ধাতু যথা ম্যাগনেসিয়াম এবং আয়রণ জলীয় বাষ্পের সঙ্গে ক্রিয়া করে ডাই-হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে।



উপরের ধাতু গুলোর সঙ্গে এমন অনেক ধাতু আছে যারা ঠাণ্ডা জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না, কিন্তু অ্যাসিড থেকে হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করতে পারে। এমন কিছু ধাতু আছে যারা জলীয় বাষ্পের সঙ্গে ও বিক্রিয়া করে না, কিন্তু অ্যাসিড থেকে ডাই-হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করে। এরকম ধাতুর উদাহরণ হল ক্যাডমিয়াম, টিন। অ্যাসিড থেকে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপনের কয়েকটি বিক্রিয়া নীচে দেওয়া হল:

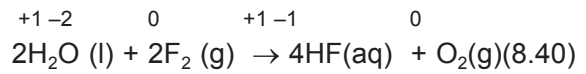


রসায়নাগারে ডাই হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে 8.37 থেকে 8.39 বিক্রিয়াগুলো ব্যবহার করা হয়।

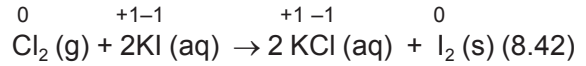
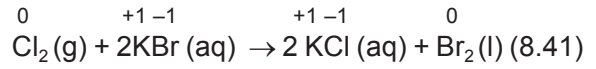
হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপাদনের হারের উপর নির্ভর করে ধাতুগুলোর সক্রিয়তা নির্ণয় করা যায়। Fe এর ক্ষেত্রে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপাদনের হার সবচেয়ে কম। তাই Fe সবচেয়ে কম সক্রিয় ধাতু যেখানে Mg এর ক্ষেত্রে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপাদনের হার সবচেয়ে বেশি, তাই Mg সবচেয়ে বেশি সক্রিয় ধাতু। খুব কম সক্রিয় ধাতু যথা সিলভার (Ag) এবং সোনা (Au) প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় থাকে। এরা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এর সঙ্গে ও বিক্রিয়া করে না।

ইলেকট্রন বর্জন করার প্রবণতার উপর নির্ভর করে জিঙ্ক (Zn), কপার (Cu) এবং সিলভার (Ag) ধাতুগুলোর বিজারণ

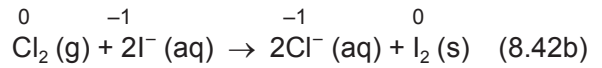
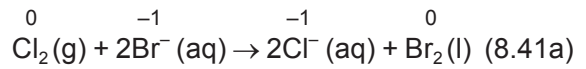
ক্ষমতার ক্রম হল Zn>Cu>Ag, এটি যথারীতি 8.2.1 অনুচ্ছেদে আলোচনা করা হয়েছে। ধাতুর সক্রিয়তা সারির মত হ্যালোজেনগুলোর মধ্যেও একটি সক্রিয়তা সারি আছে। পর্যায় সারণির 17 নং শ্রেণিতে ফ্লোরিন থেকে আয়োডিন পর্যন্ত শ্রেণি বরাবর জারক দ্রব্যের জারণ ধর্ম হ্রাস পায়। এর থেকে বুঝা যায় ফ্লোরিন এত শক্তিশালী জারক দ্রব্য যে এটি ক্লোরাইড ব্রোমাইড ও আয়োডাইড আয়নকে এদের দ্রবন থেকে প্রতিস্থাপিত করতে পারে। বস্তুত: ফ্লোরিন এত সক্রিয় যে এটি জলের সঙ্গে ক্রিয়া করে অক্সিজেনকে প্রতিস্থাপিত করতে পারে।



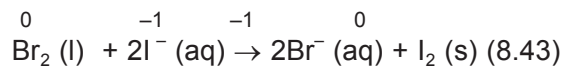
এ জন্যই ফ্লোরিন দ্বারা ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া জলীয় মাধ্যমে সাধারণত করা হয় না। ক্লোরিন, ব্রোমাইড ও আয়োডাইড আয়নকে এদের জলীয় দ্রবণ থেকে প্রতিস্থাপিত করতে পারে।



যেহেতু Br₂ এবং I₂ রঙিন এবং CCl₄ এ দ্রবীভূত হয় তাই দ্রবণের বর্ণ দেখে খুব সহজেই সনাক্ত করা যায়। উপরের বিক্রিয়াগুলো আয়নিক রূপে নিম্নলিখিত ভাবে প্রকাশ করা যায়।



বিক্রিয়া 8.41 এবং 8.42 কে ভিত্তি করে অধিক পরিচিত Layer Test এর মাধ্যমে রসায়নাগারে Br⁻ এবং I⁻ কে সনাক্ত করা যায়। অনুরূপে ব্রোমিন আয়োডাইডের দ্রবণ থেকে আয়োডাইড আয়নকে প্রতিস্থাপিত করতে পারে।



হ্যালোজেন প্রতিস্থাপন বিক্রিয়াগুলো শিল্পে সরাসরি ব্যবহৃত হয়।

হ্যালাইড থেকে হ্যালোজেন সংগ্রহ জারণ প্রক্রিয়ার মাধ্যমে সম্ভব, এটি নীচে উপস্থাপিত করা হলো।

এখানে x, হ্যালোজেন মৌলকে সূচিত করে, যেহেতু ফ্লোরিন সবচেয়ে শক্তিশালী জারক দ্রব্য সেহেতু এটি Cl⁻, Br⁻ এবং I⁻ কে জারিত করে কিন্তু F⁻ আয়নকে F₂ তে রূপান্তর রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে সম্ভব নয়।

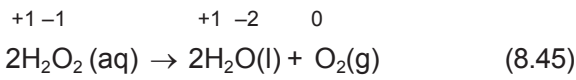
কেবলমাত্র তড়িৎ বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ার মাধ্যমে F^- আয়নকে F_2 এ জারিত করা সম্ভব। পরবর্তীকালে এর ব্যাখ্যা পাবে।

4. অসমঞ্জস বিক্রিয়া : (Disproportionation Reaction)

রেডক্স বিক্রিয়ার একটি বিশেষ প্রকার হল অসমঞ্জস বিক্রিয়া। অসমঞ্জস বিক্রিয়ায় মৌলের একটি নির্দিষ্ট জারণ অবস্থা একই সংজ্ঞা জারিত ও বিজারিত হয়।

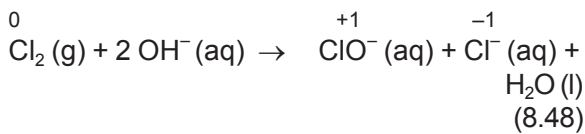
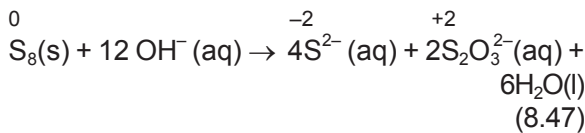
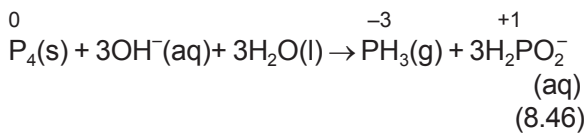
অসমঞ্জস বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক পদার্থগুলোর মধ্যে এমন মৌল থাকতে হবে যেখানে মৌলটির ন্যূনতম তিনটি জারণ অবস্থা থাকতে হবে।

বিক্রিয়ক পদার্থের মধ্যে মৌলটির জারণ সংখ্যা অন্তর্বর্তী জারণ অবস্থা হতে হবে এবং বিক্রিয়ায় ঐ মৌলটির উচ্চতর এবং নিম্নতর জারণ অবস্থায় রূপান্তরিত হতে হবে। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বিয়োজন একটি সুপরিচিত উদাহরণ যেখানে অক্সিজেনের অসমঞ্জস বিক্রিয়া হয়।



এখানে পার-অক্সাইডের অক্সিজেন -1 জারণ অবস্থায় আছে। ইহা জারিত হয়ে ডাই অক্সিজেন, শূন্য জারণ অবস্থায় পরিণত হয় এবং বিজারিত হয়ে H_2O এ -2 জারণ অবস্থায় পরিণত হয়।

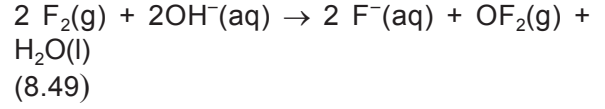
ফসফরাস, সালফার এবং ক্লোরিন ক্ষারীয় মাধ্যমে অসমঞ্জস বিক্রিয়া করে, যাহা নীচে দেখানো হল।



8.48 বিক্রিয়ায় ClO^- আয়নটি বিরঞ্জক দ্রব্য হিসেবে বাড়িঘরে ব্যবহৃত হয়। বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হাইপারক্লোরাইট (ClO^-) আয়নটি রঞ্জকে কণাকে জারণ প্রক্রিয়ার মাধ্যমে বিরঞ্জন করে।

8.48 বিক্রিয়ায় ক্লোরিন যে ধর্মটি দেখায়, ব্রোমিন এবং

আয়োডিন ও একই ভাবে বিক্রিয়া করতে সক্ষম কিন্তু ক্ষারের সঙ্গে ফ্লোরিন ঐ ধরনের বিক্রিয়া করতে পারে না। (ফ্লোরিনের সঙ্গে ক্ষারের বিক্রিয়াটি নীচে দেওয়া হল।

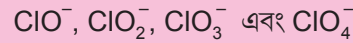


(8.49 বিক্রিয়ায় F_2 নিঃসন্দেহে জলের সঙ্গে ক্রিয়া করে কিছু পরিমাণ O_2 ও তৈরি করে)।

ফ্লোরিনের এই ধরনের বিচ্যুতি আমাদের বিস্মিত করে না, কারণ F_2 সর্বোচ্চ ঋণাত্মক মৌল হওয়ায় এটি ধনাত্মক জারণ অবস্থায় থাকতে পারে না। সুতরাং হ্যালোজেন মৌল গুলোর মধ্যে ফ্লোরিন অসমঞ্জস বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে না।

সমস্যা : 8.5

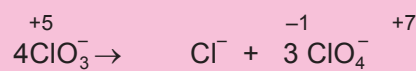
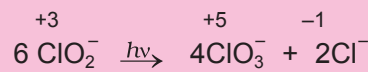
নীচের আয়নগুলোর মধ্যে কোন্টি অসমঞ্জস বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে না এবং কেন ?



যে আয়নগুলো অসমঞ্জস বিক্রিয়া করে, তাদের বিক্রিয়াগুলো লেখো।

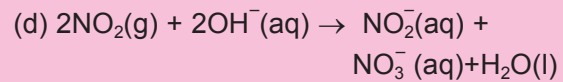
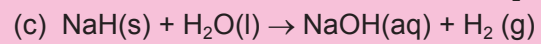
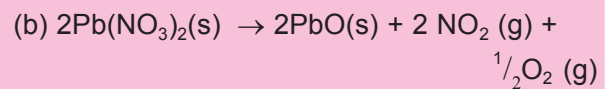
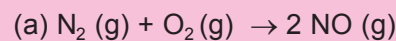
সমাধান :

ক্লোরিনের অক্সো-অ্যানায়নগুলোর যে তালিকা দেওয়া হয়েছে তার মধ্যে ClO_4^- আয়নটি অসমঞ্জস বিক্রিয়া করে না, কারণ আয়নটির মধ্যে ক্লোরিনের সর্বোচ্চ জারণ সংখ্যা $+7$ বর্তমান। ক্লোরিনের বাকি অক্সো-অ্যানায়নগুলোর অসমঞ্জস বিক্রিয়া নীচে দেওয়া হল :



সমস্যা : 8.6

নীচের রেডক্স বিক্রিয়াগুলোকে শ্রেণি বিন্যাস কর।



সমাধান :

a. বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন মৌল ও অক্সিজেন মৌলের সমন্বয়ে নাইট্রিক অক্সাইড তৈরি হয়। সুতরাং a বিক্রিয়াটি হলো সংযোজন রেডক্স বিক্রিয়া।

b. বিক্রিয়ায় লেড নাইট্রেট বিয়োজিত হয়ে তিনটি বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন করে। সুতরাং বিক্রিয়াটি বিয়োজন রেডক্স বিক্রিয়ার অন্তর্গত।

c. বিক্রিয়ায় জলের হাইড্রোজেন, হাইড্রাইড আয়ন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়ে ডাই হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। অতএব c বিক্রিয়াটি প্রতিস্থাপন রেডক্স বিক্রিয়ার অন্তর্গত।

d. বিক্রিয়ায় NO₂ এর নাইট্রোজেন +4 জারণ অবস্থা থেকে NO₂⁻ আয়নে +3 জারণ অবস্থায় রূপান্তরিত হয় এবং N⁺O₃ আয়নে +5 জারণ অবস্থায় পরিণত হয়। তাই d বিক্রিয়াটি অসামঞ্জস্য রেডক্স বিক্রিয়ার অন্তর্গত।

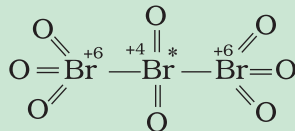
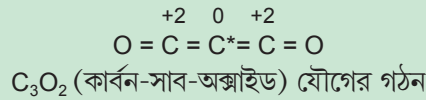
ভগ্নাংশ জারণ সংখ্যা নিয়ে বিভ্রান্তি (The Paradox of Fractional Oxidation Number)

কিছু কিছু ক্ষেত্রে যৌগমধ্যস্থ মৌলের পরমাণুর জারণ সংখ্যা ভগ্নাংশ হয়। উদাহরণগুলো হল C₃O₂ (যেখানে কার্বনের জারণ সংখ্যা ভগ্নাংশ হয়, কার্বনের জারণ সংখ্যা হল 4/3)

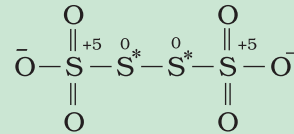
Br₃O₈ (এখানে ব্রোমিনের জারণ সংখ্যা হল 16/3)

Na₂S₄O₆ (এখানে সালফারের জারণ সংখ্যা 2.5)

ভগ্নাংশ জারণ সংখ্যার ধারণাটির উপর আস্থা রাখা যায় না কারণ ইলেকট্রনের স্থানান্তর বা ভাগীদারি ভগ্নাংশ হতে পারে না। বস্তুত ভগ্নাংশ জারণ অবস্থাটি মৌলের গড় জারণ অবস্থাকে বুঝায় কিন্তু যৌগের গঠন লক্ষ্য করলে বোঝা যায় যৌগটিতে একই মৌলের পরমাণুগুলো বিভিন্ন জারণ অবস্থায় থাকে। C₃O₂, Br₃O₈ এবং S₄O₆²⁻ পদার্থগুলোর গঠন বন্ধনের মাধ্যমে প্রকাশ করা হল



ট্রাইব্রোমো অক্সাইড (Br₃O₈) এর গঠন



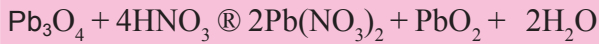
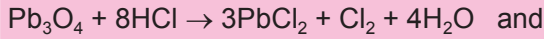
ট্রেটাথায়োনেট (S₄O₆²⁻) এর গঠন

উপরের যৌগ বা আয়নে চিহ্নিত মৌলের জারণ সংখ্যা ঐ মৌলের অন্য পরমাণুগুলো থেকে ভিন্ন। C₃O₂ যৌগে দুটি 'C' পরমাণুর জারণ সংখ্যা +2 করে এবং তৃতীয় তথা মধ্যবর্তী পরমাণুর জারণ সংখ্যা 0 হওয়ায় 'C' এর গড় জারণ সংখ্যা 4/3 হয়েছে। C₃O₂ এর প্রকৃত গঠনে প্রান্তিক কার্বন পরমাণুগুলোর জারণ সংখ্যা +2 করে এবং মধ্যবর্তী কার্বন পরমাণুর জারণ সংখ্যা শূন্য (0)। অনুরূপে Br₃O₈ যৌগে প্রান্তিক ব্রোমিন পরমাণুগুলোর জারণ সংখ্যা +6 করে যেখানে মধ্যবর্তী Br পরমাণুর জারণ সংখ্যা হল +4। তাই এখানেও পুনরায় জারণ সংখ্যা ভগ্নাংশ হয়েছে এবং ইহা হল 16/3 যা বাস্তব থেকে ভিন্ন। ইহা জারণ সংখ্যার সংজ্ঞার পরিপন্থী। একইভাবে S₄O₆²⁻ আয়নে দুটি প্রান্তিক সালফারের জারণ সংখ্যা +5 করে কিন্তু মধ্যবর্তী সালফার পরমাণুগুলোর জারণ সংখ্যা শূন্য (0) করে। সুতরাং চারটি সালফার পরমাণুর গড় জারণ সংখ্যা হল 2.5 কিন্তু প্রত্যেকটি সালফারের প্রকৃত জারণ সংখ্যাগুলো হল যথাক্রমে +5, 0, 0, +5।

পরিশেষে আমরা বলতে পারি ভগ্নাংশ জারণ সংখ্যার ধারণা সাবধানতার সঙ্গে অবলম্বন করা উচিত, তবে যৌগের গঠন থেকে প্রকৃত জারণ সংখ্যা পাওয়া যায়। যখনই আমরা মৌলের ভগ্নাংশ জারণ সংখ্যা পাব তখন অবশ্যই আমাদের বুঝতে হবে এটি গড় জারণ সংখ্যা। বাস্তবে, যৌগের গঠন থেকে দেখা যায় একই মৌলের পরমাণু ঐ পদার্থে বিভিন্ন পূর্ণসংখ্যার জারণ অবস্থায় থাকে। কতকগুলো মিশ্র অক্সাইড যেমন Fe₃O₄, Mn₃O₄, Pb₃O₄ যৌগগুলোতে ধাতুর জারণ সংখ্যা ভগ্নাংশ। সর্বোপরি O₂⁺ এবং O₂⁻ আয়নেও অক্সিজেন পরমাণুর জারণ সংখ্যা হল যথাক্রমে +1/2 এবং -1/2।

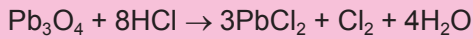
সমস্যা : 8.7

কেন নীচের বিক্রিয়াগুলো ভিন্নভাবে সংঘটিত হয় ?

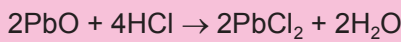


সমাধান :

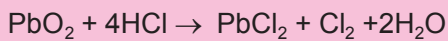
PbO এবং PbO_2 , 2:1 মোল সংখ্যার অনুপাতে মিশ্রিত হয়ে Pb_3O_4 তৈরি হয়। PbO_2 যৌগে Pb এর জারণ সংখ্যা +4 যেখানে PbO যৌগে Pb এর সুস্থিত জারণ সংখ্যা হল +2। PbO_2 যৌগটি জারকদ্রব্য রূপে কাজ করে, ফলে HCl এর Cl^- কে ক্লোরিনে জারিত করে। আমাদের মনে রাখতে হবে যে PbO হল ক্ষারীয় অক্সাইড তাই বিক্রিয়াটি নিম্নরূপে সংঘটিত হয়।



এই বিক্রিয়াটিকে দুটি বিক্রিয়ায় ভাগ করা যেতে পারে

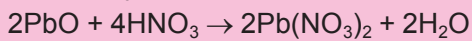


(অ্যাসিড, ক্ষার-বিক্রিয়া)



(রেডক্স-বিক্রিয়া)

যেহেতু HNO_3 নিজে জারক দ্রব্য সেহেতু PbO_2 এর সাথে HNO_3 এর বিক্রিয়া সম্ভব নয়। তবে অম্ল ক্ষার বিক্রিয়াটি PbO এবং HNO_3 এর মধ্যে সম্ভব।



PbO_2 এর প্রতি HNO_3 এর নিষ্ক্রিয়তার জন্যই বিক্রিয়াটি HCl থেকে ভিন্ন হয়।

8.3.2 রেডক্স বিক্রিয়ার সমতা বিধান (Balancing of Redox Reaction)

দুইটি পদার্থিত্রে রেডক্স বিক্রিয়াগুলোকে সমতা বিধান করা হয়। একটি পদার্থিত্র হল জারক ও বিজারক দ্রব্যের জারণ সংখ্যা পরিবর্তনের মাধ্যমে এবং অপরটি হল রেডক্স বিক্রিয়াকে দুটি অর্ধে বিয়োজিত করে, যেখানে একটি হল জারণ অর্ধ বিক্রিয়া এবং অপরটি হল বিজারণ অর্ধ বিক্রিয়া। সমতা বিধানের দুটি পদার্থিত্রই প্রচলিত আছে কিন্তু ব্যক্তিবিশেষের পছন্দের উপর এর ব্যবহার নির্ভরশীল।

(a) জারণ সংখ্যা পদ্ধতি (Oxidation No. Method)

জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়া লেখার ক্ষেত্রে অন্যান্য বিক্রিয়ার মত, জারক, বিজারক এবং তাদের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থের সংকেত

ও সংযুক্তি অবশ্যই জানতে হবে। জারণ সংখ্যা পদ্ধতিটি নীচে কয়েকটি ধাপের মাধ্যমে আলোচনা করা হলো :

ধাপ-1 : বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত উভয় পদার্থের সঠিক সংকেতটি লেখো।

ধাপ 2: বিক্রিয়ায় প্রত্যেকটি মৌলের জারণ সংখ্যা উল্লেখ করে, কোন্ পরমাণুর জারণ সংখ্যার পরিবর্তন হয়েছে তা চিহ্নিত করো।

ধাপ-3 : অণু তথা আয়নে একটি পরমাণুর জারণ সংখ্যার হ্রাস বা বৃদ্ধি গণনা করতে হবে। যদি জারণ সংখ্যার হ্রাস বা বৃদ্ধি সমান না হয় তাহলে উপযুক্ত সংখ্যার দ্বারা গুণ করে জারণ সংখ্যার হ্রাস বৃদ্ধি সমান করতে হবে। যদি দেখা যায় দুটি পদার্থই বিজারিত হয়েছে এবং কোনোও কিছুই জারিত হয়নি বা এর বিপরীতটি হয়েছে তাহলে বুঝতে হবে কোনোও কিছু ভুল আছে। হয়তো বিক্রিয়ক বা বিক্রিয়াজাত পদার্থের সংকেত লেখার ক্ষেত্রে নতুবা জারণ সংখ্যা নির্ধারণের ক্ষেত্রে কিছু ভুল হয়েছে।

ধাপ -4: জলের উপস্থিতিতে আয়ন যুক্ত বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে H^+ এবং OH^- আয়নের সঠিক ব্যবহার, বিক্রিয়ায় ঐ দিকে করতে হবে যাতে মোট তড়িৎ আধান বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত উভয় দিকেই সমান হয়। যদি বিক্রিয়াটি আম্লিক মাধ্যমে হয় তাহলে সমীকরণে H^+ আয়নকে ব্যবহার করতে হবে এবং ক্ষারীয় মাধ্যমে হলে OH^- ব্যবহার করতে হবে।

ধাপ-5 : বিক্রিয়ার দুইদিকে হাইড্রোজেন সংখ্যা সমান করার জন্য, বিক্রিয়ক বা বিক্রিয়াজাত পদার্থের সঙ্গে জল যোগ করতে হবে। এরপর অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা গণনা করতে হবে।

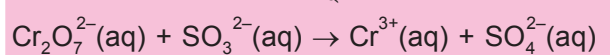
যদি বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থের উভয়দিকে অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা সমান হয় তাহলে বুঝতে হবে বিক্রিয়াটি সমতা বিধান হয়েছে।

সমস্যা : 8.8

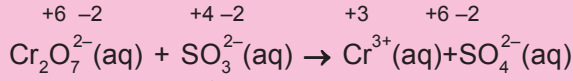
আম্লিক মাধ্যমে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট (VI), $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ এর সঙ্গে সোডিয়াম সালফাইট, Na_2SO_3 এর আয়নীয় বিক্রিয়ায় ক্রোমিয়াম (III) আয়ন এবং সালফেট আয়ন উৎপন্ন হয়। সামগ্রিক বা সার্বিক আয়নীয় বিক্রিয়াটি লেখো।

সমাধান :

প্রথম ধাপ : আয়নীয় বিক্রিয়াটির রূপ হল

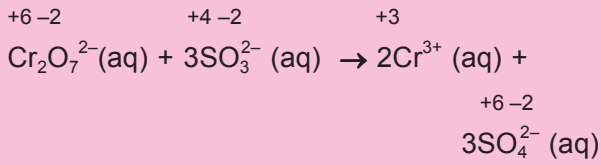


২য় ধাপ : Cr ও S এর জারণ সংখ্যাগুলো নির্ণয় করো।

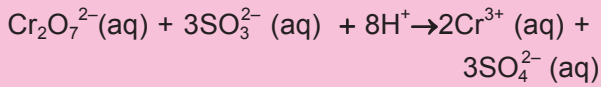


এর থেকে বোঝা যায় ডাইক্রোমেট আয়ন হল জারক দ্রব্য এবং সালফাইট আয়ন হল বিজারক দ্রব্য।

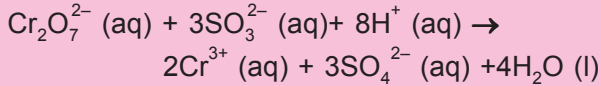
৩য় ধাপ : জারণ সংখ্যার হ্রাস বৃদ্ধি গণনা করো এবং হ্রাস ও বৃদ্ধি সমান কর।



চতুর্থ ধাপ : উভয় দিকের আধান সমান নয়। সেহেতু আধান সমান করার জন্য বাম দিকে 8H^+ যোগ করতে হবে কারণ বিক্রিয়াটি আম্লিক মাধ্যম হয়েছে।



পঞ্চম ধাপ : সবশেষে হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা গণনা করতে হবে এবং প্রয়োজনীয় সংখ্যক জল অণু যোগ করতে হবে। অর্থাৎ সমতায়ুক্ত রেডক্স বিক্রিয়া পাওয়ার জন্য ডান দিকে 4 অণু H_2O যোগ করতে হবে।



সমস্যা 8.9

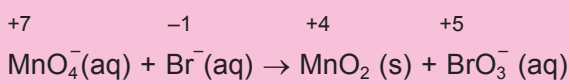
ক্ষারীয় মাধ্যমে ব্রোমাইড আয়ন, পারম্যাঙ্গানেট আয়নের সঙ্গে বিক্রিয়া করে, ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইড এবং ব্রোমেট আয়ন দেয়। এ বিক্রিয়াটির সমতা যুক্ত আয়নীয় বিক্রিয়াটি লেখো।

সমাধান :

১ম ধাপ : বিক্রিয়ার আয়নীয় রূপটি হল

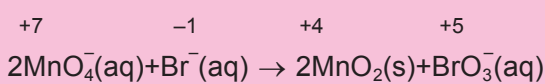


২য় ধাপ : Mn এবং Br এর জারণ সংখ্যা গুলো লেখো

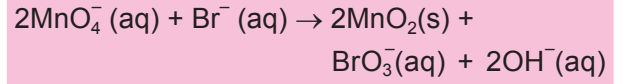


এখানে পারম্যাঙ্গানেট আয়নটি হল জারক দ্রব্য ব্রোমাইড আয়নটি হল বিজারক দ্রব্য।

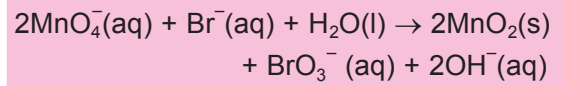
৩য় ধাপ : জারণ সংখ্যার হ্রাস বৃদ্ধি গণনা করো এবং জারণ সংখ্যার হ্রাস বৃদ্ধি সমান করো।



চতুর্থ ধাপ : বিক্রিয়াটির উভয়দিকে তড়িৎ আধান সমান নয়, তাই তড়িৎ আধান সমান করার জন্য ডানদিকে ২টি OH^- আয়ন যোগ করতে হবে কারণ বিক্রিয়াটি ক্ষারীয় মাধ্যমে সংঘটিত হয়েছে।



পঞ্চম ধাপ : সবশেষে হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা গণনা করতে হবে এবং প্রয়োজনীয় সংখ্যক জলের অণু (অর্থাৎ এক অণু জল) বামদিকে যোগ করার পর সমতা যুক্ত রেডক্স সমীকরণটি পাওয়া যাবে।

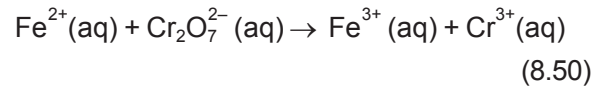


অর্ধ বিক্রিয়া পদ্ধতি (Half reaction method)

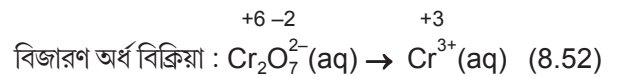
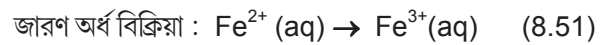
এই পদ্ধতিতে দুইটি অর্ধ বিক্রিয়াকে পৃথক ভাবে সমতা বিধান করা হয় এবং শেষে দুটি অর্ধ বিক্রিয়া যোগ করে সার্বিক সমতা যুক্ত সমীকরণটি লেখা হয়।

আম্লিক মাধ্যমে : ডাইক্রোমেট আয়ন দ্বারা Fe^{2+} আয়ন Fe^{3+} আয়নে জারিত হয় যেখানে ডাইক্রোমেট আয়ন ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) নীচের Cr^{3+} আয়নে জারিত হয়। এই সমীকরণটির সমতা বিধান করতে নিম্নলিখিত ধাপগুলো অনুসরণ করা উচিত।

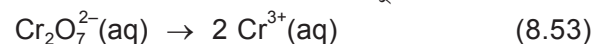
ধাপ-1: প্রথমে বিক্রিয়াটির সমতা বিধানহীন আয়নীয় রূপটি লেখো।



ধাপ-2 : বিক্রিয়াটিকে দুটি অর্ধ বিক্রিয়ায় ভাগ করো।

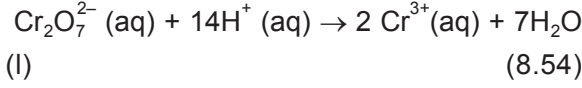


ধাপ -3 : প্রত্যেক অর্ধ বিক্রিয়ায় O ও H পরমাণু ছাড়া অন্য পরমাণু গুলোকেও সমতা বিধান করতে হবে। জারণ অর্ধ বিক্রিয়ায় Fe এর পরমাণু সংখ্যা সমান। বিজারণ অর্ধ বিক্রিয়ায় Cr পরমাণুর সংখ্যা সমান করার জন্য Cr^{3+} আয়নকে 2 দ্বারা গুণ করতে হবে।



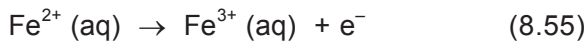
চতুর্থ ধাপ : অ্যাসিড মাধ্যমে বিক্রিয়া হলে O পরমাণুকে সমতা বিধান করার জন্য H_2O যোগ করতে হবে এবং 'H' পরমাণুর সমতা

বিধানের জন্য H^+ আয়ন যোগ করতে হবে। এভাবে বিক্রিয়াটি হল-

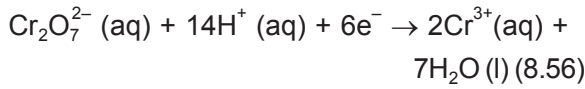


পঞ্চম ধাপ : আধান সমতা বিধান করার জন্য অর্ধ বিক্রিয়ার একদিকে ইলেক্ট্রন যোগ করতে হবে। ইলেক্ট্রন সংখ্যা যদি সমান না থাকে তাহলে প্রয়োজনীয় সংখ্যক e^- দ্বারা একটি বা উভয় অর্ধ বিক্রিয়াগুলোকে গুণ করে ইলেক্ট্রন সংখ্যা সমান করতে হবে।

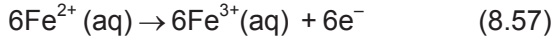
আধানের সমতা বিধান করে জারণ-অর্ধ বিক্রিয়াকে লেখা যায়-



বিজারণ অর্ধ বিক্রিয়ায় বাম দিকে মোট বারোটি ধনাত্মক আধান আছে এবং ডানদিকে মাত্র ছয়টি ধনাত্মক আধান আছে। তাই আধান সমতা বিধান করার জন্য বামদিকে ছয়টি ইলেক্ট্রন যোগ করতে হবে।

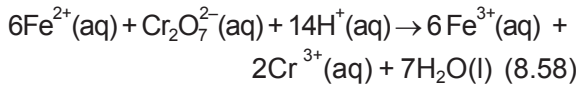


উভয় অর্ধ বিক্রিয়ায় ইলেক্ট্রন সংখ্যা সমান করার জন্য জারণ অর্ধ বিক্রিয়াকে 6 দ্বারা গুণ করতে হবে এবং নিম্নলিখিত ভাবে লেখতে হবে।



ষষ্ঠ ধাপ : দুটি অর্ধ বিক্রিয়া যোগ করে সার্বিক বিক্রিয়াটি পাওয়া যাবে এবং উভয়দিকে ইলেক্ট্রন সংখ্যা বাদ দিতে হবে।

এভাবে সার্বিক আয়নীয় বিক্রিয়াটি পাওয়া যাবে।



সপ্তম ধাপ : এভাবে প্রাপ্ত সমীকরণটির উভয়দিকের আধান সংখ্যা ও প্রতি ধরনের পরমাণুর সংখ্যা যাচাই করতে হবে। এভাবে পরীক্ষা করে দেখার পর যে সমীকরণটি পাওয়া যাবে, তাহল পরমাণুর সংখ্যা ও আধানের ভিত্তিতে সমতায়ুক্ত সমীকরণ।

ক্ষারীয় মাধ্যমে বিক্রিয়ার জন্য আম্লিক মাধ্যমের মতো প্রথমে পরমাণুর সংখ্যা সমান করতে হবে। তারপর প্রত্যেক H^+ আয়নের জন্য সমসংখ্যক OH^- আয়ন সমীকরণের উভয়দিকে যোগ করতে হবে। যে ক্ষেত্রে সমীকরণের একইদিকে H^+ ও OH^- আয়ন থাকবে, সেক্ষেত্রে H^+ এবং OH^- আয়ন মিলে H_2O তৈরি করবে।

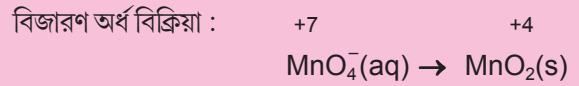
সমস্যা 8.10

ক্ষারীয় দ্রবণে পারম্যাংগানেট (VII) আয়ন MnO_4^- আয়োডাইড I^- আয়নকে আয়োডিন (I_2) অনুতে জারিত করে এবং নিজে ম্যাঙ্গানিজ (IV) অক্সাইডে (MnO_2) বিজারিত হয়। এই রেডক্স বিক্রিয়াটির আয়নীয় রূপটির সমতা বিধান কর।

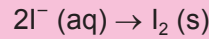
সমাধান :

ধাপ-1 : প্রথমে বিক্রিয়াটির আয়নীয় রূপটি লেখো, যা হলো
 $MnO_4^- (aq) + I^- (aq) \rightarrow MnO_2 (s) + I_2 (s)$

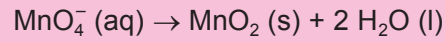
ধাপ-2 : অর্ধ বিক্রিয়া দুটি হল



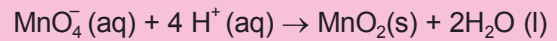
ধাপ - 3 । পরমাণুকে সমতা বিধান করার লক্ষ্যে জারণ অর্ধ বিক্রিয়াকে নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা হয়।



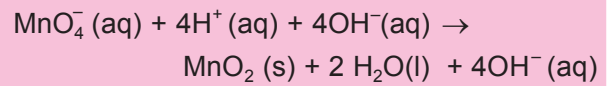
ধাপ -4 বিজারণ অর্ধ বিক্রিয়ায় 'O' পরমাণুকে সমতা বিধান করার জন্য দুই অনু জল ডানদিকে যোগ করতে হবে।



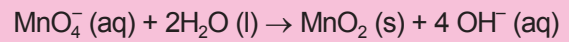
H পরমাণুর সংখ্যা সমান করার জন্য বামদিকে 4টি H^+ আয়নকে যোগ করতে হবে।



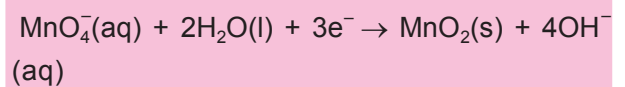
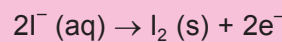
যেহেতু বিক্রিয়াটি ক্ষারীয় মাধ্যমে সম্পন্ন হয় সেহেতু চারটি H^+ আয়নের জন্য উভয়দিকে চারটি করে OH^- আয়ন যোগ করতে হবে।



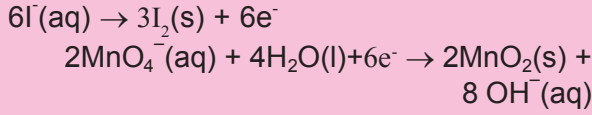
বামদিকের H^+ এবং OH^- আয়নের পরিবর্তে H_2O ব্যবহার করে বিক্রিয়াটিকে লেখা যায়।



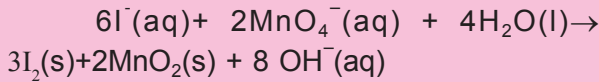
পঞ্চম ধাপ : এই ধাপে দুটি অর্ধ বিক্রিয়ার আধান নিম্নলিখিত উপায়ে সমতা বিধান করা যায় :



ইলেক্ট্রন সংখ্যা সমান করার জন্য জারণ অর্ধ বিক্রিয়াকে 3 দ্বারা ও বিজারণ অর্ধ বিক্রিয়াকে 2 দ্বারা গুণ করতে হবে।



যষ্ঠ ধাপ : ইলেক্ট্রনগুলোকে বাদ দিয়ে দুটি অর্ধ বিক্রিয়াকে যোগ করলে সমগ্র বিক্রিয়াটি পাওয়া যায়।



সপ্তম ধাপ : চূড়ান্ত যাচাই এর পর দেখা যায় বিক্রিয়াটিতে পরমাণুর সংখ্যা এবং আধান উভয়েরই সমতা বিধান হয়েছে।

8.3.3 রেডক্স বিক্রিয়ার উপর নির্ভর করে টাইট্রেশন (Redox Reactions as the basis for Titration)

উপযুক্ত PH নির্দেশক ব্যবহার করে অ্যাসিড ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়ায়, একটি জ্ঞাতমাত্রার দ্রবণ দ্বারা অজ্ঞাত দ্রবণের শক্তিমাত্রা নির্ণয় করা যায়।

অনুব্রূপে রেডক্স বিক্রিয়াতেও উপযোগী নির্দেশক ব্যবহার করে জারক দ্রব্য বা বিজারক দ্রব্যের দ্রবণের শক্তিমাত্রা নির্ণয় করা যায়। রেডক্স টাইট্রেশনে নির্দেশকের ব্যবহার নিচে উল্লেখ করা হল:

(1) একটি ক্ষেত্রে বিকারক নিজেই যথেষ্ট রঙিন। যেমন পারম্যাঙ্গানেট আয়ন (MnO_4^{-}) এখানে MnO_4^{-} নিজেই নির্দেশকের কাজ করে। এক্ষেত্রে দৃশ্যমান সমাপ্তিক্ষণ সূচিত হবে যখন Fe^{2+} বা $C_2O_4^{2-}$ সম্পূর্ণরূপে জারিত হয়ে MnO_4^{-} এর সদ্য আবির্ভূত গোলাপিবর্ণ কিছুক্ষণ স্থায়ী হয়। এসময় MnO_4^{-} এর গাঢ়ত্ব খুবই কম হবে অর্থাৎ $10^{-6} \text{ mol dm}^{-3}$ বা $10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$ । ক্ষনস্থায়ী হালকা গোলাপি বর্ণ সূচিত করে যে বিক্রিয়াটির তুল্যবিন্দু (equivalence point) সদ্য অতিক্রান্ত হয়েছে। অর্থাৎ দ্রবণে জারক ও বিজারক দ্রব্য তাদের সমমোল অনুপাতে আছে।

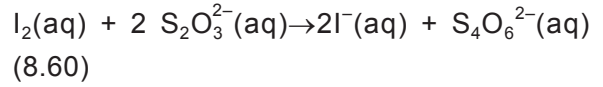
(2) MnO_4^{-} এর মত স্বতঃনির্দেশক (যারা নাটকীয় ভাবে নিজের বর্ণ পরিবর্তন করে) ছাড়াও আরও কিছু নির্দেশক আছে যারা বিকারকের শেষবিন্দু পর্যন্ত গ্রহণ করে জারণ প্রক্রিয়া সম্পূর্ণ করে নাটকীয়ভাবে নিজের বর্ণ পরিবর্তন করে। একটি উৎকৃষ্ট উদাহরণ হল $Cr_2O_7^{2-}$ আয়ন যা স্বতঃনির্দেশক নয়, কিন্তু ডাই ফিনাইল অ্যামিন নির্দেশককে জারণের মাধ্যমে সমতুল্য বিন্দুতে গাঢ় নীল বর্ণ উৎপন্ন করে যা সমাপ্তিক্ষণ সূচিত করে।

(3) আরেকটি পদ্ধতি যা আকর্ষণীয় এবং বেশ প্রচলিত। এই পদ্ধতিটি কেবলমাত্র ওইসব বিকারকের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য যে সব বিকারক I^{-} কে I_2 তে জারিত করতে পারে। যেমন

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

(8.59)

এই পদ্ধতিটিতে I_2 নিজেই স্টার্চের সঙ্গে বিক্রিয়ায় গাঢ় নীল বর্ণ তৈরি করে। থায়ো সালফেটের ($S_2O_3^{2-}$) সঙ্গে I_2 এর বিক্রিয়াটিও একটি বিশেষ রেডক্স বিক্রিয়া।



আয়োডিন জলে অদ্রবণীয় হলেও KI এর দ্রবণে KI_3 হিসেবে দ্রবীভূত থাকে।

Cu^{2+} এর সঙ্গে I^{-} এর বিক্রিয়ায় I^{-} সম্পূর্ণরূপে I_2 এ পরিণত হওয়ার সাথে সাথে স্টার্চ দ্রবণ যোগ করলে গাঢ় নীল বর্ণের সৃষ্টি হয়। থায়োসালফেটের সাথে আয়োডিন বিক্রিয়া যখন সম্পূর্ণ ভাবে শেষ হয়ে যাবে তখন নীলবর্ণ বর্ণহীন হয়ে যাবে। এভাবে সমাপ্তিক্ষণ অতিসহজেই চিহ্নিত করা যাবে এবং বাকিটা স্টয়সিওমিতির গণনা দ্বারা নির্ণয় করা যাবে।

8.3.4 জারণ সংখ্যার ধারণার সীমাবদ্ধতা (Limitations of Concept of oxidation No.)

উপরের আলোচনা থেকে তুমি ধারণা করতে পেরেছ যে রেডক্স প্রক্রিয়ার ধারণাটি সময়ের সঙ্গে সঙ্গে বিকশিত হচ্ছে। এই প্রক্রিয়াটি ক্রমবিকাশমান।

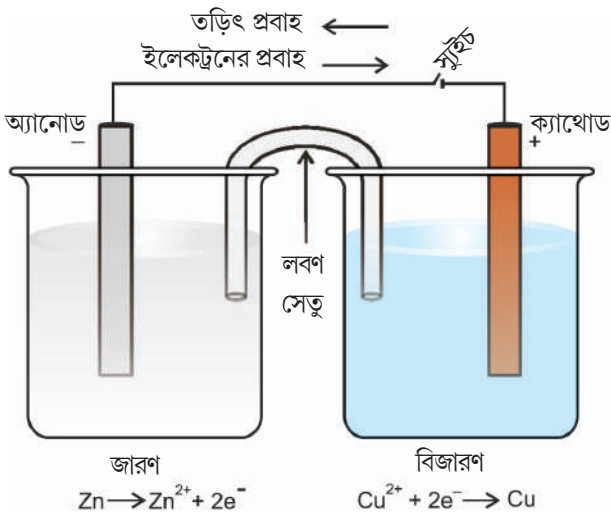
বর্তমান জারণ প্রক্রিয়াকে বিক্রিয়ারত পরমাণু বা পরমাণুগুলোর চারপাশে ইলেকট্রন ঘনত্বের হ্রাসকে সূচিত করে এবং বিজারণ প্রক্রিয়াকে বিক্রিয়ার পরমাণু বা পরমাণুগুলোর চারপাশে ইলেকট্রন ঘনত্বের বৃদ্ধিকে সূচিত করে।

8.4 রেডক্স বিক্রিয়াসমূহ এবং তড়িৎ দ্বার প্রক্রিয়াগুলো (Redox reactions & electrode processes)

কপার সালফেট দ্রবণে জিঙ্ক দণ্ড ডুবানো হলেও 8.15 বিক্রিয়ার, মত রেডক্স বিক্রিয়া সংঘটিত হয়, এক্ষেত্রে জিঙ্ক ইলেকট্রন দানের মাধ্যমে জিঙ্ক আয়নে (Zn^{2+}) জারিত হয় এবং কপার (Cu^{2+}) আয়ন ধাতব কপারে বিজারিত হয়। এই বিক্রিয়াটিতে Zn থেকে Cu^{2+} আয়নে সরাসরি ইলেকট্রন স্থানান্তরিত হয় এবং তাপও উৎপন্ন হয়।

উপরের রেডক্স বিক্রিয়াটি এভাবেও করা যেতে পারে যেখানে ইলেকট্রন স্থানান্তর সরাসরি যুক্ত নয়। তার জন্য জিঙ্ক দণ্ডটিকে কপার সালফেট দ্রবণ থেকে আলাদা করতে হবে। একটি বিকারে কপার সালফেট দ্রবণ নিয়ে তারমধ্যে একটি কপার দণ্ড রাখা হল এবং অপর একটি বিকারে জিঙ্ক সালফেট দ্রবণ নিয়ে তাতে Zn দণ্ড রাখা হল। এক্ষেত্রে, হয় বিকারের দ্রবণে নতুবা লবণের দ্রবণ এবং ধাতুর আন্তঃতরলের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটবে এবং প্রত্যেক বিকারেই একই পদার্থের জারিত এবং বিজারিত অবস্থা বর্তমান। এই বিক্রিয়াগুলো জারণ ও বিজারণ অর্ধবিক্রিয়াকে প্রকাশ করে। জারণ ও বিজারণ অর্ধবিক্রিয়ায় কোনো পদার্থের জারিত ও বিজারিত রূপকেই একত্রে বলা হয় রেডক্স জোড়া বা Redox Couple.

উল্লিখিত বা স্ল্যাশ (Slash) চিহ্ন দ্বারা জারিতরূপকে বিজারিত রূপ থেকে পৃথক ভাবে দেখানো হয়। যেমন কঠিন/দ্রবণ উপরের পরীক্ষায় দুইজোড়া রেডক্সকে, Zn^{2+}/Zn এবং Cu^{2+}/Cu এভাবে প্রকাশ করা হয়। উভয়ক্ষেত্রেই জারিত রূপকে বিজারিত রূপের আগে লেখা হয়। এবার জিঙ্ক সালফেট দ্রবণের বিকার এবং কপারসালফেট দ্রবণের বিকার দুটি পাশাপাশি রাখা হয়। চিত্র 8.3তে দেখানো হয়েছে। দুটি বিকারে রাখা দ্রবণকে লবণ সেতুর দ্বারা যুক্ত করা হল। (লবণ সেতু হল U আকৃতির নল যেখানে আগর



চিত্র 8.3 ডেনিয়েল কোশের গঠন। অ্যানোডে জিঙ্কের জারণে উৎপন্ন ইলেকট্রন বাইরের বর্তনী দিয়ে প্রবাহিত হয়ে ক্যাথোডে যায় এবং কপার আয়নকে বিজারিত করে। কোশের ভিতর লবণ সেতুর মধ্য দিয়ে আয়নের স্থানান্তরের মাধ্যমে বর্তনীটি সম্পূর্ণ হয়। এখানে উল্লেখ্য ইলেকট্রন প্রবাহের দিক এবং তড়িৎ প্রবাহের দিক একে অপরের বিপরীতমুখী।

আগর এর সঙ্গে পটাসিয়াম ক্লোরাইড বা অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট দ্রবণকে মিশিয়ে ফুটিয়ে ঠাণ্ডা করলে জেলির মতো পদার্থ উৎপন্ন হয়)। এভাবে দুটি দ্রবণের মধ্যে তড়িৎ সংযোগ স্থাপন করা হয় সেখানে দ্রবণ দুটি একে অপরের সঙ্গে মিশেনা। জিঙ্ক ও কপার দণ্ডকে ধাতব তার দ্বারা যুক্ত করা হল যেখানে একটি অ্যামমিটার ও সুইচ-এর বন্দোবস্ত থাকবে। চিত্র 8.3তে যা দেখানো হয়েছে তা একটি ড্যানিয়েল (Daniel) কোশ। সুইচ বন্ধ থাকাকালীন অবস্থায় কোনো বিকারেই রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হবে না এবং ধাতব তারের মধ্য দিয়ে কোনো তড়িৎ প্রবাহ ঘটবে না।

যখনই সুইচ চালু করা হবে তখনই নিম্নলিখিত পর্যবেক্ষণগুলো দেখা যাবে :

- 1) Zn থেকে Cu^{2+} আয়নে ইলেকট্রনের স্থানান্তর সরাসরি হবে না। ধাতব তারের মাধ্যমে ইলেকট্রন যাবে যা তীর চিহ্নের মাধ্যমে ইলেকট্রনের গতির অভিমুখ এবং তড়িৎ প্রবাহের দিক দেখানো হয়েছে।
- 2) লবণ সেতুর মাধ্যমে একটি বিকার থেকে অপর বিকারে আয়ন স্থানান্তরের (চলাচলের) মাধ্যমে তড়িৎ উৎপন্ন হয়। Cu এবং Zn ধাতুর মধ্যে বিভব পার্থক্যের জন্যই তড়িৎ প্রবাহ ঘটে। এখানে জিঙ্ক এবং কপার দণ্ড তড়িৎদ্বার রূপে কাজ করে।

প্রত্যেক তড়িৎদ্বারে যে বিভবের সৃষ্টি হয় তা তড়িৎদ্বার বিভব নামে পরিচিত।

তড়িৎদ্বার বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী প্রতিটি দ্রবণের একক (গ্যাসের ক্ষেত্রে এক বায়ুমণ্ডলীর চাপে), প্রমাণ উষ্ণতায় (298K) সংঘটিত তড়িৎদ্বার বিক্রিয়াগুলোতে, প্রতিটি তড়িৎদ্বারের বিভবকে ঐ তড়িৎদ্বারের প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব বলা হয়। প্রথা অনুযায়ী হাইড্রোজেনের প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব (E^0) 0.00 ভোল্ট ধরা হয়। তড়িৎদ্বার বিভবের মান প্রতিটি তড়িৎদ্বারের (বা সক্রিয় বিক্রিয়কগুলোর) জারিত/বিজারিত অবস্থায় থাকার তুলনামূলক প্রবণতা নির্দেশ করে। E^0 এর ঋণাত্মক মান নির্দেশ করে যে, রেডক্স জোড়াটি (redox couple), H^+/H_2 রেডক্স জোড়া থেকে শক্তিশালী বিজারক। E^0 এর ধনাত্মক মান নির্দেশ করে যে, রেডক্স জোড়াটি, H^+/H_2 রেডক্স জোড়া থেকে দুর্বলতর বিজারক। প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভবের মান খুবই গুরুত্বপূর্ণ এবং এর থেকে আমরা আরো অনেক প্রয়োজনীয় তথ্য জানতে পারি। কিছু নির্বাচিত তড়িৎদ্বারের প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব (বিজারণ বিভব) এর মান সারণি 8.1 এ দেওয়া হল। তড়িৎদ্বার বিক্রিয়া ও তড়িৎ রাসায়নিক কোশ সম্বন্ধে বিস্তৃত দ্বাদশ শ্রেণিতে পড়বে।

সারণি : 8.1 298 কেলভিন উন্মতায় প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব জলীয় দ্রবণে উপস্থিত আয়নগুলোর ক্ষেত্রে জলাকে তরলরূপে, গ্যাস এবং কঠিনকে যথাক্রমে **g** এবং **s** দ্বারা প্রকাশ করা হচ্ছে।

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

জারক দ্রব্যের জারণ ক্ষমতার উৎক্রম

বিজারক দ্রব্যের বিজারণ ক্ষমতার উৎক্রম

- যে রেডক্স জোড়ার E^\ominus ঋণাত্মক তাহা H^+/H_2 জোড়া থেকে বেশি শক্তিশালী বিজারক দ্রব্য।
- যে রেডক্স জোড়ায় E^\ominus ধনাত্মক তাহা H^+/H_2 জোড়া থেকে দুর্বল বিজারক দ্রব্য।

সারাংশ

বিক্রিয়া সমূহের মধ্যে রেডক্স বিক্রিয়া একটি গুরুত্বপূর্ণ বিক্রিয়া যেখানে জারণ এবং বিজারণ যুগপৎ ঘটে। ত্রিস্তরীয় ধারণা যেমন সনাতন মতবাদ, ইলেকট্রনীয় তথ্য, জারণ সংখ্যা যা এখনো পর্যন্ত পাওয়া গেছে তা বিস্তারিত ভাবে আলোচনা করা হয়েছে। প্রতিটি ধারণা থেকেই জারণ, বিজারণ, জারক দ্রব্য এবং বিজারক দ্রব্য সম্পর্কে আলোচনা করা হয়েছে। কতকগুলো নিয়মের মাধ্যমে জারণ সংখ্যা নির্ধারণ আলোচনা করা হয়েছে। রেডক্স বিক্রিয়া সমূহকে প্রকাশ করার ক্ষেত্রে জারণ সংখ্যা পদ্ধতি এবং আয়ন ইলেকট্রন পদ্ধতি উভয়েই গুরুত্বপূর্ণ তাৎপর্য বহন করে। রেডক্স বিক্রিয়া সমূহকে চারটি শ্রেণিতে ভাগ করা হয়েছে সংযোজন বিক্রিয়া, বিয়োজন বিক্রিয়া, প্রতিস্থাপন এবং অসমঞ্জস বিক্রিয়া। রেডক্স জোড়া এবং তড়িৎদ্বার প্রক্রিয়ার ধারণা উপস্থাপন করা হয়েছে। তড়িৎদ্বার প্রক্রিয়াগুলোতে এবং তড়িৎকোশে রেডক্স বিক্রিয়ার প্রয়োগ অনেক বেশি।

অনুশীলনী

8.1 নীচের প্রত্যেকটি যৌগে রেখাঙ্কিত মৌলের জারণ সংখ্যা নির্ণয় কর।

- (a) $\text{NaH}_2\text{P}\underline{\text{O}}_4$ (b) $\text{NaH}\underline{\text{S}}\text{O}_4$ (c) $\text{H}_4\underline{\text{P}}_2\text{O}_7$ (d) $\text{K}_2\underline{\text{Mn}}\text{O}_4$
 (e) $\text{Ca}\underline{\text{O}}_2$ (f) $\text{Na}\underline{\text{B}}\text{H}_4$ (g) $\text{H}_2\underline{\text{S}}_2\text{O}_7$ (h) $\text{KAl}(\underline{\text{S}}\text{O}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$

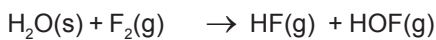
8.2 নীচের রেখাঙ্কিত মৌলের জারণ সংখ্যা নির্ণয় কর এবং তোমার উত্তরের যথার্থতা বিচার করো।

- (a) $\text{K}\underline{\text{I}}_3$ (b) $\text{H}_2\underline{\text{S}}_4\text{O}_6$ (c) $\underline{\text{F}}\text{e}_3\text{O}_4$ (d) $\underline{\text{C}}\text{H}_3\underline{\text{C}}\text{H}_2\underline{\text{O}}\text{H}$ (e) $\underline{\text{C}}\text{H}_3\underline{\text{C}}\text{O}\underline{\text{O}}\text{H}$

8.3 নীচের বিক্রিয়াগুলোকে রেডক্স বিক্রিয়া হিসেবে বিচার করো।

- (a) $\text{CuO}(\text{s}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{Cu}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
 (b) $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3\text{CO}(\text{g}) \rightarrow 2\text{Fe}(\text{s}) + 3\text{CO}_2(\text{g})$
 (c) $4\text{BCl}_3(\text{g}) + 3\text{LiAlH}_4(\text{s}) \rightarrow 2\text{B}_2\text{H}_6(\text{g}) + 3\text{LiCl}(\text{s}) + 3\text{AlCl}_3(\text{s})$
 (d) $2\text{K}(\text{s}) + \text{F}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{K}^+\text{F}^-(\text{s})$
 (e) $4\text{NH}_3(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 4\text{NO}(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$

8.4 ফ্লোরিন বরফের সঙ্গে ক্রিয়া করে এবং ফলস্বরূপ নীচের পরিবর্তন ঘটে :



বিক্রিয়াটিকে একটি রেডক্স বিক্রিয়া হিসেবে বিচার করো।

8.5 H_2SO_5 , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ এবং NO_3^- পদার্থগুলোর মধ্যে সালফার, ক্রোমিয়াম এবং নাইট্রোজেনের জারণ সংখ্যা নির্ণয় করো। যৌগগুলোর প্রস্তাবিত গঠন উল্লেখ করো এবং ভ্রান্ত ধারণা দূর করো।

8.6 নীচের যৌগ গুলোর সংকেত লেখো।

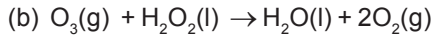
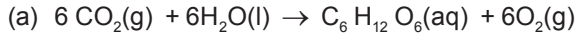
- (a) মারকারি (II) ক্লোরাইড (b) নিকেল (III) সালফেট (c) টিন (IV) অক্সাইড (d) থ্যালিয়াম (I) সালফেট
 (e) আয়রন (III) সালফেট (f) ক্রোমিয়াম (III) অক্সাইড

8.7 যৌগের তালিকা তৈরি করো,

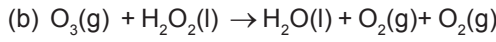
যেখানে কার্বনের -4 থেকে +4 জারণ অবস্থা বিদ্যমান এবং নাইট্রোজেনের -3 থেকে +5 পর্যন্ত জারণ অবস্থা বিদ্যমান।

8.8 সালফার ডাই অক্সাইড এবং হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড জারক এবং বিজারক উভয় রূপেই তাদের বিক্রিয়াগুলোতে কাজ করতে পারে কিন্তু ওজোন এবং নাইট্রিক অ্যাসিড কেবলমাত্র জারক দ্রব্য রূপেই কাজ করতে পারে - কেন?

8.9 বিক্রিয়াগুলো বিবেচনা করো :



কেন বিক্রিয়াগুলোকে নিম্নলিখিত উপায়ে লেখাটা অধিক যুক্তিযুক্ত?



উপরের a এবং b রেডক্স বিক্রিয়াগুলো যে পথে হয়েছে তা খোঁজার জন্য একটি প্রক্রিয়া উল্লেখ কর।

8.10 AgF_2 যোগটি দু:স্থিত। এটি যে ভাবেই তৈরি হোক না কেন যোগটি একটি শক্তিশালী জারক দ্রব্য কেন?

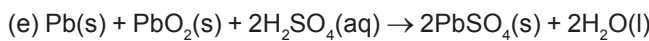
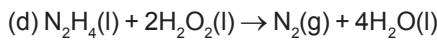
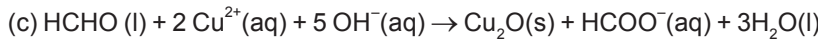
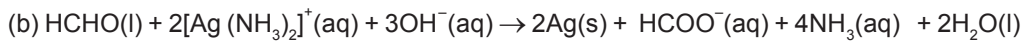
8.11 জারক দ্রব্য এবং বিজারক দ্রব্যের মধ্যে যখন একটি বিক্রিয়া সংঘটিত হয়, বিজারক দ্রব্য অতিরিক্ত পরিমাণে থাকলে নিম্ন জারণ সংখ্যা বিশিষ্ট যোগ উৎপন্ন হয় এবং জারক দ্রব্য অতিরিক্ত পরিমাণে থাকলে উচ্চ জারণ সংখ্যা বিশিষ্ট যোগ উৎপন্ন হয়। তিনটি উপযুক্ত উদাহরণসহ বাক্যটির সত্যতা যাচাই করো।

8.12 নীচের পর্যবেক্ষণগুলো গণনা করো।

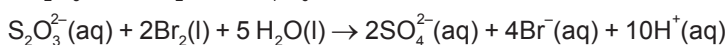
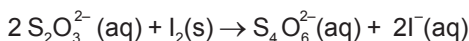
a. ক্ষারীয় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট এবং আলমিক পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট উভয়েই জারক দ্রব্য রূপে কাজ করে, তথাপি টলুইন থেকে বেনজোয়িক অ্যাসিড তৈরি করার সময় জারক দ্রব্য রূপে ক্ষারীয় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ব্যবহার করি কেন? এই বিক্রিয়াটির সমতা যুক্ত রেডক্স বিক্রিয়াটি লেখো।

(b) ক্লোরাইড যুক্ত একটি অজৈব মিশ্রণে গাঢ় H_2SO_4 যোগ করলে বর্ণহীন বাঁঝালো গন্ধের HCl গ্যাস পাওয়া যায় কিন্তু ব্রোমাইড যুক্ত মিশ্রণ থেকে লাল বর্ণের ব্রোমিন বাষ্প পাওয়া যায় কেন?

8.13 নীচের প্রত্যেকটি বিক্রিয়ায় জারিত, বিজারিত পদার্থ এবং জারক দ্রব্য ও বিজারক দ্রব্যকে চিহ্নিত করো।



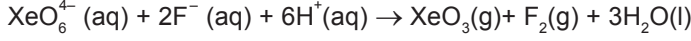
8.14 নীচের বিক্রিয়াগুলো বিবেচনা করো।



একই বিজারক দ্রব্য থায়োসালফেট আয়োডিন এবং ব্রোমিন এর সঙ্গে ভিন্ন ভাবে বিক্রিয়া করে কেন?

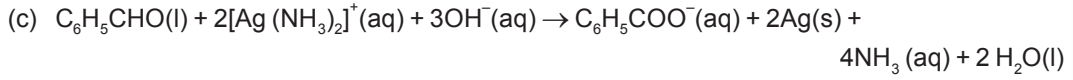
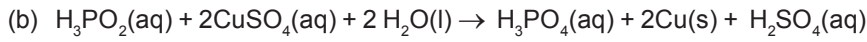
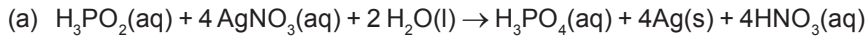
8.15 হ্যালোজেন যৌগ সমূহের মধ্যে ফ্লোরিন সবচেয়ে শক্তিশালী জারকদ্রব্য এবং হাইড্রোহ্যালিক যৌগগুলোর মধ্যে হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড সবচেয়ে শক্তিশালী বিজারক দ্রব্য, উপযুক্ত বিক্রিয়ার দ্বারা এর সত্যতা নিব্বপন করো।

8.16 কেন নীচের বিক্রিয়াটি সংঘটিত হয় ?



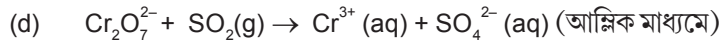
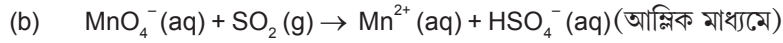
বিক্রিয়াটি থেকে Na_4XeO_6 (যার অন্তর্গত XeO_6^{4-}) যৌগটি সম্পর্কে কী ধারণা পোষণ করা যায়।

8.17 নীচের বিক্রিয়াগুলো বিবেচনা করো।

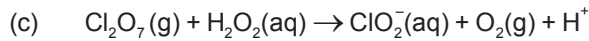
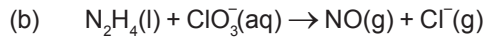
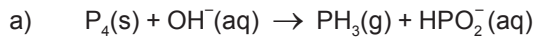


উপরের বিক্রিয়াগুলোতে Ag^+ এবং Cu^{2+} সম্পর্কে কী সিদ্ধান্তে আসা যায় ?

8.18 আয়ন ইলেকট্রন পদ্ধতিতে নীচের বিক্রিয়া গুলোর সমতা বিধান কর।



8.19 আয়ন ইলেকট্রন পদ্ধতিতে ক্ষারীয় মাধ্যমে এবং জারণ সংখ্যা পদ্ধতিতে নীচের সমীকরণগুলোর সমতা বিধান কর এবং জারক এবং বিজারক দ্রব্যকে সূচিত কর।



8.20 নীচের বিক্রিয়াটি থেকে কী প্রকারের তথ্য তুমি পেতে পার।



8.21 Mn^{3+} আয়নটি দ্রবণে দুঃস্থিত এবং অসামঞ্জস্য বিক্রিয়ার দ্বারা Mn^{2+} , MnO_2 এবং H^+ আয়ন দেয়।

এর সমতায়ুক্ত আয়নীয় বিক্রিয়াটি লেখো।

8.22 নীচের মৌলগুলো বিবেচনা করো : Cs, Ne, I এবং F

- (a) কোন্ মৌলটি শুধুমাত্র ঋণাত্মক জারণ স্তরে থাকে।
- (b) কোন্ মৌলটি এর যৌগে শুধুমাত্র ধনাত্মক জারণস্তরে থাকে।
- (c) কোন মৌলটি ধনাত্মক ও ঋণাত্মক উভয় জারণস্তরে থাকে।
- (d) কোন্ মৌলটি ধনাত্মক বা ঋণাত্মক কোনোও জারণ অবস্থায় থাকতে পারে না।
- 8.23 পানীয় জলকে বিশুদ্ধ করতে ক্লোরিন ব্যবহার করা হয়। অতিরিক্ত ক্লোরিন ক্ষতিকারক বলে সালফার ডাই অক্সাইড যোগ করে একে অপসারিত করা হয়। জলের উপস্থিতিতে SO_2 এর সঙ্গে Cl_2 এর সমতায়ুক্ত রেডক্স বিক্রিয়াটি লেখো।
- 8.24 তোমার বই-এর পর্যায় সারণি কাজে লাগিয়ে নীচের উত্তরগুলো করো।
- (অ) সম্ভাব্য অধাতু নির্বাচন করো যা অসামঞ্জস্য বিক্রিয়া করতে সক্ষম।
- (আ) তিনটি ধাতু নির্বাচন করো যোগুলো অসামঞ্জস্য বিক্রিয়া করতে সক্ষম।
- 8.25 অসওয়াল্ড পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিডের উৎপাদনের প্রথম ধাপে অ্যামোনিয়া গ্যাস অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়ে নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস এবং জলীয় বাষ্প উৎপন্ন হয়। 10.00 গ্রাম অ্যামোনিয়া এবং 20.00 গ্রাম অক্সিজেন নিয়ে বিক্রিয়া শুরু করলে সর্বোচ্চ কত গ্রাম নাইট্রিক অক্সাইড পাওয়া যাবে?
- 8.26 8.1 সারণির প্রমাণ বিজারণ বিভবের মান ব্যবহার করে নীচের বিক্রিয়াগুলোর সম্ভাব্যতা বিচার করো।
- (a) $Fe^{3+}(aq)$ and $I^{-}(aq)$
- (b) $Ag^{+}(aq)$ and $Cu(s)$
- (c) $Fe^{3+}(aq)$ and $Cu(s)$
- (d) $Ag(s)$ and $Fe^{3+}(aq)$
- (e) $Br_2(aq)$ and $Fe^{2+}(aq)$.
- 8.27 নিম্নলিখিত ক্ষেত্রগুলোতে তড়িৎ বিশ্লেষণ বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জাতকগুলো লেখো।
- (ক) $AgNO_3$ এর জলীয় দ্রবণ Ag তড়িৎদ্বার দ্বারা।
- (খ) $AgNO_3$ এর জলীয় দ্রবণ Pt তড়িৎদ্বার দ্বারা।
- (গ) H_2SO_4 এর লঘু দ্রবণ Pt তড়িৎদ্বার দ্বারা।
- (ঘ) $CuCl_2$ এর জলীয় দ্রবণ, Pt তড়িৎ দ্বার দ্বারা।
- 8.28 নিম্নলিখিত ধাতুগুলোকে তাদের লবণের দ্রবণ থেকে প্রতিস্থাপনের ক্রম অনুযায়ী সাজাও।
- Al, Cu, Fe, Mg এবং Zn .
- 8.29 প্রমাণ বিজারণ বিভবের মান দেওয়া হল,
- $K^{+}/K = -2.93V, Ag^{+}/Ag = 0.80V,$
- $Hg^{2+}/Hg = 0.79V$
- $Mg^{2+}/Mg = -2.37V, Cr^{3+}/Cr = -0.74V$
- ধাতুগুলোকে বিজারণ ক্ষমতার উর্ধ্বক্রম অনুসারে সাজাও
- 8.30 গ্যালভানিক কোশকে বর্ণিত করো যেখানে
- $Zn(s) + 2Ag^{+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2Ag(s)$ এ বিক্রিয়াটি ঘটে। আরও দেখাও
- (ক) কোন্ তড়িৎদ্বারটি ঋণাত্মক আধানগ্রস্ত।
- (খ) কোশের মধ্যে কোন্টি তড়িৎবহনকারী।
- (গ) এবং প্রতিটি ইলেকট্রোডের স্বতন্ত্র বিক্রিয়া।

হাইড্রোজেন (HYDROGEN)

উদ্দেশ্য

এই অধ্যায়টি অধ্যয়নের পর তোমরা সক্ষম হবে —

- পর্যায় সারণিতে হাইড্রোজেনের অবস্থান সম্পর্কে বর্তমান মতামত জানতে
- প্রকৃতিতে বিভিন্ন রূপে উপস্থিত হাইড্রোজেনের সনাক্তকরণ এবং কম পরিমাণে ও বাণিজ্যিক ভাবে হাইড্রোজেন উৎপাদন, হাইড্রোজেনের আইসোটোপগুলোর বর্ণনা করতে
- বিভিন্ন মৌলের সহিত হাইড্রোজেন যুক্ত হয়ে তড়িৎযোজী, আণবিক এবং ননস্টয়সিওমেট্রিক যৌগের গঠন ব্যাখ্যা করতে
- হাইড্রোজেনের ধর্মগুলো জেনে নিয়ে এবং ব্যবহার করে নতুন প্রযুক্তির উদ্ভাবন এবং প্রয়োজনীয় পদার্থ কিভাবে তৈরি করা যায় তা জানতে
- জলের গঠন জেনে নিয়ে এবং এই জ্ঞানের আধারে তার ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের ব্যাখ্যা করতে
- জলে দ্রবীভূত পদার্থের উপর নির্ভর করে প্রাকৃতিক জলের গুণাবলি, খরজল ও মৃদুজলের মধ্যে পার্থক্য এবং জলের মৃদুকরণ সম্পর্কে জানতে
- ভারী জল সম্পর্কে ধারণা এবং এর প্রয়োজনীয়তা সম্পর্কে জানতে
- হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের গঠন, এর প্রস্তুতির পদ্ধতি এবং হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের ধর্ম ব্যবহার করে প্রয়োজনীয় বিভিন্ন রাসায়নিক দ্রব্যের উৎপাদন এবং পরিবেশকে পরিষ্কার করার বিষয়ে জানতে।
- বিশেষ কিছু বৈজ্ঞানিক পরিভাষা (term) সম্বন্ধে ধারণা লাভ এবং ব্যবহার, উদাহরণ স্বরূপ, ইলেকট্রন ঘাটতি (Electron deficient) যথাযথ ইলেকট্রন বা সুনির্দিষ্ট ইলেকট্রন বিশিষ্ট (electron precise), ইলেকট্রন সমৃদ্ধ (Electron rich), হাইড্রোজেন ইকোনমি (Hydrogen economy), হাইড্রোজেন সংযোজন (Hydrogenation), ইত্যাদি বিষয়ে জানতে।

“মহাবিশ্বে হাইড্রোজেনের প্রাচুর্য সর্বাধিক এবং ভূ-পৃষ্ঠের মধ্যে উপস্থিতির নিরিখে তৃতীয় স্থান দখল করে আছে এবং এটিকে ভবিষ্যতে শক্তির বড় উৎস রূপে মনে করা হচ্ছে।”

আমাদের চারপাশে প্রকৃতিতে যত মৌল আছে তাদের মধ্যে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গঠন সরলতম। পারমাণবিক অবস্থায় এটি কেবল মাত্র একটি প্রোটন এবং একটি ইলেকট্রন নিয়ে গঠিত। মৌল অবস্থায় এটি দ্বিপরমাণুক অণুরূপে থাকে বলে একে ডাইহাইড্রোজেন বলে। অন্য যে কোনো মৌল অপেক্ষা এটি অধিক সংখ্যক যৌগ গঠন করে। তোমরা জান কি, হাইড্রোজেনকে শক্তির উৎস হিসেবে ব্যবহার করে সারা বিশ্বের শক্তির চাহিদার বেশির ভাগ অংশই পূরণ করা সম্ভব? প্রকৃতপক্ষে শিল্পে হাইড্রোজেনের গুরুত্বপূর্ণ চাহিদার দিকটি এই অধ্যায়ে জানতে পারবে।

9.1 পর্যায় সারণিতে হাইড্রোজেনের অবস্থান (POSITION OF HYDROGEN IN THE PERIODIC TABLE)

হাইড্রোজেন, পর্যায়সারণির প্রথম মৌল। তবে অতীতে পর্যায়সারণিতে এর অবস্থান আলোচনার বিষয়বস্তু ছিল। এখন তোমরা জান যে, পর্যায় সারণিতে মৌলগুলোকে ইলেকট্রনীয় বিন্যাস অনুসারে সাজানো হয়েছে।

হাইড্রোজেনের ইলেকট্রন বিন্যাস হল $1s^1$ । একদিকে এই ইলেকট্রন বিন্যাসটি পর্যায় সারণির প্রথম শ্রেণিতে অবস্থানকারী ক্ষার ধাতুগুলোর সর্ববহিস্থ কক্ষপথের ইলেকট্রন বিন্যাস ns^1 এর মত, অপরদিকে হ্যালোজেন মৌলগুলোর (পর্যায় সারণির ১৭তম শ্রেণিভুক্ত, ইলেকট্রন বিন্যাস ns^2np^5) যেমন নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন বিন্যাস থেকে একটি ইলেকট্রন কম হয় তেমনি হাইড্রোজেনের নিকটবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাস হিলিয়াম ($1s^2$) থেকে একটি ইলেকট্রন কম হয়। হাইড্রোজেন সেজন্য ক্ষার ধাতুর ন্যায় একটি ইলেকট্রন বর্জন করে এক একক ধনাত্মক আয়নে পরিণত হয় তেমনি হ্যালোজেনের মতো একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে এক একক ঋণাত্মক আয়ন গঠন করে। ক্ষার ধাতুর ন্যায় হাইড্রোজেন, অক্সাইড, হ্যালাইড এবং সালফাইড গঠন করে।

হাইড্রোজেনের আয়নিভবন এনথ্যালপি মান অনেক বেশি, তাই সাধারণ অবস্থায় ক্ষার ধাতুর মত ধাতব ধর্মগুলো প্রদর্শন করে না। প্রকৃতপক্ষে আয়নায়ণ বিভব (আয়োনাইজেশন এনথ্যালপি) এর সাপেক্ষে হ্যালোজেনের সাথে হাইড্রোজেনের সাদৃশ্য রয়েছে। Li এর $\Delta_f H$ হল 520 kJ mol^{-1} , F এর 1680 kJ mol^{-1} যেখানে H এর হল 1312 kJ mol^{-1} । হ্যালোজেনের মত হাইড্রোজেন দ্বি-পরমাণুক অণু গঠন করে এবং অন্যান্য মৌলের সাথে যুক্ত হয়ে হাইড্রাইড গঠন করে এবং বহু সংখ্যক সমযোজী যৌগ গঠন করে। তবে হাইড্রোজেনের সক্রিয়তা হ্যালোজেন থেকে অনেক কম।

হ্যালোজেন ও ক্ষারের সাথে হাইড্রোজেন একটি নির্দিষ্ট সীমা পর্যন্ত সাদৃশ্য দেখায়, পাশাপাশি অনেক বৈসাদৃশ্য ও বর্তমান। তাহলে এখন প্রশ্নের সৃষ্টি হয়, পর্যায় সারণিতে এটিকে কোথায় স্থান দেওয়া যায়? হাইড্রোজেন থেকে একটি ইলেকট্রন বর্জিত হলে $\sim 1.5 \times 10^{-3} \text{ pm}$ আকার বিশিষ্ট নিউক্লিয়াস (H^+) গঠিত হয়। এটি সাধারণ পারমাণবিক এবং আয়নিক আকার ($50-200 \text{ pm}$) থেকে অনেক কম আকার বিশিষ্ট হয়। এই কারণে H^+ মুক্ত অবস্থায় থাকে না এবং সর্বদা অন্যান্য পরমাণু বা অণুর সাথে যুক্ত থাকে। সেজন্য হাইড্রোজেন আচরণগত ভাবে অনন্য এবং পর্যায় সারণিতে পৃথকভাবে রাখা হয়েছে। (তৃতীয় অধ্যায়)

9.2 ডাই হাইড্রোজেন, ($DIHYDROGEN, H_2$)

9.2.1 প্রকৃতিতে হাইড্রোজেনের অবস্থান (OCCURRENCE)

বিশ্বব্রহ্মাণ্ডে হাইড্রোজেনের প্রাচুর্য সর্বাধিক (বিশ্বব্রহ্মাণ্ডের মোট ভরের 70%) এবং এটি সৌর মণ্ডলের মুখ্য মৌল। দৈত্যাকৃতি গ্রহ

বৃহস্পতি এবং শনি মুখ্যত হাইড্রোজেন দ্বারা গঠিত। তবে হাল্কা প্রকৃতির জন্য পৃথিবীর বায়ুমণ্ডলে হাইড্রোজেনে খুব কম পরিমাণে (ভর হিসেবে 0.15%) থাকে। ভূত্বকে এবং মহাসাগরে হাইড্রোজেনের যৌগগুলিতে হাইড্রোজেনের সংযুতি 15.4%। জল ব্যতীত এটি যৌগরূপে উদ্ভিদ ও প্রাণীজ কোষে, শর্করতে, প্রোটিনে, হাইড্রাইড ও হাইড্রোকার্বনে এবং অন্যান্য যৌগেও হাইড্রোজেন বর্তমান।

9.2.2 হাইড্রোজেনের সমস্থানিক (Isotopes of hydrogen)

হাইড্রোজেনের তিনটি সমস্থানিক (Isotope) আছে। প্রোটিয়াম 1_1H , ডিউটেরিয়াম 2_1H বা D এবং ট্রিটিয়াম, 3_1H বা T। তুমি কি ধারণা করতে পার কিভাবে সমস্থানিকগুলো একে অপরের থেকে পৃথক? এই সমস্থানিকগুলো নিউট্রন সংখ্যার পার্থক্যের জন্যই একে অপরের থেকে পৃথক। সাধারণ হাইড্রোজেন অর্থাৎ প্রোটিয়ামের কোনো নিউট্রন নেই। ডিউটেরিয়াম (যেটি ভারী হাইড্রোজেন নামে পরিচিত) এবং ট্রিটিয়ামের নিউক্লিয়াসে যথাক্রমে একটি ও দুইটি নিউট্রন থাকে। 1934 সালে আমেরিকান বিজ্ঞানী হেরল্ড সি. ইউরিন (Harold C. Urey) 2 ভরসংখ্যা বিশিষ্ট হাইড্রোজেন সমস্থানিকটিকে ভৌত পদ্ধতির সাহায্যে পৃথক করার জন্য নোবেল পুরস্কারে ভূষিত হন।

হাইড্রোজেনের মুখ্য সমস্থানিক হল প্রোটিয়াম। স্থলজ হাইড্রোজেনে (Terrestrial hydrogen) 0.0156% ডিউটেরিয়াম, মুখ্যত HD রূপে থাকে। যদি প্রোটিয়ামের পরমাণুর সংখ্যা 10^{18} হয় তবে ট্রিটিয়ামের পরমাণুর সংখ্যা 1টি (আনুপাতিক হারে)।

সারণি 9.1 : হাইড্রোজেনের ভৌত ও পারমাণবিক ধর্ম

ধর্ম	হাইড্রোজেন	ডিউটেরিয়াম	ট্রিটিয়াম
আপেক্ষিক প্রাচুর্য (%)	99.985	0.0156	10^{-15}
আপেক্ষিক পারমাণবিক ভর (g mol^{-1})	1.008	2.014	3.016
গলনাঙ্ক / K	13.96	18.73	20.62
স্ফুটনাঙ্ক / K	20.39	23.67	25.0
ঘনত্ব / g L^{-1}	0.09	0.18	0.27
গলনের তাপ / kJ mol^{-1}	0.117	0.197	-
বাস্পীভবনের তাপ / kJ mol^{-1}	0.904	1.226	-
বন্ধন বিভাজন তাপ / kJ mol^{-1} 298.2K উষ্ণতায়	435.88	443.35	-
আন্তঃনিউক্লিয়ার দূরত্ব / pm	74.14	74.14	-
আয়নায়ন এনথ্যালপি / kJ mol^{-1}	1312	-	-
ইলেকট্রন গ্রহণ এনথ্যালপি / kJ mol^{-1}	-73	-	-
সমযোজী ব্যাসার্ধ / pm	37	-	-
আয়নীয় ব্যাসার্ধ (H^-) / pm	208	-	-

হাইড্রোজেন সমস্থানিকগুলোর মধ্যে কেবলমাত্র ট্রিটিয়ামই তেজস্ক্রিয় এবং কমশক্তি সম্পন্ন β কণা ($t_{1/2}$, 12.33 বছর) নির্গত করে।

যেহেতু সমস্থানিকগুলোর ইলেকট্রনীয় বিন্যাস একই রকমের সেজন্য তাদের রাসায়নিক ধর্মও প্রায় একই ধরনের। মুখ্যত তাদের বন্ধন বিভাজন তাপের মান বিভিন্ন হওয়ার জন্য (সারণি-9.1) তাদের বিক্রিয়ার গতি বিভিন্ন হয়। তবে তাদের ভরের পার্থক্যের জন্য এই সমস্থানিকগুলোর মধ্যে ভৌত ধর্মের পার্থক্য বিদ্যমান।

9.3 ডাইহাইড্রোজেন, H_2 প্রস্তুতি (Preparation of Dihydrogen)

ধাতু এবং ধাতব হাইড্রাইড থেকে ডাইহাইড্রোজেন তৈরির অনেকগুলো পদ্ধতি আছে।

9.3.1 রসায়নাগারে ডাই হাইড্রোজেন প্রস্তুতি (Laboratory Preparation of Dihydrogen)

- (i) লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে জিঙ্ক দানার বিক্রিয়ায় এটি সাধারণত তৈরি হয়।

$$Zn + 2H^+ \rightarrow Zn^{2+} + H_2$$
- (ii) আর্দ্র স্ফারের সঙ্গে জিঙ্ক এর বিক্রিয়ায় ও এটি উৎপন্ন হয়।

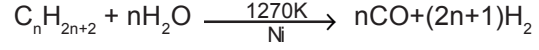
$$Zn(s) + 2NaOH(aq) \rightarrow Na_2ZnO_2(aq) + H_2(aq)$$
সোডিয়াম জিঙ্কেট।

9.3.2 বাণিজ্যিক ভাবে ডাই হাইড্রোজেন এর উৎপাদন (Commercial Production of Dihydrogen)

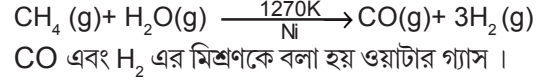
- প্রচলিত পদ্ধতিগুলোর বর্ণনা নিচে দেওয়া হল।
- (i) প্লাটিনাম তড়িৎদ্বার ব্যবহার করে অম্লিকৃত জলের তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা H_2 তৈরি করা যায়।

$$2H_2O(l) \xrightarrow[\text{অম্ল বা ক্ষার যুক্ত}]{\text{তড়িৎ বিশ্লেষণ}} 2H_2(g) + O_2(g)$$
- (ii) নিকেল তড়িৎদ্বার ব্যবহার করে গরম জলীয় বেরিয়াম হাইড্রোক্সাইডের তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে অতি বিশুদ্ধ ($> 99.95\%$) ডাই হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।
- (iii) ব্রাইন দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড এবং ক্লোরিনের উৎপাদনের সময় উপজাত দ্রব্য হিসেবে এটি উৎপন্ন হয়। তড়িৎবিশ্লেষণের সময় তড়িৎ দ্বারের বিক্রিয়াগুলো হল —
অ্যানোড : $2Cl^-(aq) \rightarrow Cl_2(g) + 2e^-$
ক্যাথোড : $2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$
সর্বোপরি বিক্রিয়া হল

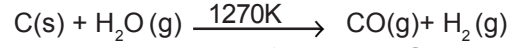
$$2Na^+(aq) + 2Cl^-(aq) + 2H_2O(l) \rightarrow Cl_2(g) + H_2(g) + 2Na^+(aq) + 2OH^-(aq)$$
- (iv) অনুঘটকের উপস্থিতিতে উচ্চ উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের সঙ্গে হাইড্রোকার্বন বা কোকের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।



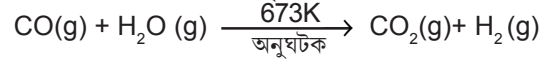
যেমন,



মিথানলের এবং কিছু সংখ্যক হাইড্রোকার্বনের সংশ্লেষণে CO এবং H_2 এর মিশ্রণ ব্যবহৃত হয় বলে এই মিশ্রণকে সংশ্লেষক গ্যাস বা সিন্ গ্যাসও বলা হয়। আজকাল ড্রেনের ময়লা, কাঠের মিহি গুড়ো, স্ক্র্যাপ কাঠ, সংবাদপত্র ইত্যাদি থেকে সিন্ গ্যাস তৈরি করা হয়। কোল থেকে সিন্ গ্যাস তৈরির প্রক্রিয়াকে বলা হয় কোল গ্যাসীভবন।



আয়রনক্রোমেট অনুঘটকের উপস্থিতিতে স্টীমের সঙ্গে সিন্ গ্যাস মিশ্রণে উপস্থিত কার্বন মনোক্সাইডের বিক্রিয়ার দ্বারা ডাই হাইড্রোজেন এর উৎপাদন বৃদ্ধি করা যায়।।



উপরের বিক্রিয়াটিকে ওয়াটার গ্যাস শিফট বিক্রিয়া বলা হয়। সোডিয়াম আর্সেনাইট দ্রবণের সঙ্গে স্ক্রাবিং (scrubbing) দ্বারা কার্বন মনোক্সাইডকে অপসারিত করা হয়। বর্তমানে, পেট্রোক্যামিকেল (Petro chemical) থেকে শিল্পে ~77% ডাই হাইড্রোজেন তৈরি করা হয়, কোল থেকে 18%, জলের তড়িৎ বিশ্লেষণ থেকে 4% এবং অন্যান্য উৎস থেকে 1% H_2 উৎপন্ন হয়।

9.4 হাইড্রোজেনের ধর্মাবলী (Properties of dihydrogen)

9.4.1 ভৌত ধর্মাবলী (Physical Properties)

ডাই হাইড্রোজেন হল বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বাদহীন, দাহ্য গ্যাস। এটি বায়ু থেকে হালকা এবং জলে অদ্রবণীয়। এর অন্যান্য ধর্মাবলী, ডিউটেরিয়ামের ধর্মাবলীর সঙ্গে সারণি 9.1 এ দেওয়া আছে।

9.4.2 রাসায়নিক ধর্মাবলী (Chemical Properties)

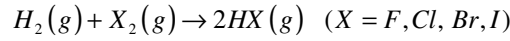
ডাই হাইড্রোজেনের (যে কোন অণুর জন্য) রাসায়নিক ধর্ম নির্ণয় করা হয় বন্ধন বিভাজন এনথ্যালপির সাহায্যে। হাইড্রোজেনের বন্ধন বিভাজন এনথ্যালপির মান যে কোন মৌলের দুটি পরমাণু মধ্যস্থ এক বন্ধনের শক্তি থেকে বেশি হয়। এই তথ্য থেকে তুমি কি সিদ্ধান্ত নিতে পার? এই কারণটির জন্যই ডাই হাইড্রোজেন অণুর পরমাণুতে বিভাজন, 2000 K উষ্ণতায় ~0.081% থেকে বৃদ্ধি পেয়ে 5000 K উষ্ণতায় 95.5% এ পৌঁছায়।

H-H উচ্চ বন্ধন এনথ্যালপি জন্ম সাধারণ উষ্ণতায় এটি তুলনামূলক ভাবে নিক্রিয়। অতি বেগুনি রশ্মির প্রভাবে বা অতি উচ্চ উষ্ণতায় বৈদ্যুতিক আর্ক এর মধ্য দিয়ে H_2 গ্যাস পাঠালে পারমাণবিক হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। হাইড্রোজেন পরমাণুটি $1s^1$ ইলেকট্রন বিন্যাসযুক্ত অসম্পূর্ণ কক্ষক যুক্ত হওয়ায় এটি প্রায় প্রতিটি মৌলের সঙ্গে যুক্ত হয়। এটি বিক্রিয়া সম্পাদন করে— i) একটিমাত্র ইলেকট্রন বর্জন করে H^+ আয়ন গঠনের মাধ্যমে (ii) একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে H^- আয়ন গঠনের মাধ্যমে এবং (iii) ইলেকট্রন অংশীদারিত্বের মাধ্যমে একটি সমযোজী বন্ধন তৈরি করে।

ডাইহাইড্রোজেনের রসায়ন নিচের বিক্রিয়াগুলোর দ্বারা বর্ণনা করা হল—

হ্যালোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া (Reaction with halogens)

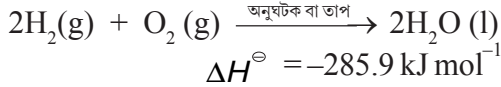
এটি হ্যালোজেন X_2 এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন হ্যালাইড HX উৎপন্ন করে।



ফ্লোরিনের সাথে বিক্রিয়াটি অন্ধকারেও হয় যেখানে আয়োডিনের সাথে অনুঘটকের প্রয়োজন হয়।

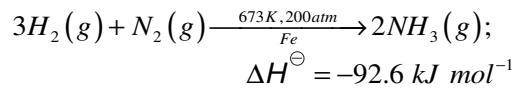
ডাই অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া: (Reaction with dioxygen)

এটি ডাই অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে জল উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়াটি উচ্চ তাপ উৎপাদক।



ডাই নাইট্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া :

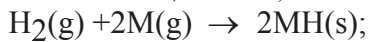
ডাই নাইট্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় এটি অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।



এই পদ্ধতিটি হল হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদন পদ্ধতি।

ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া (Reaction with metals) :-

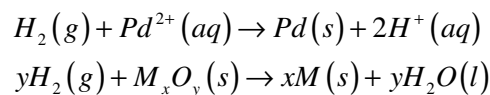
উচ্চ উষ্ণতায় অনেক ধাতুর সঙ্গে এটি যুক্ত হয়ে ঐ ধাতুর হাইড্রাইড উৎপন্ন করে। (অনুচ্ছেদ - 9.5)



যেখানে M হল একটি ক্ষার ধাতু।

ধাতব আয়ন এবং ধাতব অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া (Reaction with metal ions & metal oxides)

এটি ধাতব আয়নের জলীয় দ্রবণ থেকে ধাতব আয়নকে বিজারিত করে এবং ধাতব অক্সাইডকে (আয়রন থেকে কম সক্রিয় ধাতুর) অনুরূপ ধাতুতে বিজারিত করে।

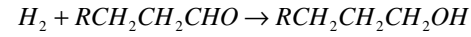


জৈব যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়া: (Reaction with organic compound)

অনুঘটকের উপস্থিতিতে এটি অনেক জৈব যৌগের সঙ্গেও বিক্রিয়া করে বাণিজ্যিক ভাবে গুরুত্বপূর্ণ অনেক হাইড্রোজেন ঘটিত যৌগ উৎপন্ন করে।

(i) নিকেল অনুঘটকের উপস্থিতিতে উদ্ভিজ্জ তেলের হাইড্রোজিনেশনে ভোজ্য চর্বি (মার্জারিন এবং বনস্পতি ঘি) প্রস্তুত হয়।

(ii) অলিফিনের হাইড্রো ফর্মাইলেশন এর ফলে অ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয় এবং যেটি পুনরায় বিজারিত হয়ে অ্যালকোহল তৈরি করে।



সমস্যা 9.1

(i) ক্লোরিন (ii) সোডিয়াম এবং (iii) কপার (II) অক্সাইড এদের সঙ্গে ডাই হাইড্রোজেনের বিক্রিয়া আলোচনা করো।

সমাধান

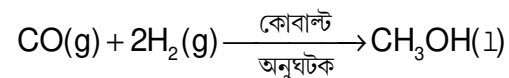
(i) ডাই হাইড্রোজেন ক্লোরিনকে ক্লোরাইড (Cl^-) আয়নে বিজারিত করে এবং নিজে ক্লোরিন দ্বারা H^+ আয়নে জারিত হয়ে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গঠন করে। এক জোড়া ইলেকট্রন সমভাবে ব্যবহারের ফলে H এবং Cl এর মধ্যে একটি সমযোজী যৌগ গঠিত হয়।

(ii) সোডিয়াম দ্বারা ডাই হাইড্রোজেন বিজারিত হয়ে NaH গঠন করে। সোডিয়াম থেকে একটি ইলেকট্রন H এ স্থানান্তরিত হয়ে তড়িৎযোজী যৌগ Na^+H^- গঠিত হয়।

(iii) ডাই হাইড্রোজেন কপার (II) অক্সাইডকে কপারে বিজারিত করে সেখানে কপারের জারণ অবস্থা শূন্য এবং হাইড্রোজেন নিজে সমযোজী যৌগ H_2O এ জারিত হয়।

9.4.3 ডাই হাইড্রোজেনের ব্যবহার (Uses of Dihydrogen)

- নাইট্রিক অ্যাসিড এবং নাইট্রোজেন ঘটিত সার উৎপাদনের প্রধান উপাদান অ্যামোনিয়া সংশ্লেষণে ডাই হাইড্রোজেনের একক বৃহত্তম ব্যবহার রয়েছে।
- বহু অসম্পূর্ণ উদ্ভিজ্জ তেল যেমন সয়াবিন তেল, তুলাবীজ তেলের হাইড্রোজিনেশন (হাইড্রোজেন সংযোজন) দ্বারা বনস্পতি চর্বি তৈরিতে ডাই হাইড্রোজেন ব্যবহৃত হয়।
- অধিক সংখ্যক জৈব রাসায়নিক যৌগ, বিশেষত মিথানল তৈরিতে ডাইহাইড্রোজেন ব্যবহৃত হয়।



- ধাতব হাইড্রাইড তৈরিতে এর ব্যাপক ব্যবহার রয়েছে। (অনুচ্ছেদ 9.5)

- অত্যন্ত প্রয়োজনীয় রাসায়নিক পদার্থ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড তৈরিতে এর ব্যবহার রয়েছে।
- ধাতু বিদ্যায় ভারী ধাতুর অক্সাইডকে ধাতুতে বিজারিত করতে এর ব্যবহার রয়েছে।
- পারমাণবিক হাইড্রোজেন এবং অক্সিহাইড্রোজেন টর্চ, ধাতু কাটতে এবং ধাতু ঝালাই-এর জন্য ব্যবহৃত হয়। বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গের দ্বারা ডাই হাইড্রোজেনকে বিয়োজিত করে পারমাণবিক হাইড্রোজেন উৎপন্ন করা হয়। যেগুলো ধাতুর তলের সংস্পর্শে এসে যুক্ত হয়ে আনবিক হাইড্রোজেন গঠন করে এবং অনেক বেশি তাপমাত্রা (প্রায় 4000K) সৃষ্টি হয় যা ধাতু ঝালাইয়ের কাজে ব্যবহৃত হয়।
- মহাকাশ গবেষণায় রকেটের জ্বালানীরূপে এটি ব্যবহৃত হয়।
- তড়িৎশক্তি উৎপাদনে জ্বালানী কোশে ডাই হাইড্রোজেন ব্যবহৃত হয়। প্রচলিত জীবাশ্ম জ্বালানী এবং তড়িৎ শক্তি থেকে এর ব্যবহারিক সুবিধা অনেক বেশি। এটি কোনোও ধরনের দূষণ ঘটায় না এবং গ্যাসোলিন ও অন্যান্য জ্বালানীর তুলনায় এর প্রতি একক ভর দ্বারা উৎপন্ন শক্তির মান অনেক বেশি।

9.5 হাইড্রাইড সমূহ (Hydrides)

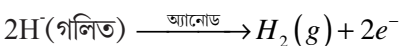
ডাই হাইড্রোজেন, নির্দিষ্ট বিক্রিয়া শর্তে নিষ্ক্রিয় গ্যাস ব্যতীত অন্যান্য প্রায় সকল মৌলের সঙ্গেই যুক্ত হয়ে দ্বিযোগ গঠন করে, যাদের হাইড্রাইড বলে। যদি কোনোও মৌলের চিহ্ন E ধরা হয় তবে হাইড্রাইডকে EH_x (যেমন: MgH_2) বা E_mH_n (যেমন, B_2H_6) হিসাবে প্রকাশ করা যায়।

হাইড্রাইডগুলোকে তিনভাগে শ্রেণিভুক্ত করা যায় :

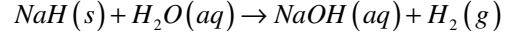
- আয়নীয় বা লবনাক্ত বা লবনের ন্যায় হাইড্রাইড
- সমযোজী বা আনবিক হাইড্রাইড।
- ধাতব বা ননফ্রিশিওমেট্রিক হাইড্রাইড

9.5.1 আয়নীয় বা লবনাক্ত হাইড্রাইড (Ionic or Saline Hydrides)

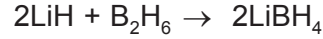
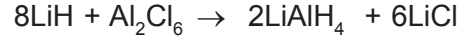
S- ব্লক মৌলগুলো, যারা উচ্চ তড়িৎ ধনাত্মক প্রকৃতির হয়, ডাই হাইড্রোজেনের সঙ্গে স্টয়শিওমিতিক যৌগ গঠন করে। আবার হালকা ধাতব হাইড্রাইড যেমন LiH , BeH_2 এবং MgH_2 এর মধ্যে উল্লেখযোগ্য সমযোজী চরিত্র দেখা যায়। প্রকৃতপক্ষে BeH_2 এবং MgH_2 পলিমারিক গঠন বিশিষ্ট হয়। আয়নীয় হাইড্রাইডগুলি কঠিন অবস্থায় কেলাসাকার অনুদ্বায়ী এবং কু পরিবাহী হয়। যদিও তাদের গলিতরূপ তড়িৎ পরিবহন করতে পারে এবং তড়িৎ বিশ্লেষণে অ্যানোডে ডাই হাইড্রোজেন গ্যাস মুক্ত হয়, যা H^- আয়নের অস্তিত্ব প্রমাণ করে।



লবনাক্ত হাইড্রাইডগুলো জলের সাথে তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে ডাইহাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে।



লিথিয়াম হাইড্রাইড সাধারণ তাপমাত্রায় O_2 এবং Cl_2 এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। এই কারণে এটি অন্যান্য ব্যবহারযোগ্য হাইড্রাইড উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়, যেমন



9.5.2 সমযোজী বা আনবিক হাইড্রাইড (Covalent or molecular hydrides)

ডাই হাইড্রোজেন বেশিরভাগ P-ব্লক মৌলগুলোর সঙ্গে আনবিক যৌগ গঠন করে। সব থেকে পরিচিত উদাহরণ হল CH_4 , NH_3 , H_2O এবং HF । হাইড্রোজেনের অধাতব যৌগগুলোকেও বোঝার সুবিধার্থে হাইড্রাইড হিসাবে বিবেচনা করা হয়েছে। সমযোজী যৌগ হওয়াতে তারা উদ্বায়ী।

আনবিক হাইড্রাইডগুলোকে তাদের লুইস গঠনে ইলেকট্রন সংখ্যা এবং বন্ধনের উপর নির্ভর করে পুনঃশ্রেণিভুক্ত করা হয়েছে :-

- ইলেকট্রন ঘাটতি বিশিষ্ট, (ii) যথার্থ ইলেকট্রন বিশিষ্ট এবং (iii) ইলেকট্রন সমৃদ্ধ হাইড্রাইড।

ইলেকট্রন ঘাটতি বিশিষ্ট হাইড্রাইড (যেমনটি তার নাম বোঝায়) খুব কম ইলেকট্রন বিশিষ্ট হয়, যার ফলে এর জন্য প্রচলিত লুইস গঠনই লেখা যায় না। ডাইবোরেন (B_2H_6) এর একটি উদাহরণ। প্রকৃতপক্ষে পর্যায় সারণির 13 নং শ্রেণির সকল মৌলই ইলেকট্রন ঘাটতি বিশিষ্ট যৌগ গঠন করে। তাদের আচরণ সম্বন্ধে তুমি কি মনে কর? তারা লুইস অ্যাসিড অর্থাৎ ইলেকট্রন গ্রাহক হিসাবে আচরণ করে।

যথার্থ ইলেকট্রন বিশিষ্ট যৌগগুলোতে প্রচলিত লুইস গঠন আঁকার জন্য প্রয়োজনীয় সংখ্যক ইলেকট্রন থাকে। পর্যায় সারণির 14 নং শ্রেণির সমস্ত মৌলগুলো এই ধরনের যৌগ গঠন করে (যেমন CH_4), যেগুলো চতুস্তলকীয় জ্যামিতিক গঠনযুক্ত হয়। ইলেকট্রন সমৃদ্ধ হাইড্রাইডগুলোতে অতিরিক্ত ইলেকট্রন নিঃসর্জ্য ইলেকট্রন জোড় হিসাবে থাকে। 15-17 শ্রেণিভুক্ত মৌলগুলো এই ধরনের যৌগ গঠন করে। (NH_3 তে 1টি H_2O -এ 2টি এবং HF এ 3টি নিঃসর্জ্য ইলেকট্রন জোড় থাকে) এই সমস্ত যৌগগুলির আচরণ সম্বন্ধে তুমি কি মনে কর? তারা লুইস ক্ষার অর্থাৎ ইলেকট্রন দাতা হিসাবে আচরণ করে। হাইড্রাইডগুলোতে উচ্চ তড়িৎ ঋণাত্মক পরমাণু যেমন N, O এবং F-এ নিঃসর্জ্য ইলেকট্রন জোড় থাকার ফলে অনুগুলোর মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ধন গঠিত হয়। এর ফলে অণুগুলো সংগুণিতভাবে অবস্থান করে।

সমস্যা 9.2

তুমি কি মনে কর যে N, O এবং F-এর হাইড্রাইডগুলোর স্ফুটনাঙ্ক তাদের পরবর্তী শ্রেণির মৌলের হাইড্রাইডগুলো অপেক্ষা কম হবে? কারণ দর্শাও।

সমাধান

NH_3 , H_2O এবং HF -এর আনবিক ভরের নিরিখে বিবেচনা করলে তাদের স্ফুটনাঙ্ক, পরবর্তী শ্রেণিভুক্ত মৌলগুলোর হাইড্রাইডগুলোর স্ফুটনাঙ্ক অপেক্ষা কম বলে মনে হয়। কিন্তু N , O এবং F -এর উচ্চ-তড়িৎ ঋণাত্মকতার জন্য তাদের হাইড্রাইডের মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ধন যথেষ্ট শক্তিশালী হয়। ফলস্বরূপ NH_3 , H_2O এবং HF -এর স্ফুটনাঙ্ক তাদের পরবর্তী শ্রেণির হাইড্রাইডগুলো থেকে বেশি হয়।

9.5.3 ধাতব বা নন-স্টয়শিওমেট্রিক (বা ইন্টারস্টিশিয়াল) হাইড্রাইড (Metallic or Non-stoichiometric or interstitial hydrides)

অনেক d এবং f ব্লক মৌল এই ধরনের যৌগ গঠন করে। যদিও 7, 8 এবং 9 নং শ্রেণির ধাতুগুলো হাইড্রাইড গঠন করে না। শ্রেণি 6 নং এর মধ্যে কেবলমাত্র ক্রোমিয়াম CrH গঠন করে। এই হাইড্রাইডগুলো তাপ ও তড়িৎ পরিবহণ করলেও তাদের জনক ধাতুর মত কার্যক্ষম নয়। তারা লবণাক্ত হাইড্রাইডগুলো থেকে ব্যতিক্রমী, প্রায় সর্বদাই নন-স্টয়শিওমেট্রিক হয়, যাদের হাইড্রোজেন ঘাটতি থাকে। যেমন $\text{LaH}_{2.87}$, $\text{YbH}_{2.55}$, $\text{TiH}_{1.5-1.8}$, $\text{ZrH}_{1.3-1.75}$, $\text{VH}_{0.56}$, $\text{NiH}_{0.6-0.7}$, $\text{PdH}_{0.6-0.8}$ ইত্যাদি। এই ধরনের হাইড্রাইডে, স্থিরাণুপাত সূত্রটি প্রযোজ্য হয় না।

পূর্বে মনে করা হতো যে, এই হাইড্রাইডগুলোতে হাইড্রোজেন ধাতব জালক (metal lattice) এর অন্তর্ভুক্ত (ইন্টারস্টিশিয়াল) স্থান দখল করে জালকটির বিকৃতি ঘটায়, কিন্তু এর ধরন একই থাকে। সে জন্য এগুলোকে ইন্টারস্টিশিয়াল হাইড্রাইড হিসাবে নামকরণ করা হয়েছিল। কিন্তু বর্তমানে বিভিন্ন পরীক্ষার সাহায্যে দেখা গেছে, Ni , Pd , Ce এবং Ac এর হাইড্রাইড ছাড়া এই শ্রেণির অন্যান্য মৌলের হাইড্রাইডগুলোর জালক, জনক ধাতুর জালক থেকে ভিন্ন। সন্নিগত ধাতুগুলোর দ্বারা হাইড্রোজেন শোষণ করার ধর্মকে ব্যবহার করে অনুঘটকের সাহায্যে বিজারণ বা হাইড্রোজেন সংযোজন বিক্রিয়ার মাধ্যমে বহু সংখ্যক যৌগ উৎপাদন করা হয়। কিছু কিছু ধাতু (যেমন Pd , Pt) অধিক পরিমাণে হাইড্রোজেন ধারণ করতে পারে এবং ফলে সঞ্চার মাধ্যম হিসাবে ব্যবহৃত হতে পারে। হাইড্রোজেন সঞ্চার ও শক্তির উৎস হিসাবে এই ধর্মটির ব্যবহারের প্রবল সম্ভাবনা রয়েছে।

সমস্যা 9.3

$3s^2 3p^3$ বহিঃস্থ ইলেকট্রন বিন্যাস বিশিষ্ট ফসফরাস PH_5 গঠন করতে পারবে কি?

সমাধান

যদিও ফসফরাস +3 এবং +5 জারণ অবস্থা দেখায় তথাপি এটি PH_5 গঠন করে না। অন্যান্য তথ্যের পাশাপাশি হাইড্রোজেনের উচ্চ $\Delta_a H$ মান এবং $\Delta_{eg} H$, মান ফসফরাসকে সর্বোচ্চ জারণ অবস্থাতে উন্নিত হতে তথা PH_5 গঠনে সাহায্য করে না।

9.6 জল (Water)

সব জীবিত প্রাণীসত্ত্বের একটি বৃহৎ অংশ জল দ্বারা গঠিত। মানুষের শরীরে 60% জল থাকে এবং কিছু উদ্ভিদে প্রায় 95% জল থাকে। এটি সব জীবের বেঁচে থাকার জন্য একটি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ যৌগ। এটি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ দ্রাবক। ভূপৃষ্ঠে জলের পরিমাণ সর্বত্র সমান নয়। সারণি 9.2 তে বিশ্বে জলের আনুমানিক বন্টনের পরিমাণ দেওয়া হল।

সারণি 9.2 বিশ্বজলের আনুমানিক বন্টনের তালিকা

উৎস	মোটের % পরিমাণ
মহাসাগর	97.33
লবণাক্ত হ্রদ এবং অন্তর্দেশ সমুদ্র	0.008
মেঘবরফ এবং হিমবাহ (তুষার নদী)	2.04
ভূগর্ভস্থ জল	0.61
হ্রদ	0.009
মাটির আর্দ্রতা	0.005
বায়ুমণ্ডলীয় জলীয় বাষ্প	0.001
নদী সমূহ	0.0001

9.6.1 জলের ভৌত ধর্ম (Physical Properties of Water)

এটি একটি বর্ণহীন এবং স্বাদহীন তরল পদার্থ। সারণি 9.3 তে জলের ভৌত ধর্মের সাথে ভারী জলের ভৌত ধর্ম দেওয়া হল। জল অণুগুলোর মধ্যে ব্যাপক হাইড্রোজেন বন্ধনের জন্য ঘনীভূত দশায় (তরল এবং কঠিন অবস্থায়) জল অস্বাভাবিক ধর্ম প্রদর্শন করে। এর জন্য H_2S ও H_2Se এর তুলনায় জলের হিমাঙ্ক উচ্চ হয়, স্ফুটনাঙ্ক বেশি হয়। বাষ্পীভবন তাপ বেশি হয়, গলন তাপও বেশি হয়।

সারণী 9.3: H₂O ও D₂O এর ভৌত ধর্ম

ধর্ম	H ₂ O	D ₂ O
আনবিক ভর (g mol ⁻¹)	18.0151	20.0276
গলনাঙ্ক/K	273.0	276.8
স্ফুটনাঙ্ক/K	373.0	374.4
গঠন এনথ্যালপি/kJ mol ⁻¹	-285.9	-294.6
বাষ্পীভবন এনথ্যালপি (373K)/kJ mol ⁻¹	40.66	41.61
গলনের এনথ্যালপি/kJ mol ⁻¹	6.01	-
যে উল্লতায় ঘনত্ব সর্বাধিক/K	276.98	284.2
ঘনত্ব (298K)/g cm ⁻³	1.0000	1.1059
সাল্পতা/Centipoise	0.8903	1.107
পর্যবেদ্যত্বিক ধ্রুবক /C ² /N.m ²	78.39	78.06
তড়িৎ পরিবাহিতা (293K/ohm ⁻¹ cm ⁻¹)	5.7×10 ⁻⁸	-

অন্যান্য তরলের তুলনায় জলের তাপ গ্রাহিতা, তাপ পরিবাহিতা, পৃষ্ঠটান, দ্বিমেরুভ্রামক, পরা বৈদ্যুতিক ধ্রুবক (Dielectric Constant) ইত্যাদির মান বেশি হয়। জলের এই বৈশিষ্ট্যগুলো জীবমণ্ডলে একটি গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।

জলবায়ুর স্থিতাবস্থা এবং জীবকুলের দেহের তাপমাত্রা বজায় রাখার জন্য জলের উচ্চ বাষ্পীভবন তাপ এবং উচ্চ তাপগ্রাহিতা দায়ী। এটি উদ্ভিদ বা প্রাণীর বিপাকের জন্য প্রয়োজনীয় আয়ন এবং অণু সমূহের পরিবহণের উত্তম দ্রাবক। ধ্রুবীয় অনুসমূহ এমনকি সমযোজী যৌগ সমূহ যেমন অ্যালকোহল এবং

কার্বোহাইড্রেট জলের সাথে হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন করে দ্রবীভূত হয়।

9.6.2 জলের গঠন (Structure of Water)

গ্যাসীয় দশায় জল অণু 104.5° কোন বিশিষ্ট বাঁকা আকৃতির হয় এবং O-H এর বন্ধন দৈর্ঘ্য 95.7 pm হয়— চিত্র 9.1 (a) এর মধ্যে দেখানো হয়েছে। এটি অত্যন্ত ধ্রুবীয় অণু [চিত্র 9.1 (b)] কক্ষীয় অভিলেপন চিত্র 9.1 (c) তে দেখানো হয়েছে। তরল দশায় জল অণুগুলো হাইড্রোজেন বন্ধনের মাধ্যমে একত্রে সংগুণিত অবস্থায় থাকে।

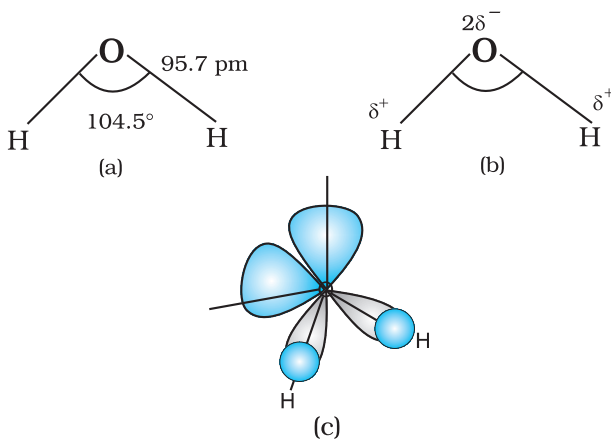
জলের কেলাসিত রূপটি হল বরফ। বায়ুমণ্ডলীয় চাপে বরফ হেমাগণ রূপে কেলাসিত হয় কিন্তু খুব কম তাপমাত্রায় এটি ঘনীভূত হয়ে ঘনকে রূপান্তরিত হয়। বরফের ঘনত্ব জলের চেয়ে কম। তাই বরফের ঘনকটি জলে ভাসে।

শীতকালে হ্রদের উপরের তলে জল জমে বরফ তৈরি হয় যা তাপের অন্তরক হিসেবে কাজ করে এবং জলজ জীবকুলকে বাঁচতে সাহায্য করে। এই ঘটনাটি বাস্তুতন্ত্রে একটি গুরুত্বপূর্ণ তাৎপর্য বহণ করে।

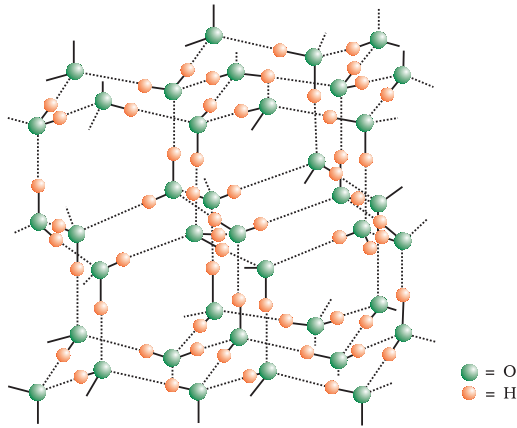
9.6.3 বরফের গঠন (Structure of Ice)

চিত্র 9.2তে দেখানো হয়েছে বরফে জল অণুগুলো খুব সুশৃঙ্খলভাবে হাইড্রোজেন বন্ধনের দ্বারা যুক্ত হয়ে ত্রিমাত্রিক গঠনাকৃতি লাভ করে।

X-রশ্মি দ্বারা বরফের কেলাসিত রূপটিকে পর্যবেক্ষণ করলে দেখা যায়, প্রতিটি 'O' পরমাণু অপর চারটি O পরমাণু থেকে 276pm দূরত্বে অবস্থান করে চতুঃস্তলকীয় আকৃতি লাভ করে।

H₂O অণু

চিত্র 9.1 (a) জল অণুর বাঁকা আকৃতি গঠন (b) দ্বিমেরু অণুরূপে জল অণু এবং (c) জল অণুতে কক্ষকের অভিলেপন।



চিত্র 9.2 বরফের গঠন

হাইড্রোজেন বন্ধনের জন্য বরফের গঠন কিছুটা খোলা আকৃতি বিশিষ্ট হয় এবং এই গঠনের ভিতরে ফাঁকা স্থান তৈরি হয়। এই ফাঁকা স্থানগুলো উপযুক্ত আকারের অন্য অণুগুলোকে ধরে রাখতে পারে।

9.6.4 জলের রাসায়নিক ধর্ম (Chemical properties of Water)

জল বহু সংখ্যক পদার্থের সঙ্গে বিক্রিয়া করে। কিছু গুরুত্বপূর্ণ বিক্রিয়া নিচে দেওয়া হল—

(1) উভধর্মী প্রকৃতি (Amphoteric Nature) : জল অ্যাসিড ও ক্ষার উভয়ের সঙ্গে ক্রিয়া করে, এই জন্য এটি উভধর্মী পদার্থ হিসেবে আচরণ করে। ব্রনস্টেড এর মতে জল, NH_3 এর সঙ্গে অম্লরূপে কাজ করে এবং H_2S এর সঙ্গে ক্ষার রূপে কাজ করে।



উভধর্মী প্রকৃতির জন্য, নিম্নরূপে জলের স্ব-আয়নায়ণ (Self-ionization) বা স্বত: প্রোটোলিসিস (Auto-protolysis) ঘটে।

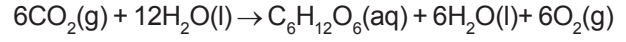


অ্যাসিড-1 ক্ষার-2 অ্যাসিড-2 ক্ষার-1
(অ্যাসিড) (ক্ষার) (অণুবন্ধী অ্যাসিড) (অণুবন্ধী ক্ষার)

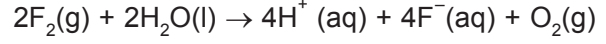
(2) রেডক্স (জারণ বিজারণ বিক্রিয়া) বিক্রিয়া যেখানে জল জড়িত (Redox Reactions Involving water) : উচ্চ তড়িৎ ধনাত্মক ধাতু দ্বারা জল খুব সহজেই ডাই হাইড্রোজেন-এ বিজারিত হয়। $2H_2O(l) + 2Na(s) \rightarrow 2NaOH(aq) + H_2(g)$

এটি ডাই হাইড্রোজেনের একটি গুরুত্বপূর্ণ উৎস।

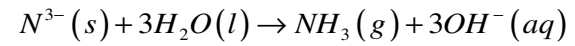
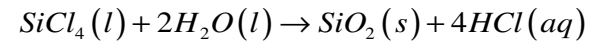
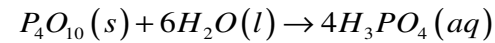
সালোকসংশ্লেষ প্রক্রিয়ায় জল অক্সিজেনে জারিত হয়।



ফ্লোরিণও জলকে অক্সিজেনে জারিত করে।

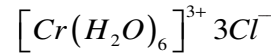


(3) আর্দ্র বিশ্লেষণ বিক্রিয়া (Hydrolysis Reaction) : উচ্চ পরাবৈদ্যুতিক ধ্রুবকের জন্য জলের জলযোজন (হাইড্রেশন) প্রবণতা খুব উচ্চ। এটি অনেক আয়নীয় যৌগকে দ্রবীভূত করে। তবে, কিছু সমযোজী এবং কিছু তড়িৎযোজী যৌগ জলে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়।

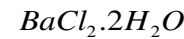


(4) জল সংযোজন বিক্রিয়া বা হাইড্রেট গঠন (Hydrates Formation) : বহু লবণের জলীয় দ্রবণ থেকে লবণগুলোকে সোদক লবণ রূপে কেলাসিত করা যায়। জল সংযোজন বিভিন্ন ধরনের হয়, যেমন—

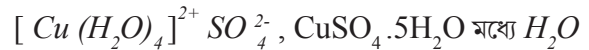
(i) অসমযোজী বন্ধন দ্বারা যুক্ত জলের অণু (Co-ordinated water) উদাহরণ—



(ii) কেলাস জালকের অন্তর্ভুক্তি অংশে আবদ্ধ জলের অণু (interstitial water) উদাহরণ—



(iii) হাইড্রোজেন বন্ধনে আবদ্ধ জলের অণু (hydrogen-bonded water) উদাহরণ—



সমস্যা 9.4

$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ অণুতে কয়টি জল অণু হাইড্রোজেন বন্ধন দ্বারা সংযোজিত?

সমাধান

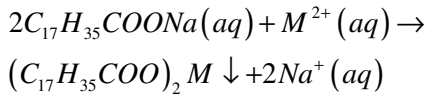
একটিমাত্র জল অণু, যেটি বন্ধনীর বাইরে (Coordination sphere) অর্থাৎ সবর্গীয় স্তরের বাইরে অবস্থিত সেটি হাইড্রোজেন বন্ধনীর দ্বারা যুক্ত। বাকি চারটি জল অণু অসমযোজী বন্ধন দ্বারা যুক্ত।

9.6.5 খর জল এবং মৃদু জল (Hard and Soft Water)

বৃষ্টির জল প্রায় বিশুদ্ধ (বায়ুমণ্ডলের কিছু গ্যাস দ্রবীভূত অবস্থায়

থাকতে পারে)। জল উত্তম দ্রাবক হওয়ায় এটি যখন ভূত্বকের উপর দিয়ে প্রবাহিত হয় তখন অনেক ধরনের লবণকে দ্রবীভূত করে। ক্যালসিয়াম এবং ম্যাগনেসিয়াম ঘটিত লবণ হাইড্রোজেন কার্বোনেট, ক্লোরাইড এবং সালফেট রূপে জলে উপস্থিত থেকে জলকে খর করে। খর জল সাবানের সঙ্গে ফেনা তৈরি করে না। ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের দ্রবণীয় লবণ বিহীন জলই হল মৃদু জল। এটি সাবানের সঙ্গে খুব সহজেই ফেনা উৎপন্ন করে।

খর জল সাবানের সঙ্গে গাদ (Scum) বা অধঃক্ষেপ তৈরি করে। সাবানের সোডিয়াম স্টিয়ারেট ($C_{17}H_{35}COONa$) খর জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে Ca/Mg স্টিয়ারেট রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

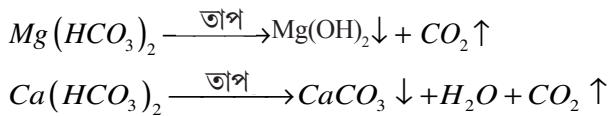


যেখানে, M হল Ca/Mg ।

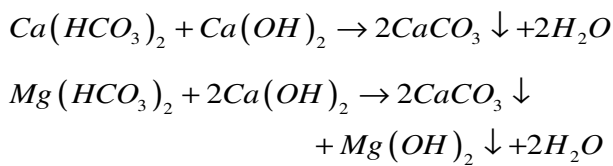
সুতরাং খর জল লব্ধীর জন্য উপযোগী নয়। এটি বয়লারের জন্যও ক্ষতিকারক কারণ বয়লারে অদ্রব্য লবণের পুরু আস্তরণ গঠিত হয়। এই আস্তরণ বয়লারের কার্যক্ষমতা হ্রাস করে। জলের খরতা দুই ধরনের হয়। (i) অস্থায়ী খরতা, (ii) স্থায়ী খরতা।

9.6.6 অস্থায়ী খরতা (Temporary Hardness)

ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোজেন কার্বোনেটের উপস্থিতির জন্য জল অস্থায়ী খর হয়। জলের অস্থায়ী খরতা দূর করা যায় : (i) স্ফুটন পদ্ধতি : স্ফুটনের সময় জলে দ্রবীভূত $Mg(HCO_3)_2$, অদ্রবণীয় $MgCO_3$ এ রূপান্তরিত হয় এবং $Ca(HCO_3)_2$, অদ্রবণীয় $CaCO_3$ এ পরিবর্তিত হয়। পরিস্রাবণ প্রক্রিয়ার মাধ্যমে এই অধঃক্ষেপগুলোকে পৃথক করা যায়। এইভাবে প্রাপ্ত পরিষ্কৃত জল হল মৃদু জল।



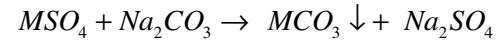
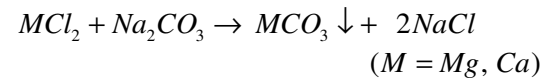
(ii) ক্লার্কের পদ্ধতি (Clark's method) : এই পদ্ধতিতে পরিমাণ অনুযায়ী চুন খর জলের সাথে যোগ করা হয়। এটি ক্যালসিয়াম কার্বোনেট এবং ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোক্সাইডকে অধঃক্ষিপ্ত করে, যাকে পরিষ্কৃত দূর করা যায়।



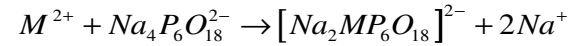
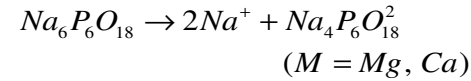
9.6.7 স্থায়ী খরতা (Permanent Hardness)

ক্যালসিয়াম এবং ম্যাগনেসিয়ামের ক্লোরাইড এবং সালফেট লবণের উপস্থিতির কারণে জলে স্থায়ী ক্ষরতার সৃষ্টি হয়। স্ফুটন পদ্ধতিতে জলের স্থায়ী খরতা দূর করা যায় না। স্থায়ী খরতা নিম্নলিখিত পদ্ধতিতে দূর করা যায় :

(i) কাপড় কাচা সোডা পদ্ধতি (সোডিয়াম কার্বোনেট) [Treatment with washing soda (sodium carbonate)] : খর জলে দ্রবীভূত ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের ক্লোরাইড ও সালফেট লবণের সঙ্গে কাপড় কাঁচার সোডা বিক্রিয়া করে অদ্রবণীয় কার্বোনেট তৈরি করে।

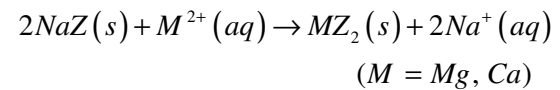


(ii) ক্যালাগন পদ্ধতি (Calgon's method) : সোডিয়াম হেক্সামেটাফসফেট ($Na_6P_6O_{18}$) বাণিজ্যিক নাম ক্যালাগন, খর জলে যোগ করলে নিম্নলিখিত রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলো ঘটে।

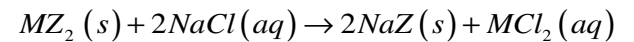


জটিল অ্যানায়নটি দ্রবণে Mg^{2+} এবং Ca^{2+} আয়নকে ধরে রাখে।

(iii) আয়ন-বিনিময় পদ্ধতি (Ion-exchange method) : এই পদ্ধতিকে জিওলাইট/পারমুটিট প্রক্রিয়া ও বলা হয়। সোদক সোডিয়াম অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেটই হল জিওলাইট/পারমুটিট। সরলভাবে উল্লেখ করার জন্য সোডিয়াম অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট ($NaAlSiO_4$)কে NaZ রূপে লেখা হয়। যখন একে খর জলে যোগ করা হয় তখন বিনিময় বিক্রিয়া ঘটে।

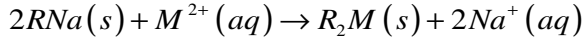


যখন পারমুটিটে উপস্থিত সব সোডিয়াম ব্যবহৃত হয়ে যাবে তখন পারমুটিট/জিওলাইট নিঃশেষিত হয়ে যায়। সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ ব্যবহার করে পারমুটিট তথা জিওলাইটকে পুনরুজ্জীবিত করা যায়।



(iv) কৃত্রিম রেজিন পদ্ধতি (Synthetic resins method) : আজকাল খর জলকে মৃদু করা হয় কৃত্রিম ক্যাটায়ন বিনিময়কারী রেজিন ব্যবহার করে। এই পদ্ধতিটি জিওলাইট প্রক্রিয়ার চেয়েও অনেক বেশি কার্যকরী। জলে অদ্রবণীয়— SO_3H গ্রুপ যুক্ত দীর্ঘশৃঙ্খল অনেক

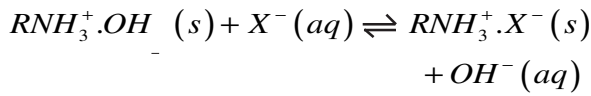
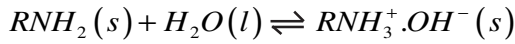
জৈব অণু ক্যাটায়ন বিনিময় রেজিনে থাকে। NaCl এর সাথে আয়ন বিনিময়কারী রেজিন (RSO₃H) বিক্রিয়া করে RNa তে পরিবর্তিত হয়। খর জলে উপস্থিত Ca²⁺ এবং Mg²⁺ আয়নের সঙ্গে রেজিনের Na⁺ আয়নের বিনিময় ঘটে খর জল মৃদু হয়। এখানে R হল অ্যানায়ন রেজিন।



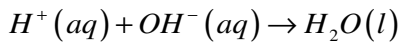
NaCl এর জলীয় দ্রবন যোগ করে রেজিনকে পুনরুজ্জীবিত করা যায়। খর জলকে ধারাবাহিকভাবে ক্যাটায়ন বিনিময়কারী রেজিন (H⁺ রূপে) এবং অ্যানায়ন বিনিময়কারী রেজিন (OH⁻ রূপে) এর মধ্য দিয়ে চালনা করলে বিশুদ্ধ খনিজ মুক্ত জল বা আয়নমুক্ত জল পাওয়া যায়।



ক্যাটায়ন বিনিময়কারী রেজিন প্রক্রিয়ায়, জলে উপস্থিত Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ এবং অন্যান্য ক্যাটায়ন এর সাথে রেজিনের H⁺ আয়নের বিনিময় হয়। এই প্রক্রিয়ার ফলে প্রোটন মুক্ত হয় এবং এইভাবে জল আম্লিক হয়।



অ্যানায়ন বিনিময়কারী রেজিন প্রক্রিয়ায় জলে উপস্থিত অ্যানায়ন যেমন Cl⁻, HCO₃⁻, SO₄²⁻ ইত্যাদি আয়নগুলোর সঙ্গে OH⁻ আয়নের বিনিময় হয়, ফলে OH⁻ আয়ন মুক্ত হয়। এইভাবে প্রাপ্ত OH⁻ আয়ন ক্যাটায়ন বিনিময়কারী রেজিন প্রক্রিয়ায় প্রাপ্ত H⁺ কে প্রশমিত করে দেয়।



দীর্ঘদিন ব্যবহারে রেজিনের ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন বিনিময় ক্ষমতা নষ্ট হয়ে গেলে যথাক্রমে লঘু অ্যাসিড ও লঘু ক্ষারের দ্রবণ চালনা করে একে পুনরুজ্জীবিত করা যায়।

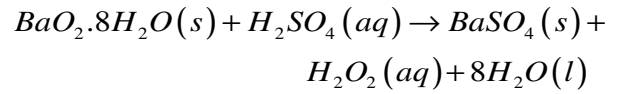
9.7 হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড (H₂O₂) (Hydrogen Peroxide)

H₂O₂ একটি গুরুত্বপূর্ণ রাসায়নিক যৌগ যার গৃহস্থালীতে এবং শিল্পের বর্জ্য দূষণ নিয়ন্ত্রণে ব্যবহার রয়েছে।

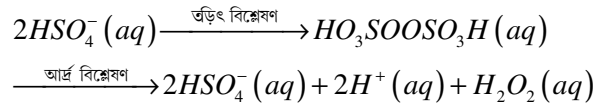
9.7.1 প্রস্তুতি (Preparation)

নিম্নলিখিত পদ্ধতিতে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড তৈরি করা যায়।

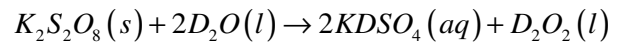
(i) অম্লীকৃত বেরিয়াম পারঅক্সাইড থেকে নিম্নচাপে বাষ্পীভবন দ্বারা অতিরিক্ত জল অপসারিত হওয়ার পর, হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড পাওয়া যায়।



(ii) বেশি প্রবাহ মাত্রায় আম্লিক সালফেট দ্রবণ তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে জারিত হয়ে পারঅক্সোডাই সালফেট দেয়, যার আর্দ্র বিশ্লেষণে H₂O₂ পাওয়া যায়।



এই পদ্ধতিটি বর্তমানে রসায়নাগারে D₂O₂ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।



(iii) 2- ইথাইল অ্যানথ্রাকুইনলের স্বতঃজারণ দ্বারা শিল্পে H₂O₂ তৈরি করা হয়।



(জারিত পদার্থ)

এক্ষেত্রে 1% H₂O₂ দ্রবণ তৈরি হয়। এটি জল সহ নিষ্কাশিত হয় এবং নিম্নচাপে পাতন করলে 30% (ভরের ভিত্তিতে) গাঢ় H₂O₂ পাওয়া যায়। একে পুনরায় নিম্নচাপে সাবধানে পাতন করলে 85% পর্যন্ত গাঢ় করা যায়। হিমায়েন দ্বারা অবশিষ্ট জলকে সরিয়ে বিশুদ্ধ H₂O₂ পাওয়া যায়।

সারণি 9.4 হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের ভৌত ধর্মাবলী

গলনাঙ্ক/K	272.4	গাঢ়ত্ব (298 K/1g cm ³ এ তরল)	-1.44
স্ফুটনাঙ্ক/K	423	সান্দ্রতা (290K)/ Centipoise	1.25
বাষ্পচাপ (298K)/mmHg	1.9	পর্যবেদনাত্মিক ধ্রুবক 298K/C ² /N m ²	70.7
ঘনত্ব (268.5K এ কঠিন)/g cm ⁻³	1.64	তড়িৎ পরিবাহিতা (298K)/Ω ⁻¹ cm ⁻¹	5.1 × 10 ⁻⁸

9.7.2 ভৌত ধর্মাবলী (Physical Properties)

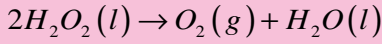
বিশুদ্ধ অবস্থায় H_2O_2 প্রায় বর্ণহীন (হালকা নীল) তরল। সারণি 9.4 তে এর গুরুত্বপূর্ণ ভৌত ধর্মগুলো উল্লেখ করা হল। H_2O_2 জলের সাথে যে কোনো অনুপাতে মিশ্রিত হয় এবং হাইড্রেট $H_2O_2 \cdot H_2O$ গঠন করে (গলনাঙ্ক 221K)। 30% H_2O_2 দ্রবণকে '100 আয়তন বা '100 Vol' H_2O_2 রূপে চিহ্নিত করা হয়। এটি বুঝায় যে এক মিলিলিটার 30% H_2O_2 দ্রবণ STP তে 100 ml অক্সিজেন দেয়। বাণিজ্যিকভাবে H_2O_2 এর নমুনায় 10V চিহ্নিত করা থাকে, এতে 3% H_2O_2 থাকে।

সমস্যা 9.5

10 আয়তন হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের শক্তিমান্ত্রা নির্ণয় করো।

সমাধান :

10 আয়তন H_2O_2 দ্রবণ বলতে বুঝায় STP তে 1L H_2O_2 এর দ্রবণ 10L অক্সিজেন দেয়।



$$2 \times 34 \text{ g} \quad 22.7 \text{ L} \quad \text{STP তে}$$

$$68 \text{ g}$$

উপরের সমীকরণ অনুযায়ী STP তে 68g H_2O_2 থেকে 22.7L O_2 তৈরি হয়। STP তে 10L O_2 তৈরি হয়

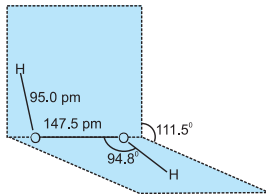
$$= \frac{68 \times 10}{22.7} \text{ g} = 29.9 \text{ g}$$

$$\approx 30 \text{ g } H_2O_2 \text{ থেকে}$$

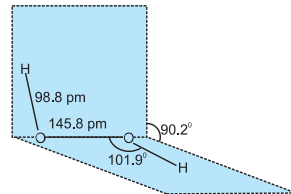
সুতরাং 10 আয়তন H_2O_2 দ্রবণের শক্তি মান্ত্রা = 30 g/L = 3% H_2O_2 দ্রবণ।

9.7.3 গঠন (Structure)

হাইড্রোজেন এর গঠন অসামতলিক। গ্যাসীয় দশায় এবং কঠিন দশায় H_2O_2 এর আনবিক মান্ত্রা চিত্র 9.3 তে দেখানো হল।



(a) গ্যাসীয় দশা



(b) কঠিন দশা

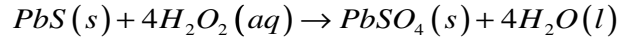
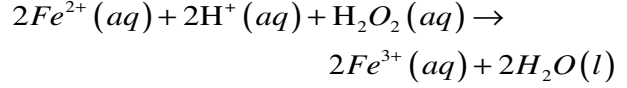
চিত্র 9.3 (a) গ্যাসীয় দশায় H_2O_2 এর গঠন, যেখানে দ্বিতল কোণ এর পরিমাপ হল 111.5°

(b) 110° উন্নতায় কঠিন দশায় H_2O_2 এর গঠন, যেখানে দ্বিতল কোণ এর পরিমাপ হল 90.2°

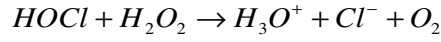
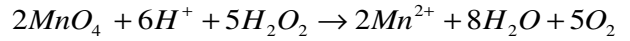
9.7.4 রাসায়নিক ধর্মাবলী (Chemical Properties)

আম্লিক এবং ক্ষারীয় উভয় মাধ্যমেই H_2O_2 জারক ও বিজারক দ্রব্য রূপে কাজ করে। কিছু সরল বিক্রিয়ার বর্ণনা নিচে দেওয়া হল।

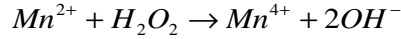
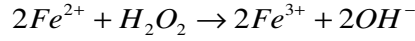
(i) আম্লিক মাধ্যমে জারণ বিক্রিয়া



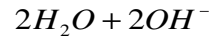
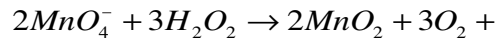
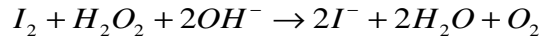
(ii) আম্লিক মাধ্যমে বিজারণ বিক্রিয়া



(iii) ক্ষারীয় মাধ্যমে জারণ বিক্রিয়া

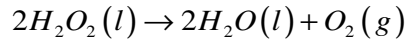


(iv) ক্ষারীয় মাধ্যমে বিজারণ বিক্রিয়া



9.7.5 সংরক্ষণ (Storage)

H_2O_2 আলোকের সংস্পর্শে ধীরে ধীরে বিয়োজিত হয়।



সুক্ষ্ম খাতু চূর্ণ অথবা ক্ষারের এবং কাঁচের পাত্রের উপস্থিতি উপরের বিক্রিয়ায় ধনাত্মক অনুঘটক রূপে কাজ করে। তাই এটিকে অন্ধকারে প্লাস্টিক বোতলে বা কাঁচের বোতলে মোমের প্রলেপ দিয়ে রাখা হয়। ইউরিয়াকে স্থায়ীত্বকারক হিসেবে যোগ করা যেতে পারে। H_2O_2 কে ধূলিকণা থেকে দূরে রাখতে হবে কারণ ধূলি কণার উপস্থিতিতে এর বিয়োজন বিস্ফোরক হয়।

9.7.6 ব্যবহার (Uses)

এর বিস্তৃত ব্যবহারের জন্য শিল্পে H_2O_2 এর উৎপাদন অত্যধিক বৃদ্ধি করা হয়েছে। নিচে কিছু ব্যবহার তালিকা ভুক্ত করা হল।

(i) প্রাত্যহিক জীবনে চুলকে বিরঞ্জিত করতে এবং বীজঘ্ন (Disinfectant) হিসেবে এর ব্যবহার রয়েছে। বীজবারক (Antiseptic) হিসেবে বাজারের পারহাইড্রল নামে এটি বিক্রি হয়।

(ii) উচ্চমানের ডিটারজেন্ট এ ব্যবহৃত সোডিয়াম পারবোরেট এবং পার কার্বোনেট এর রসায়নগার উৎপাদনে H_2O_2 'র ব্যবহার রয়েছে।

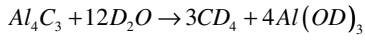
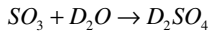
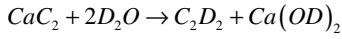
(iii) টারটারিক অ্যাসিড ও হাইড্রোকুইনোন এর সংশ্লেষণে এবং নির্দিষ্ট কিছু খাদ্যদ্রব্য উৎপাদনে ও ওয়ুধশিল্প (Cephalosporin) ইত্যাদিতে এর ব্যবহার রয়েছে।

(iv) বস্ত্র, কাগজ, চামড়া শিল্পে এবং তৈল ও চর্বি উৎপাদনে বিরঞ্জক হিসেবে এর ব্যবহার রয়েছে।

(v) আজকাল পরিবেশ রাসায়নেও এর ব্যবহার রয়েছে। গৃহস্থালী ও শিল্প বর্জের দূষণ নিয়ন্ত্রণে, সায়ানাইড সমূহের জারণ ক্রিয়ায় ও পয়ঃপ্রণালীর ময়লা জলকে পুনরায় বায়ুজীবিদের উপযুক্ত করে তুলতে H_2O_2 ব্যবহার হয়।

9.8 ভারী জল D_2O

নিউক্লিয়ার চুল্লিতে মডারেটর হিসেবে এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ার ক্রিয়া কৌশল নির্ণয়ে বিনিময় বিক্রিয়ায় এটি ব্যবহৃত হয়। জলের দীর্ঘক্ষণ ব্যাপী তড়িৎ বিশ্লেষণ করে একে তৈরি করা যায় অথবা সারশিল্পে উপজাতদ্রব্য হিসেবে একে পাওয়া যায়। সারণি 9.3 এ এর ভৌতধর্ম দেওয়া হল। অন্যান্য ডিউটেরিয়ামের যৌগ তৈরি করতে এটি ব্যবহৃত হয়। উদাহরণ স্বরূপ —



9.9 জ্বালানী হিসেবে ডাই হাইড্রোজেন (Dihydrogen as a Fuel)

ডাইহাইড্রোজেনের দহনে অধিক পরিমাণে তাপ নির্গত হয়। মোল, ভর এবং আয়তনের ভিত্তিতে সমপরিমাণ ডাইহাইড্রোজেন, মিথেন, LPG ইত্যাদির দহনে নির্গত শক্তির তুলনা মূলক মান সারণি 9.5 এ দেওয়া হল। সারণি থেকে পরিস্কার যে, একই ভরের সাপেক্ষে ডাই হাইড্রোজেন পেট্রোল থেকে (প্রায় তিন গুণ) বেশি শক্তি নির্গত করে। তাছাড়া পেট্রোল থেকে ডাইহাইড্রোজেনের দহনে অনেক কম দূষকের সৃষ্টি হয়। ডাই হাইড্রোজেনের অক্সাইড একমাত্র দূষক (কারণ ডাইহাইড্রোজেনের সহিত ডাই হাইড্রোজেন অশুদ্ধি হিসেবে বর্তমান থাকে)। ডাইহাইড্রোজেনের সঙ্গে ডাইহাইড্রোজেনের বিক্রিয়া যাতে না হয় তার জন্য সামান্য পরিমাণে জল ইনজেকশনের দ্বারা সিলিন্ডারে যোগ করে তাপমাত্রা কমানো হয় এবং

দূষকের উৎপাদন প্রক্রিয়াটি হ্রাস করা হয়। তবে যে পাত্র ডাইহাইড্রোজেন রাখা হবে

তার ভর অবশ্যই বিবেচনাধীন। যদি সমপরিমাণ শক্তিসম্পন্ন ডাই হাইড্রোজেনের একটি সিলিন্ডার এবং পেট্রলের ট্যাঙ্কের মধ্যে তুলনা করা হয় তবে ডাইহাইড্রোজেন পূর্ণ সিলিন্ডারের ওজন পেট্রোল ট্যাঙ্কের তুলনায় 30 গুণ বেশি। তাপমাত্রা কমিয়ে 20K তে আনা হলে ডাইহাইড্রোজেন গ্যাস তরলে রূপান্তরিত হয়। তার জন্য ব্যয়বহুল অন্তরিত ট্যাঙ্কের দরকার হয়। অল্প পরিমাণ ডাইহাইড্রোজেন সংরক্ষণের জন্য ধাতু সংকরের ট্যাঙ্ক যেমন $NaNi_5$, $Ti-TiH_2$, $Mg-MgH_2$ ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়। এই সীমাবদ্ধতাগুলো গবেষকদের ডাইহাইড্রোজেনকে কার্যকর করতে বিকল্প কৌশল অনুসন্ধান করতে উৎসাহিত করেছে।

এই দৃষ্টিভঙ্গিতে হাইড্রোজেন ইকোনমি (হাইড্রোজেন অর্থনীতি) হল বিকল্প উৎস। হাইড্রোজেন অর্থনীতির মূল নীতি হল তরল বা গ্যাসীয় ডাইহাইড্রোজেনকে শক্তির উৎস রূপে সংরক্ষণ এবং পরিবহণ করা। হাইড্রোজেন অর্থনীতির সুবিধা হল, শক্তি ডাইহাইড্রোজেনরূপে প্রেরিত হয় তড়িৎ রূপে নয়। ভারতের ইতিহাসে প্রথমবারের মত অটোমোবাইল চালানোর জন্য জ্বালানী হিসেবে ডাইহাইড্রোজেন ব্যবহার করে ২০০৫ সালের অক্টোবরে একটি পাইলট প্রকল্প চালু করা হয়েছিল। প্রাথমিকভাবে সিএনজি এর সহিত 5% ডাইহাইড্রোজেন মিশ্রিত করে চার চাকার যান বাহনে জ্বালানী হিসেবে ব্যবহার করা হয়। ডাইহাইড্রোজেনের শতকরা পরিমাণ ক্রমান্বয়ে বৃদ্ধি করে একটি সর্বোত্তম স্তরে নিয়ে যাওয়া হবে।

আজকাল বৈদ্যুতিক শক্তি উৎপাদনে জ্বালানী কোশে এর ব্যবহার রয়েছে। আশা করা হচ্ছে যে আগামী কয়েক বছর ডাইহাইড্রোজেনের নিরাপদ এবং অর্থনৈতিক দিক দিয়ে লভবান উৎসগুলোকে চিহ্নিত করে একে শক্তির সাধারণ উৎস হিসেবে ব্যবহার করা হবে।

সারণি 9.5 মোল, ভর এবং আয়তনের ভিত্তিতে বিভিন্ন ধরনের জ্বালানীর দহনে নির্গত শক্তির পরিমাণ

kJ এককে দহনে নির্গত শক্তি	ডাইহাইড্রোজেন (গ্যাসীয় অবস্থা)	ডাইহাইড্রোজেন (তরল অবস্থা)	LPG	মিথেন গ্যাস	অকটেন (তরল অবস্থা)
মোল প্রতি	286	285	2220	880	5511
গ্রাম প্রতি	143	142	50	53	47
লিটার প্রতি	12	9968	25590	35	34005

সারাংশ

একটি মাত্র ইলেকট্রন বিশিষ্ট সবচেয়ে হালকা পরমাণু হল হাইড্রোজেন। এই ইলেকট্রনটি বর্জিত হলে মৌলিক কণা প্রোটন তৈরি হয়। ফলে এটি অনন্য (Unique) চরিত্রের হয়। এর তিনটি সমস্থানিক আছে, এগুলো হল প্রোটিয়াম (1_1H), ডিউটেরিয়াম (D বা 2_1H) এবং ট্রিটিয়াম (T বা 3_1H)। তিনটির মধ্যে কেবলমাত্র ট্রিটিয়ামই হল তেজস্ক্রিয়। ক্ষার ধাতু এবং হ্যালোজেন উভয়ের সহিত মিল থাকা সত্ত্বেও এর অনন্য (Unique) ধর্মের জন্য এটি পর্যায় সারণিতে একটি পৃথক স্থান অধিকার করে আছে।

মহাবিশ্বে হাইড্রোজেনের প্রাচুর্য সর্বাধিক। পৃথিবীর বায়ুমণ্ডলে হাইড্রোজেনকে মুক্ত অবস্থায় প্রায় পাওয়া যায় না। তবে যোজিত অবস্থায় এটি ভূত্বকে তৃতীয় সর্বাধিক মৌল। পেট্রোক্যামিকেল থেকে সোদক গ্যাস শিফট (Water gas shift) বিক্রিয়ার দ্বারা শিল্পে বেশি পরিমাণে ডাইহাইড্রোজেন তৈরি করা হয়। ব্রাইন দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা উপজাত দ্রব্য হিসেবে একে পাওয়া যায়। যে কোনও মৌলের দুটি পরমাণুর মধ্যস্থ এক বন্ধনের বন্ধন বিভাজন শক্তির মানের চেয়ে ডাইহাইড্রোজেনের H—H

বন্ধন বিভাজন শক্তির মান (Bond Dissociation Enthalpy) ($435.88 \text{ kJ mol}^{-1}$) সর্বাধিক। এই ধর্মকে ব্যবহার করে পারমাণবিক হাইড্রোজেন টর্চ তৈরি করা হয় যা $\sim 4000\text{K}$ তাপমাত্রার সৃষ্টি করে এবং উচ্চ গলনাঙ্ক বিশিষ্ট ধাতু ঝালাইয়ের জন্য আদর্শ।

উচ্চ ঋণাত্মক বিয়োজন শক্তির জন্য ডাইহাইড্রোজেন ঘরের তাপমাত্রায় কম সক্রিয় হলেও এটি শর্ত সাপেক্ষে প্রায় সব মৌলের সঙ্গে যুক্ত হয় এবং হাইড্রাইড গঠন করে। সব ধরনের হাইড্রাইডগুলিকে তিনটি বিভাগে শ্রেণিভুক্ত করা হয়েছে—

(i) তড়িৎযোজী বা স্যালাইন হাইড্রাইড

(ii) সমযোজী বা আনবিক হাইড্রাইড

(iii) ধাতব বা ননস্টয়সিওমেট্রিক হাইড্রাইড

অন্যান্য হাইড্রাইড যৌগ তৈরি করার জন্য ক্ষার ধাতুর হাইড্রাইডগুলো হল উৎকৃষ্ট বিকারক। দৈনন্দিন জীবনে আনবিক হাইড্রাইডের (যেমন B_2H_6 , CH_4 , NH_3 , H_2O) গুরুত্ব অপরিসীম। ডাইহাইড্রোজেনের সংরক্ষণ এবং অতি বিশুদ্ধকরণের জন্য ধাতব হাইড্রাইড ব্যবহৃত হয়।

ডাইহাইড্রোজেনের অন্যান্য রাসায়নিক বিক্রিয়া সমূহের মধ্যে বিজারণ বিক্রিয়াগুলো যেমন, হাইড্রোজেন হ্যালাইড, জল, অ্যামোনিয়া, মিথানল, বনস্পতি ঘি ইত্যাদি উৎপাদনে গুরুত্বপূর্ণ। ধাতু বিদ্যায় ধাতব অক্সাইডকে বিজারিত করতে এটি ব্যবহৃত হয়। মহাকাশগামী যান রকেটে জ্বালানী হিসেবে ব্যবহৃত হয়। অদূর ভবিষ্যতে দূষণহীন জ্বালানী হিসেবে এর ব্যবহারের সম্ভাবনা উজ্জ্বল।

জল সহজলভ্য এবং প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় এবং জৈবিক প্রক্রিয়ায় এর তাৎপর্য খুব বেশি। জল সহজে তরল থেকে কঠিন এবং গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হয় বলে এটি বায়ুমন্ডলে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। এটির বাঁকা গঠনাকৃতির জন্য জল অণুটি অধিক ধ্রুবীয় হয়, এই ধর্মের জন্য হাইড্রোজেন বন্ধন গঠিত হয় যা বরফে সর্বাধিক এবং জলীয় বাষ্পে সর্বনিম্ন। ধ্রুবীয়তার জন্য জল।

(a) আয়নীয় এবং আংশিক আয়নীয় যৌগগুলোর উৎকৃষ্ট দ্রাবক হিসেবে কাজ করে।

(b) উভধর্মী পদার্থ রূপে (অ্যাসিডের পাশাপাশি ক্ষার) রূপে কাজ করে।

(c) বিভিন্ন ধরনের হাইড্রেট তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

এর দ্রবণীয়তা ধর্মের জন্য নানা ধরনের লবণকে বেশি পরিমাণে দ্রবীভূত করে খরজলে পরিণত হয় এবং শিল্পে ব্যবহারের জন্য বিপজ্জনক হয়। স্থায়ী এবং অস্থায়ী উভয় ধরনের খরতা জিওলাইট এবং সিন্থেটিক আয়ন বিনিময়কারী রেজিন দ্বারা দূরীভূত করা যায়।

ভারী জল, D_2O আরেকটি গুরুত্বপূর্ণ যৌগ। সাধারণ জলের দীর্ঘক্ষণ ব্যাপী তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা জলকে ভারী জলে সমৃদ্ধ করা যায়। নিউক্লিয়ার চুল্লিতে মডারেটর হিসেবে এটি মূলত ব্যবহৃত হয়।

হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড, H_2O_2 এর একটি অধ্রুবীয় মজাদার গঠন আছে এবং শিল্পে বিরঞ্জক হিসেবে এবং ওষুধি শিল্পে এবং কলকারখানা ও গৃহস্থালীজাত দূষণ নিয়ন্ত্রণে এর ব্যবহার রয়েছে।

অনুশীলনী

9.1 ইলেকট্রন বিন্যাসের উপর ভিত্তি করে পর্যায়সারণীতে হাইড্রোজেনের অবস্থান সম্পর্কে তোমার মতামত যাচাই কর।

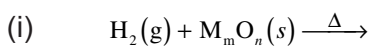
9.2 হাইড্রোজেনের সমস্থানিকগুলোর (আইসোটোপ) নাম লিখ। সমস্থানিকগুলোর ভরের অনুপাত কত?

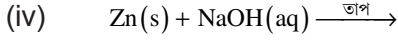
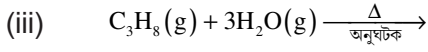
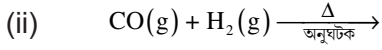
9.3 স্বাভাবিক অবস্থায় হাইড্রোজেন এক পরমাণুক রূপে না থেকে দ্বিপরমাণুক রূপে থাকে কেন?

9.4 কোল গ্যাসীভবন থেকে প্রাপ্ত ডাই হাইড্রোজেনের ব্যবহার কিভাবে বৃদ্ধি করা যায়?

9.5 তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে ডাইহাইড্রোজেনের ব্যাপক প্রস্তুতি বর্ণনা কর। এই প্রক্রিয়ায় একটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের ভূমিকা কি?

9.6 নিচের বিক্রিয়াগুলো সম্পূর্ণ কর।





9.7 ডাইহাইড্রোজেনের রাসায়নিক সক্রিয়তার পরিপ্রেক্ষিতে H-H বন্ধনের উচ্চ এনথ্যালপির ফলাফল নিয়ে আলোচনা কর।

9.8 হাইড্রোজেনের —

(i) ইলেকট্রন ঘাটতি বিশিষ্ট,

(ii) যথাযথ ইলেকট্রন বিশিষ্ট এবং

(iii) অধিক ইলেকট্রন বিশিষ্ট যৌগ বলতে কি বুঝা? উপযুক্ত উদাহরণ সহ আলোচনা কর।

9.9 ইলেকট্রন ঘাটতিবিশিষ্ট হাইড্রাইডগুলোর গঠন এবং রাসায়নিক বিক্রিয়া থেকে কিরূপ বৈশিষ্ট্য আশা করা যায়।

9.10 $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ ধরনের কার্বনের হাইড্রাইডগুলো লুইস অ্যাসিড বা ক্ষার রূপে আচরণ করে কি? তোমার উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও।

9.11 ননক্সিসিওমেট্রিক হাইড্রাইড বলতে কি বোঝা? ক্ষার ধাতুগুলো কি এই ধরনের হাইড্রাইড গঠন করতে পারে? তোমার মতামত কি?

9.12 হাইড্রোজেন সংরক্ষণের জন্য ধাতব হাইড্রাইডগুলো কিভাবে উপযোগী হতে পারে? ব্যাখ্যা করো।

9.13 পারমানবিক হাইড্রোজেন অথবা অক্সিহাইড্রোজেন টর্চ ধাতু কাটতে এবং ঝালাইয়ের কাজে কিভাবে ব্যবহৃত হয় ব্যাখ্যা করো।

9.14 NH_3 , H_2O এবং HF এর মধ্যে কোনটি অধিক মাত্রায় H- বন্ধন গঠন করে এবং কেন?

9.15 স্যালাইন হাইড্রাইডগুলো জলের সঙ্গে তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে আগুন তৈরি করে। CO_2 একটি উৎকৃষ্ট আগুন নির্বাপক - এই ক্ষেত্রে CO_2 ব্যবহার করা যাবে কি? ব্যাখ্যা করো।

9.16 নিম্নলিখিত যৌগগুলোকে বিন্যাস কর।

(i) CaH_2 , BeH_2 এবং TiH_2 তড়িৎ পরিবাহিতার উর্ধ্বক্রম অনুসারে সাজাও।

(ii) LiH , NaH এবং CsH আয়নীয় চরিত্রের উর্ধ্বক্রম অনুসারে সাজাও।

(iii) H-H, D-D এবং F-F এর বন্ধন বিয়োজন শক্তির উর্ধ্বক্রম অনুসারে সাজাও।

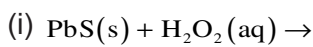
(iv) NaH , MgH_2 এবং H_2O বিজারণ ধর্মের উর্ধ্বক্রম অনুসারে সাজাও।

9.17 H_2O এবং H_2O_2 -র গঠন তুলনা কর।

9.18 জলের স্ব-আয়নায়ন বা স্বতঃপ্রোটোলিসিস বলতে কি বোঝা? এর তাৎপর্য কি?

9.19 জলের সঙ্গে F_2 এর বিক্রিয়াটি লিখ এবং জারণ ও বিজারণ চিহ্নিত কর এবং জারিত ও বিজারিত পদার্থ উল্লেখ কর।

9.20 নিম্নলিখিত রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলো সম্পূর্ণ করো—



- (ii) $\text{MnO}_4(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightarrow$
- (iii) $\text{CaO}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow$
- (v) $\text{AlCl}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow$
- (vi) $\text{Ca}_3\text{N}_2(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow$
- (a) আর্দ্রবিশ্লেষণ, (b) রেডক্স (জারণ ও বিজারণ), (c) জল সংযোজন বিক্রিয়ার স্বাপেক্ষে উপরের বিক্রিয়াগুলোকে শ্রেণীভুক্ত করো।
- 9.21 বরফের সাধারণ রূপটির গঠন বর্ণনা করো।
- 9.22 জলের স্থায়ী ও অস্থায়ী খরতার কারণ কি?
- 9.23 সিঙ্থেটিক (কৃত্রিম) আয়ন বিনিময় রেজিন পদ্ধতিতে খর জল মৃদু করার নীতি এবং পদ্ধতি আলোচনা করো।
- 9.24 জলের উভধর্মীতা রাসায়নিক বিক্রিয়ার দ্বারা দেখাও।
- 9.25 হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড জারক ও বিজারক দ্রব্যরূপে কাজ করে। রাসায়নিক সমীকরণ দ্বারা এটির সত্যতা যাচাই করো।
- 9.26 খনিজমুক্ত জল বলতে কি বুঝা এবং এটি কিভাবে পাওয়া যায়?
- 9.27 খনিজমুক্ত জল বা পাতিত জল পানের উপযোগী কি? যদি না হয়, তাহলে এটিকে কিভাবে পানের উপযোগী করা যায়।
- 9.28 জীবমণ্ডলে এবং জৈবিক তন্ত্রে জলের কার্যকারিতা ব্যাখ্যা কর।
- 9.29 জলের কোন ধর্ম জলকে দ্রাবকে পরিণত করে? কোন ধরনের যৌগকে এটি (i) দ্রবীভূত এবং (ii) আর্দ্র বিশ্লেষিত করে?
- 9.30 H_2O এবং D_2O এর ধর্ম জানার পর, তুমি কি মনে কর D_2O কে পানীয় হিসেবে ব্যবহার করা যায়?
- 9.31 আর্দ্র বিশ্লেষণ এবং জল যোজন এর মধ্যে পার্থক্য লিখ।
- 9.32 জৈব যৌগের সহিত যুক্ত জলকে স্যালাইন হাইড্রাইড কিভাবে দূর করে?
- 9.33 15, 19, 23 এবং 44 পরমাণু ক্রমাঙ্ক বিশিষ্ট মৌলের সঙ্গে ডাইহাইড্রোজেনের বিক্রিয়ায় গঠিত হাইড্রাইড এর প্রকৃতি কি হবে? জলের সঙ্গে তাদের আচরণ তুলনা করো।
- 9.34 অ্যালুমিনিয়াম (III) ক্লোরাইড এবং পটাসিয়াম ক্লোরাইডকে পৃথকভাবে (i) সাধারণ জল, (ii) অম্লীকৃত জল, (iii) ক্ষারীয় জলে যোগ করলে দ্রবণে ভিন্ন জাতক পাওয়া যাবে বলে মনে কর কি? সেক্ষেত্রে যে সমীকরণ দরকার তা লিখ।
- 9.35 H_2O_2 বিরঞ্জক দ্রব্যরূপে আচরণ করে— কিভাবে?
- 9.36 নিম্নে উল্লেখিত শব্দগুলো কি বোঝায়?
- (i) হাইড্রোজেন ইকোনমি (হাইড্রোজেন অর্থনীতি), (ii) হাইড্রোজেন সংযোজন, (iii) সিন্ গ্যাস, (vi) সোদক গ্যাস স্থানান্তর বিক্রিয়া, (v) জ্বালানী কোশ।

s-ব্লক মৌলসমূহ (THE s-BLOCK ELEMENTS)

উদ্দেশ্য (Objectives)

এই এককটি অধ্যয়নের পর তুমি

- ক্ষারীয় মৌলসমূহ এবং এদের যৌগদের সাধারণ ধর্ম সম্পর্কে বর্ণনা করতে সমর্থ হবে।
- ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতু এবং তাদের যৌগদের সাধারণ বৈশিষ্ট্য ব্যাখ্যা করতে সমর্থ হবে।
- শিল্পে গুরুত্বপূর্ণ সোডিয়াম ও ক্যালসিয়াম ঘটিত যৌগের (পেট্রলিয়াম সিমেন্ট সহ) প্রস্তুতি, ধর্ম ও ব্যবহার সম্বন্ধে ব্যাখ্যা করতে সক্ষম হবে।
- সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ও ক্যালসিয়ামের জৈবিক তাৎপর্য উপলব্ধি করতে সমর্থ হবে।

“ক্ষার ও ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর শ্রেণির প্রথম মৌলটি গ্রুপের অন্য মৌলগুলো থেকে বহু ক্ষেত্রে ভিন্ন।”

পর্যায় সারণীতে s-ব্লক মৌল হল সেগুলো যেগুলিতে সর্বশেষ ইলেকট্রনটি সর্ববর্হিস্থ s-কক্ষকে প্রবেশ করে। যেহেতু s-কক্ষকে মাত্র দুটি ইলেকট্রনের স্থান হতে পারে, তাই পর্যায় সারণীতে s-ব্লকে দুটি শ্রেণি বা গ্রুপ (1 এবং 2) অন্তর্ভুক্ত হয়। পর্যায় সারণীর প্রথম শ্রেণিটি লিথিয়াম, সোডিয়াম, পটাসিয়াম, রুবিডিয়াম, সিজিয়াম এবং ফ্রানসিয়াম মৌলের সমন্বয়ে গঠিত। এরা সামগ্রিকভাবে ক্ষার ধাতু নামে পরিচিত। এদের এরূপ নামকরণের কারণ হল এরা জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় তীব্র ক্ষারধর্মী হাইড্রক্সাইড গঠন করে। পর্যায় সারণীর দ্বিতীয় গ্রুপ-এ বেরিলিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম, স্ট্রনসিয়াম, বেরিয়াম এবং রেডিয়াম মৌল অন্তর্ভুক্ত রয়েছে। বেরিলিয়াম ব্যতীত এই মৌলগুলো সাধারণভাবে ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতু নামে পরিচিত। এদের অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইডগুলি ক্ষারীয় প্রকৃতির এবং এই ধাতব অক্সাইডগুলো পৃথিবীর ভূত্বকে পাওয়া যায় বলে এদের এরূপ নামকরণ করা হয়েছে।

ক্ষার ধাতুগুলোর মধ্যে সোডিয়াম ও পটাসিয়ামকে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায় এবং লিথিয়াম, রুবিডিয়াম ও সিজিয়ামের প্রাচুর্য খুব কম (সারণী 10.1)। ফ্রানসিয়াম অতিমাত্রায় তেজস্ক্রিয়; এর সর্বাধিক স্থায়ী ^{223}Fr আইসোটোপের অর্ধ জীবনকাল মাত্র 21 মিনিট। ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুগুলোর মধ্যে পৃথিবী পৃষ্ঠে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের প্রাচুর্যের স্থান যথাক্রমে পঞ্চম ও ষষ্ঠ। স্ট্রনসিয়াম এবং বেরিয়াম খুব কম পরিমাণে পাওয়া যায়। আগ্নেয় শিলার মাত্র 10^{-10} শতাংশ বিরল বেরিলিয়াম ও বিরলতম রেডিয়াম দ্বারা গঠিত হয় † (সারণী 10.2, পৃষ্ঠা 299)।

s-ব্লক মৌলদের ক্ষেত্রে সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস ক্ষার ধাতুসমূহের জন্য [আদর্শ গ্যাস] ns^1 এবং ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুসমূহের ক্ষেত্রে [আদর্শ গ্যাস] ns^2

* পৃথিবী পৃষ্ঠের সবু, পাথুরে বহিঃস্তর হল ভূত্বক। † ম্যাগমা (গলিত শিলা) ঠাণ্ডা ও শক্ত হয়ে গঠিত এক ধরনের প্রস্তর।

গ্রুপ 1 এবং গ্রুপ 2 এর প্রথম মৌল যথাক্রমে লিথিয়াম ও বেরিলিয়ামের কিছু কিছু ধর্ম গ্রুপ দুটির অন্য মৌলসমূহের ধর্ম থেকে আলাদা। এই ব্যতিক্রমী ধর্মগুলোতে এরা পরবর্তী গ্রুপের দ্বিতীয় মৌলটির সঙ্গে সমধর্ম সম্পন্ন হয়। এই রূপে লিথিয়াম, ম্যাগনেসিয়ামের এবং বেরিলিয়াম, অ্যালুমিনিয়ামের সঙ্গে বহু ধর্মে সাদৃশ্য দেখায়। এই ধরনের কোণাকোণি সাদৃশ্যকে পর্যায় সারণীতে কৌণিক সম্পর্ক (diagonal relationship) বলে। এই কৌণিক সম্পর্কের কারণ হল মৌলদের আয়নের আকার এবং / অথবা আধান/ ব্যাসার্ধের অনুপাতে সাদৃশ্য। একযোজী সোডিয়াম ও পটাসিয়াম আয়নকে এবং দ্বিযোজী ম্যাগনেসিয়াম ও ক্যালসিয়াম আয়নকে জৈবিক তরল পদার্থে বৃহৎ অনুপাতে পাওয়া যায়। আয়ন সমতা রক্ষা এবং স্নায়ু স্পন্দন পরিবহনের মতো গুরুত্বপূর্ণ জৈবিক ক্রিয়াকলাপ সম্পাদনে এই আয়নগুলোর ভূমিকা রয়েছে।

10.1 গ্রুপ -I মৌল সমূহঃ ক্ষার ধাতু সমূহ

পারমাণবিক সংখ্যার ক্রমবৃদ্ধি অনুসারে ক্ষার ধাতুগুলোর ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে নিয়মিত পরিবর্তনের প্রবণতা দেখা যায়। ক্ষার ধাতুগুলোর পারমাণবিক, ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম নিম্নে আলোচিত হল।

10.1.1 ইলেকট্রন বিন্যাস

সমস্ত ক্ষার ধাতুগুলোর, আদর্শ গ্যাস মজ্জার বাইরে একটি যোজ্যতা ইলেকট্রন থাকে, ns^1 (সারণী 10.1)। এই মৌলগুলোর সর্ববহিঃস্থ যোজ্যতা কক্ষপথে s- ইলেকট্রন শিথিলভাবে ধৃত থাকে বলেই এগুলো সবচেয়ে ধনাত্মক ধাতু। সহজেই ইলেকট্রনটি বর্জন করে তারা একযোজী M^+ আয়নে পরিণত হয়। তাই প্রকৃতিতে এদেরকে কখনই মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না।

মৌল	চিহ্ন	ইলেকট্রন বিন্যাস
লিথিয়াম	Li	$1s^2 2s^1$
সোডিয়াম	Na	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
পটাসিয়াম	K	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$
রুবিডিয়াম	Rb	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 5s^1$
সিজিয়াম	Cs	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^6 6s^1$ or $[Xe] 6s^1$
ফ্রানসিয়াম	Fr	$[Rn] 7s^1$

10.1.2 পারমাণবিক এবং আয়নীয় ব্যাসার্ধ

পর্যায় সারণীর একটি নির্দিষ্ট পর্যায়ে ক্ষার ধাতুর পরমাণুগুলো আকারে সর্ববৃহৎ। পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধিতে পরমাণুর আকারও বাড়ে। জনক

পরমাণুর চেয়ে একযোজী আয়নটি (M^+) তুলনামূলকভাবে ছোটো হয়। গ্রুপের উপর থেকে নীচের দিকে অগ্রসর হলে ধাতব মৌলগুলোর পরমাণু এবং আয়নের ব্যাসার্ধ ক্রমশঃ বৃদ্ধি পায় অর্থাৎ Li থেকে Cs এ এদের আকার বাড়ে।

10.1.3 আয়নন বা আয়নায়ন এনথালপি (Ionization Enthalpy)

ক্ষার ধাতুগুলোর আয়নন এনথালপি খুব কম এবং শ্রেণীতে Li থেকে Cs পর্যন্ত এর মান ক্রমশঃ কমে। এর কারণ পরমাণুর আকার বৃদ্ধি কেন্দ্রকের আধান বৃদ্ধির চেয়ে অধিক প্রভাবশালী হয় এবং সর্ববহিঃস্থ ইলেকট্রন কেন্দ্রকের আধানের প্রভাব থেকে আবর্তিত থাকে।

10.1.4 জলয়োজন এনথালপি (Hydration Enthalpy)

আয়নের আকার বৃদ্ধির সাথে সাথে ক্ষার ধাতুগুলোর আয়নের জলয়োজন এনথালপি ক্রমশঃ হ্রাস পায়।



Li^+ আয়নের জলয়োজন মাত্রা সর্বোচ্চ এবং এই কারণে অধিকাংশ লিথিয়াম লবণগুলো জলযোজিত থাকে; যেমন, $LiCl \cdot 2H_2O$

10.1.5 ভৌত ধর্ম

সমস্ত ক্ষার ধাতুগুলো রূপালি সাদা, নরম ও হালকা ধাতু। বড়ো আকৃতির জন্য এই মৌলগুলোর ঘনত্ব কম এবং এই ঘনত্ব শ্রেণীতে উপর থেকে নীচের দিকে নামলে Li থেকে Cs -এ ক্রমশঃ বৃদ্ধি পায়। যা হোক, পটাসিয়াম সোডিয়াম থেকে হালকা। ক্ষার ধাতুগুলোর নিম্ন গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক দুর্বল ধাতব বন্ধনকে নির্দেশ করে এবং এর কারণ হল এদের একটি মাত্র যোজ্যতা ইলেকট্রনের উপস্থিতি। ক্ষার ধাতু এবং এদের লবণগুলো জারণ শিখায় বৈশিষ্ট্যপূর্ণ বর্ণ প্রদর্শন করে। এর কারণ হল শিখা থেকে উৎপন্ন তাপ সর্ববহিঃস্থ কক্ষকের ইলেকট্রনকে উত্তেজিত করে উচ্চতর শক্তিস্তরে প্রেরণ করে। উত্তেজিত ইলেকট্রন যখন ভূমিস্তরে ফিরে আসে তখন দৃশ্যমান অঞ্চলে যে বিকিরণ নির্গত হয় তা নিম্নে প্রদত্ত হল:

ধাতু	Li	Na	K	Rb	Cs
বর্ণ	আরক্ত লাল	হলুদ	বেগুনী	লাল বেগুনী	নীল
λ/nm	670.8	589.2	766.5	780.0	455.5

সুতরাং ক্ষার ধাতুগুলোকে তাদের নিজ নিজ শিখা পরীক্ষা দ্বারা শনাক্ত করা যায় এবং শিখা আলোকমিতি (flame photometry) অথবা পারমাণবিক শোষণ বর্ণালীবীক্ষণ (atomic absorption spectroscopy) দ্বারা নির্ধারণ করা যায়। এই মৌলগুলোকে যখন আলোতে রাখা হয় তখন মৌলগুলোর শোষিত শক্তি যথেষ্ট

সারণী 10.1 ক্ষার ধাতুগুলোর পারমাণবিক ও ভৌত ধর্ম

ধর্ম	লিথিয়াম Li	সোডিয়াম Na	পটাসিয়াম K	রুবিডিয়াম Rb	সিজিয়াম Cs	ফ্রানসিয়াম Fr
পারমাণবিক সংখ্যা	3	11	19	37	55	87
পারমাণবিক ভর (g mol^{-1})	6.94	22.99	39.10	85.47	132.91	(223)
ইলেকট্রন বিন্যাস	[He] $2s^1$	[Ne] $3s^1$	[Ar] $4s^1$	[Kr] $5s^1$	[Xe] $6s^1$	[Rn] $7s^1$
আয়নন এনথ্যালপি (KJ g mol^{-1})	520	496	419	403	376	~375
জলয়োজন এনথ্যালপি/ KJ g mol^{-1}	-506	-406	-330	-310	-276	-
ধাতব ব্যাসার্ধ / pm	152	186	227	248	265	-
আয়নীয় ব্যাসার্ধ M^+ / pm	76	102	138	152	167	(180)
গলনাঙ্ক/K	454	371	336	312	302	-
স্ফুটনাঙ্ক/K	1615	1156	1032	961	944	-
ঘনত্ব/ g cm^{-3}	0.53	0.97	0.86	1.53	1.90	-
প্রমাণ বিভব	-3.04	-2.714	-2.925	-2.930	-2.927	-
$E^\ominus / v (M^+ / M)$ এর জন্য অশ্বমন্ডলে প্রাপ্তির মান (Occurrence in lithosphere ⁺)	18*	2.27**	1.84**	78-12*	2-6*	~ 10^{-18} *

* ppm (part per million), **ওজন হিসেবে শতকরা পরিমাণ; + অশ্বমন্ডল: পৃথিবীর বহিঃস্তর : পৃথিবীর ভূত্বক এবং উপরের ম্যাগনেটলের অংশ

হলেই একটি পরমাণু ইলেকট্রন বর্জন করতে পারে। এই বৈশিষ্ট্যের জন্যই সিজিয়াম ও পটাসিয়াম আলোক তড়িৎ কোশে তড়িৎদ্বার রূপে ব্যবহৃত হয়।

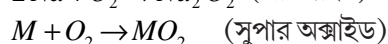
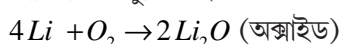
10.1.6 রাসায়নিক ধর্ম

বড়ো আকৃতি এবং কম আয়নন এনথ্যালপির জন্য ক্ষার ধাতুগুলো অত্যন্ত সক্রিয়। কোন শ্রেণিতে উপর থেকে নীচের দিকে এদের সক্রিয়তা ক্রমশ বৃদ্ধি পায়।

(i) বায়ুর প্রতি সক্রিয়তা

শুষ্ক বায়ুতে ক্ষার ধাতুগুলো অক্সাইডে পরিণত হয় বলে বিবর্ণ হয়ে যায়। এই অক্সাইডগুলো জলীয় বাষ্পের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোক্সাইডে পরিণত হয়। এরা অক্সিজেনে তীব্রভাবে পুড়ে অক্সাইড গঠন করে। লিথিয়াম মনোক্সাইড, সোডিয়াম পারক্সাইড এবং অন্য ধাতুগুলো সুপার অক্সাইড গঠন করে।

সুপার অক্সাইড O_2^- আয়ন বৃহৎ ক্যাটায়ন যেমন K, Rb, Cs এর উপস্থিতিতে সুস্থিত হয়।



এই অক্সাইডগুলোতে ক্ষার ধাতুটির জারণ অবস্থা +1.

বায়ুর নাইট্রোজেনের সঙ্গে সরাসরি বিক্রিয়ায় নাইট্রাইড যৌগ Li_3N গঠনের মধ্য দিয়েও লিথিয়াম ব্যতিক্রমী ধর্ম প্রদর্শন করে। বায়ু ও জলের প্রতি সক্রিয়তার জন্য ক্ষার ধাতুগুলোকে সাধারণত: কেরোসিনের নীচে ডুবিয়ে রাখা হয়।

সমস্যা 10.1

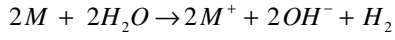
KO_2 অণুতে K পরমাণুর জারণ অবস্থা কী?

সমাধান

সুপার অক্সাইড শ্রেণিকে O_2^- দ্বারা প্রকাশ করা হয়; যেহেতু যৌগটি নি:স্তড়িত, তাই পটাসিয়ামের জারণ অবস্থা +1.

(ii) জলের প্রতি সক্রিয়তা:

ক্ষার ধাতুগুলো জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রক্সাইড ও ডাই হাইড্রোজেন গঠন করে।



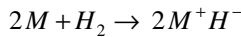
(M= একটি ক্ষার)

লক্ষ্য করা যেতে পারে যদিও লিথিয়ামের E^\ominus এর মান (সারণী 10.1) সবচেয়ে বেশি ঋণাত্মক কিন্তু জলের সঙ্গে এর বিক্রিয়া সোডিয়ামের তুলনায় কম তীব্র। ক্ষার ধাতুগুলোর মধ্যে সোডিয়ামের E^\ominus এর মান সবচেয়ে কম ঋণাত্মক। লিথিয়ামের এরকম আচরণের কারণ হল এর ছোট আকৃতি এবং অতি উচ্চ জলয়োজন শক্তি (hydration energy)। এই শ্রেণির অন্য ধাতুগুলো জলের সঙ্গে তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে।

এরা অ্যালকোহল, গ্যাসীয় অ্যামোনিয়া এবং অ্যালকোইনের মত প্রোটন দাতার সঙ্গেও বিক্রিয়া করে।

(iii) ডাইহাইড্রোজেনের প্রতি সক্রিয়তা :

ক্ষার ধাতুগুলো ডাইহাইড্রোজেনের সঙ্গে প্রায় 673 K উষ্ণতায় (লিথিয়ামের ক্ষেত্রে 1073 K) বিক্রিয়া করে হাইড্রাইড গঠন করে। ক্ষার ধাতুর সমস্ত হাইড্রাইড যৌগগুলো উচ্চ গলনাঙ্ক বিশিষ্ট কঠিন আয়নীয় যৌগ।

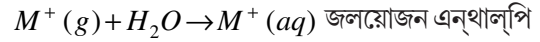
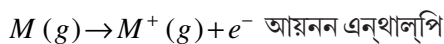


(iv) হ্যালোজেনের প্রতি সক্রিয়তা :

ক্ষার ধাতুগুলোর হ্যালোজেনের সংস্পর্শে তৎক্ষণাৎ তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে আয়নীয় হ্যালাইড, M^+X^- গঠন করে। তবে, লিথিয়াম হ্যালাইডগুলো কিছুটা সমযোজী। এর কারণ হল লিথিয়াম আয়নের উচ্চ সমবর্তন (polarisation) ক্ষমতা (ক্যাটায়ন দ্বারা আনায়নের ইলেকট্রন মেঘের বিকৃতি সমবর্তন বলে)। Li^+ আয়ন আকারে অতিশয় ক্ষুদ্র হওয়াতে ঋণাত্মক হ্যালাইড আয়নকে ঘিরে থাকা ইলেকট্রন মেঘকে বিকৃত করার তীব্র প্রবণতা এর রয়েছে। বড়ো আকৃতির আনায়নগুলো যেহেতু সহজে বিকৃত হয়, তাই হ্যালাইডগুলোর মধ্যে লিথিয়াম আয়োডাইড প্রকৃতিতে সর্বাধিক সমযোজী।

(v) বিজারণ ধর্ম:

ক্ষার ধাতুগুলো তীব্র বিজারক দ্রব্য। এর মধ্যে লিথিয়ামের বিজারণ ক্ষমতা সর্বাধিক এবং সোডিয়ামের সর্বনিম্ন (সারণী 10.1) বিজারণ ক্ষমতা পরিমাপক প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব (E^\ominus) মোট পরিবর্তনকে প্রকাশ করে:



সমস্যা 10.2

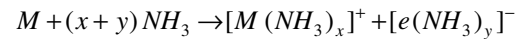
Cl_2/Cl^- এর $E^\ominus +1.36$, I_2/I^- এর $+0.53$, Ag^+/Ag এর $+0.79$, Na^+/Na এর -2.71 , Li^+/Li এর -3.04 হয়। নিম্নোক্ত প্রজাতিগুলোকে ক্রমতাসমান বিজারণ ক্ষমতা অনুসারে সাজাও : I^- , Ag , Cl^- , Li , Na

সমাধান

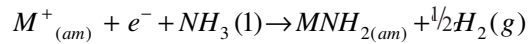
ক্রমটি হল $Li > Na > I^- > Ag > Cl^-$

(vi) তরল অ্যামোনিয়াতে দ্রবণ:

ক্ষার ধাতুগুলো তরল অ্যামোনিয়াতে দ্রবীভূত হয়ে পরিবহণে সক্ষম গাঢ় নীল বর্ণের দ্রবণ তৈরি করে।



দ্রবণটির নীল বর্ণের কারণ হল অ্যামোনিয়ামসৃষ্ট ইলেকট্রন যা দৃশ্যমান অঞ্চলের আলোক শক্তি শোষণ করে এবং এভাবে দ্রবণকে নীল বর্ণ প্রদান করে। দ্রবণগুলো পরাচুম্বকীয় (paramagnetic) এবং স্থির অবস্থায় রেখে দিলে হাইড্রোজেন গ্যাস মুক্ত করে অ্যামাইড যৌগ গঠন করে।



(যেখানে 'am' অ্যামোনিয়াতে দ্রবণ নির্দেশ করে)

গাঢ় দ্রবণে এই নীল বর্ণ তামাটে বর্ণে পরিবর্তিত হয় এবং দ্রবণটি ডায়াম্যাগনেটিক (diamagnetic) হয়।

10.1.7 ব্যবহার :

লিথিয়াম ধাতু প্রয়োজনীয় ধাতু সঙ্কর তৈরিতে ব্যবহৃত হয়। যেমন সীসার সঙ্গে যুক্ত হয়ে মোটর ইঞ্জিনের 'হোয়াইট মেটাল' বিয়ারিং, অ্যালুমিনিয়ামের সঙ্গে যুক্ত হয়ে বিমানের যন্ত্রাংশ, ম্যাগনেসিয়ামের সঙ্গে যুক্ত হয়ে বর্মের পাত তৈরিতে ব্যবহৃত হয়। এটি তাপ নিউক্লীয় বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত হয়। লিথিয়াম তড়িৎ রাসায়নিক কোশ তৈরিতে ব্যবহৃত হয়। $PbEt_4$ এবং $PbMe_4$ তৈরি করতে প্রয়োজনীয় Na/Pb সংকর ধাতু তৈরিতে সোডিয়াম ব্যবহৃত হয়। এই জৈব সীসা (organolead) যৌগগুলো আগে যানবাহনের ঠকঠক শব্দ কমানোর জন্য পেট্রোলে ব্যবহৃত হত। কিন্তু যানবাহনগুলো আজকাল লেড মুক্ত পেট্রোল ব্যবহার করে। তরল সোডিয়াম ধাতু দ্রুত উৎপাদনশীল পারমাণবিক চুল্লীতে হিমায়ক

S-ব্লক মৌলসমূহ

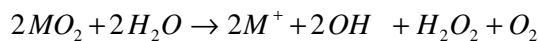
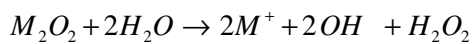
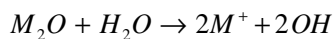
রূপে ব্যবহৃত হয়। জৈবিক তন্ত্রগুলোতে পটাসিয়ামের একটি গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রয়েছে। পটাসিয়াম ক্লোরাইড সার হিসাবে ব্যবহার করা হয়। পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড মুদু সাবান প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইডের একটি উৎকৃষ্ট শোষকরূপেও এটি ব্যবহার করা হয়। সিজিয়াম আলোক তড়িৎ কোশ উদ্ভাবনে ব্যবহৃত হয়।

10.2 ক্ষার ধাতুর যৌগগুলোর সাধারণ বৈশিষ্ট্য:

ক্ষার ধাতুর সাধারণ যৌগগুলোর অধিকাংশই আয়নীয় প্রকৃতির। তাদের কিছু যৌগের সাধারণ ধর্মগুলো এখানে আলোচিত হল।

10.2.1 অক্সাইড এবং হাইড্রক্সাইড সমূহ:

অতিরিক্ত বায়ুতে দহনের ফলে লিথিয়াম মূলত: অক্সাইড, Li_2O (সঙ্গে কিছু পারক্সাইড Li_2O_2) গঠন করে, সোডিয়াম পারক্সাইড, Na_2O_2 (এবং কিছু সুপার অক্সাইড NaO_2) গঠন করে যেখানে পটাসিয়াম, রুবিডিয়াম এবং সিজিয়াম সুপার অক্সাইড MO_2 গঠন করে। উপযুক্ত শর্তে বিশুদ্ধ যৌগ M_2O , M_2O_2 এবং MO_2 প্রস্তুত করা যেতে পারে। ধাতব আয়নের আকার বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে পারক্সাইড বা সুপার অক্সাইডের বর্ধিত স্থায়ীত্বের কারণ হল ল্যাটিস এনার্জির (lattice energy) প্রভাবে বৃহত্তর ক্যাটায়ন দ্বারা বড়ো আয়নায়নের স্থিতিশীল হওয়া। এই অক্সাইডগুলো সহজেই জল দ্বারা বিয়োজিত হয়ে নিম্নোক্ত বিক্রিয়ার দ্বারা হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়:



বিশুদ্ধ অবস্থায় অক্সাইড ও পারক্সাইডগুলো বর্ণহীন, বিশুদ্ধ সুপার অক্সাইডগুলোর বর্ণ হলুদ বা কমলা। সুপার অক্সাইডগুলো প্যারাম্যাগনেটিক (paramagnetic) ও বটে। সোডিয়াম পারক্সাইড অজৈব রসায়নে জারক দ্রব্য রূপে ব্যবহৃত হয়। জলের সঙ্গে অক্সাইডগুলোর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হাইড্রক্সাইডসমূহ সাদা কেলাসাকার কঠিন পদার্থ।

সমস্যা 10.3

KO_2 প্যারাম্যাগনেটিক কেন?

সমাধান

O_2^- সুপার অক্সাইড প্যারাম্যাগনেটিক কারণ π^*2p আণবিক কক্ষকে একটি অযুগ্ম ইলেকট্রন আছে।

ক্ষারকগুলোর মধ্যে ক্ষার ধাতুর হাইড্রক্সাইডগুলো সবচেয়ে শক্তিশালী এবং এরা সহজেই জলে দ্রবীভূত হয়ে তীব্র জলয়োজনের জন্য প্রচুর পরিমাণে তাপ উৎপন্ন করে।

10.2.2 হ্যালাইড :

ক্ষার ধাতুর হ্যালাইড যৌগগুলো, MX , ($\text{X}=\text{F}, \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$) উচ্চ গলনাঙ্ক বিশিষ্ট, বর্ণহীন কেলাসাকার কঠিন পদার্থ। যথাযথ অক্সাইড, হাইড্রক্সাইড বা কার্বনেটের সঙ্গে হাইড্রোহ্যালিক অ্যাসিড (HX)-এর জলীয় দ্রবণের বিক্রিয়ায় এদের প্রস্তুত করা যেতে পারে। এই হ্যালাইডগুলোর সবগুলোর উচ্চ ঋণাত্মক গঠন এনথালপি (enthalpy of formation) রয়েছে; কোন শ্রেণিতে উপর থেকে নীচের দিকে নামলে ফ্লুরাইডগুলোর $\Delta_f H^\circ$ এর মান কম ঋণাত্মক হতে থাকে যেখানে ক্লোরাইড, ব্রোমাইড ও আয়োডাইডগুলোর ক্ষেত্রে $\Delta_f H^\circ$ এর জন্য বিপরীত কথাটি সত্য। একটি নির্দিষ্ট ধাতুর ক্ষেত্রে ফ্লুরাইড থেকে আয়োডাইডে $\Delta_f H^\circ$ এর মান কম ঋণাত্মক হতে থাকে।

গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্কের ক্ষেত্রে সর্বদা নিম্নোক্ত ঝাঁক দেখা যায়: ফ্লুরাইড > ক্লোরাইড > ব্রোমাইড > আয়োডাইড। সমস্ত হ্যালাইডগুলো জলে দ্রব্য। জলে LiF এর স্বল্প দ্রাব্যতার কারণ হল এর উচ্চ জালক এনথালপি। কিন্তু দুটি আয়নের জলয়োজন এনথালপি (hydration enthalpy) কম হওয়ায় CsI জলে স্বল্পদ্রব্য হয়। লিথিয়ামের অন্যান্য হ্যালাইডগুলো ইথানল, অ্যাসিটোন এবং ইথাইল অ্যাসিটেটে দ্রবীভূত হয়। LiCl পিরিডেনের মধ্যেও দ্রবীভূত হয়।

10.2.3 অক্সো অ্যাসিডের লবণসমূহ (Salts of Oxoacids)

অক্সো অ্যাসিড হল এমন অ্যাসিড যাতে অ্যাসিডিক প্রোটন হাইড্রোক্সিল গ্রুপের (মূলকের) সঙ্গে যুক্ত থাকে এবং হাইড্রোক্সিল গ্রুপটি যে পরমাণুর সাথে যুক্ত থাকে তাতে এক বা একাধিক অক্সোগ্রুপও যুক্ত থাকে। যেমন কার্বনিক অ্যাসিড [H_2CO_3 বা $(\text{OC}(\text{OH})_2)_2$] সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4 বা $(\text{O}_2\text{S}(\text{OH})_2)_2$) ক্ষার ধাতুগুলো সকল অক্সোঅ্যাসিডের সঙ্গে লবণ গঠন করে। এরা সাধারণত জলে দ্রব্য হয় এবং এদের তাপীয় স্থায়ীত্ব (Thermal Stability) খুব বেশি হয়। এদের কার্বনেট (M_2CO_3) এবং বেশির ভাগ বাইকার্বনেট (MHCO_3) লবণগুলো উচ্চ তাপমাত্রাতেও স্থায়ী থাকে। গ্রুপের নীচ দিকে তড়িৎ ধণাত্মকতা বৃদ্ধির সাথে কার্বনেট এবং বাই-কার্বনেট লবণগুলোর স্থায়ীত্বও বৃদ্ধি পায়। লিথিয়াম কার্বনেটের তাপসহন ক্ষমতা ততটা বেশি নয়। লিথিয়ামের আকার খুব ক্ষুদ্র হওয়ায় এটি বৃহৎ CO_3^{2-} আয়নকে ধ্রুবিত (polarised) করে এবং অধিক স্থায়ী Li_2O ও CO_2 উৎপন্ন করে। কঠিন লিথিয়াম বাই-কার্বনেটের কোনো অস্তিত্ব নেই।

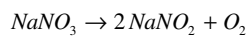
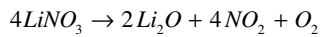
10.3 লিথিয়ামের ব্যতিক্রমী ধর্মসমূহ (Anomalous properties of Lithium)

লিথিয়ামের ব্যতিক্রমী আচরণের কারণগুলো হল —

- (i) লিথিয়াম পরমাণু এবং আয়নের অতি ক্ষুদ্র আকার এবং
- (ii) উচ্চ ধ্রুবায়ন ক্ষমতা (Polarising power) অর্থাৎ (আধান/ব্যাসার্ধ অনুপাত)। এজন্যই লিথিয়ামের যৌগগুলোর সমযোজী চরিত্র বেশি হয় এবং যৌগগুলো জৈবদ্রাবকে দ্রবীভূত হয়। এছাড়াও লিথিয়াম ও ম্যাগনেশিয়ামের মধ্যে কৌণিক / কর্ণ সম্পর্ক বর্তমান যা নিম্নে আলোচনা করা হল।

10.3.1 লিথিয়াম এবং অন্যান্য ক্ষার ধাতুর ধর্মের মধ্যে পার্থক্যের কারণ Points of difference between Lithium and other Alkali Metals

- (i) অন্যান্য ক্ষারধাতুর তুলনায় লিথিয়ামের কাঠিন্য (Harder) অনেক বেশি, এর গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্কেও অন্যান্য ক্ষারধাতুর তুলনায় অনেক বেশি হয়।
- (ii) ক্ষারধাতুগুলোর মধ্যে লিথিয়ামের সক্রিয়তা সবচেয়ে কম কিন্তু বিজারণ ক্ষমতা সবচেয়ে বেশি হয়। বায়ুতে পোড়ালে লিথিয়াম প্রধানত মনোঅক্সাইড (Li_2O) এবং নাইট্রাইড (Li_3N) যৌগ উৎপন্ন করে যা অন্যান্য ক্ষারধাতুগুলোর বায়ুতে দহনের ফলে উৎপন্ন যৌগের অনুরূপ নয়।
- (iii) $LiCl$ উদগ্রাহী (deliquescent) এবং জলীয় দ্রবণ থেকে হাইড্রেট ($LiCl \cdot 2H_2O$) হিসেবে কেলাসিত হয়। অন্যান্য ক্ষারধাতুর ক্লোরাইডগুলো হাইড্রেট গঠন করতে পারে না।
- (iv) অন্যান্য ক্ষারধাতুগুলোর বাই-কার্বনেট লবণ কঠিন পদার্থ হলেও লিথিয়াম বাই কার্বনেট কঠিন অবস্থায় পাওয়া যায় না।
- (v) অন্যান্য ক্ষারধাতুর মতো লিথিয়াম ইথাইন (ethyne) এর সাথে বিক্রিয়ার ইথাইনাইড (ethynide) গঠন করতে পারে না।
- (vi) লিথিয়াম নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করলে লিথিয়াম অক্সাইড (Li_2O) উৎপন্ন হয় কিন্তু অন্যান্য ক্ষারধাতুর নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করলে লবণগুলো বিয়োজিত হয়ে অনুযোজী (corresponding) নাইট্রাইট যৌগ উৎপন্ন করে।



- (vii) ক্ষারধাতুগুলোর অনুরূপ (corresponding) যৌগগুলোর তুলনায় LiF এবং Li_2O জলে কম দ্রবীভূত হয়।

10.3.2 লিথিয়াম ও ম্যাগনেশিয়ামের ধর্মের সাদৃশ্য (Point of similarities between Lithium and Magnesium)

লিথিয়াম ও ম্যাগনেশিয়ামের ধর্মের মধ্যে সাদৃশ্যের প্রধান কারণ হল এদের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ এবং আয়নীয় ব্যাসার্ধ। লিথিয়ামের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (152 pm) ম্যাগনেশিয়ামের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (160 pm) এর খুব কাছাকাছি। আবার লিথিয়ামের আয়নীয় ব্যাসার্ধ (76 pm) ম্যাগনেশিয়ামের আয়নীয় ব্যাসার্ধ (72 pm) এর প্রায় সমান। সাদৃশ্যের অন্যান্য গুরুত্বপূর্ণ কারণগুলো হল —

(i) নিজেদের গ্রুপের অন্যান্য মৌলগুলোর তুলনায় লিথিয়াম এবং ম্যাগনেশিয়াম উভয়ই অপেক্ষাকৃত শক্ত (Harder) ও হালকা (Lighter) হয়।

(ii) জলের সঙ্গে লিথিয়াম এবং ম্যাগনেশিয়াম ধীরগতিতে বিক্রিয়া করে। এদের অক্সাইড এবং হাইড্রক্সাইডগুলো জলে স্বল্প পরিমাণে দ্রব্য। উত্তাপ প্রয়োগে এদের হাইড্রক্সাইডগুলো বিয়োজিত (decompose) হয়ে যায়। লিথিয়াম এবং ম্যাগনেশিয়াম উভয়ই নাইট্রোজেনের সঙ্গে সরাসরি বিক্রিয়ায় নাইট্রাইড গঠন করে (Li_3N ও Mg_3N_2)।

(iii) Li_2O এবং MgO অতিরিক্ত অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে সুপার অক্সাইড গঠন করে না।

(iv) লিথিয়াম এবং ম্যাগনেশিয়ামের কার্বনেট যৌগগুলো উত্তাপ প্রয়োগে সহজেই অক্সাইড ও CO_2 গ্যাসে বিয়োজিত হয়। লিথিয়াম এবং ম্যাগনেশিয়াম, কঠিন বাইকার্বনেট যৌগ গঠন করতে পারে না।

(v) $LiCl$ এবং $MgCl_2$ উভয়ই ইথানলে দ্রবীভূত হয়।

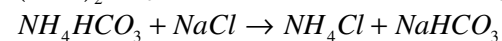
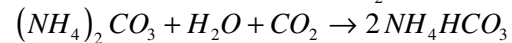
(vi) $LiCl$ এবং $MgCl_2$ উভয়ই উদগ্রাহী (deliquescent) এবং জলীয় দ্রবণ থেকে হাইড্রেট হিসেবে কেলাসিত হয়। উৎপন্ন হাইড্রেটগুলো হলো যথাক্রমে $LiCl \cdot 2H_2O$, এবং $MgCl_2 \cdot 8H_2O$ ।

10.4 সোডিয়ামের গুরুত্বপূর্ণ যৌগসমূহ (Some important compounds of sodium)

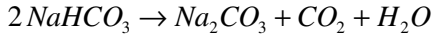
শিল্পক্ষেত্রে গুরুত্বপূর্ণ ব্যবহার আছে, সোডিয়ামের এমন যৌগগুলো হলো সোডিয়াম কার্বনেট, সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড, সোডিয়াম ক্লোরাইড এবং সোডিয়াম বাই-কার্বনেট। এই যৌগগুলোর (Large scale production) অধিক পরিমাণে উৎপাদন করার পদ্ধতি এবং এদের বিভিন্ন ব্যবহার নিম্নে আলোচনা করা হলো :

সোডিয়াম কার্বনেট, (ওয়াশিং সোডা), $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$

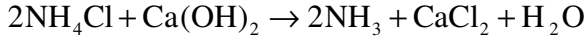
সোডিয়াম কার্বনেট সাধারণত সলভে পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা হয়। এই পদ্ধতিতে জলে সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের স্বল্প দ্রাব্যতাকে কাজে লাগানো হয়েছে। স্বল্প দ্রাবতার কারণেই সোডিয়াম ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়াম বাই কার্বনেটের বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন সোডিয়াম বাই-কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। অ্যামোনিয়া দ্বারা সংপৃক্ত সোডিয়াম ক্লোরাইডের গাঢ় দ্রবণের মধ্যে CO_2 চালনা করে অ্যামোনিয়াম বাই কার্বনেট প্রস্তুত করা হয়। বিক্রিয়ায় প্রথমে অ্যামোনিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয় যা পরবর্তী পর্যায়ে অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেটে পরিণত হয়। সমগ্র প্রক্রিয়াটির রাসায়নিক সমীকরণগুলো নীচে দেখানো হলো:



সোডিয়াম বাই-কার্বনেট এর কেলাস অধঃক্ষিপ্ত হয়ে পৃথক হয় এবং একে উত্তপ্ত করলে সোডিয়াম কার্বনেট পাওয়া যায়।



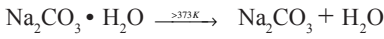
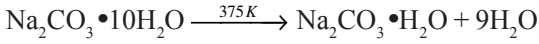
প্রাপ্ত NH_4Cl দ্রবণের সঙ্গে $Ca(OH)_2$ এর বিক্রিয়া ঘটিয়ে এইপদ্ধতিতে NH_3 গ্যাসকে ফিরে পাওয়া যায় এবং সঙ্গে উপজাত পদার্থ হিসেবে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।



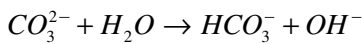
এটা জেনে রাখা প্রয়োজন যে, সলভে পদ্ধতিতে পটাশিয়াম কার্বনেট প্রস্তুত করা যায় না। পটাশিয়াম বাই-কার্বনেট জলে অধিক পরিমাণে দ্রব্য হওয়ায় পটাশিয়াম ক্লোরাইডের সংপৃক্ত দ্রবণে অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেট যোগ করলে বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পটাশিয়াম বাই-কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হতে পারে না।

ধর্ম (properties):

সোডিয়াম কার্বনেট দশ অণু কেলাস জল যুক্ত সাদা বর্ণের একটি কেলাসাকার কঠিন পদার্থ, $(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O)$ এটি 'কাপড় কাচা সোডা' (washing soda) নামেও পরিচিত। এটি জলে সহজে দ্রব্য। উত্তাপ প্রয়োগে এই ডেকাহাইড্রেট থেকে ৯ অণু কেলাস জল বাষ্পীভূত হয়ে এক অণু কেলাসজল যুক্ত মনোহাইড্রেট উৎপন্ন হয়। 373 K তাপমাত্রার উর্ধ্বে উত্তপ্ত করলে মনোহাইড্রেট সম্পূর্ণভাবে কেলাস জলমুক্ত হয় এবং সাদা পাউডারের মতো পদার্থে পরিণত হয় যাকে আমরা সোডা ভস্ম (soda ash) নামে জানি।



সোডিয়াম কার্বনেটের কার্বনেট অংশটি জল দ্বারা আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়ে ক্ষারীয় দ্রবণ উৎপন্ন করে।



ব্যবহার: (Uses)

- জলের খরতা দূরীকরণে, জামা-কাপড়ের দাগ উঠাতে বা পরিষ্কার করতে এটি ব্যবহৃত হয়।
- কাচ, সাবান, বোরাক্স এবং কস্টিকসোডা প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।
- কাগজ, রঙ এবং বস্ত্র শিল্পে ব্যবহৃত হয়।
- রসায়নাগারে গুরুত্বপূর্ণ বিকারক হিসেবে গুণগত এবং পরিমাণগত বিশ্লেষণ-এর কাজে ব্যবহৃত হয়।

সোডিয়াম ক্লোরাইড, NaCl

সোডিয়াম ক্লোরাইডের প্রধান উৎস হলো সমুদ্রের জল যাতে ওজন হিসাবে 2.7-2.9% এই লবণটি উপস্থিত থাকে। ভারতবর্ষের মতো গ্রীষ্মপ্রধান দেশে সূর্যরশ্মির সাহায্যে সমুদ্রের জল বাষ্পীভূত করে সাধারণ লবণ প্রস্তুত করা হয়। এইভাবে সূর্যরশ্মির সাহায্যে সমুদ্রের জল বাষ্পীভূত করে ভারতবর্ষে প্রতি বছর প্রায় 50 লক্ষ টন সাধারণ লবণ প্রস্তুত করা হয়। ব্রাইন দ্রবণের কেলাসন প্রক্রিয়ায়

প্রাপ্ত এই অশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে সোডিয়াম সালফেট, ক্যালসিয়াম সালফেট, ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড এবং ম্যাগনেশিয়াম ক্লোরাইড হিসেবে মিশ্রিত থাকে। ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2$) ও ম্যাগনেশিয়াম ক্লোরাইড ($MgCl_2$) উদগ্রাহী (deliquescent) (বায়ু থেকে সহজেই জলীয়বাষ্প শোষণ করতে পারে) বলে অশুদ্ধি হিসেবে গণ্য করা হয়। বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুত করার জন্য প্রথমে এই অশুদ্ধ লবণকে ন্যূনতম পরিমাণ জলে দ্রবীভূত করে ফিল্টার (পরিষ্কার) করা হয় এবং জলে অদ্রবীভূত অশুদ্ধিগুলো পৃথক করা হয়। প্রাপ্ত দ্রবণটিকে এরপর HCl গ্যাস দ্বারা সংপৃক্ত করা হয়। এর ফলে দ্রবণ থেকে বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইডের কেলাস অধঃক্ষিপ্ত হয়ে পৃথক হয়। সোডিয়াম ক্লোরাইড থেকে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেশিয়াম ক্লোরাইডের জলে দ্রব্যতা বেশি হওয়ায় এরা দ্রবণে দ্রবীভূত থাকে।

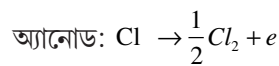
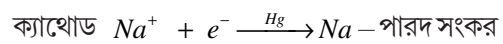
সোডিয়াম ক্লোরাইডের গলনাঙ্ক 1081K। 273K তাপমাত্রায় 100 গ্রাম জলে 36 গ্রাম NaCl দ্রবীভূত হয়। তাপমাত্রায় বৃদ্ধির সঙ্গে এর দ্রব্যতা বিশেষ বৃদ্ধি পায় না।

ব্যবহার

- সাধারণ লবণ (common salt) বা খাদ্য লবণ (table salt) হিসেবে এটি দৈনন্দিন জীবনে ব্যবহৃত হয়।
- Na_2O_2 , NaOH এবং Na_2CO_3 শিল্পোৎপাদনে এটি ব্যবহৃত হয়।

সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড (কস্টিক সোডা), NaOH

কাস্টনার কেলনার কোশে সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণকে তড়িৎবিশ্লেষিত করে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের শিল্পোৎপাদন করা হয়। মার্কারী ক্যাথোড এবং কার্বন অ্যানোডযুক্ত কোশটিতে ব্রাইন দ্রবণকে তড়িৎ বিশ্লেষিত করলে ক্যাথোডে সোডিয়াম ধাতু মুক্ত হয় এবং পারদের সঙ্গে যুক্ত হয়ে সোডিয়াম পারদসংকর (amalgam) গঠন করে। অ্যানোডে উৎপন্ন ক্লোরিন গ্যাসে নির্গত হয়ে যায়।



সোডিয়াম পারদ সংকরের সঙ্গে জলের বিক্রিয়ায় সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়।



সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড অস্বচ্ছ (translucent) এবং সাদা বর্ণের একটি কঠিন পদার্থ। এর গলনাঙ্ক 591K। এটি জলে দ্রবীভূত হয়ে তীব্র ক্ষারকীয় দ্রবণ উৎপন্ন করে। সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের কেলাস উদগ্রাহী প্রকৃতির। উপরিতলের সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ বায়ুমণ্ডলের CO_2 এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় Na_2CO_3 গঠন করে।

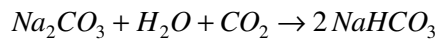
ব্যবহার: (Uses)

(i) সাবান তৈরিতে, কাগজ তৈরিতে, কৃত্রিম সিল্ক তৈরিতে এবং বহু রাসায়নিক পদার্থ তৈরি করতে সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড ব্যবহৃত হয়। (ii) (পেট্রোলিয়াম) খনিজ তেল পরিশোধনে সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড ব্যবহৃত হয়। (iii) বক্সাইটের পরিশোধনেও এটি ব্যবহৃত হয়। (iv) সুতি বস্ত্রকে রেশমি বস্ত্রের ন্যায় চকচকে করতে বস্ত্রশিল্পে ব্যবহৃত হয়। (v) বিশুদ্ধ চর্বি এবং তেল প্রস্তুত করতে এটি ব্যবহার করা হয় এবং (vi) পরীক্ষাগারে বিকারকরূপে এটি ব্যবহৃত হয়।

সোডিয়াম বাই কার্বনেট (বেকিং সোডা), [NaHCO₃]

তাপ প্রয়োগে সোডিয়াম বাই কার্বনেট বিয়োজিত হয়ে বুদ্ধবুদ্ধ আকারে কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস নির্গমন করে বলে একে ‘বেকিং সোডা’ বলা হয়। এজন্যই কেক বা পেস্ট্রী (pastries) সচ্ছিন্ন হয় এবং হালকা হয়ে ফুলে উঠে।

সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণকে কার্বন ডাই অক্সাইড দ্বারা সংপৃক্ত করে সোডিয়াম বাই-কার্বনেট প্রস্তুত করা হয়। সোডিয়াম বাই-কার্বনেট এর সাদা কেলাসকার গুঁড়ো (powder), জলে স্বল্পদ্রব্য বলে অধঃক্ষিপ্ত হয়ে পৃথক হয়।



চর্ম প্রদাহের (skin infection) চিকিৎসায় মৃদু অ্যান্টিসেপটিক (mild antiseptic) হিসেবে সোডিয়াম বাই-কার্বনেট ব্যবহার করা হয়। তাছাড়া অগ্নিনির্বাপক যন্ত্রেও এটি ব্যবহৃত হয়।

10.5 সোডিয়াম এবং পটাশিয়ামের জৈবিক গুরুত্ব (BIOLOGICAL IMPORTANCE OF SODIUM AND POTASSIUM)

70 কি.গ্রা ওজনের একজন প্রাপ্তবয়স্ক মানুষের দেহে 90 গ্রাম Na ও 170 গ্রাম K থাকে কিন্তু আয়রন এবং কপার থাকে যথাক্রমে মাত্র 5 গ্রাম ও 0.06 গ্রাম।

কোশের বাইরে অবস্থিত রক্তরস এবং কোশকে ঘিরে থাকা তরলে Na⁺ অবস্থান করে। এই আয়নগুলো স্নায়ুসংকেত পাঠানোর কাজে, কোশ ঝিল্লির মধ্য দিয়ে জলের প্রবাহ নিয়ন্ত্রণে এবং কোশের মধ্যে শর্করা ও অ্যামিনো অ্যাসিড পাঠানোর কাজে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। রাসায়নিক ধর্মে সোডিয়াম ও পটাশিয়ামের মধ্যে যথেষ্ট মিল থাকলেও পরিমাণগতভাবে এদের কোশ ঝিল্লিকে ভেদ করার ক্ষমতা, জীবদেহে এদের পরিবহণ কৌশল (Mechanism) এবং উৎসেচককে সক্রিয় করার ক্ষমতার মধ্যেই যথেষ্ট পার্থক্য দেখা যায়। K⁺ মূলত কোশরসের (Cell fluid) মধ্যে অবস্থান করে বহু উৎসেচককে সক্রিয় করে, গ্লুকোজকে জারিত করে ATP তে পরিণত করে এবং সোডিয়ামের সঙ্গে মিলিতভাবে স্নায়ুসংকেত পাঠানোর কাজে অংশগ্রহণ করে।

কোশঝিল্লির উভয়পার্শ্বের সোডিয়াম ও পটাশিয়ামের গাঢ়ত্বের মধ্যে যথেষ্ট পার্থক্য লক্ষ্য করা যায়। উদাহরণস্বরূপ রক্তরসে উপস্থিত Na-গাঢ়ত্ব 143 মিলি মোল লি⁻¹ কিন্তু K⁺ এর গাঢ়ত্ব 5 মিলি মোল লি⁻¹। কিন্তু লোহিত কণিকায় এই গাঢ়ত্ব পরিবর্তিত হয়ে সোডিয়াম আয়নের ক্ষেত্রে 10 মিলি মোল লি⁻¹ এবং পটাশিয়াম আয়নের ক্ষেত্রে হয় 105 মিলি মোল লি⁻¹ এই আয়ন নতি (ionic gradients) থেকে কোশ ঝিল্লির মধ্য দিয়ে সোডিয়াম ও পটাশিয়ামের পরিবহণের কৌশল (mechanism) গত পার্থক্য পরিলক্ষিত হয়। এই ক্রিয়া কৌশল ‘সোডিয়াম পাম্প’ নামে পরিচিত। বিশ্রামরত অবস্থায় কোন প্রাণী যতটা ATP ব্যবহার করে তার এক তৃতীয়াংশ এই ‘সোডিয়াম পাম্পের’ কাজে ব্যয়িত হয় এবং বিশ্রামরত কোন মানুষের ক্ষেত্রে এর পরিমাণ প্রতি ঘণ্টায় প্রায় 15 কেজি।

10.6 গ্রুপ II মৌলসমূহ: ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতু সমূহ (Group-2 Elements: Alkaline Earth Metals)

পর্যায় সারণীর গ্রুপ II মৌলগুলো হল বেরিলিয়াম, ম্যাগনেশিয়াম, ক্যালশিয়াম, স্ট্রনশিয়াম, বেরিয়াম ও রেডিয়াম। পর্যায়সারণীতে ক্ষার ধাতুর পরেই এদের অবস্থান। এই মৌলগুলো (ব্যতিক্রম বেরিলিয়াম) ‘ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতু’ নামেও পরিচিত। গ্রুপের প্রথম সদস্য বেরিলিয়ামের ধর্ম, অন্যান্য সদস্যদের থেকে পৃথক হয় এবং অ্যালুমিনিয়ামের সঙ্গে এর বর্শ সম্পর্ক বা কৌণিক সম্পর্ক রয়েছে। ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতু সমূহের কিছু গুরুত্বপূর্ণ পারমাণবিক এবং ভৌত ধর্ম 10.2 সারণিতে দেখানো হল।

10.6.1 ইলেকট্রন বিন্যাস (Electronic configuration)

এই মৌলসমূহের যোজক কক্ষের s কক্ষকে 2টি ইলেকট্রন থাকে (সারণি 10.2)। এদের সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস হল [নোবেল গ্যাস]ns²। এই মৌলসমূহের যৌগের চরিত্র ও ক্ষরধাতুর মতোই আয়নীয় চরিত্রের হয়।

মৌল	চিহ্ন	ইলেকট্রন বিন্যাস
বেরিলিয়াম	Be	1s ² 2s ²
ম্যাগনেশিয়াম	Mg	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ²
ক্যালশিয়াম	Ca	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁴ 4s ²
স্ট্রনশিয়াম	Sr	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶ 5s ²
বেরিয়াম	Ba	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶ 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁶ 6s ² or [Xe]6s ²
রেডিয়াম	Ra	[Rn]7s ²

10.6.2 পারমাণবিক এবং আয়নীয় ব্যাসার্ধ (Atomic and Ionic Radii)

ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুগুলোর পারমাণবিক এবং আয়নীয় ব্যাসার্ধ একই পর্যায়ভুক্ত অনুরূপ ক্ষারধাতু অপেক্ষা কম হয়। ক্ষারীয় মৃত্তিকা

সারণি 10.2 ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতু সমূহের পারমাণবিক এবং ভৌত ধর্মসমূহ

ধর্ম	বেরিলিয়াম Be	ম্যাগনেশিয়াম Mg	ক্যালশিয়াম Ca	স্ট্রনশিয়াম Sr	বেরিয়াম Ba	রেডিয়াম Ra
পরমাণু ক্রমাঙ্ক	4	12	20	38	56	88
পারমাণবিক ভর (গ্রাম-মোল ⁻¹)	9.01	24.31	40.08	87.62	137.33	226.03
ইলেকট্রন বিন্যাস	[He] 2s ²	[Ne] 3s ²	[Ar] 4s ²	[Kr] 5s ²	[Xe] 6s ²	[Rn] 7s ²
প্রথম আয়নন এনথ্যালপি প্রতি কিলো জুল, মোল ⁻¹ (/kJ mol ⁻¹)	899	737	590	549	503	509
দ্বিতীয় আয়নন এনথ্যালপি প্রতি কিলো জুল, মোল ⁻¹ (/kJ mol ⁻¹)	1757	1450	1145	1064	965	979
হাইড্রেশন (জলযোজন) কিলো জুল, এনথ্যালপি (/kJ mol)	- 2494	- 1921	-1577	- 1443	- 1305	-
ধাতব ব্যাসার্ধ (/pm)	111	160	197	215	222	-
আয়নীয় ব্যাসার্ধ (M ²⁺ / pm)	31	72	100	118	135	148
গলনাঙ্ক (K)	1560	924	1124	1062	1002	973
স্ফুনাঙ্ক (K)	2745	1363	1767	1655	2078	(1973)
ঘনত্ব (g cm ⁻³)	1.84	1.74	1.55	2.63	3.59	(5.5)
প্রমাণ বিভব E ⁰ /V, (M ²⁺ / M) সিস্টেমের জন্য	-1.97	-2.36	-2.84	-2.89	- 2.92	-2.92
লিথোস্ফিয়ারে প্রাচুর্যের পরিমাণ	2*	2.76**	4.6**	384*	390 *	10 ^{-6*}

*ppm (part per million); ** percentage by weight

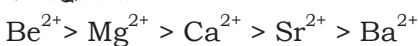
ধাতুগুলোর নিউক্লীয় আধান বেশি বলেই এমনিটা হয়। গ্রুপ II মৌল বা ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুগুলোর পারমাণবিক ও আয়নীয় ব্যাসার্ধ পরমাণুক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে বৃদ্ধি পায়।

10.6.3 আয়নন এনথ্যালপি (Ionization Enthalpies)

পরমাণুর আকার যথেষ্ট বড়ো হওয়ায় ক্ষারীয় মৃত্তিকা মৌলসমূহের আয়নন এনথ্যালপি কম হয়। গ্রুপের নীচ দিকে পারমাণবিক আকার বৃদ্ধির সঙ্গে আয়নন এনথ্যালপি ক্রমশ হ্রাস পায় (সারণি : 10.2)। অনুরূপ ক্ষারধাতু অপেক্ষা ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর প্রথম আয়নন এনথ্যালপি বেশি হয়। অনুরূপ ক্ষারধাতু অপেক্ষা এদের আকার ছোটো হওয়াতেই এরকমটা হয়। তবে মজার ব্যাপার হলো ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর দ্বিতীয় আয়নন এনথ্যালপি অনুরূপ ক্ষারধাতু থেকে কম হয়।

10.6.4 জলযোজন এনথ্যালপি (Hydration Enthalpies)

ক্ষার ধাতুর আয়নগুলোর মতো ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর আয়নগুলোর জলযোজন এনথ্যালপি (Hydration enthalpy) গ্রুপের নীচ দিকে ক্রমশ হ্রাস পায়।



কিন্তু ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুগুলোর জলযোজন এনথ্যালপি অনুরূপ (একই গ্রুপের) ক্ষারধাতুর তুলনায় বেশি হয়। তাই ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর যৌগগুলো অধিক মাত্রায় জলযোজিত যৌগ (Hydrate) গঠন করে। যেমন MgCl₂ এবং CaCl₂ ছয় অণু জলযোজিত অবস্থায় থাকে (MgCl₂·6H₂O এবং CaCl₂·6H₂O কিন্তু NaCl বা KCl এরকম জলযোজিত (hydrates) যৌগ গঠন করতে পারে না।

10.6.5 ভৌত ধর্মসমূহ (Physical Properties)

ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুগুলোর বর্ণ সাধারণত বৃপালী-সাদা হয় এবং এদের দ্যুতি (Lustrous) আছে। তুলনামূলকভাবে নরম প্রকৃতির হলেও ক্ষারধাতু থেকে এদের কাঠিন্য (Harder) বেশি হয়। বেরিলিয়াম এবং ম্যাগনেশিয়ামের বর্ণ ধূসর (greyish) হয়। একই পর্যায়ভুক্ত ক্ষারধাতু থেকে এদের আকার ছোটো হয় বলে এদের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক অনুরূপ (একই পর্যায়ভুক্ত) ক্ষারধাতু থেকে বেশি হয়। গলনাঙ্ক বা স্ফুটনাঙ্কের এই ধারা (trend) কিন্তু নিয়মানুগ (systematic) নয়। এদের আয়নন এনথ্যালপি কম হয় বলে এরা তীব্র তড়িৎধনাত্মক প্রকৃতির হয়।

গ্রুপের নীচ দিকে Be থেকে Ba-এর দিকে অগ্রসর হলে তড়িৎ ধনাত্মক চরিত্র ক্রমশ বৃদ্ধি পায়। ক্যালশিয়াম, স্ট্রনশিয়াম ও বেরিয়ামের চরিত্রগত শিখার (Flame) বর্ণগুলো হলো যথাক্রমে ইটের মতো লাল (Brick red), রক্তিম (crimson) এবং আপেল-সবুজ (apple green) বর্ণের। শিখার উত্তাপে মৌলগুলোর পরমাণু ইলেকট্রন উদ্দীপ্ত হয়ে উচ্চ শক্তিস্তরে পৌঁছায় এবং শক্তি বর্জন করে পুনরায় ভূমিস্তরে ফিরে আসে। এই বর্জিত শক্তি দৃশ্যমান আলোকরশ্মি রূপে নির্গত হয়। বেরিলিয়াম ও ম্যাগনেশিয়ামের ক্ষেত্রে ইলেকট্রনগুলো খুব দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ থাকে বলে শিখার উত্তাপ দ্বারা উদ্দীপ্ত হতে পারে না। তাই এই মৌলগুলোর কোনো চরিত্রগত শিখা থাকে না। গুণগত (qualitative) বিশ্লেষণে শিখা পরীক্ষা (flame test) দ্বারা Ca, Sr ও Ba কে সনাক্ত করা যায় এবং আলোকমিতি (flame photometry) দ্বারা এদের পরিমাণ গণনা করা যায়। ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর তড়িৎ পরিবাহিতা এবং তাপপরিবাহিতা ক্ষারধাতুর মতোই উচ্চ হয়, যা ধাতুর বৈশিষ্ট্য সূচক ধর্ম।

10.6.6 রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties)

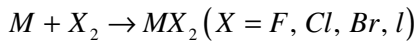
ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুগুলো ক্ষারধাতু থেকে কম সক্রিয় হয়। গ্রুপের নীচ দিকে গেলে ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর সক্রিয়তা ক্রমশ: বৃদ্ধি পায়।

(i) বায়ু এবং জলের প্রতি সক্রিয়তা : (Reactivity towards air and water)

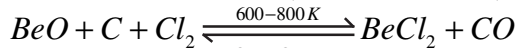
বেরিলিয়াম ও ম্যাগনেশিয়াম এর সাথে বায়ু বা জলের বিক্রিয়ায় ধাতুগুলোর ওপর অক্সাইডের একটি আস্তরণ পড়ে। তাই এদের বায়ু বা জলের প্রতি নিষ্ক্রিয় বলে ধরা হয়। যদিও বেরিলিয়ামের গুঁড়ো বায়ুতে দারুণভাবে জ্বলে এবং BeO ও Be₃N₂ গঠন করে। ম্যাগনেশিয়াম অধিক তড়িৎ ধনাত্মক হওয়ায় বায়ুতে উজ্জ্বল বলকানি (dazzling) সহ জ্বলে এবং MgO ও Mg₃N₂ গঠন করে। ক্যালশিয়াম, স্ট্রনশিয়াম ও বেরিয়াম সহজেই বায়ু দ্বারা আক্রান্ত হয় এবং অক্সাইড ও নাইট্রাইড গঠন করে। এরা জলের সঙ্গেও বিক্রিয়া করে। এমনকি ঠাণ্ডা জলের সঙ্গেও স্বশব্দে দ্রুত বিক্রিয়া করে হাইড্রক্সাইড গঠন করে।

(ii) হ্যালোজেনের প্রতি সক্রিয়তা: (Reactivity towards halogens)

ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুগুলোর সকলেই উচ্চ তাপমাত্রায় হ্যালোজেনের সাথে বিক্রিয়া করে সংশ্লিষ্ট হ্যালাইড গঠন করে।



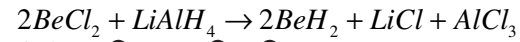
BeF₂ তৈরি করার একটি সেরা উপায় হলো (NH₄)₂BeF₄ এর তাপ বিয়োজন (Thermal decomposition) কিন্তু BeCl₂ সাধারণত বেরিলিয়ামের অক্সাইড থেকে তৈরি করা হয়।



(iii) হাইড্রোজেনের প্রতি সক্রিয়তা: (Reactivity towards hydrogen)

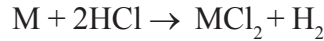
বেরিলিয়াম ছাড়া অন্যান্য ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুগুলো উত্তপ্ত অবস্থায় হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে MH₂ সংকেত বিশিষ্ট হাইড্রাইড গঠন করে। বেরিলিয়াম ক্লোরাইড ও লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম

হাইড্রাইডের (LiAlH₄) বিক্রিয়ায় পরোক্ষভাবে বেরিলিয়াম হাইড্রাইড প্রস্তুত করা যায়।



(iv) অ্যাসিডের প্রতি সক্রিয়তা: (Reactivity towards acids)

ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুগুলো সহজেই অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত করে।

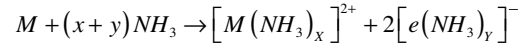


(v) বিজারণ প্রকৃতি: (Reducing nature)

ক্ষারধাতুর মতো ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুগুলোও শক্তিশালী বিজারক পদার্থ। এদের বিজারণ বিভবের মান অধিক ঋণাত্মক হয় বলেই এরকম হয় (সারণি 10.2)। কিন্তু একই পর্যায়ের ক্ষারধাতু থেকে ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুগুলো অপেক্ষাকৃত দুর্বল বিজারক পদার্থ হয়। অন্যান্য ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতু থেকে বেরিলিয়ামের বিজারণ বিভব কম ঋণাত্মক হয়। Be⁺² আয়নের ক্ষুদ্র আকার এবং ধাতব বেরিলিয়ামের পারমাণবিক এনথ্যালপি (atomisation enthalpy) বেশি হওয়ায় বেরিলিয়ামের জলযোজন শক্তি (hydration energy) বেশি হয় বলেই বেরিলিয়াম বিজারণ ধর্ম প্রদর্শন করতে পারে।

(vi) তরল অ্যামোনিয়াম দ্রবণ: (Solutions in liquid ammonia)

ক্ষারধাতুর মতো ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুগুলোও তরল অ্যামোনিয়াতে দ্রবীভূত হয়ে গাঢ় কালচে নীল (blue black) বর্ণের দ্রবণ উৎপন্ন করে। এই দ্রবণে অ্যামোনিয়টেড আয়ন উপস্থিত থাকে।



এই দ্রবণ থেকে অ্যামোনিয়টেড আয়নগুলোকে [M(NH₃)₆]²⁺ পুন:বুদ্ধার করা যায়।

10.6.7 ব্যবহার (uses)

সংকর ধাতু তৈরি করতে বেরিলিয়াম ব্যবহার করা হয়। কপার বেরিলিয়াম সংকর ধাতু উচ্চ শক্তি বিশিষ্ট স্প্রিং তৈরির কাজে ব্যবহৃত হয়। ধাতব বেরিলিয়াম X রশ্মি নলের উইন্ডো (Windows) তৈরির জন্য ব্যবহৃত হয়। অ্যালুমিনিয়াম, জিংক, ম্যাঙ্গানিজ ও টিনের সাথে ম্যাগনেশিয়াম সংকর ধাতু তৈরি করতে পারে। ম্যাগনেসিয়াম-অ্যালুমিনিয়াম সংকর ধাতু হালকা হয় বলে বিমান তৈরির কাজে ব্যবহৃত হয়। ম্যাগনেশিয়ামের গুঁড়ো এবং ফিতে (ribbon) বাজি বা পটকাতে ফ্ল্যাশ বাস্বে এবং আগ্নেয়বোমা (incendiary bomb) তৈরিতে ব্যবহৃত হয়। জলে ম্যাগনেশিয়াম হাইড্রক্সাইডের প্রলম্বন (মিষ্ক অব ম্যাগনেশিয়া) অ্যান্টাসিড রূপে চিকিৎসার কাজে ব্যবহৃত হয়। টুথপেস্টের একটি উপাদান হল MgCO₃। যেসব অক্সাইডের কার্বন বিজারণ সম্ভব নয় সেগুলো থেকে ধাতু নিষ্কাশনের জন্য ক্যালশিয়াম ব্যবহৃত হয়। ক্যালশিয়াম ও বেরিয়াম উচ্চ তাপমাত্রায় অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে বলে ভ্যাকুয়াম টিউবের বায়ু অপসারণের কাজে ব্যবহার করা হয়। রেডিয়াম লবণগুলো দূরারোগ্য ক্যান্সারের চিকিৎসার জন্য প্রয়োজনীয় রেডিওথ্যেরাপিতে ব্যবহার করা হয়।

10.7 ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর যৌগসমূহের সাধারণ বৈশিষ্ট্য (General characteristics of the compounds of alkaline earth metals)

+2 জারণ অবস্থা M^{2+} স্থায়ী জারণ অবস্থা হয় বলে গ্রুপ II মৌলগুলোর প্রধান যোজ্যতা হয় 2। ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুগুলোর যৌগ সমূহ প্রধানত আয়নীয়, কিন্তু যৌগুলোর আয়নীয় চরিত্র অননুপ ক্ষার ধাতুর যৌগ থেকে কম হয়। এর কারণ গ্রুপ II মৌলগুলোর নিউক্লীয় আধান বেশি এবং এরা আকারে ছোটো হয়। Ca, Sr, এবং Ba এর মতো ভারী এবং বড়ো আকারের সদস্যদের তুলনায় বেরিলিয়াম ও ম্যাগনেশিয়াম-এর অক্সাইড ও অন্যান্য যৌগগুলোর সমযোজী চরিত্র বেশি হয়। এদের গুরুত্বপূর্ণ কতগুলো যৌগের সাধারণ বৈশিষ্ট্যসমূহ নিচে আলোচনা করা হলো:

(i) অক্সাইড এবং হাইড্রক্সাইডসমূহ : (Oxides and hydroxides):

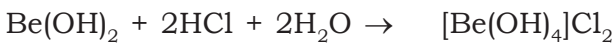
ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুগুলোকে অক্সিজেনের মধ্যে দহন করলে মনোঅক্সাইড (MO) উৎপন্ন হয়। এই মনোঅক্সাইডগুলোর মধ্যে BeO ছাড়া বাকিদের গঠন সৈম্ব বা খনিজ লবণের মতো। BeO প্রধানত সমযোজী চরিত্রের। উচ্চ গঠন এনথ্যালপি/ল্যাটিস এনথ্যালপির (Enthalpy of formation) জন্য এই অক্সাইডগুলোর উচ্চতাপমাত্রাতেও স্থিতিশীল থাকে। BeO উভধর্মী চরিত্রের হলেও অন্যান্য মৌলগুলোর অক্সাইডগুলো আয়নীয় চরিত্রের হয়। BeO ছাড়া গ্রুপের অন্য মৌলগুলোর অক্সাইড ক্ষারীয় চরিত্রের হয় এবং জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় স্বল্পদ্রব্য হাইড্রক্সাইড গঠন করে।



$Mg(OH)_2$ থেকে $Ba(OH)_2$ পর্যন্ত পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সঙ্গে হাইড্রোক্সাইডগুলোর দ্রাব্যতা, তাপীয় স্থায়িত্ব এবং ক্ষারীয় চরিত্র ক্রমশঃ বৃদ্ধি পায়। কিন্তু ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর হাইড্রোক্সাইডগুলোর ক্ষারীয় চরিত্র এবং স্থিতিশীলতা ক্ষারধাতুর হাইড্রক্সাইড থেকে কম হয়। বেরিলিয়াম হাইড্রোক্সাইড উভধর্মী চরিত্রের, কারণ এটি অ্যাসিড ও ক্ষার উভয়ের সাথে বিক্রিয়া করে।

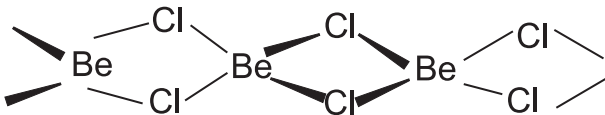


বেরিলেট আয়ন



(ii) হ্যালাইডসমূহ (Halides)

বেরিলিয়াম হ্যালাইড ছাড়া অন্যান্য ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর হ্যালাইডগুলো আয়নীয় চরিত্রের হয়। বেরিলিয়ামের হ্যালাইডগুলো সমযোজী প্রকৃতির এবং জৈবদ্রাবকে দ্রবীভূত হয়। কঠিন অবস্থায় বেরিলিয়াম ক্লোরাইডের গঠন পলিমারীয় শৃঙ্খলযুক্ত হয়।

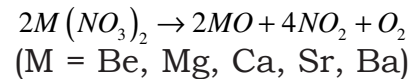


বাস্পীয় অবস্থায় $BeCl_2$ ক্লোরিন সেতুবন্ধনের (chloro-bridged) মাধ্যমে ডাইমার গঠন করে। উচ্চ তাপমাত্রায় (1200K) ডাইমারটি বিভাজিত হয়ে রৈখিক (linear) মনোমার তৈরি করে। গ্রুপের নীচ দিকে জলযোজিত হ্যালাইড (halide hydrates) গঠনের প্রবণতা ক্রমশ হ্রাস পায়। যেমন $MgCl_2 \cdot 8H_2O$, $CaCl_2 \cdot 6H_2O$, $SrCl_2 \cdot 6H_2O$ এবং $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ । Ca, Sr এবং Ba -এর জলযোজিত ক্লোরাইড, ব্রোমাইড ও আয়োডাইডগুলো উত্তাপ প্রয়োগে নিরুদিত হয়। কিন্তু Be এবং Mg এর জলযোজিত হ্যালাইডগুলোকে উত্তপ্ত করলে আর্দ্রবিশ্লেষিত (hydrolysis) হয়। উচ্চ জালক (lattice) শক্তির কারণে এদের ফ্লোরাইড লবণের দ্রাব্যতা ক্লোরাইডলবণ থেকে কম হয়।

(iii) অক্সো অ্যাসিডের লবণসমূহ (Salts of Oxoacids) : ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুগুলোও ক্ষারধাতুর মতো অক্সো অ্যাসিডের লবণ গঠন করে। এদের অক্সোঅ্যাসিডের লবণের গুরুত্বপূর্ণ কয়েকটি উদাহরণ হলো:

কার্বনেট সমূহ (carbonates): ক্ষারীয় মৃত্তিকা মৌলের কার্বনেটগুলো জলে দ্রবীভূত হয় না। তাই এদের কোনো দ্রব্য লবণের দ্রবণে সোডিয়াম বা অ্যামোনিয়াম কার্বনেট দ্রবণ যোগ করলে ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। ধাতব আয়নগুলোর পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সঙ্গে এদের কার্বনেট লবণগুলোর জলে দ্রাব্যতা ক্রমশঃ হ্রাস পায়। এইসকল কার্বনেটগুলো উত্তপ্ত করলে ধাতব অক্সাইড ও কার্বন-ডাই-অক্সাইডে বিয়োজিত হয়। বেরিলিয়াম কার্বনেট অস্থায়ী প্রকৃতির হওয়ায় একে CO_2 পরিমণ্ডলে সংরক্ষণ করা হয়। কার্বনেটগুলোর তাপীয় স্থায়িত্ব ক্যাটায়নের আকার বৃদ্ধির সঙ্গে বৃদ্ধি পায়।

সালফেট সমূহ (Sulphates) : ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর সালফেট লবণগুলো সাদা বর্ণের কঠিন পদার্থ এবং তাপপ্রয়োগে সহজে বিয়োজিত হয় না। $BeSO_4$ ও $MgSO_4$ জলে অধিক দ্রব্য। গ্রুপের নীচ দিকে $CaSO_4$ থেকে $BaSO_4$ পর্যন্ত (জলে দ্রাব্যতা) ক্রমশঃ হ্রাস পায়। Be^{+2} এবং Mg^{+2} আয়নের জলযোজন এনথ্যালপি (hydration enthalpy) আয়নগুলোর জালক এনথ্যালপির থেকে বেশি হয় বলে এরা সহজেই জলে দ্রবীভূত হয়। **নাইট্রেট সমূহ (Nitrates):** লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে কার্বনেট লবণ দ্রবীভূত করে ধাতুর নাইট্রেট লবণ তৈরি করা হয়। ছয় অণু জল সহ সোদক ম্যাগনেশিয়াম নাইট্রেট কেলাসিত হয়, কিন্তু বেরিয়াম নাইট্রেট অনার্দ্র লবণরূপে কেলাসিত হয়। এই ঘটনা থেকে আবারো বোঝা গেল যে আকার বৃদ্ধি এবং জলযোজন (hydration) এনথ্যালপি হ্রাসের সঙ্গে জলযোজিত যৌগ গঠন করার প্রবণতা হ্রাস পায়। লিথিয়াম নাইট্রেটের মতো এই শ্রেণির সমস্ত মৌলের নাইট্রেট লবণগুলোও উত্তাপ প্রয়োগে বিয়োজিত হয় এবং অক্সাইড গঠন করে।



সমস্যা 10.4

ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুগুলোর হাইড্রক্সাইড-এর জলে দ্রাব্যতা গ্রুপের ওপর থেকে নীচে ক্রমশ: বৃদ্ধি পায় কেন?

সমাধান :

ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর হাইড্রক্সাইডগুলোতে অ্যানায়নটি একই থাকে বলে এদের জালক এনথ্যালপি ক্যাটায়নের বাসার্ধ দ্বারা প্রভাবিত হয়। আয়নের আকার বৃদ্ধি পেলে জালক এনথ্যালপির মান জলযোজন এনথ্যালপি থেকে বেশি পরিমাণে হ্রাস পায়। তাই গ্রুপের ওপর থেকে নীচ দিকে হাইড্রক্সাইডগুলোর দ্রাব্যতা ক্রমশ: বৃদ্ধি পায়।

সমস্যা 10.5

ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুগুলোর কার্বনেট এবং সালফেটের জলে দ্রাব্যতা গ্রুপের ওপর থেকে নীচে ক্রমশ হ্রাস পায় কেন?

সমাধান :

ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর কার্বনেট এবং সালফেট লবণে উপস্থিত অ্যানায়নগুলোর আকার ধাতব ক্যাটায়ন থেকে বড়ো হয় বলে গ্রুপের ওপর থেকে নীচে ক্যাটায়নের আকার বৃদ্ধির সঙ্গে জালক এনথ্যালপি প্রায় অপরিবর্তিত থাকে, কিন্তু জলযোজন এনথ্যালপি ক্রমশ হ্রাস পায়, একারণেই কার্বনেট এবং সালফেট লবণগুলোর জলে দ্রাব্যতা গ্রুপের ওপর থেকে নীচে ক্রমশ হ্রাস পায়।

10.8 বেরিলিয়ামের অস্বাভাবিক আচরণ (Anomalous behaviour of Beryllium)

গ্রুপ-II পরিবারের প্রথম সদস্য বেরিলিয়ামের আচরণ ম্যাগনেশিয়াম এবং গ্রুপের বাকি সদস্যদের থেকে ভিন্ন হয়। তাছাড়াও বেরিলিয়াম ও অ্যালুমিনিয়াম এর মধ্যে কর্ণ বা কৌণিক সম্পর্ক বিদ্যমান। এ সম্পর্কে পরবর্তী সময়ে আলোচনা করা হবে।

(i) গ্রুপের অন্যান্য সদস্যদের তুলনায় বেরিলিয়ামের পারমাণবিক আকার এবং আয়নীয় আকার ব্যতিক্রমীভাবে ছোটো হয়। উচ্চ আয়নন এনথ্যালপি এবং ক্ষুদ্র আকারের জন্য বেরিলিয়ামের সৃষ্ট যৌগগুলো সমযোজী প্রকৃতির হয় এবং সহজেই আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়।

(ii) বেরিলিয়াম 4-এর বেশি সর্বাণীয় সংখ্যা বা কো-অর্ডিনেশন সংখ্যা প্রদর্শন করে না, কারণ এর যোজ্যতা কক্ষে 4টি কক্ষক (orbitals) থাকে। গ্রুপের অন্যান্য সদস্যের ক্ষেত্রে সর্বাণীয় সংখ্যা বা কো-অর্ডিনেশন সংখ্যা 6 হতে পারে কারণ এরা d কক্ষক (orbital) ব্যবহার করতে পারে।

(iii) বেরিলিয়াম অক্সাইড এবং হাইড্রক্সাইড উভধর্মী হয়, কিন্তু

গ্রুপের অন্য সদস্যদের হাইড্রক্সাইড উভধর্মী হয় না ভিন্নধর্মী হয়।

10.8.1 বেরিলিয়াম এবং অ্যালুমিনিয়ামের মধ্যে কর্ণ সম্পর্ক/কৌণিক সম্পর্ক (Diagonal Relationship between Beryllium and Aluminium)

Be²⁺ আয়নের আয়নীয় ব্যাসার্ধ আণুমানিক 31pm এবং আধান ব্যাসার্ধ অনুপাত Al³⁺ আয়নের প্রায় সমান। তাই বেরিলিয়াম ও অ্যালুমিনিয়ামের ধর্মের মধ্যে বেশ কিছু সাদৃশ্য পরিলক্ষিত হয়। এরূপ কিছু সাদৃশ্য হলো:

(i) অ্যালুমিনিয়ামের মতো বেরিলিয়ামও অ্যাসিড দ্বারা আক্রান্ত হয় না কারণ ধাতুগুলোর পৃষ্ঠতলে ধাতব অক্সাইডের পাতলা আস্তরণ গঠিত হয়।

(ii) অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড যেমন অতিরিক্ত ক্ষারে দ্রবীভূত হয়ে হাইড্রক্সো অ্যালুমিনেট আয়ন [Al(OH)₄]⁻ গঠন করে, তেমনি বেরিলিয়াম হাইড্রক্সাইড অতিরিক্ত ক্ষারে দ্রবীভূত হয়ে হাইড্রক্সো বেরিলেট আয়ন [Be(OH)₄]²⁻ গঠন করে।

(iii) বাষ্পীয় অবস্থায় অ্যালুমিনিয়াম ও বেরিলিয়াম এর ক্লোরাইড যৌগ দুটি Cl⁻ সেতুবন্ধনযুক্ত পলিমারীয় গঠনাকৃতি বিশিষ্ট। যৌগ দুটি জৈবদ্রাবকে দ্রবীভূত হয় এবং শক্তিশালী লুইস অ্যাসিডরূপে কাজ করে। ফ্রিডেল ক্র্যাফট অনুঘটক (Friedel Craft catalysts) রূপে এদের ব্যবহার করা হয়।

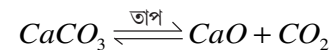
(iv) বেরিলিয়াম এবং অ্যালুমিনিয়াম আয়ন দুটির জটিল আয়ন (BeF₄²⁻, AlF₆³⁻) তৈরি করার তীব্র প্রবণতা আছে।

10.9 ক্যালশিয়ামের কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ যৌগ: (Some important Compounds of Calcium)

ক্যালশিয়ামের কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ যৌগ হলো ক্যালশিয়াম অক্সাইড, ক্যালশিয়াম হাইড্রক্সাইড, ক্যালশিয়াম সালফেট, ক্যালশিয়াম কার্বনেট এবং সিমেন্ট। শিল্পক্ষেত্রে এদের গুরুত্ব অপরিসীম। বৃহৎ পরিসরে (large scale) এই যৌগগুলোর উপাদান এবং এদের ব্যবহার নীচে আলোচনা করা হলো:

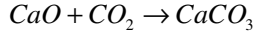
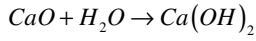
ক্যালশিয়াম অক্সাইড বা কুইক লাইম বা পোড়া চুন, CaO

1070-1270K তাপমাত্রায় চুনাভাটিতে (rotary kiln) চুনাপাথর বা মার্বেলকে উত্তপ্ত করে ক্যালশিয়াম অক্সাইড বা পোড়া চুনের শিল্পোৎপাদন করা হয়।

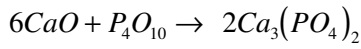
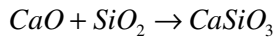


বিক্রিয়াটির সম্পূর্ণতা লাভের জন্য উৎপন্ন CO₂ কে বিক্রিয়া কক্ষ থেকে দ্রুত সরিয়ে নেওয়া হয়।

ক্যালশিয়াম অক্সাইড একটি সাদা অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ। এর গলনাঙ্ক হল 2870K। বায়ুতে খোলা অবস্থায় রাখলে এটি জলীয় বাষ্প এবং কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস শোষণ করে।



শুদ্ধ পোড়া চূনের টুকরোয় পরিমিত পরিমাণে জল মেশালে টুকরোটি ফুলে উঠে এবং অবশেষে ভেঙে গুড়ো হয়ে যায়। এই পদ্ধতিকে চূনের কলিকরণ বলে। সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড দ্রবণ দ্বারা চূনের কলিকরণ ঘটিয়ে কঠিন সোডালাইম প্রস্তুত করা যায়। পোড়াচুন একটি ক্ষারীয় অক্সাইড বলে উচ্চ তাপমাত্রায় আক্সিক অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া সংঘটিত করে।



ব্যবহার (uses):

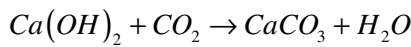
- সিমেন্ট প্রস্তুতির জন্য একটি গুরুত্বপূর্ণ কাঁচামাল হল পোড়াচুন বা কুইক লাইম এবং এটি সবচেয়ে কম দামি ক্ষার।
- কস্টিক সোডা থেকে সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুতির জন্য এটি ব্যবহৃত হয়।
- চিনির বিশুদ্ধিকরণে এটি ব্যবহৃত হয় এবং রঙিন কাপড় (dye stuffs.) তৈরি করতেও এটি ব্যবহৃত হয়।

ক্যালশিয়াম হাইড্রক্সাইড বা কলিচুন, (Ca(OH)₂):

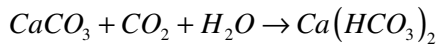
পোড়াচূনের (CaO) ওপর পরিমাণমতো জল ছিটিয়ে কলিচুন প্রস্তুত করা হয়।

কলিচুন হলো একটি সাদা বর্ণের অনিয়তাকার গুঁড়ো পদার্থ। এটি জলে স্বল্প দ্রাব্য। এর জলীয় দ্রবণকে চুনজল (Lime water) বলে এবং জলের মধ্যে কলিচূনের প্রলম্বনকে গোলাচুন বা মিল্ক অব লাইম (milk of lime) বলে।

চুনজলের মধ্য দিয়ে CO₂ গ্যাস পাঠালে ক্যালশিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয় এবং চুনজল ঘোলাটে হয়ে যায়।



অতিরিক্ত CO₂ পাঠালে ক্যালশিয়াম কার্বনেটের অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হয়ে দ্রাব্য ক্যালশিয়াম বাই-কার্বনেট উৎপন্ন করে এবং চুনজল পুনরায় স্বচ্ছ হয়।



গোলাচুন বা মিল্ক অব লাইমের সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় হাইপোক্লোরাইট উৎপন্ন হয়, যা ব্লিচিং পাইডারের একটি গুরুত্বপূর্ণ উপাদান।



ব্লিচিং পাইডার

ব্যবহার (uses):

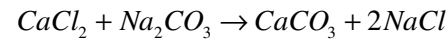
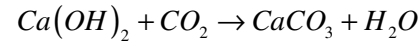
(i) মর্টার (mortar) নামক নির্মাণ সামগ্রী প্রস্তুত করতে এটি ব্যবহৃত হয়।

(ii) জীবাণুনাশক প্রকৃতির জন্য এটি বাড়িঘর চুনকাম (white wash) করতে ব্যবহৃত হয়।

(iii) কাচ প্রস্তুত করতে, চর্ম শিল্পে, ব্লিচিং পাউডার প্রস্তুতিতে এবং চিনির (sugar) বিশুদ্ধিকরণে এটি ব্যবহৃত হয়।

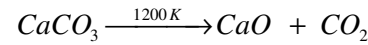
ক্যালশিয়াম কার্বনেট, CaCO₃

চুনাপাথর, খড়মাটি, মার্বেল ইত্যাদি বিভিন্ন রূপে প্রকৃতিতে ক্যালশিয়াম কার্বনেট পাওয়া যায়। চুনজলের মধ্যে পরিমিত CO₂ চালনা করে ক্যালশিয়াম কার্বনেট প্রস্তুত করা যায়। এছাড়া ক্যালশিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট যোগ করলেও ক্যালশিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয়।

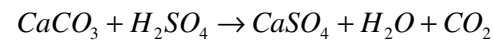
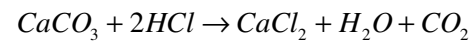


অতিরিক্ত পরিমাণে CO₂ চালনা করা হয় না কারণ তখন দ্রাব্য ক্যালশিয়াম বাই কার্বনেট উৎপন্ন হয়।

ক্যালশিয়াম কার্বনেট একটি সাদা গুঁড়ো। এটি জলে প্রায় অদ্রাব্য। 1200 K তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে এটি বিয়োজিত হয়ে কার্বন-ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।



লঘু অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় এটি কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত করে।



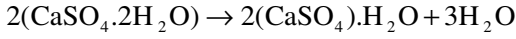
ব্যবহার (uses):

মার্বেল পাথর নামক নির্মাণ সামগ্রী হিসেবে এবং পোড়া চুন বা কুইক লাইম প্রস্তুতিতে এটি ব্যবহৃত হয়। আয়রনের মতো কিছু কিছু ধাতুর নিষ্কাশন পদ্ধতিতে ক্যালশিয়াম কার্বনেট ও ম্যাগনেশিয়াম কার্বনেটের মিশ্রণ বিগলক (flux) হিসেবে ব্যবহৃত হয়। বিশেষভাবে অধঃক্ষিপ্ত CaCO₃ উচ্চমানের কাগজ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। অ্যান্টিসিডরূপে, টুথপেস্টের মৃদু ক্ষয়কারী ঘর্ষক (abrasive) রূপে, চুইংগাম এর উপাদান হিসেবে এবং চামড়ার গর্ত ভরাট করার প্রসাধনী প্রস্তুতিতে ক্যালশিয়াম কার্বনেট ব্যবহৃত হয়।

ক্যালশিয়াম সালফেট (প্লাস্টার অব প্যারিস), (CaSO₄·½H₂O):

প্লাস্টার অব প্যারিস হলো ক্যালশিয়াম সালফেটের একটি হেমিহাইড্রেট, জিপসামকে (CaSO₄·2H₂O,) 393K

তামামাত্রায় উত্তপ্ত করলে প্লাস্টার অব প্যারিস উৎপন্ন হয়।



393 K তাপমাত্রা থেকে বেশি তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে জিপসাম সম্পূর্ণ নিরুদিত হয়ে অনার্দ্র ক্যালশিয়াম সালফেটে পরিণত হয়। একে অতি দৃঢ় প্লাস্টার (dead burnt plaster) বলা হয়। প্লাস্টার অব প্যারিসের একটি বিশেষ ধর্ম হলো এটি জলের সংস্পর্শে জমাট বেঁধে যায়। এটির সাথে পর্যাপ্ত জল যোগ করলে এটি প্রথমে প্লাস্টিকের মত একটি লেই-এ পরিণত হয় এবং 5 থেকে 15 মিনিটের মধ্যে জমাট বেঁধে শক্ত কঠিন পদার্থে পরিণত হয়।

ব্যবহার (uses):

নির্মাণ শিল্পে পলেস্তারার (plaster) কাজে প্লাস্টার অব প্যারিসের বহুল ব্যবহার আছে। ভাঙা হাড় জোড়া লাগানোর জন্য বা মচকানো অঙ্গ নিশ্চল রাখার জন্য যে ব্যাভেজ করা হয় তাতে প্লাস্টার অব প্যারিস ব্যবহৃত হয়। এছাড়া দাঁতের চিকিৎসায়, গহনা প্রস্তুতির কাজের মূর্তির ছাঁচ তৈরিতে এবং ভাস্কর্যের কাজে প্লাস্টার অব প্যারিস ব্যবহৃত হয়।

সিমেন্ট (Cement):

সিমেন্ট হলো গুরুত্বপূর্ণ একটি নির্মাণ সামগ্রী। জোসেফ আসপডিন (Joseph Aspdin) 1824 খ্রিস্টাব্দে ইংল্যান্ডে এ সর্বপ্রথম সিমেন্ট এর প্রবর্তন করেন। ইংল্যান্ডের পোর্টল্যান্ড (Portland) দ্বীপের খাতে প্রকৃতিজাত চূনাপাথরের (limestone) মতো দেখতে অবিকল বলে একে পোর্টল্যান্ড সিমেন্টও বলা হয়।

সিমেন্ট এমন একটি মিশ্র পদার্থ যার প্রধান উপাদান হলো পোড়া চুন (CaO)। এর অন্যান্য উপাদানগুলো হলো সিলিকা (SiO₂) সমৃদ্ধ মাটি এবং অ্যালুমিনিয়াম, আয়রন ও ম্যাগনেশিয়ামের অক্সাইডসমূহ। পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের গড়পড়তা সংযুতি হলো - CaO, 50-60%; SiO₂, 20-25%; Al₂O₃, 5-10%; MgO, 2-3%; Fe₂O₃, 1-2% এবং SO₃, 1-2%। উন্নতমানের সিমেন্টে সিলিকা (SiO₂) ও অ্যালুমিনার (Al₂O₃) অনুপাত 2.5 থেকে 4 এর মধ্যে থাকে এবং পোড়াচুন (CaO) ও সিলিকন, অ্যালুমিনিয়াম, আয়রন এর সমগ্র অক্সাইডগুলোর (SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃) অনুপাত হয় প্রায় 2।

সিমেন্ট প্রস্তুতির জন্য প্রয়োজনীয় কাঁচামাল (raw material) হলো চূনাপাথর এবং মাটি (clay)। মাটি এবং চূনাপাথরকে একসাথে মিশিয়ে তীব্র উত্তপ্ত করলে এরা গলে যায় এবং বিক্রিয়া করে সিমেন্টের ছাই (cement

clinker) তৈরি করে। এই ছাইকে ওজন হিসেবে 2-3% জিপসাসের (CaSO₄·2H₂O) সঙ্গে মেশালে সিমেন্ট তৈরি হয়। তাই পোর্টল্যান্ড সিমেন্টের গুরুত্বপূর্ণ উপাদানগুলো ডাইক্যালশিয়াম সিলিকেট (Ca₂SiO₄) 26%, ট্রাইক্যালশিয়াম সিলিকেট (Ca₃SiO₅) 51% এবং ট্রাই ক্যালশিয়াম অ্যালুমিনেট (Ca₃Al₂O₆) 11%।

সিমেন্টের জমাটবাঁধা (Setting of Cement):

জলের সাথে মেশালে সিমেন্ট জমাট বেঁধে শক্ত হয়ে যায়। সিমেন্টের উপাদান অনুগুলো জলযোজিত হয়ে পুনর্বিদ্যমান হয়ে বলে এরকম হয়। জমাট বাঁধার এই প্রক্রিয়াটির গতিকে মন্ডর করার জন্য জিপসাম মেশানো হয় এবং এর ফলে সিমেন্ট আরও দৃঢ় বা শক্ত হয়।

ব্যবহার (uses):

জাতীয় প্রয়োজনীয়তার নিরিখে যে কোনো রাফের কাছে আয়রন ও ইস্পাতের পরই সিমেন্টের স্থান। সাধারণ ঢালাই (concreat) এবং লোহার খাঁচা ঢালাইয়ের (reinforced concreat) কাজে, পলেস্তারার কাজে এবং সেতু, বাঁধ, ইমারত (building) তৈরি করার জন্য সিমেন্ট ব্যবহার করা হয়।

10.10 ম্যাগনেশিয়াম এবং ক্যালশিয়ামের জৈবিক গুরুত্ব (Biological importance of Magnesium and Calcium)

একজন প্রাপ্তবয়স্ক মানুষের দেহে 25 গ্রাম Mg এবং 1200 গ্রাম Ca থাকে, কিন্তু আয়রন ও কপার থাকে যথাক্রমে মাত্র 5 গ্রাম 0.06 গ্রাম। মানবদেহে এদের প্রাত্যহিক প্রয়োজনীয়তা 200-300 মিলিগ্রাম। যেসব উৎসেচক ফসফেট স্থানান্তরের জন্য ATP ব্যবহার করে তাদের সহউৎপাদক (cofactor) হিসেবে ম্যাগনেশিয়ামের প্রয়োজন হয়। আলোকশেষণ করার জন্য উদ্ভিদ ক্লোরোফিল নামক যে রঞ্জক (pigment) পদার্থ ব্যবহার করে তাতেও ম্যাগনেশিয়াম থাকে। আমাদের দেহের 99% ক্যালশিয়াম হাড় এবং দাঁতে থাকে। নার্ভ থেকে পেশীতে বার্তা প্রেরণের কাজে (neuromuscular function), নার্ভতন্ত্রের মধ্য দিয়ে উদ্ভেজনা সঞ্চারনের কাজ, কোষ প্রাচীরের অখণ্ডতা রক্ষার কাজে (cell membrane integrity) এবং রক্ত জমাট বাঁধার কাজে ক্যালশিয়াম আয়ন গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। রক্তরসে ক্যালশিয়াম আয়নের গাঢ়ত্ব প্রায় 100 মিলি- গ্রাম/লিটার। ক্যালসিটোনিন এবং প্যারাথাইরয়েড এই দুটি হরমোন দ্বারা রক্তরসে Ca⁺² এর গাঢ়ত্ব নিয়ন্ত্রিত হয়। তোমরা কি জানো যে হাড় নিষ্ক্রিয় বা অপরিবর্তনশীল নয়? একজন প্রাপ্ত বয়স্ক মানুষের দেহের হাড় থেকে রক্তরসে প্রতিদিন প্রায় 400 মিলি-গ্রাম ক্যালশিয়াম আয়ন দ্রবীভূত হয় এবং পুনরায় সঞ্চিত হয়। ক্যালশিয়াম আয়নের এই বিনিময় রক্তরসের মাধ্যমে ঘটে থাকে।

সারাংশ / সারসংক্ষেপ (SUMMARY)

পর্যায় সারণির s- ব্লকটি গ্রুপ-I (ক্ষারধাতু) এবং গ্রুপ- II (ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতু) নিয়ে গঠিত। এদের এমন নামাকরণের কারণ, এদের অক্সাইড ও হাইড্রোক্সাইডগুলো ক্ষারীয় প্রকৃতির হয়। ক্ষার ধাতুসমূহের পরমাণুর যোজক কক্ষের s-কক্ষকে 1টি ইলেকট্রন এবং ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর পরমাণু যোজক কক্ষের s-কক্ষকে 2টি ইলেকট্রন থাকে। এরা খুবই সক্রিয় ধাতু এবং যথাক্রমে M⁺ ও M⁺² আয়ন গঠন করে।

পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সঙ্গে ক্ষার ধাতুসমূহের ভৌতধর্ম ও রাসায়নিক ধর্মের নিয়মিত প্রবণতা লক্ষ্য করা যায়। গ্রুপের নীচ দিকে অগ্রসর হলে পারমাণবিক এবং আয়নীয় ব্যাসার্ধ স্বাভাবিক নিয়মে বৃদ্ধি পায়, কিন্তু আয়নন এনথ্যাল্পি হ্রাস পায়। ক্ষারীয় মুক্তিকা ধাতুসমূহের ধর্মের মধ্যেও অনুরূপ প্রবণতা লক্ষ্য করা যায়।

এই দুটি গ্রুপের প্রথম সদস্যের (যেমন গ্রুপ-I এর লিথিয়াম ও গ্রুপ-II-এর বেরিলিয়াম) ধর্মের সঙ্গে এদের পরবর্তী গ্রুপের দ্বিতীয় সদস্যের ধর্মের সাদৃশ্য লক্ষ্য করা যায়। পর্যায় সারণিতে এ ধরনের সাদৃশ্যকে কর্ণ সম্পর্ক বা কৌণিক সম্পর্ক (diagonal relationship) বলা হয়। এ কারণে গ্রুপের প্রথম সদস্যদের ধর্ম অন্যান্য সদস্যের ধর্ম থেকে ব্যতিক্রমী হয়।

ক্ষার ধাতুগুলো রূপালি-সাদা বর্ণের, নরম এবং কম গলনাঙ্ক বিশিষ্ট হয়। প্রাধান্যপূর্ণভাবে এরা খুবই সক্রিয় ধাতু। ক্ষারধাতুসমূহের যৌগগুলো প্রধানত সমযোজী চরিত্রের হয়। এদের অক্সাইড ও হাইড্রোক্সাইডগুলো জলে দ্রবীভূত হয়ে তীব্র ক্ষার উৎপন্ন করে। সোডিয়াম কার্বনেট, সোডিয়াম ক্লোরাইড, সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড এবং সোডিয়াম বাই-কার্বনেট হলো সোডিয়ামের কতগুলো গুরুত্বপূর্ণ যৌগ। সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইডকে কাস্টনার কেলনার পদ্ধতি এবং সোডিয়াম কার্বনেটকে সলভে পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা হয়।

ক্ষারীয় মুক্তিকা ধাতু এবং ক্ষারধাতুর রাসায়নিক চরিত্র প্রায় একইরকম হয়। কিন্তু ক্ষারীয় মুক্তিকা ধাতুর কম আয়নীয় ব্যাসার্ধ এবং অধিক ক্যাটায়নিক আধানের জন্য ক্ষারধাতু থেকে এদের রাসায়নিক চরিত্র কিছুটা ভিন্ন হয়। ক্ষারধাতুর অক্সাইড ও হাইড্রোক্সাইড থেকে এদের অক্সাইড ও হাইড্রোক্সাইডগুলোর কম ক্ষারীয় হয়। শিল্পক্ষেত্রে গুরুত্বপূর্ণ এমন ক্যালশিয়াম যৌগ হলো পোড়াচুন (lime), ক্যালশিয়াম হাইড্রোক্সাইড (কলিচুন), ক্যালশিয়াম সালফেট (প্লাস্টার অব প্যারিস), ক্যালশিয়াম কার্বনেট (চূনাপাথর) এবং সিমেন্ট। পোর্টল্যান্ড সিমেন্ট হলো একটি গুরুত্বপূর্ণ নির্মাণ সামগ্রী। চূনাপাথর ও মাটির মিশ্রণকে চূর্ণ করে পরাবর্ত চুল্লীতে (Rotary kiln) উত্তপ্ত করে সিমেন্ট এর ছাট (clinker) প্রস্তুত করা হয়। এই ছাইকে ওজন হিসাবে 2-3% জিপসামের সঙ্গে মেশালে সিমেন্ট গুঁড়ো তৈরি হয়। এ সমস্ত পদার্থের প্রত্যেকেরই ভিন্ন ভিন্ন ক্ষেত্রে নানারকম প্রয়োগ আছে। একযোজী সোডিয়াম ও পটাশিয়াম আয়ন এবং দ্বিযোজী ম্যাগনেশিয়াম ও ক্যালশিয়াম আয়ন জৈবিক রসে (biological fluid) বেশ ভালো পরিমাণে উপস্থিত থাকে। এইসকল আয়নের মাধ্যমেই আয়ন গাঢ়ত্বের সাম্য (ion balance) রক্ষা এবং নার্ভতন্ত্রর মধ্য দিয়ে উত্তেজনা সঞ্চারনের মতো গুরুত্বপূর্ণ জৈবিক ক্রিয়া (biological function) গুলো সংঘটিত হয়।

অনুশীলন (EXERCISES)

- 10.1 ক্ষার ধাতুগুলোর ভৌত এবং রাসায়নিক বৈশিষ্ট্যের সাদৃশ্যগুলো কী কী?
- 10.2 ক্ষারীয় মুক্তিকা ধাতুগুলোর সাধারণ বৈশিষ্ট্য এবং ধর্মের ক্রমবিন্যাস (gradation) আলোচনা করো।
- 10.3 ক্ষার ধাতুগুলোকে প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না কেন?
- 10.4 Na_2O_2 তে সোডিয়ামের জারণ অবস্থা নির্ণয় করো।
- 10.5 পটাশিয়াম থেকে সোডিয়ামের সক্রিয়তা কম— ব্যাখ্যা করো।
- 10.6 ক্ষারধাতু এবং ক্ষারীয় মুক্তিকা ধাতুর নিম্নলিখিত ধর্মগুলোর মধ্যে তুলনা করো—
(i) আয়নন এনথ্যাল্পি (ii) অক্সাইডের ক্ষারধর্ম এবং (iii) হাইড্রোক্সাইডের দ্রাব্যতা।
- 10.7 লিথিয়াম ও ম্যাগনেশিয়ামের রাসায়নিক চরিত্রের সাদৃশ্যগুলো কী কী?
- 10.8 ক্ষার ধাতু এবং ক্ষারীয় মুক্তিকা ধাতুগুলোকে রাসায়নিক বিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত করা যায় না কেন?
- 10.9 আলোক তড়িৎ কোশে লিথিয়াম ব্যবহার না করে পটাশিয়াম বা সিজিয়াম ব্যবহার করা হয় কেন?
- 10.10 ক্ষারধাতুকে তরল অ্যামোনিয়াতে দ্রবীভূত করলে দ্রবণের বর্ণ পরিবর্তন হয়। বর্ণ পরিবর্তনের কারণ ব্যাখ্যা করো।
- 11.11 শিখা পরীক্ষায় বেরিলিয়াম ও ম্যাগনেশিয়াম রঙিন শিখা প্রদর্শন করে না, কিন্তু অন্যান্য ক্ষারীয় মুক্তিকা ধাতুগুলো রঙিন শিখা প্রদর্শন করে কেন?
- 11.12 সলভে পদ্ধতিতে সংঘটিত গুরুত্বপূর্ণ বিক্রিয়াগুলো আলোচনা করো।
- 11.13 সলভে পদ্ধতিতে পটাশিয়াম কার্বনেট প্রস্তুত করা যায় না কেন?
- 11.14 Li_2CO_3 স্বল্প তাপমাত্রায় বিয়োজিত হলেও Na_2CO_3 এর বিয়োজনে উচ্চ তাপমাত্রার প্রয়োজন হয় কেন?
- 10.15 ক্ষারধাতু এবং ক্ষারীয় মুক্তিকা ধাতু নিম্নলিখিত যৌগগুলোর দ্রাব্যতা এবং তাপীয় স্থায়িত্বের মধ্যে তুলনা করো
a) নাইট্রেট b) কার্বনেট c) সালফেট

- 10.16 সোডিয়াম ক্লোরাইড থেকে কীভাবে নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলো প্রস্তুত করবে—
(i) ধাতব সোডিয়াম (ii) সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড (iii) সোডিয়াম পারঅক্সাইড (iv) সোডিয়াম কার্বনেট?
- 10.17 কী ঘটে সমীকরণসহ লেখো—
(i) ম্যাগনেশিয়ামকে বায়ুতে পোড়ানো হলো
(ii) কুইক লাইম বা পোড়াচুনকে সিলিকা সহ উত্তপ্ত করা হলো।
(iii) কলিচুন এর সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়া সংঘটিত করা হলো।
(iv) ক্যালশিয়াম নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করা হলো।
- 10.18 নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলোর দুটি করে ব্যবহার লিখো—
(i) কস্টিকসোডা
(ii) সোডিয়াম কাবনেট
(iii) পোড়াচুন বা কুইক লাইম
- 10.19 গঠনাকৃতি লিখো—
(i) BeCl_2 (বাষ্পীয় অবস্থায়) এবং
(ii) BeCl_2 (কঠিন অবস্থা)
- 10.20 সোডিয়াম ও পটাশিয়ামের হাইড্রোক্সাইড এবং কার্বনেট লবণগুলো সহজেই জলে দ্রবীভূত হয়, কিন্তু ম্যাগনেশিয়াম ও ক্যালশিয়ামের অনুরূপ লবণগুলো জলে স্বল্প দ্রব্য হয় কেন? ব্যাখ্যা করো।
- 10.21 নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলোর গুরুত্ব আলোচনা করো—
(i) চূনাপাথর (ii) সিমেন্ট (iii) প্লাস্টার অব প্যারিস
- 10.22 লিথিয়ামের লবণগুলো উদগ্রাহী এবং জলযোজিত হতে পারে, কিন্তু অন্যান্য ক্ষার ধাতুর লবণ অনাদ্র প্রকৃতির হয় কেন?
- 10.23 LiF জলে স্বল্পদ্রব্য হলেও LiCl জল এবং অ্যাসিটোন দুটোতেই সহজে দ্রবীভূত হয় কেন?
- 10.24 জৈবিক রসে (biological fluids) উপস্থিত সোডিয়াম, পটাশিয়াম, ম্যাগনেশিয়াম এবং ক্যালশিয়ামের গুরুত্ব বর্ণনা করো।
- 10.25 কী ঘটে সমীকরণ লিখো —
(i) এক টুকরো সোডিয়ামকে জলে ফেলা হলো।
(ii) ধাতব সোডিয়ামকে মুক্ত বায়ুতে উত্তপ্ত করা হলো।
(iii) সোডিয়াম পার অক্সাইডকে জলে দ্রবীভূত করা হলো।
- 10.26 নীচের পর্যবেক্ষণগুলোর ওপর মন্তব্য করো:
(a) জলীয় দ্রবণে ক্ষারধাতুর আয়নগুলোর গতিশীলতা ক্রমটি হলো: $\text{Li}^+ < \text{Na}^+ < \text{K}^+ < \text{Rb}^+ < \text{Cs}^+$
(b) লিথিয়াম হলো একমাত্র ক্ষার ধাতু যা নাইট্রোজেনের সঙ্গে সরাসরি বিক্রিয়ায় নাইট্রাইড যৌগ গঠন করে।
(c) Ca , Sr ও Ba - এর ক্ষেত্রে $\text{M}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{M}(\text{s})$ প্রক্রিয়াটির প্রমাণ বিজারণ বিভব E^\ominus -এর মান প্রায় সমান।
- 10.27 কারণ দর্শাও—
(a) Na_2CO_3 এর জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয় হয় কেন?
(b) গলিত ক্লোরাইড লবণের তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা ক্ষার ধাতুগুলোকে নিষ্কাশন করা হয় কেন?
(c) সোডিয়ামের প্রয়োজনীয়তা পটাশিয়াম থেকে বেশি হয় কেন?
- 10.28 নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলোর মধ্যে সংঘটিত বিক্রিয়ার সমতাবিধান করা সমীকরণগুলো লিখো:
(a) Na_2O_2 এবং জল। (b) KO_2 এবং জল। (c) Na_2O এবং CO_2
- 10.29 নীচের পর্যবেক্ষণগুলোকে কীভাবে ব্যাখ্যা করবে?
(i) BeO স্বল্প দ্রব্য, কিন্তু BeSO_4 জলে সহজেই দ্রবীভূত হয়।
(ii) BaO সহজেই জলে দ্রবীভূত হয়, কিন্তু BaSO_4 জলে দ্রবীভূত হয় না।
(iii) ইথানলে LiI -এর দ্রাব্যতা KI থেকে বেশি হয়।
- 10.30 কোন ক্ষারধাতুটির গলনাঙ্ক সবচেয়ে কম?
(a) (a) Na (b) K (c) Rb (d) Cs
- 10.31 নীচের কোন ক্ষারধাতুটি জলযোজিত (hydrated) লবণ গঠন করে?
(a) Li (b) Na (c) K (d) Cs
- 10.32 ক্ষারীয় মুক্তিকার ধাতুর নিম্নলিখিত কার্বনেট লবণগুলোর মধ্যে কোন্টির তাপীয় স্থায়িত্ব সর্বাধিক?
(a) MgCO_3 (b) CaCO_3 (c) SrCO_3 (d) BaCO_3

P-ব্লক মৌলসমূহ (THE P-BLOCK ELEMENTS)

উদ্দেশ্য Objectives

অধ্যায়টি অধ্যয়নের পর তোমরা জানতে সক্ষম হবে

- P- ব্লক মৌলসমূহের রসায়নের সাধারণ ধারাকে।
- গ্রুপ -13 এবং গ্রুপ -14 মৌলসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের ধারাবাহিকতা সম্পর্কে।
- বোরন এবং কার্বনের অস্বাভাবিক আচরণ সম্বন্ধে।
- কার্বনের বহুরূপতা ধর্ম সম্বন্ধে।
- বোরন, কার্বন এবং সিলিকনের কিছু গুরুত্বপূর্ণ যৌগের রসায়ন সম্বন্ধে।
- গ্রুপ --13 এবং গ্রুপ --14 মৌলসমূহের এবং এদের যৌগসমূহের গুরুত্বপূর্ণ ব্যবহারিক প্রয়োগ সম্বন্ধে।

“p-ব্লক মৌলসমূহের ধর্মের মধ্যে যে পরিবর্তন দেখা যায়, তা এদের অন্তঃ অঞ্চলের (inner core) d এবং f ইলেকট্রনের প্রভাবে হয়— ভারী মৌলগুলোর রসায়নকে যা মজাদার করে তুলেছে।”

p-ব্লক মৌলসমূহের ক্ষেত্রে সর্বশেষ ইলেকট্রনটি সর্ব বহিঃস্থ p- কক্ষকে প্রবেশ করে। যেহেতু p- কক্ষকের কক্ষক সংখ্যা তিনটি, সেহেতু p- কক্ষকের একটি সারিতে সর্বোচ্চ ছয়টি (6) ইলেকট্রন থাকতে পারবে। তাই পর্যায় সারণিতে গ্রুপ-13 থেকে গ্রুপ 18 পর্যন্ত p- ব্লক মৌলসমূহের জন্য ছয়টি গ্রুপ আছে। বোরন, কার্বন, নাইট্রোজেন, অক্সিজেন, ফ্লুরিন এবং হিলিয়াম গ্রুপগুলোর সর্বোচ্চ স্থানে অবস্থান করছে। এদের যোজক কক্ষের সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস হল $ns^2 np^{1-6}$ [ব্যতিক্রম হিলিয়াম (He)]। যদিও এদের অন্তঃ অঞ্চলের ইলেকট্রন বিন্যাসের পার্থক্য রয়েছে। অন্তঃ অঞ্চলের ইলেকট্রন বিন্যাসের এই পার্থক্য এদের ভৌত ধর্মকে যথেষ্ট প্রভাবিত করে (যেমন পারমাণবিক এবং আয়নীয় ব্যসার্ধ, আয়নন বিভব ইত্যাদি) সঙ্গে রাসায়নিক ধর্মকেও। ফলে একটি নির্দিষ্ট গ্রুপের p- ব্লক মৌলসমূহের ধর্মের মধ্যে প্রচুর পার্থক্য দেখা যায়। p- ব্লক মৌলগুলো যে সর্বোচ্চ জারণ অবস্থা প্রদর্শন করে তা এদের মোট যোজক ইলেকট্রন সংখ্যার সমান হয় (যেমন s- এবং p ইলেকট্রন সংখ্যার যোগফল)। স্পষ্টতই সম্ভাব্য জারণ অবস্থা পর্যায় সারণির ডানদিকে ক্রমশঃ বৃদ্ধি পায়। p- ব্লক মৌলগুলো এই গ্রুপভিত্তিক জারণ অবস্থার পাশাপাশি অন্য ধরনের জারণ অবস্থাও প্রদর্শন করতে পারে, যেগুলো অত্যাবশ্যকীয় না হলেও সাধারণত যোজক ইলেকট্রনের মোট সংখ্যা থেকে দুই (2) একক ভিন্ন হয়। p- ব্লক মৌলগুলো যে সকল গুরুত্বপূর্ণ জারণ অবস্থা প্রদর্শন করে তা সারণি 11.1 এ দেখানো হল। বোরন, কার্বন এবং নাইট্রোজেন পরিবারের মৌলগুলোর ক্ষেত্রে, গ্রুপ জারণ অবস্থা গ্রুপের হালকা মৌলগুলোর ক্ষেত্রে স্থায়ী জারণ অবস্থা হয়। যদিও প্রত্যেক গ্রুপের ভারী মৌলগুলোর ক্ষেত্রে স্থায়ী জারণ অবস্থাটি গ্রুপ জারণ অবস্থা থেকে দুই একক কম হয়। গ্রুপ জারণ অবস্থা থেকে এই দুই একক কম জারণ অবস্থার অস্তিত্বের কারণ হল ‘নিষ্ক্রিয় জোড় প্রভাব’।

সারণি : 11.1 p- ব্লক মৌলসমূহের সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস এবং জারণ - স্তর।

গ্রুপ	13	14	15	16	17	18
সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস	ns^2np^1	ns^2np^2	ns^2np^3	ns^2np^4	ns^2np^5	ns^2np^6 (He-এর ক্ষেত্রে $1s^2$)
গ্রুপের প্রথম সদস্য	B	C	N	O	F	He
গ্রুপ জারণ- স্তর	+3	+4	+5	+6	+7	+8
অন্যান্য জারণ-স্তর	+1	+2, -4	+3, -3	+4, +2, -2	+5, +3, +1, -1	+6, +4, +2

গ্রুপ জারণ অবস্থা এবং গ্রুপ জারণ অবস্থা থেকে দুই একক কম জারণ অবস্থার মধ্যে আপেক্ষিক স্থায়িত্ব, এক গ্রুপ থেকে অন্য গ্রুপের ক্ষেত্রে ভিন্ন হতে পারে— যা যথাযোগ্য স্থানে আলোচনা করা হবে।

এটা খুবই মজার ব্যাপার যে, অধাতু এবং ধাতুকল্পগুলো পর্যায় সারণির কেবলমাত্র p ব্লকেই উপস্থিত থাকে। মৌলগুলোর অধাতব চরিত্র গ্রুপের নীচ দিকে ক্রমশঃ হ্রাস পায়। প্রকৃতপক্ষে p- ব্লক মৌলগুলোর প্রত্যেকটি গ্রুপের সবচেয়ে ভারী মৌলটির ধাতব চরিত্র অন্যান্য মৌলগুলো থেকে বেশি হয়। মৌলগুলো কোন্ গ্রুপে অবস্থান করছে তার উপর নির্ভর করে, অধাতব চরিত্র থেকে ধাতব চরিত্রের এই পরিবর্তন মৌলগুলোর রাসায়নিক চরিত্রকে বৈচিত্র্যময় করে তুলেছে।

সাধারণত অধাতুগুলোর আয়নন এনথ্যালপি এবং তড়িৎ ঋণাত্মকতা ধাতুগুলোর থেকে বেশি হয়। তাই ধাতুর সাথে অধাতুর বৈসাদৃশ্য দেখা যায়। ধাতু ধনাত্মক আয়ন (ক্যাটায়ন) উৎপন্ন করলেও, অধাতু ঋণাত্মক আয়ন (অ্যানায়ন) উৎপন্ন করে। অধিক সক্রিয় অধাতু এবং অধিক সক্রিয় ধাতুগুলো যেসমস্ত যৌগ গঠন করে তারা সাধারণত আয়নীয় যৌগ হয়, কেননা এদের তড়িৎ ঋণাত্মকতার মধ্যে বিশাল ফারাক থাকে। অন্যদিকে অধাতুগুলো যখন নিজেদের মধ্যে যৌগ গঠন করে, তখন সেগুলো মূলত সমযোজী প্রকৃতির হয়, কারণ তাদের তড়িৎ ঋণাত্মকতার ব্যবধান খুবই কম হয়। অধাতব চরিত্র থেকে ধাতব চরিত্রের এই পরিবর্তন মৌলগুলোর অক্সাইড-এর চরিত্র থেকে খুব সহজেই ব্যাখ্যা করা যায়। অধাতুগুলোর অক্সাইড আম্লিক বা প্রশম হলেও ধাতুগুলোর অক্সাইড ক্ষারীয় প্রকৃতির হয়।

মূলত দুটি কারণে p- ব্লক মৌলগুলোর প্রতিটি গ্রুপের প্রথম সদস্যটি, গ্রুপের অন্যান্য সদস্যের তুলনায় ভিন্ন প্রকৃতির হয়। প্রথমটি হল এদের আকার এবং অন্যান্য চরিত্র যেগুলো আকারের উপর নির্ভরশীল। এভাবেই সবচেয়ে হালকা p- ব্লক মৌলটি একই ধরনের বৈসাদৃশ্য প্রদর্শন করে, যেমন সবচেয়ে হালকা s- ব্লক মৌল লিথিয়াম এবং বেরিলিয়াম প্রদর্শন করে। বৈসাদৃশ্যের দ্বিতীয় গুরুত্বপূর্ণ কারণটি, যেটি কেবলমাত্র p- ব্লক মৌলগুলোর ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য, সেটির সৃষ্টি হয়েছে ভারী মৌলগুলোর যোজনক্ষেত্রে d কক্ষকের উপস্থিতির কারণে (তৃতীয় পর্যায় থেকে শুরু করে পরবর্তী পর্যায়গুলোতে) এবং এদের দ্বিতীয় পর্যায়ের মৌলগুলোর d- কক্ষক না থাকাতে। বোরন থেকে শুরু করে দ্বিতীয় পর্যায়ের p- ব্লক মৌলগুলোর সমযোজ্যতা 4-এর মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকে ($2s$ এবং তিনটি $2p$ কক্ষক এর ব্যবহারের ফলে)। বিপরীতক্রমে তৃতীয় পর্যায়ের p- ব্লক মৌলগুলোর ইলেকট্রন বিন্যাস $3s^23p^n$, তাদের ক্ষেত্রে $3p$ এবং $4s$ শক্তিস্তরের মধ্যে শূন্য (খালি) $3d$ কক্ষক উপস্থিত থাকে। এই $3d$ কক্ষক ব্যবহার করে তৃতীয় পর্যায়ের মৌলগুলো তাদের সমযোজ্যতাকে 4-এর থেকে বেশি প্রসারিত করতে পারে। যেমন বোরন কেবলমাত্র $[BF_4]^-$ আয়ন গঠন করতে পারে, কিন্তু অ্যালুমিনিয়াম $[AlF_6]^{3-}$ আয়ন গঠন করতে পারে। d- কক্ষকের এই উপস্থিতি ভারী মৌলগুলোর রাসায়নিক চরিত্রকে বিভিন্নভাবে নানাবিধ উপায়ে প্রভাবিত করে। আকার এবং d- কক্ষকের উপস্থিতি এই দুই-এর সম্মিলিত প্রভাব মৌলগুলোর দ্বারা π বন্ধন তৈরি করার সামর্থ্যকে যথেষ্ট প্রভাবিত করে। প্রতিটি গ্রুপের প্রথম সদস্য নিজেদের মধ্যে (যেমন $C=C, C\equiv C, N\equiv N$) বা দ্বিতীয় পর্যায়ের অন্যান্য মৌলের সঙ্গে (যেমন $C=O, C=N, C\equiv N, N=O$)

p-ব্লক মৌলসমূহ

$p\pi-p\pi$ বহু বন্ধন গঠনের প্রবণতা ভারী মৌলগুলোর তুলনায় পৃথক হয়। ভারী p-ব্লক মৌলগুলোর ক্ষেত্রে এ ধরনের π বন্ধন খুব একটা শক্তিশালী হয় না। ভারী মৌলগুলোও π বন্ধন তৈরি করতে পারে, কিন্তু সে ক্ষেত্রে d-কক্ষক অংশগ্রহণ করে ($d\pi-p\pi$ বা $d\pi-d\pi$)। যেহেতু p-কক্ষক থেকে d-কক্ষকের শক্তি বেশি তাই দ্বিতীয় সারির মৌলগুলোর দ্বারা গঠিত অণুর স্থিতিশীলতায় এদের ($d\pi-p\pi$) বন্ধনের অবদান $p\pi-p\pi$ বন্ধনের চেয়ে কম। যৌগগুলোর স্থায়িত্বের উপর এদের অংশীদারিত্ব কম থাকে। যদিও সমজারণ অবস্থায় থাকা প্রথম সদস্যটির তুলনায় ভারী মৌলগুলোর সবর্গীয় সংখ্যা (co-ordination number) বেশি হতে পারে। উদাহরণস্বরূপ +5 জারণ অবস্থায় নাইট্রোজেন (N) এবং ফসফরাস (P) উভয়ই অক্সোঅ্যানায়ন (Oxoanion) তৈরি করে যেমন NO_3^- (N এর একটি p-কক্ষক অংশগ্রহণের মাধ্যমে তিনটি অসমযোজী π বন্ধন গঠন) এবং PO_4^{3-} (s, p এবং d-কক্ষক অংশগ্রহণের মাধ্যমে চারটি অসমযোজী π বন্ধন গঠন)। এই অধ্যয়নে আমরা গ্রুপ - 13 এবং গ্রুপ - 14 মৌলগুলোর রাসায়নিক চরিত্র অধ্যয়ন করব।

11.1 গ্রুপ-13 মৌলসমূহ: বোরন পরিবার (GROUP 13 ELEMENTS: THE BORON FAMILY)

এই গ্রুপের সদস্যদের ধর্মের মধ্যে বিশাল পরিবর্তনশীলতা (variation) দেখা যায়। বোরন একটি অধাতু; অ্যালুমিনিয়াম একটি ধাতু কিন্তু রাসায়নিক চরিত্রে বোরনের সাথে অনেক সাদৃশ্য দেখায় এবং গ্যালিয়াম, ইন্ডিয়াম ও থ্যালিয়াম সম্পূর্ণরূপে ধাতব চরিত্রের।

বোরনের প্রাচুর্য্য খুবই কম। প্রধানত অর্থোবোরিক অ্যাসিড (H_3BO_3), বোরাক্স ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) এবং কারনাইট ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) রূপে প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। ভারতবর্ষে পুগা (Puga) উপত্যকায় (লাদাক) এবং সম্বর হ্রদে (রাজস্থানে) বোরাক্স পাওয়া যায়। ভূত্বকে বোরনের প্রাচুর্য্য ভরের দিক থেকে 0.0001% এরও কম। বোরনের দুটি সমস্থানিক আছে ^{10}B (19%) এবং ^{11}B (81%)। ধাতু হিসেবে অ্যালুমিনিয়ামের প্রাচুর্য্য সবচেয়ে বেশি। ভূত্বকে প্রাচুর্য্যের দিক থেকে এর স্থান (ওজন অনুসারে 8.3%), অক্সিজেন (45.5%) এবং সিলিকন (27.7%) এর পরেই। বস্কাইট, ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), ক্রায়োলাইট, (Na_3AlF_6), হল অ্যালুমিনিয়ামের গুরুত্বপূর্ণ আকরিক। ভারতবর্ষে ‘অত্র’ রূপে মধ্যপ্রদেশ, কর্ণাটক, উড়িষ্যা এবং জম্মুতে এটি পাওয়া যায়। প্রকৃতিতে গ্যালিয়াম, ইন্ডিয়াম এবং থ্যালিয়ামের প্রাচুর্য্য খুবই কম।

এই মৌলগুলোর পারমাণবিক, ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্ম নিয়ে আলোচনা করা হল—

11.1.1 ইলেকট্রন বিন্যাস (Electronic Configuration)

এই মৌলগুলোর সর্ববহিঃস্থ কক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস হল $ns^2 np^1$ । ইলেকট্রন বিন্যাসের দিকে তীক্ষ্ণ নজর রাখলে দেখা যায় বোরন এবং অ্যালুমিনিয়ামের অন্তস্থ অগ্রলের ইলেকট্রন বিন্যাস নোবেল গ্যাসের অনুরূপ হলেও গ্যালিয়াম এবং ইন্ডিয়ামের অন্তস্থ অগ্রলের ইলেকট্রন বিন্যাসে নোবেল গ্যাস-এর ইলেকট্রন বিন্যাসের সাথে 10 টি d ইলেকট্রন এবং থ্যালিয়ামের ক্ষেত্রে নোবেল গ্যাস ইলেকট্রন বিন্যাসের সাথে 14 টি f ইলেকট্রন ও 10 টি d-ইলেকট্রন বর্তমান। তাই এই মৌলগুলোর ইলেকট্রনীয় গঠন প্রথম দুটি গ্রুপের মৌলগুলো (যাদের কথা দশম অধ্যায়ে আলোচনা করা হয়েছে)। তাদের থেকে অনেক জটিল। ইলেকট্রনীয় গঠনের এই পার্থক্য এদের অন্যান্য ধর্মকে এবং এই গ্রুপের মৌলগুলোর রাসায়নিক চরিত্রকেও একই সাথে প্রভাবিত করে।

11.1.2 পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (Atomic Radii)

গ্রুপের নীচের দিকে অগ্রসর হলে প্রতিটি পরবর্তী সদস্যের ক্ষেত্রে একটি করে অতিরিক্ত কক্ষ যোগ হয় এবং তাই পারমাণবিক ব্যাসার্ধ ধরে নেওয়া হয় বৃদ্ধি পাবে। তবে এর বিচ্যুতি লক্ষ করা যায়। গ্যালিয়ামের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ অ্যালুমিনিয়াম থেকে কম। অন্তস্থ অগ্রলের ইলেকট্রন বিন্যাসের পরিবর্তন থেকে এর সম্পর্কে ধারণা পাওয়া যায়। গ্যালিয়ামের ক্ষেত্রে অতিরিক্ত 10 টি d ইলেকট্রনের দুর্বল আকর্ষণ ক্ষমতার জন্য কার্যকরী নিউক্লীয় আধান বৃদ্ধি পায়। তাই গ্যালিয়ামের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (135 pm), অ্যালুমিনিয়াম-এর পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (143 pm) থেকে কম হয়।

11.1.3 আয়নন বিভব/আয়নায়ন এনথ্যালপি (Ionization Enthalpy)

পর্যায় সারণির কোনো শ্রেণির নীচের দিকে অগ্রসর হলে আয়নায়ন এনথ্যালপির মান সাধারণ প্রবণতার মতো আশানুরূপভাবে হ্রাস পায় না। B থেকে Al-এর দিকে এই হ্রাস, আকার বৃদ্ধির সাথে সম্পর্কিত। Al এবং Ga-এর মধ্যকার এবং In ও Tl এর মধ্যকার আয়নায়ন এনথ্যালপির মানের এই ধারা বিচ্যুতির কারণ হল d এবং f ইলেকট্রনের অসমর্থতা যাদের আকর্ষণ প্রভাব খুব দুর্বল হওয়ায় নিউক্লীয় আধানের বৃদ্ধিজনিত প্রভাবকে প্রতিহত করতে পারে না।

প্রত্যাশামতোই আয়নন বিভবগুলোর ক্রমটি হল $\Delta_i H_1 < \Delta_i H_2 < \Delta_i H_3$ । প্রথম তিনটি আয়নন বিভবগুলোর যোগফল প্রত্যেকটি মৌলের ক্ষেত্রেই খুব বেশি। যখন তোমরা এদের রাসায়নিক ধর্ম অধ্যয়ন করবে, এর প্রভাব স্পষ্টতই প্রতীয়মান (apparent) হবে।

11.1.4 তড়িৎ ঋণাত্মকতা (Electronegativity)

গ্রুপের নীচ দিকে গেলে, প্রথমদিকে তড়িৎ ঋণাত্মকতার মান B থেকে Al পর্যন্ত হ্রাস পায় এবং এরপর খুব সামান্য পরিমাণে

ক্রমশ বৃদ্ধি পায় (সারণি 11.2)। এর কারণ হল মৌলগুলোর পারমাণবিক আকারের পার্থক্য।

11.1.5 ভৌত ধর্মাবলি (Physical Properties):

বোরন অধাতব চরিত্রের। এটি খুবই শক্ত এবং কালোবর্ণের কঠিন পদার্থ। বিভিন্ন রূপভেদে এটির অস্তিত্ব আছে। শক্তিশালী কেলাস জালক গঠনের জন্য এর গলনাঙ্ক খুব উচ্চ হয়। বাকি সদস্যরা নিম্ন গলনাঙ্ক বিশিষ্ট নরম প্রকৃতির ধাতু হয় এবং এদের তড়িৎ পরিবাহিতা খুব বেশি হয়। সময়ের সাথে জানা গেছে যে গ্যালিয়ামের গলনাঙ্ক ব্যতিক্রমীভাবে খুব কম (303K) হওয়ায় এটি গ্রীষ্মকালে তরল অবস্থায় থাকতে পারে। এর উচ্চ স্ফুটনাঙ্কের (2676K)- জন্যই এটি উচ্চ তাপমাত্রা পরিমাপের কাজে ব্যবহার করা হয়। গ্রুপের নীচের দিকে বোরন থেকে গ্যালিয়ামের দিকে অগ্রসর হলে মৌলগুলোর ঘনত্ব ক্রমশঃ বৃদ্ধি পায়।

11.1.6 রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties)

জারণ অবস্থা এবং রাসায়নিক সক্রিয়তার প্রবণতা:

ক্ষুদ্র আকারের জন্য বোরনের প্রথম তিনটি আয়নায়ন এনথ্যালপি মানের যোগফল খুব বেশি হয়। এটি বোরনকে +3 আয়ন তৈরি করতে বাধা দান করে এবং শুধুমাত্র সমযোজী যৌগ তৈরি করতে বাধ্য করে। কিন্তু B থেকে Al-এর দিকে অগ্রসর হলে আমরা

দেখতে পাই Al-এর প্রথম তিনটি আয়নীয় এনথ্যালপি মানের যোগফল লক্ষণীয়ভাবে কম হয় এবং এ কারণেই অ্যালুমিনিয়াম Al^{3+} আয়ন তৈরি করতে পারে। প্রকৃতপক্ষে Al একটি উচ্চ তড়িৎ ধনাত্মক ধাতু। গ্রুপের নীচের দিকে গেলে মধ্যবর্তী d এবং f ইলেকট্রনগুলোর দুর্বল আকর্ষণ প্রভাবের জন্য ও কার্যকরী নিউক্লীয় আধানের বৃদ্ধির জন্য ns ইলেকট্রনগুলো দৃঢ় ভাবে আটকে থাকে এবং এদের বন্ধন তৈরিতে অংশগ্রহণ করতে বাধা দেয়। এর ফলে শুধুমাত্র p কক্ষকে উপস্থিত ইলেকট্রনগুলো বন্ধন গঠনে অংশগ্রহণ করে। প্রকৃতপক্ষে Ga, In এবং Tl প্রত্যেকেই +1 এবং +3 জারণ অবস্থায় বর্তমান। +1 জারণ অবস্থার আপেক্ষিক স্থায়িত্ব ভারী মৌলগুলোর ক্ষেত্রে ক্রমশঃ বৃদ্ধি পায়: $Al < Ga < In < Tl$ । থ্যালিয়ামের ক্ষেত্রে +1 জারণ অবস্থা সুস্থিত, যেখানে +3 জারণ অবস্থার জারণ ক্ষমতা অনেক বেশি হয়। +1 জারণ অবস্থার যৌগগুলো শক্তির বিচারে +3 জারণ অবস্থার যৌগগুলো থেকে অধিক পরিমাণে আয়নীয় চরিত্রের হয়।

ত্রিযোজী অবস্থায় এই মৌলসমূহের যৌগগুলোর কেন্দ্রীয় পরমাণুর চারদিকে ছয়টি ইলেকট্রন থাকে (উদাহরণ স্বরূপ BF_3 তে বোরন)। ঘাটতি বিশিষ্ট অণুগুলোর স্থায়ী ইলেকট্রন বিন্যাস কাঠামো প্রাপ্তির জন্য একজোড়া ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতা থাকে।

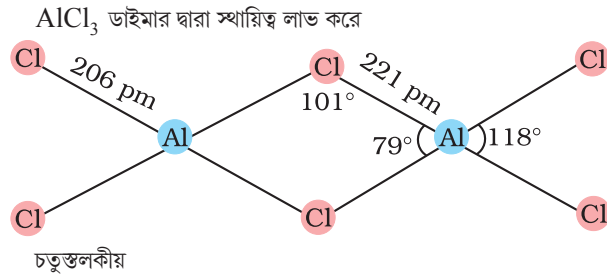
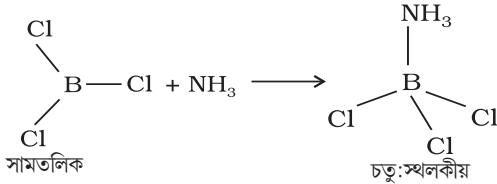
সারণি : 11. গ্রুপ 13 মৌলগুলোর আণবিক এবং ভৌত ধর্মাবলি

ধর্মাবলি	মৌলসমূহ					
	বোরন B	অ্যালুমিনিয়াম Al	গ্যালিয়াম Ga	ইন্ডিয়াম In	থ্যালিয়াম Tl	
পরমাণু ক্রমাঙ্ক	5	13	31	49	81	
পারমাণবিক ভর ($g\ mol^{-1}$)	10.81	26.98	69.72	114.82	204.38	
ইলেকট্রন বিন্যাস	$[He]2s^22p^1$	$[Ne]3s^23p^1$	$[Ar]3d^{10}4s^24p^1$	$[Kr]4d^{10}5s^25p^1$	$[Xe]4f^{14}5d^{10}6s^26p^1$	
পারমাণবিক ব্যাসার্ধ /pm ^a	(88)	143	135	167	170	
আয়নীয় ব্যাসার্ধ M^{3+}/pm^b	(27)	53.5	62.0	80.0	88.5	
আয়নীয় ব্যাসার্ধ M^+/pm	-	-	120	140	150	
আয়নায়ন বিভব ($kJ\ mol^{-1}$)	$\Delta_f H_1$	801	577	579	558	589
	$\Delta_f H_2$	2427	1816	1979	1820	1971
	$\Delta_f H_3$	3659	2744	2962	2704	2877
তড়িৎঋণাত্মকতা ^c	2.0	1.5	1.6	1.7	1.8	
ঘনত্ব/ $g\ cm^{-3}$ 298K তাপমাত্রায়	2.35	2.70	5.90	7.31	11.85	
গলনাঙ্ক/ K	2453	933	303	430	576	
স্ফুটনাঙ্ক/ K	3923	2740	2676	2353	1730	
$E^\ominus / V (M^{3+}/M)$ এর জন্য	-	-1.66	-0.56	-0.34	+1.26	
$E^\ominus / V (M^{+1}/M)$ এর জন্য	-	+0.55	-0.79 (অম্ল) -1.39 (ক্ষারীয়)	-0.18	-0.34	

^aধাতব ব্যাসার্ধ, ^b6 সবগীয়, ^cপাউলিং স্কেল

ফলে এরা লুইস অ্যাসিড রূপে আচরণ করে। গ্রুপের নীচের দিকে অগ্রসর হলে, আকার বৃদ্ধির সাথে লুইস অ্যাসিড রূপে আচরণ করার প্রবণতা হ্রাস পায়। BCl_3 খুব সহজেই অ্যামোনিয়া থেকে একজোড়া ইলেকট্রন গ্রহণ করে $BCl_3 \cdot NH_3$ গঠন করে।

ত্রিযোজী অবস্থায় বেশির ভাগ যৌগগুলোই সমযোজী চরিত্রের জন্য জলের মধ্যে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়। উদাহরণস্বরূপ ট্রাইক্লোরাইডগুলো জলের মধ্যে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে চতুস্তলকীয় $[M(OH)_4]^-$ গঠন করে, যেখানে মৌল M-এর সংকরায়িত অবস্থা হল sp^3 । অম্লীকৃত জলীয় অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড অষ্টতলকীয় $[Al(H_2O)_6]^{3+}$ গঠন করে। এই জটিল যৌগটিতে



অ্যালুমিনিয়ামের d - কক্ষকগুলো অংশগ্রহণ করে এবং Al-এর সংকরায়িত অবস্থা হল sp^3d^2 ।

সমস্যা 11.1

অ্যালুমিনিয়ামের প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব $E^\ominus Al^{3+}/Al$ হল -1.66 V এবং Tl^{3+}/Tl এর হল +1.26 V-। দ্রবণে কোন্ M^{3+} আয়নটি উৎপন্ন হবে বলে তোমার মনে হয়? ধাতু দুটির তড়িৎ ধনাত্মক চরিত্রের তুলনা করো।

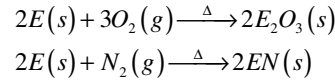
সমাধান :

দুটি অর্ধ কোশ বিক্রিয়ার প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভবের মান থেকে বোঝা যাচ্ছে অ্যালুমিনিয়ামের Al^{3+} আয়ন তৈরির প্রবণতা অনেক বেশি। যেখানে $Tl^{3+} (aq)$ আয়নটি দ্রবণে দুস্থিত এবং একটি শক্তিশালী জারক দ্রব্য।

তাই Tl^{1+} আয়নটি দ্রবণে Tl^{3+} আয়ন থেকে অধিক সুস্থিত হয়। যেহেতু Al সহজেই +3 আয়ন তৈরি করতে পারে, তাই এটি থ্যালিয়াম থেকে অধিক তড়িৎ ধনাত্মক।

(i) বায়ুর প্রতি সক্রিয়তা (Reactivity towards air)

কেলাসিত অবস্থায় বোরনের সক্রিয়তা কম। অ্যালুমিনিয়াম ধাতুর পৃষ্ঠতলে অক্সাইডের একটি পাতলা স্তর গঠিত হওয়ায় ধাতুটি পরবর্তী রাসায়নিক বিক্রিয়া থেকে রক্ষা পায়। অনিয়তাকার বোরন এবং অ্যালুমিনিয়াম ধাতুকে বায়ুর মধ্যে উত্তপ্ত করলে যথাক্রমে B_2O_3 ও Al_2O_3 উৎপন্ন হয়। বায়ুর নাইট্রোজেনের সাথে উচ্চ তাপমাত্রায় এরা নাইট্রাইড যৌগ গঠন করে।



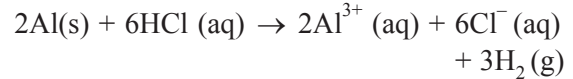
(E= মৌল)

গ্রুপের নীচের দিকে অগ্রসর হলে এই অক্সাইডগুলোর প্রকৃতির পরিবর্তন হয়। বোরন-ট্রাই অক্সাইড আম্লিক চরিত্রের এবং ক্ষারীয় (ধাতব) অক্সাইডের সাথে বিক্রিয়ায় ধাতব বোরোট যৌগ উৎপন্ন করে। অ্যালুমিনিয়াম এবং গ্যালিয়াম অক্সাইড উভধর্মী প্রকৃতির এবং ইন্ডিয়াম ও থ্যালিয়ামের অক্সাইডগুলো ক্ষারীয় প্রকৃতির হয়।

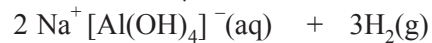
(ii) অম্ল এবং ক্ষারের প্রতি সক্রিয়তা (Reactivity towards acids and alkalis)

বোরন অ্যাসিড বা ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া করে না, এমনকি মাঝারি তাপমাত্রাতেও। কিন্তু অ্যালুমিনিয়াম খনিজ অ্যাসিডে এবং ক্ষারের জলীয় দ্রবণে দ্রবীভূত হয়। তাই এটি উভধর্মী চরিত্রের।

অ্যালুমিনিয়াম লঘু HCl-এ দ্রবীভূত হয় এবং ডাইহাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত করে।



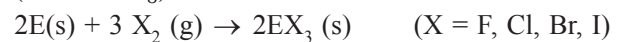
তবে, গাঢ় HNO_3 অ্যালুমিনিয়ামের পৃষ্ঠতলে অক্সাইডের একটি নিরাপদ স্তর গঠনের মাধ্যমে অ্যালুমিনিয়ামকে নিষ্ক্রিয়তা প্রদান করে। অ্যালুমিনিয়াম ক্ষারের জলীয় দ্রবণের সাথেও বিক্রিয়া করে এবং ডাই হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত করে।



সোডিয়াম ট্রেট্রাহাইড্রোক্সো অ্যালুমিনেট (III)

(iii) হ্যালোজেনের প্রতি সক্রিয়তা (Reactivity towards halogens)

এই মৌলগুলো হ্যালোজেনের সাথে বিক্রিয়ায় ট্রাইহ্যালাইড গঠন করে (ব্যতিক্রম TlI₃)।



সমস্যা 11.2

অনার্দ অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের বোতলের চারপাশে সাদা ধোঁয়া দেখা যায়। কারণ দর্শাও :

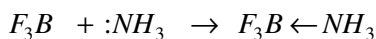
সমাধান :

অনার্দ অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড আংশিকভাবে বায়ুর জলীয়বাষ্পের দ্বারা আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে HCl গ্যাস নির্গত করে। আর্দ্র HCl দেখতে সাদা বর্ণের হয়।

11.2 বোরনের ব্যতিক্রমী ধর্ম এবং গুরুত্বপূর্ণ প্রবণতাসমূহ: (Important trends and Anomalous Properties of Boron)

গ্রুপ-13 মৌলগুলোর রাসায়নিক ধর্মের মধ্যে নির্দিষ্ট কিছু গুরুত্বপূর্ণ প্রবণতা দেখা যায়। গ্রুপের প্রত্যেকটি মৌলের ট্রাইক্লোরাইড, ব্রোমাইড ও আয়োডাইড যৌগগুলো সমযোজী চরিত্রের, তাই এরা জল দ্বারা আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়। বোরন ছাড়া অন্য মৌলগুলোর ট্রেট্রাহেড্রাল $[M(OH)_4]^-$ এবং অক্টাহেড্রাল $[M(H_2O)_6]^{3+}$ আয়নগুলোর জলীয় দ্রবণে অস্তিত্ব আছে।

মনোমেরিক ট্রাইহ্যালাইডগুলোতে যেহেতু ইলেকট্রনের স্বল্পতা থাকে তাই এরা তীব্র লুইস অ্যাসিড। বোরনের অষ্টকপূর্তির জন্য বোরন ট্রাইফ্লুরাইড খুব সহজেই লুইস ক্ষার NH_3 -র সাথে বিক্রিয়া করে।



d কক্ষকের অনুপস্থিতির জন্যই বোরনের সর্বোচ্চ সমযোজ্যতা 4 হয়। যেহেতু অ্যালুমিনিয়াম এবং অন্য মৌলগুলোতে d-কক্ষক উপস্থিত থাকে। তাই এদের সর্বোচ্চ সমযোজ্যতা 4- এর বেশি হতে পারে। অন্যান্য ধাতুর হ্যালাইডগুলোর বেশিরভাগই (e.g. $AlCl_3$) হ্যালোজেন সেতু বন্ধনের (halogen bridging) মাধ্যমে ডাইমার গঠন করে। হ্যালোজেন সেতু বন্ধনযুক্ত এই যৌগ মধ্যস্থ ধাতুগুলো হ্যালোজেন থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করে, এদের অষ্টকপূর্তি ঘটায়।

সমস্যা 11.3

বোরন BF_6^{3-} আয়ন গঠন করতে পারে না — ব্যাখ্যা করো।

সমাধান

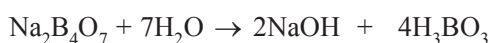
d-কক্ষকের অনুপস্থিতির জন্য বোরন তার অষ্টকের প্রসারণ ঘটাতে পারে না। তাই বোরনের সর্বোচ্চ সমযোজ্যতা 4-এর বেশি হতে পারে না।

11.3 বোরনের কিছু গুরুত্বপূর্ণ যৌগ: (Some important compounds of boron)

বোরনের কিছু গুরুত্বপূর্ণ যৌগ হল বোরাঙ্ক, অর্থোবোরিক অ্যাসিড এবং ডাইবোরেন। এদের রসায়ন আমরা সংক্ষেপে অধ্যয়ন করব।

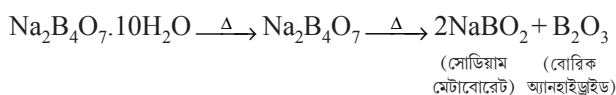
11.3.1 বোরাঙ্ক: (Borax)

এটি বোরনের সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ যৌগ। এটি একটি সাদা বর্ণের কেলাসাকার যৌগ যার সংকেত $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ । প্রকৃতপক্ষে এটির গঠনে ট্রেট্রা-নিউক্লিয়ার একক $[B_4O_5(OH)_4]^{2-}$ উপস্থিত থাকে এবং তাই সঠিক সংকেত হল $Na_2[B_4O_5(OH)_4] \cdot 8H_2O$ । বোরাঙ্ক জলে দ্রবীভূত হয়ে ক্ষারীয় দ্রবণ তৈরি করে।



(অর্থোবোরিক অ্যাসিড)

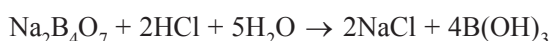
উত্তাপ প্রয়োগে, বোরাঙ্ক প্রথমে জলের অণু ত্যাগ করে এবং ফুলে ওঠে। আরো উত্তপ্ত করলে এটি একটি স্বচ্ছ তরলে পরিণত হয়, যা ঘনীভূত হয়ে কাঁচের মতো বস্তুতে পরিণত হয়, যাকে আমরা বোরাঙ্ক বীড বা সোহাগা গুটি (Borax bead) নামে জানি।



বহু সন্ধিগত (transition) ধাতুর মেটাবোরেটগুলো নির্দিষ্ট বর্ণযুক্ত হয় এবং তাই পরীক্ষাগারে বোরাঙ্ক বীড পরীক্ষা করে আমরা এদের শনাক্ত করতে পারি। উদাহরণস্বরূপ, বোরাঙ্ককে যদি প্ল্যাটিনাম তারের অগ্রভাগে ছোটো কুন্ডলি তৈরি করে তাতে CoO সহ বুনসেন বার্নারের শিখায় উত্তপ্ত করা হয় তবে নীল বর্ণের $Co(BO_2)_2$ এর একটি বীড (গুটি) তৈরি হয়।

11.3.2 অর্থোবোরিক অ্যাসিড : (Orthoboric acid)

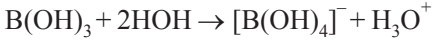
অর্থোবোরিক অ্যাসিড হল সাবানের মতো পিচ্ছিল, সাদা বর্ণের একটি কেলাসাকার কঠিন পদার্থ। এটি জলে স্বল্প দ্রাব্য কিন্তু গরম জলে ভীষণভাবে দ্রাব্য। বোরাঙ্কের জলীয় দ্রবনকে অম্লীকৃত করে একে সহজেই তৈরি করা যায়।



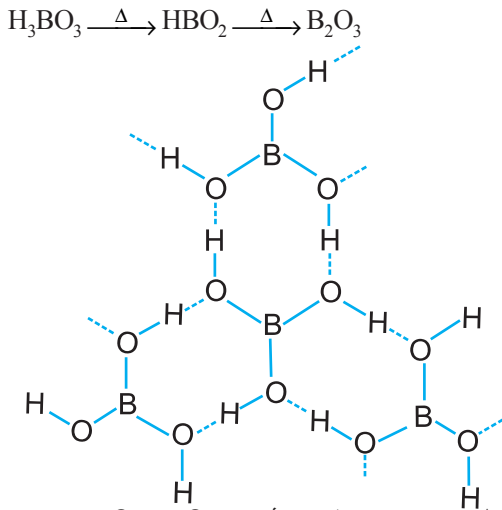
বেশির ভাগ বোরন যৌগ (যেমন, হ্যালাইড, হাইড্রাইড ইত্যাদি) আর্দ্র বিশ্লেষিত (জল বা লঘু অ্যাসিডের সাথে বিক্রিয়ায়) করেও একে তৈরি করা যায়। এর স্তরীভূত গঠনাকৃতিতে সামতলিক BO_3

p-ব্লক মৌলসমূহ

এককগুলো হাইড্রোজেন বন্ধনের মাধ্যমে পরস্পর যুক্ত থাকে যেমনটি চিত্র 11.1-এ দেখানো হয়েছে। বোরিক অ্যাসিড একটি দুর্বল একক্ষারীয় অ্যাসিড। এটি প্রোটনযুক্ত অ্যাসিড নয় বরং হাইড্রোক্সিল আয়ন থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করে লুইস (Lewis) অ্যাসিড রূপে আচরণ করে।



অর্থোবোরিক অ্যাসিডকে 370K তাপমাত্রার উর্ধ্ব উত্তপ্ত করলে মেটাবোরিক অ্যাসিড HBO_2 উৎপন্ন হয়। HBO_2 কে আরো উত্তপ্ত করলে বোরিক অক্সাইড, B_2O_3 অবশেষ পাওয়া যায়।



চিত্র 11.1 বোরিক অ্যাসিডের গঠন; ডটেড রেখাগুলো হাইড্রোজেন বন্ধনকে সূচিত করে।

সমস্যা 11.4

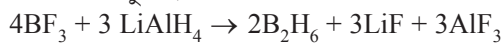
বোরিক অ্যাসিডকে একটি দুর্বল অ্যাসিডরূপে গণ্য করা হয় কেন ?

সমাধান :

এটি নিজে থেকে H^+ আয়ন নির্গত করতে পারে না। অর্ধক পূর্তির জন্য এটি জল থেকে OH^- গ্রহণ করে এবং বিনিময়ে H^+ নির্গত করে।

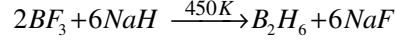
11.3.3 ডাইবোরেন B_2H_6

বোরনের সরলতম হাইড্রাইড যৌগটি হল ডাইবোরেন। ডাই ইথাইল-ইথার মাধ্যমে বোরন ট্রাইফ্লুরাইড এবং LiAlH_4 এর বিক্রিয়ায় এটি প্রস্তুত হয়।

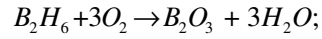


ডাইবোরেন তৈরির একটি প্রচলিত পরীক্ষাগার পদ্ধতি হল, অ্যামোডিন সহযোগে সোডিয়াম বোরো হাইড্রাইডের জারণ।

$2\text{NaBH}_4 + \text{I}_2 \rightarrow \text{B}_2\text{H}_6 + 2\text{NaI} + \text{H}_2$
 BF_3 এবং সোডিয়াম হাইড্রাইডের বিক্রিয়ায় শিল্পক্ষেত্রে ডাইবোরেন প্রস্তুত করা হয়।

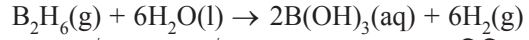


ডাইবোরেন একটি বর্ণহীন, তীব্র বিষাক্ত গ্যাস, যার স্ফুটনাঙ্ক হল 180K. বায়ুর সংস্পর্শে এলে এটি স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলে ওঠে। অক্সিজেনের মধ্যে দহনে এটি প্রচুর শক্তির নির্গমন করে।

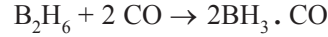
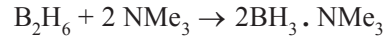


$$\Delta_c H^\circ = -1976 \text{ kJ mol}^{-1}$$

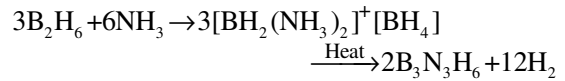
বেশিরভাগ উচ্চতর বোরেনগুলো স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলে ওঠে। বোরেনগুলো জল দ্বারা খুব সহজেই আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে বোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।



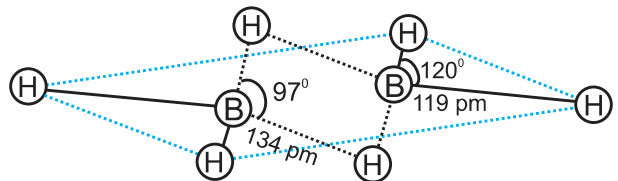
ডাইবোরেন লুইস ক্ষারের (L) সাথে বিক্রিয়ায় প্রথমে বিভাজিত হয় (cleavage reaction) এবং পরে বোরেন যুত যৌগ (adduct) $\text{BH}_3 \cdot \text{L}$ গঠন করে



ডাইবোরেনের সাথে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় প্রথমে (initially) $\text{B}_2\text{H}_6 \cdot 2\text{NH}_3$ পাওয়া যায়, যার সঠিক সংকেত হল $[\text{BH}_2(\text{NH}_3)_2]^+ [\text{BH}_4]^-$ । একে আরো উত্তপ্ত করলে পাওয়া যায় বোরাইন (borazine) ($\text{B}_3\text{N}_3\text{H}_6$) এর বেঞ্জিন সদৃশ বলয়াকার গঠনে BH এবং NH গ্রুপ একের পর এক থাকে বলে এটি অজৈব বেঞ্জিন নামেও পরিচিত।



ডাই বোরেনের গঠনচিত্র 11.2 (a) তে দেখানো হল। চারটি প্রান্তীয় হাইড্রোজেন পরমাণু এবং দুটি বোরন পরমাণু একই সমতলে অবস্থান করছে। এই তলটির ওপর এবং নিচে সেতুবন্ধন-এ আবদ্ধ দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে। চারটি প্রান্তীয় B-H বন্ধনগুলো স্বাভাবিক দ্বিকেন্দ্রীয় দ্বি ইলেকট্রন বন্ধন (two centered two electron) হলেও দুটি সেতু (B-H-B) বন্ধন কিন্তু অন্যরকম এবং এদের ত্রিকেন্দ্রীয় দ্বি ইলেকট্রন (three



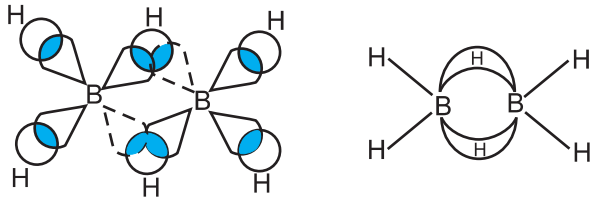
চিত্র 11.2 (a) ডাই বোরেনের (B_2H_6) গঠনাকৃতি

centered two electron) বন্ধন রূপে গণ্য করা যায়। যা চিত্র 11.2 (b) তে দেখানো হয়েছে।

বোরন হাইড্রিডোবোরেটস (hydridoborates)-এর একটি বিস্তীর্ণ সারি গঠন করে, এদের সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণটি হল চতুর্ভুজাকার (tetrahedral) $[\text{BH}_4]^-$ আয়ন। বেশ কিছু ধাতুর হাইড্রিডোবোরেটস এর অস্তিত্ব জানা আছে। লিথিয়াম এবং সোডিয়াম টেট্রাহাইড্রিডোবোরেটস, বোরোহাইড্রাইড নামেও পরিচিত। ধাতব হাইড্রাইডের সাথে ডাই ইথাইল ইথারীয় মাধ্যমে B_2H_6 -এর বিক্রিয়ার দ্বারা বোরোহাইড্রাইড তৈরি করা হয়।



LiBH_4 এবং NaBH_4 উভয়ই জৈব সংশ্লেষণ বিক্রিয়ায়



চিত্র : 1.2 (b) ডাইবোরেনের অভ্যন্তরীণ বন্ধনসমূহ। প্রতিটি B-পরমাণু বন্ধন তৈরির জন্য sp^3 সংকরায়িত কক্ষক ব্যবহার করে। প্রতিটি B-পরমাণুর চারটি sp^3 সংকরায়িত কক্ষকের মধ্যে একটিতে কোন ইলেকট্রন থাকে না, যাকে ভগ্নরেখা (two centre) দ্বারা দেখানো হয়েছে। প্রান্তীয় B-H বন্ধনগুলো স্বাভাবিক দ্বি-ইলেকট্রন (two electron) বন্ধন হলেও দুটি সেতুবন্ধন (bridge bonds) কিন্তু ত্রিকেন্দ্রীয় দ্বি-ইলেকট্রন বন্ধন। ত্রিকেন্দ্রীয় দ্বি-ইলেকট্রন বন্ধনকে ব্যানানা (banana) বন্ধনও বলা হয়।

LiBH_4 এবং NaBH_4 উভয়ই জৈব বিশ্লেষণে বিজারক দ্রব্য রূপে ব্যবহৃত হয়। অন্যান্য ধাতব বোরোহাইড্রাইড প্রস্তুতিতে এরা গুরুত্বপূর্ণ প্রারম্ভিক উপাদান (starting material) হিসাবে বিবেচিত হয়।

11.4 বোরন, অ্যালুমিনিয়াম এবং এদের যৌগসমূহের ব্যবহার: Uses of Boron and Aluminium and their compounds)

বোরন উচ্চ গলনাঙ্ক বিশিষ্ট ভীষণ শক্ত একটি প্রতিসারক কঠিন পদার্থ এবং কম ঘনত্বযুক্ত খুব নিম্ন তড়িৎপরিবাহিতাযুক্ত হওয়াতে এর বিভিন্ন ক্ষেত্রে এর ব্যবহার আছে। বোরনের তন্তুগুলো নিরোধক (bullet proof) জ্যাকেট তৈরিতে এবং উড়োজাহাজের প্রয়োজনীয় (composite) হালকা উপকরণ তৈরিতে ব্যবহৃত হয়। বোরন- $10(^{10}\text{B})$ সমস্থানিকটির উচ্চ নিউট্রন শোষণ ক্ষমতার জন্য ধাতব বোরাইডগুলো নিউক্লিয়ার শিল্পে রক্ষাকারী (protective shields) এবং নিয়ন্ত্রক দণ্ড (control rod) হিসেবে ব্যবহৃত হয়। বোরাক্স ও বোরিক অ্যাসিড শিল্পক্ষেত্রে প্রধানত তাপসহ কাচ (উদাহরণ স্বরূপ পাইরেক্স), কাচতন্তু (Glass wool) এবং তন্তু কাচ (fibre glass) তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

এছাড়াও বোরাক্স ধাতুমিশ্র হিসাবে ধাতু ঝালাই--এর কাজে ব্যবহৃত হয়। মাটির বাসনে তাপ খসাদাগ ও দাগ (stain) নিরোধক উজ্জ্বল আন্তরন দেওয়ার জন্য এবং জীবাণুনাশক সাবানের উপাদান হিসাবে ব্যবহৃত হয়। অর্থোবোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ মৃদু অ্যান্টিবায়োটিক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

অ্যালুমিনিয়াম একটি উজ্জ্বল রূপালি সাদা ধাতু যার প্রসারণ ক্ষমতা (tensile strength) খুব বেশি। এর তাপ ও তড়িৎ পরিবাহিতা খুব উচ্চ। ভার বা ওজনের দিক থেকে বিচার করলে অ্যালুমিনিয়ামের তড়িৎ পরিবাহিতা কপারের দ্বিগুণ। শিল্পক্ষেত্রে এবং দৈনন্দিন জীবনে অ্যালুমিনিয়াম-এর ব্যাপক ব্যবহার আছে। এটি Cu, Mn, Mg, Si এবং Zn-এর সাথে সংকরধাতু তৈরি করে। এই সংকর ধাতুগুলোকে পাইপ, টিউব, রড, তার, প্লেট অথবা কুন্ডলি আকৃতি দেওয়া যায়, তাই মোড়ক তৈরিতে বাসনপত্র তৈরিতে, নির্মাণকার্যে, উড়োজাহাজ এবং পরিবহণ শিল্পে ব্যাপক ব্যবহার আছে। অ্যালুমিনিয়াম এর বিক্রিয়ার জন্য গৃহস্থালি কাজে অ্যালুমিনিয়াম বা এর যৌগগুলোর ব্যবহার আজকাল ভীষণ সীমিত হয়ে পড়ছে।

11.5 গ্রুপ 14 মৌলসমূহ : কার্বন পরিবার : Group 14 Elements : The Carbon Family

গ্রুপ 14 পরিবারের সদস্যগুলো হল কার্বন (C), সিলিকন (Si), জ্যামেনিয়াম (Ge), টিন (Sn) এবং লেড (Pb)। ভূত্বকে প্রাচুর্যের দিক থেকে (ভরের হিসাবে) কার্বনের স্থান সপ্তদশ। একে প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় এবং যৌগরূপে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। মৌল অবস্থায় এটি কয়লা, গ্রাফাইট এবং হীরক রূপে পর্যাপ্ত পরিমাণে পাওয়া যায়। যদিও যৌগরূপে এটি প্রধানত ধাতব কার্বনেট, হাইড্রোকার্বন এবং বায়ুতে কার্বন ডাই অক্সাইড (0.03%) রূপে পাওয়া যায়। পৃথিবীর সমস্ত মৌলগুলোর মধ্যে কার্বনের বহুমুখী (Versatile) চরিত্রই হল শ্রেষ্ঠ একথা প্রত্যয়ের সঙ্গে বলা যায়। অন্যান্য মৌল যেমন- ডাইহাইড্রোজেন, ডাইঅক্সিজেন, ডাইক্লোরিন এবং সালফারের সাথে এর অদ্ভুত (Astonishing) সমন্বয়ের (combination ফলেই জীব কলা (tissue) থেকে ঔষধ এবং প্লাস্টিকের মতো বিস্তীর্ণ পাল্লার নানাবিধ বস্তু (material) সৃষ্টি হয়। জৈব রসায়ন (organic chemistry) কার্বন সমন্বিত যৌগগুলোর প্রতি উৎসর্গীকৃত। এটি হল সমস্ত সজীব বস্তুর একটি অত্যাশ্চর্যকীয় উপাদান। প্রাকৃতিক কার্বনের দুটি সুস্থিত সমস্থানিক আছে, ^{12}C এবং ^{13}C । এগুলোর পাশাপাশি তৃতীয় একটি সমস্থানিক ^{14}C -এর অস্তিত্বও লক্ষ্য করা গেছে। এটি একটি তেজস্ক্রিয় সমস্থানিক যার অর্ধজীবনকাল (half life period) 5770 বছর এবং রেডিও কার্বন ডেটিং (radio carbon dating)-এর কাজে ব্যবহার করা হয়। ভূত্বকে সিলিকনের প্রাচুর্য (ভরের দিক থেকে) দ্বিতীয় (27.7%) এবং প্রকৃতিতে সিলিকা ও সিলিকেট

p-ব্লক মৌলসমূহ

যৌগরূপে অবস্থান করে। সিরামিক (ceramics), কাঁচ (glass) এবং সিমেন্ট (cement) এর গুরুত্বপূর্ণ উপাদান হল সিলিকন। ভূত্বকে জার্মেনিয়ামের প্রাচুর্য্য খুবই বিরল (traces)। টিন (Sn) মূলত ক্যাসিটোরাইট (cassiterite), SiO_2 এবং লেডকে গ্যালেনা (galena), PbS রূপে পাওয়া যায়।

অতিবিশুদ্ধ জার্মেনিয়াম ও সিলিকন ট্রানজিস্টর (transistors) তৈরিতে এবং অর্ধ পরিবাহী তৈরিতে ব্যবহার করা হয়।

সারণি 11.3 তে গ্রুপ 14 মৌলগুলো পারমাণবিক এবং ভৌত ধর্মাবলির পাশাপাশি ইলেকট্রন বিন্যাস দেখানো হল। মৌলগুলোর পারমাণবিক, ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মাবলির কয়েকটি আলোচনা করা হল।

11.5.1 ইলেকট্রন বিন্যাস (Electronic configuration)

এই মৌলগুলোর যোজক কক্ষের সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস হল $ns^2 np^2$ । এই গ্রুপের মৌলসমূহের অন্তঃঅঞ্চলের (inner core) ইলেকট্রন বিন্যাস পৃথক।

11.5.2 সমযোজী ব্যাসার্ধ (Covalent Radius)

C থেকে Si পর্যন্ত অগ্রসর হলে সমযোজী ব্যাসার্ধ যথেষ্ট বৃদ্ধি পায়, এরপর Si থেকে Pb পর্যন্ত সমযোজী ব্যাসার্ধ এর বৃদ্ধির পরিমাণ

খুবই কম হয়। এর কারণ হল ভারী সদস্যগুলোতে পরিপূর্ণ (complete) d এবং f কক্ষকের উপস্থিতি।

11.5.3 আয়নায়ন এনথ্যালপি (Ionization Enthalpy)

গ্রুপ 14 মৌলগুলোর প্রথম আয়নায়ন এনথ্যালপির মান গ্রুপ-13 মৌল থেকে বেশি হয়। এক্ষেত্রে অন্তঃঅঞ্চলের (inner core) ইলেকট্রন বিন্যাস-এর প্রভাব লক্ষণীয়। সার্বিকভাবে আয়নায়ন এনথ্যালপি গ্রুপের নীচ দিকে ক্রমশঃ হ্রাস পায়। Si থেকে Ge হয়ে Sn পর্যন্ত $\Delta_i H$ -এর মানের সামান্য হ্রাস এবং Sn থেকে Pb পর্যন্ত $\Delta_i H$ এর মানের সামান্য বৃদ্ধি ঘটে। মধ্যবর্তী d ও f কক্ষকগুলোর দুর্বল আবরণী প্রভাব এবং মৌলগুলোর ক্রমবর্ধমান আকারের জন্যই এমন হয়।

11.5.4 তড়িৎঋণাত্মক (Electronegativity)

ছোটো আকারের জন্য এই গ্রুপের মৌলগুলোর তড়িৎ ঋণাত্মকতার মান গ্রুপ 13 মৌলগুলো থেকে কিছুটা বেশি হয়। Si থেকে Pb পর্যন্ত মৌলগুলোর তড়িৎ ঋণাত্মকতার মান প্রায় সমান হয়।

11.5.5 ভৌতধর্মাবলি (Physical Properties)

গ্রুপ 14 সদস্যরা প্রত্যেকই কঠিন পদার্থ। কার্বন ও সিলিকন হল অধাতু, জার্মেনিয়াম হল ধাতুকল্প যদিও টিন ও লেড হল নিম্ন গলনাঙ্ক বিশিষ্ট নরম প্রকৃতির ধাতু। গ্রুপ 14 মৌলগুলোর গলনাঙ্ক ও

চিত্র 11.3 গ্রুপ - 14 মৌলগুলোর পারমাণবিক ও ভৌত ধর্মাবলি

ধর্মাবলি	মৌল					
	কার্বন C	সিলিকন Si	জার্মেনিয়াম Ge	টিন Sn	লেড Pb	
পারমাণবিক সংখ্যা	6	14	32	50	82	
পারমাণবিক ভর (g. mol^{-1})	12.01	28.09	72.60	118.71	207.2	
ইলেকট্রন বিন্যাস	$[\text{He}]2s^2 2p^2$	$[\text{Ne}]3s^2 3p^2$	$[\text{Ar}]3d^{10} 4s^2 4p^2$	$[\text{Kr}]4d^{10} 5s^2 5p^2$	$[\text{Xe}]4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^2$	
সমযোজী ব্যাসার্ধ /pm ^a	77	118	122	140	146	
আয়নীয় ব্যাসার্ধ M^{4+} /pm ^b	–	40	53	69	78	
আয়নীয় ব্যাসার্ধ M^{2+} /pm ^b	–	–	73	118	119	
আয়নায়ন বিভব (kJ mol^{-1})	$\Delta_i H_1$	1086	786	761	708	715
	$\Delta_i H_2$	2352	1577	1537	1411	1450
	$\Delta_i H_3$	4620	3228	3300	2942	3081
	$\Delta_i H_4$	6220	4354	4409	3929	4082
তড়িৎঋণাত্মকতা ^c	2.5	1.8	1.8	1.8	1.9	
ঘনত্ব ^d /g cm ⁻³	3.51 ^e	2.34	5.32	7.26 ^f	11.34	
গলনাঙ্ক/ K	4373	1693	1218	505	600	
স্ফুটনাঙ্ক/ K	–	3550	3123	2896	2024	
তড়িৎ-প্রতিরোধ ক্ষমতা / ওহম. সে.মি (293K)	$10^{14}-10^{16}$	50	50	10^{-5}	2×10^{-5}	

^a= m^{iv} জারণ অবস্থা, b=6 সবর্গীয় সংখ্যা, c= পাউলিং স্কেল, d=293K, e= হীরক এবং গ্রাফাইটের ক্ষেত্রে ঘনত্ব হয় 2.22, f= β রূপ (ঘরের তাপমাত্রায় স্থায়ী রূপ)।

স্ফুটনাঙ্ক গ্রুপ 13 মৌলগুলো থেকে অনেকটা বেশি হয়।

11.5.6 রাসায়নিক ধর্মাবলি (Chemical properties):

জারণ অবস্থা এবং রাসায়নিক সক্রিয়তার প্রবণতা (trends) গ্রুপ 14 মৌলগুলোর সর্ববহিঃস্থ কক্ষকে 4টি করে ইলেকট্রন থাকে এই মৌলগুলো সাধারণত +4 এবং +2 জারণ অবস্থা প্রদর্শন করে। কার্বন ঋণাত্মক জারণ অবস্থাও দেখায়। প্রথম চারটি আয়নায়ন এনথ্যালপি মোট পরিমাণ খুব বেশি হওয়ায় +4 জারণ অবস্থার যৌগগুলো সাধারণত সমযোজী চরিত্রের হয়। ভারী মৌলগুলোর ক্ষেত্রে +2 জারণ অবস্থা প্রদর্শনের উৎসাহক হলেও $Ge < Sn < Pb$ এর প্রধান কারণ হল যোজক কক্ষের ns^2 ইলেকট্রনের বন্ধন গঠনে অংশগ্রহণের অক্ষমতা। এই দুটি জারণ স্তরের আপেক্ষিক স্থায়িত্ব গ্রুপের নীচ দিকে ক্রমশ পরিবর্তিত হয়। কার্বন এবং সিলিকন মূলত +4 জারণ অবস্থা প্রদর্শন করে। জার্মেনিয়াম +4 জারণ অবস্থায় স্থায়ী যৌগ গঠন করে এবং +2 জারণ অবস্থায় অল্প সংখ্যক যৌগ গঠন করে। টিন দুটি জারণ অবস্থাতেই যৌগ গঠন করে (টিন +2 জারণ অবস্থায় বিজারক দ্রব্য)। লেড গঠিত যৌগগুলো +2 জারণ অবস্থায় স্থায়ী প্রকৃতির হয় এবং +4 জারণ অবস্থায় শক্তিশালী জারক দ্রব্য হয়। চতুর্থোক্তী অবস্থায় যৌগগুলোর কেন্দ্রীয় পরমাণুর চারপাশে (e.g. CCl_4 যৌগ কার্বনে) 8 টি করে ইলেকট্রন থাকে। যৌগগুলোতে যেহেতু যথার্থ ইলেকট্রন যুক্ত তাই এরা ইলেকট্রন গ্রহিতা বা ইলেকট্রন দাতা রূপে কাজ করতে পারে না। গ্রুপের অন্য মৌলগুলো 4-এর বেশি সমযোজ্যতা প্রদর্শন করতে পারলেও কার্বনের সমযোজ্যতা 4-এর বেশি হতে পারে না। অন্য মৌলগুলোর মধ্যে d-কক্ষের উপস্থিতির জন্যই এ রকম হয়। এ কারণেই এদের হ্যালাইড যৌগগুলো আর্দ্রবিশ্লেষিত হতে পারে এবং ইলেকট্রন সমৃদ্ধ দাতা পরমাণু থেকে ইলেকট্রন জোড় গ্রহণের মাধ্যমে জটিল যৌগ গঠন করার প্রবণতা দেখায়। উদাহরণস্বরূপ SiF_6^{2-} , $[GeCl_6]^{2-}$, $[Sn(OH)_6]^{2-}$ -এর মত বর্গ (species) এর অস্তিত্ব আছে, যেখানে কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকরায়িত অবস্থা sp^3d^2 ।

(i) অক্সিজেনের প্রতি সক্রিয়তা (Reactivity towards oxygen)

গ্রুপের সকল সদস্যকেই অক্সিজেনের মধ্যে উত্তপ্ত করলে এরা অক্সাইড গঠন করে। মূলত দুই ধরনের অক্সাইড এরা গঠন করে।

যেমন মনোঅক্সাইড ও ডাই অক্সাইড যাদের সংকেত যথাক্রমে MO এবং MO_2 । শুধুমাত্র উচ্চতাপমাত্রায় SiO পাওয়া যায়। উচ্চজারণ অবস্থায় মৌলগুলোর অক্সাইডের আণবিক চরিত্র সাধারণ নিম্ন জারণ অবস্থার অক্সাইড থেকে বেশি হয়। CO_2 , SiO_2 এবং GeO_2 ডাই অক্সাইডগুলো আণবিক চরিত্রের হলেও SnO_2 ও PbO_2 কিন্তু উভয়ধর্মী চরিত্রের। মনোঅক্সাইডগুলোর মধ্যে CO হল প্রশম, GeO হল আণবিক কিন্তু SnO ও PbO হল উভয়ধর্মী চরিত্রের।

সমস্যা 11.5

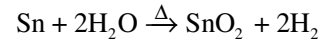
গ্রুপ 14 সদস্যদের থেকে নির্বাচন করো, যে মৌলটি (i) সবচেয়ে বেশি আণবিক চরিত্রের ডাই অক্সাইড তৈরি করে। (ii) সাধারণত +2 জারণ অবস্থায় থাকে। (iii) অর্ধপরিবাহী রূপে কাজ করে।

সমাধান

(i) কার্বন (ii) লেড (iii) সিলিকন এবং জার্মেনিয়াম

(ii) জলের প্রতি সক্রিয়তা (Reactivity towards water)

কার্বন, সিলিকন এবং জার্মেনিয়াম জল দ্বারা প্রভাবিত হয় না। টিন জলীয় বাষ্পকে বিয়োজিত করে ডাইঅক্সাইড ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে।

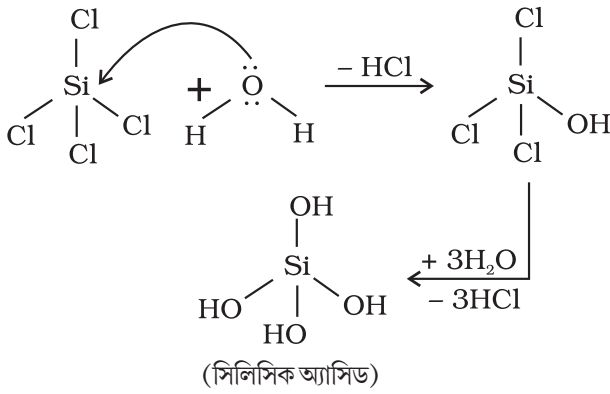


লেড জল দ্বারা প্রভাবিত হয় না, এর কারণ সম্ভবত এটি একটি নিরোধক (Protective) পাতলা আস্তরণ তৈরি করে বলে।

(iii) হ্যালোজেনের প্রতি সক্রিয়তা (Reactivity towards halogen)

এই মৌলগুলো MX_2 এবং MX_4 প্রকৃতির হ্যালাইড তৈরি করতে পারে (X=F, Cl, Br, I)। কার্বন ছাড়া বাকি সদস্যরা উপযুক্ত পরিবেশে সরাসরি হ্যালোজেনের সাথে বিক্রিয়া করে হ্যালাইড যৌগ তৈরি করতে পারে। বেশিরভাগ MX_4 যৌগগুলো সমযোজী চরিত্রের হয়। এইসব হ্যালাইডগুলোর আকৃতি চতুস্তলকীয় হয় এবং কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণুর সংকরায়িত অবস্থা হয় sp^3 । ব্যতিক্রম হল SnF_4 ও PbF_4 , যারা আয়নীয় চরিত্রের। PbI_4 -এর কোনো অস্তিত্ব থাকে না, কারণ বিক্রিয়ার শুরুর দিকে Pb-I বন্ধন তৈরি হলেও প্রক্রিয়াটি $6s^2$ ইলেকট্রনগুলোকে অযুগ্ম করে এদের একটিকে উচ্চ শক্তিসম্পন্ন কক্ষে প্রেরণ করে লেড পরমাণুর চারদিকে 4টি অযুগ্ম ইলেকট্রন তৈরি করার জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি নির্গত করতে পারে না। ভারী সদস্যরা Ge থেকে Pb, MX_2 সংকেত বিশিষ্ট হ্যালাইড তৈরি করতে পারে। গ্রুপের নীচ দিকে অগ্রসর হলে ডাই হ্যালাইডগুলির স্থায়িত্ব বৃদ্ধি পায়। তাপীয় এবং রাসায়নিক স্থায়িত্ব বিচার করলে GeX_4 এর স্থায়িত্ব GeX_2 থেকে বেশি হয়, যদিও PbX_2 এর

স্থায়িত্ব PbX_4 থেকে বেশি হয়। CCl_4 ছাড়া অন্যান্য টেট্রাক্লোরাইডগুলো জল দ্বারা আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়, কারণ এদের কেন্দ্রীয় পরমাণুটি জলের একজোড়া নিসজ্জা ইলেকট্রন জোড়াকে নিজেদের d- কক্ষকে স্থান দিতে পারে। $SiCl_4$ উদাহরণস্বরূপ নিলে আর্দ্র বিশ্লেষণ এর এই প্রক্রিয়াটি সহজেই বোঝা যায়। বিক্রিয়ার প্রথম ধাপে Si এর d-কক্ষকে জলের নিসজ্জা ইলেকট্রন জোড় গ্রহণের মাধ্যমে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়, পরিশেষে $Si(OH)_4$ গঠনের দিকে এগিয়ে যায়। যেমনটা নীচে দেখানো হল :



সমস্যা 11.6

$[SiF_6]^{2-}$ এর অস্তিত্ব থাকলেও $[SiCl_6]^{2-}$ এর অস্তিত্ব নেই — সম্ভাব্য কারণ দর্শাও।

সমাধান

এর প্রধান কারণগুলো হল—

- স্থানাভাবের জন্য Si^{4+} এর চারদিকে 6টি বৃহৎ আকারের ক্লোরাইড স্থান দেওয়া যায় না।
- ক্লোরাইড আয়নের নিসজ্জা ইলেকট্রন জোড় এবং Si^{4+} এর মধ্যকার মিথস্ক্রিয়া (interaction) খুব শক্তিশালী নয়।

11.6 কার্বনের অস্বাভাবিক আচরণ এবং গুরুত্বপূর্ণ প্রবণতাসমূহ (Important Trends and Anomalous behaviour of carbon)

অন্যান্য গ্রুপের প্রথম সদস্যের মতো, কার্বনও নিজ গ্রুপের অন্যান্য সদস্যদের থেকে অস্বাভাবিক আচরণ করে। এর কারণ হল এটির ক্ষুদ্র আকার, অধিক তড়িৎ ঋণাত্মকতা, উচ্চ আয়ননয়ন এনথ্যালপি এবং d-কক্ষের অনুপস্থিতি।

কার্বনের মধ্যে যেহেতু রাসায়নিক বন্ধন তৈরি করার জন্য শুধুমাত্র s এবং p কক্ষক বর্তমান, তাই এটি সর্বোচ্চ 4 জোড়া ইলেকট্রনকে নিজের চারপাশে স্থান দিতে পারে। একারণেই এর সমযোজ্যতা 4-এর মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকে, কিন্তু অন্যান্য সদস্যের ক্ষেত্রে d- কক্ষক উপস্থিত থাকায় সর্বাধিক সমযোজ্যতা 4-এর বেশি হতে পারে।

এছাড়াও কার্বনের একটি অনন্য (unique) ক্ষমতা (ability) আছে, যার সাহায্যে কার্বন নিজেদের মধ্যে এবং ক্ষুদ্র আকারের অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক ধর্মী অন্যান্য পরমাণুর সাথে $p\pi-p\pi$ বহুবন্ধন (multiple bonds) তৈরি করতে পারে। বহু বন্ধনের কয়েকটি উদাহরণ হল $C=C$, $C\equiv C$, $C=O$, $C=S$, এবং $C\equiv N$ । যদিও ভারী মৌলগুলো $p\pi-p\pi$ বন্ধন তৈরি করে না কারণ এদের আণবিক কক্ষকগুলো কার্যকরী অভিলেপনের জন্য খুবই বড়ো এবং পরিব্যপ্ত।

কার্বনের একে অপরের সাথে সমযোজী বন্ধনের মাধ্যমে যুক্ত হয়ে শৃঙ্খল (Chain) এবং বলয় (Ring) তৈরি করার একটা প্রবণতা আছে। এই ধর্মকে ক্যাটিনেশন (Catenation) বলে। এর কারণ হল C-C বন্ধনগুলো ভীষণ শক্তিশালী প্রকৃতির হয়। গ্রুপের নীচ দিকে অগ্রসর হলে আকার বৃদ্ধি ও তড়িৎ ঋণাত্মকতা হ্রাসের কারণে ক্যাটিনেশন ধর্ম প্রদর্শনের ক্ষমতা ক্রমশ হ্রাস পায়। বন্ধন এনথ্যালপি মান থেকে এটা স্পষ্ট হয়। ক্যাটিনেশন ক্ষমতার ক্রমটি হল $C > Si > Ge \approx Sn$ । লেড ক্যাটিনেশন ধর্ম প্রদর্শন করে না।

বন্ধন	বন্ধন এনথ্যালপি/ $KJmol^{-1}$
C—C	348
Si—Si	297
Ge—Ge	260
Sn—Sn	240

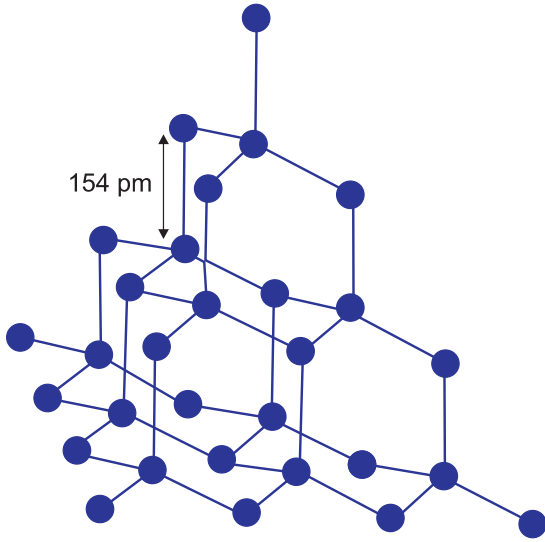
ক্যাটিনেশন ধর্মের জন্য এবং $p\pi-p\pi$ বন্ধন তৈরি করতে পারে বলে কার্বন বহুরূপ (allotropic) অবস্থা (form) প্রদর্শন করতে পারে।

11.7 কার্বনের বহুরূপতা (Allotropes of Carbon)

কার্বনের অনেকগুলো রূপভেদ আছে। রূপভেদগুলো নিয়তাকার এবং অনিয়তাকার উভয় প্রকারেরই হয়। হীরক এবং গ্রাফাইট হল কার্বনের দুটি বহু পরিচিত রূপভেদ। 1985 খ্রিস্টাব্দে ফুলারিন (fullerenes) নামে কার্বনের তৃতীয় একটি রূপভেদের অস্তিত্ব জানা গেছে যার আবিষ্কারী হলেন H.W. Kroto, E. Smalley এবং R.F. Curl. এই আবিষ্কারে জন্য উনাদের 1996 খ্রিস্টাব্দে নোবেল (Nobel) পুরস্কারে ভূষিত করা হয়।

11.7.1 হীরক (Diamond)

এর গঠনে নিয়তাকার জালক বর্তমান। হীরকের মধ্যে প্রতিটি কার্বন পরমাণু SP^3 সংকরায়িত অবস্থায় থাকে এবং অন্য চারটি কার্বন পরমাণুর সাথে সংকরায়িত কক্ষকের দ্বারা চতুষ্কলকের ন্যায় যুক্ত থাকে। C-C বন্ধন দৈর্ঘ্য হয় 154 pm এই ধরনের কয়েকটি গঠন একক পরস্পর যুক্ত হয়ে কার্বন পরমাণুর একটি



সমস্যা 11.3 হীরকের গঠন

ত্রিমাত্রিক দৃঢ় জালক তৈরি করে। এই ধরনের গঠনে (চিত্র 11.3) সমগ্র জালকটিতে দিকনির্দিষ্ট (directional) সমযোজী বন্ধন উপস্থিত থাকে। এই বিশাল সংখ্যক (extended) জালকাকার সমযোজী বন্ধন ভাঙা খুবই শক্ত, তাই হীরকই হল পৃথিবীর সর্বপেক্ষা কঠিন বস্তু। এটি ক্ষয়কারী ঘর্ষক (abrasive) হিসাবে শক্ত যন্ত্রপাতি শান দিতে, রং প্রস্তুতিতে এবং বৈদ্যুতিক বাল্বের ট্যাংস্টেন ফিলামেন্ট তৈরিতে ব্যবহার করা হয়।

সমস্যা 11.7

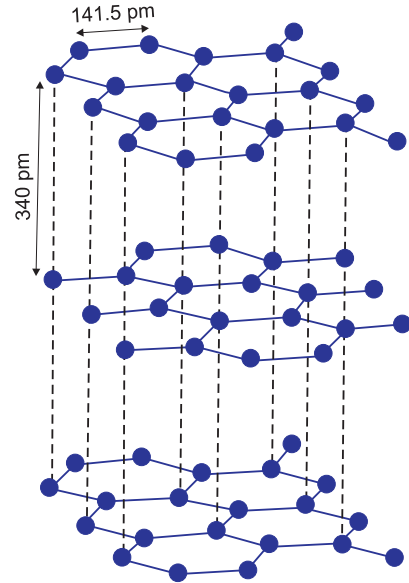
সমযোজী পদার্থ হওয়া সত্ত্বেও হীরকের গলনাঙ্ক এত বেশি হয় কেন?

সমাধান

হীরকের ত্রিমাত্রিক জালক বিন্যাসে শক্তিশালী C - C বন্ধন বর্তমান, যেগুলো ভাঙা খুবই দুষ্কর। তাই এর গলনাঙ্ক খুব উচ্চ হয়।

11.7.2 গ্রাফাইট (Graphite)

গ্রাফাইটের গঠন বহুস্তরীয় (চিত্র 11.4) স্তরগুলো ভ্যান-ডার-ওয়াল বল দ্বারা পরস্পর যুক্ত থাকে এবং দুটি স্তরের মধ্যকার দূরত্ব হয় 340 pm। প্রতিটি স্তর সামতলিক ষড়ভুজাকার কার্বন পরমাণুর বলয় দিয়ে তৈরি। স্তরের মধ্যবর্তী C - C বন্ধন দূরত্ব হয় 141.5 pm। ষড়ভুজের প্রতিটি কার্বন পরমাণু sp^2 সংকরায়িত হয় এবং তিনটি প্রতিবেশী কার্বন পরমাণুর সাথে তিনটি সিগমা বন্ধন তৈরি করে। চতুর্থ ইলেকট্রনটি পাই (π) বন্ধন গঠন করে। ইলেকট্রনগুলো সমগ্র স্তরে ছড়িয়ে থাকতে পারে। ইলেকট্রনগুলো গতিশীল বলেই



সমস্যা 11.4 গ্রাফাইটের গঠন

তড়িৎ পরিবহণ করতে পারে। গ্রাফাইটের বিভিন্ন স্তরগুলোকে সহজেই আলাদা করা যায় (cleaves), তাই এটি ভীষণ নরম এবং পিচ্ছিল প্রকৃতির হয়। তাই গ্রাফাইটকে উচ্চতাপে চালিত যন্ত্রতে শুল্ক পিচ্ছিলকারক পদার্থ হিসাবে ব্যবহার করা হয়, যেখানে পিচ্ছিলকারক পদার্থ হিসাবে তেল (oil) ব্যবহার করা যায় না।

11.7.3 ফুলারিন (Fullerenes)

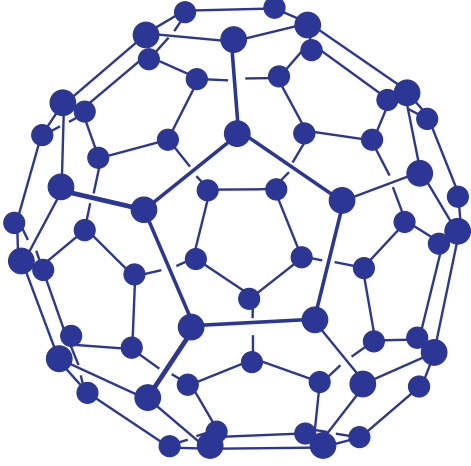
হিলিয়াম বা আর্গনের মত নিষ্ক্রিয় গ্যাসের উপস্থিতিতে উচ্চতাপে গ্রাফাইটের তড়িৎক্ষরণ (electric arc) করলে ফুলারিন উৎপন্ন হয়। বাষ্পীয় C^{II} -এর ঘনীভবনের ফলে যে বুলের (Sooty) মত পদার্থ উৎপন্ন হয়, তাতে ক্ষুদ্রসংখ্যক C_{60} অণু, আরো ক্ষুদ্রসংখ্যক C_{70} অণু এবং সামান্য পরিমাণ ফুলারিন উপস্থিত যাতে 350 বা তার বেশি যুগ্ম সংখ্যক কার্বন পরমাণু থাকে। ফুলারিন হল কার্বনের বিশুদ্ধতম রূপ, কারণ এর গঠন মসৃণ (Smooth) যেখানে কোন দোদুল (dangling) বন্ধন থাকে না। C_{60} অণুর আকার ফুটবলের মতো এবং এ জন্যই এর অপর নাম বাকমিনস্টার ফুলারিন (চিত্র 11.5)

এর মধ্যে কুড়িটি ছয় সদস্য বিশিষ্ট বলয় ও বারটি পাঁচ সদস্য বিশিষ্ট বলয় বর্তমান। ছয় সদস্য বিশিষ্ট বলয় পাঁচ বা ছয় উভয় সদস্য বিশিষ্ট বলয়ের সাথে যুক্ত থাকতে পারে কিন্তু পাঁচ সদস্য বিশিষ্ট বলয় কেবলমাত্র ছয় সদস্য বিশিষ্ট বলয়ের সাথে যুক্ত থাকে। প্রত্যেক কার্বন পরমাণুগুলো সদৃশ এবং sp^2 সংকরায়িত অবস্থায় থাকে। প্রতিটি কার্বন পরমাণু অপর তিনটি কার্বন পরমাণুর সাথে তিনটি সিগমা বন্ধন তৈরি করে। প্রতিটি কার্বন পরমাণুর অবশিষ্ট ইলেকট্রনটি আণবিক কক্ষকগুলোতে সংকরিত (delocidised) থাকে, এর ফলে অণুটি অ্যারোমেটিক চরিত্র লাভ

p-ব্লক মৌলসমূহ

করে। বলের মতো আকৃতির এই অণুটিতে 60টি শীর্ষবিন্দু (vertices) থাকে যাদের প্রত্যেকটিতে একটি করে কার্বন পরমাণু অবস্থান করে এবং এতে এক বন্ধন ও দ্বিবন্ধন উভয়ই বর্তমান থাকে যাদের বন্ধন দূরত্ব যথাক্রমে 143.5 এবং 138.3 pm হয়। গোলকাকার ফুলারিনগুলোকে সংক্ষেপে বাকিবল বলা হয়।

এটা জেনে রাখা ভীষণ প্রয়োজন যে কার্বনের রূপভেদগুলোর



চিত্র : 11.5 C₆₀ বাকমিনস্টার ফুলারিনের গঠন : লক্ষ করো অণুটির আকৃতি ফুটবলের মতো।

মধ্যে গ্রাফাইট-এর তাপীয় (thermodynamically) স্থায়িত্ব সর্বাধিক, তাই গ্রাফাইটের $\Delta_f H^\ominus$ -এর মান শূন্য ধরা হয়। হীরক ও ফুলারিন, C₆₀ এর $\Delta_f H^\ominus$ এর মান যথাক্রমে 1.90 ও 38.1 KJ mol⁻¹ হয়।

মৌলিক কার্বনের অন্যান্য বিভিন্ন রূপগুলো যেমন, কার্বন-ব্ল্যাক, কোক এবং চারকোল হল গ্রাফাইট বা ফুলারিনের অশুদ্ধ রূপ। পরিমিত বায়ুতে হাইড্রোক্যার্বন-এর দহনে কার্বন-ব্ল্যাক উৎপন্ন হয়। চারকোল এবং কোক পাওয়া যায় বায়ুর অনুপস্থিতিতে উচ্চ তাপমাত্রায় যথাক্রমে কাঠ বা কয়লার দহনে।

11.7.4 কার্বনের ব্যবহার (Uses of Carbon)

প্লাস্টিক নির্মিত দ্রব্যে গ্রাফাইট তন্তু জড়িয়ে (embedded) অধিক শক্তিশালী, হালকা যৌগিক বস্তু তৈরি করা হয়। এই যৌগিক বস্তু (composites) টেনিস-র্যাকেট, মাছ ধরার ছিপ, উডোজাহাজ এবং ডিজি নৌকা তৈরিতে ব্যবহৃত হয়। তড়িতের সুপরিবাহী হওয়ায় গ্রাফাইট ব্যাটারির তড়িতদ্বার এবং শিল্পক্ষেত্রে তড়িৎ বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় ব্যবহৃত হয়। গ্রাফাইটের তৈরি মুচি (crucibles) লঘু অ্যাসিড বা ক্ষার দ্বারা আক্রান্ত হয় না। স্বচ্ছ (Porous) হওয়াতে সক্রিয় চারকোল বিষাক্ত গ্যাস শোষণ করতে ব্যবহার করা হয়, এছাড়াও জলের ফিল্টারে জৈব দূষকের শোষণ রূপে এবং

শীততাপ নিয়ন্ত্রক যন্ত্রে গন্ধ শোষণ করার কাজে ব্যবহার করা হয়। কালো কালির মধ্যকার কালো রঞ্জক পদার্থ এবং মোটরগাড়ির টায়ারের ছিদ্র পূরণ করার (filler) কাজে ব্যবহার করা হয়। জ্বালানিরূপে এবং ধাতুবিদ্যায় বিজারক দ্রব্যরূপে কোকের বিশাল প্রয়োগে রয়েছে। হীরক একটি মূল্যবান রত্ন এবং গয়না তৈরিতে ব্যবহার করা হয়। ক্যারাত (carat) এককে এর পরিমাপ করা হয়। (1 ক্যারাত = 200 mg)

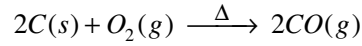
11.8 কার্বন ও সিলিকনের কিছু গুরুত্বপূর্ণ যৌগ (Some important compounds of Carbon and Silicon)

কার্বনের অক্সাইড যৌগ (Oxides of Carbon)

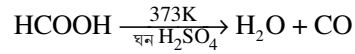
কার্বন মনোঅক্সাইড (CO) এবং কার্বন ডাইঅক্সাইড (CO₂) হল কার্বনের দুটি গুরুত্বপূর্ণ অক্সাইড যৌগ।

11.8.1 কার্বন মনোঅক্সাইড (Carbon Monoxide)

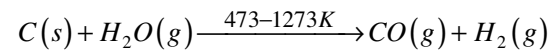
পরিমিত বায়ুতে বা অক্সিজেনের সাথে কার্বনের সরাসরি জারণ বিক্রিয়ায় কার্বন মনোঅক্সাইড তৈরি হয়।



373 K তাপমাত্রায় ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সাথে (H₂SO₄) ফর্মিক অ্যাসিডের নিরুদন (ডিহাইড্রেশন) বিক্রিয়ায় সামান্য পরিমাণে অতিরিক্ত বিশুদ্ধ CO উৎপন্ন হয়।

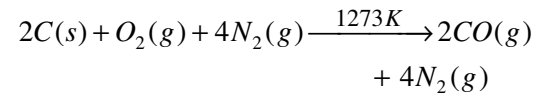


উত্তপ্ত কোক-এর উপর দিয়ে জলীয় বাষ্প পাঠিয়ে একে বাণিজ্যিকভাবে প্রস্তুত করা হয়। এইভাবে প্রাপ্ত CO এবং H₂ -এর মিশ্রণকে ওয়াটার গ্যাস বা সংশ্লেষিত গ্যাস বলে।



ওয়াটার গ্যাস

জলীয় বাষ্পের পরিবর্তে বায়ু ব্যবহার করলে CO এবং N₂ এর একটি মিশ্রণ পাওয়া যায়, যা প্রোডিওসার গ্যাস নামে পরিচিত।

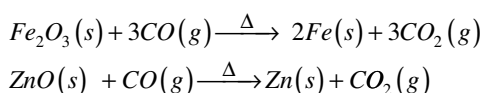


প্রোডিওসার গ্যাস

ওয়াটার গ্যাস ও প্রোডিওসার গ্যাসের শিল্পক্ষেত্রে জ্বালানি হিসেবে ব্যাপক ব্যবহার আছে। ওয়াটার গ্যাস ও প্রোডিওসার গ্যাসের মধ্যে উ পস্থিত কার্বন-মনো-অক্সাইড-এর দহনের (combustion) ফলে কার্বন-ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়, সঙ্গে প্রচুর তাপ নির্গত হয়।

কার্বন-মনো-অক্সাইড একটি বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস, যা জলে প্রায় দ্রবীভূত হয় না। এটি একটি শক্তিশালী বিজারক দ্রব্য এবং ক্ষারীয়

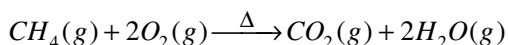
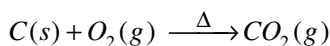
বা ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতু, অ্যালুমিনিয়াম এবং কয়েকটি সন্ধিগত ধাতু ছাড়া প্রায় সমস্ত ধাতব অক্সাইডকে বিজারিত করতে পারে। CO-এর এই বৈশিষ্ট্যকে কাজে লাগিয়ে অনেক ধাতুকে তাদের অক্সাইড আকরিক থেকে নিষ্কাশন করা হয়।



CO অণুতে কার্বন ও অক্সিজেনের মধ্যে একটি সিগমা এবং দুটি পাই বন্ধন বর্তমানে, :C ≡ O: কার্বনের মধ্যে একজোড়া নিসজ্জা ইলেকট্রন-এর উপস্থিতির জন্য CO ইলেকট্রন দাতা রূপে কাজ করতে পারে এবং কয়েকটি ধাতুর সাথে বিক্রিয়ায় ধাতব কার্বনিল যৌগ তৈরি করে। CO-এর তীব্র বিষাক্ত চরিত্রের কারণ হল, এটি হিমোগ্লোবিনের সাথে যুক্ত হয়ে একটি জটিল যৌগ উৎপন্ন করে। এই যৌগটি অক্সি-হিমোগ্লোবিন জটিল যৌগ থেকে 300 গুণ বেশি স্থায়ী প্রকৃতির। এর ফলে লোহিত রক্ত কণিকায় উপস্থিত হিমোগ্লোবিনকে দেহের সমগ্র স্থানে অক্সিজেন পরিবহণে বাধা দেয় এবং শেষ পরিণতি হয় মৃত্যু।

11.8.2 কার্বন-ডাই-অক্সাইড : (Carbor Dioxide)

অতিরিক্ত বায়ুতে কার্বন বা কার্বনঘটিত জ্বালানির সম্পূর্ণ দহনে কার্বন-ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।



পরীক্ষাগারে সাধারণত ক্যালসিয়াম কার্বনেট এর সাথে লঘু HCl-এর বিক্রিয়ায় CO₂ প্রস্তুত করা হয়।

$$CaCO_3(s) + 2HCl(aq) \rightarrow CaCl_2(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$$

শিল্পক্ষেত্রে চূনা পাথরকে (lime-stone) উত্তপ্ত করে CO₂ প্রস্তুত করা হয়।

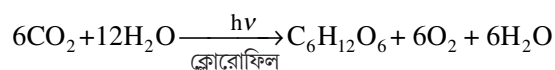
এটি একটি বর্ণহীন এবং গন্ধহীন গ্যাস। জলে এর স্বল্পদ্রাব্যতা একে জীব রসায়নে (bio-chemical) এবং ভূ-রসায়নে (geo-chemical) ভীষণ গুরুত্বপূর্ণ করে তুলেছে। জলে দ্রবীভূত হয়ে এটি কার্বনিক অ্যাসিড (H₂CO₃) উৎপন্ন করে। কার্বনিক অ্যাসিড একটি দুর্বল দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিড এবং এটি দুই ধাপে বিয়োজিত হয় :

$$H_2CO_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons HCO_3^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

$$HCO_3^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CO_3^{2-}(aq) + H_3O^+(aq)$$

H₂CO₃/HCO₃⁻ এই বাফার দ্রবণটিই রক্তের PH কে 7.26 থেকে 7.42 মধ্যে ধরে রাখে। এর আয়নিক চরিত্রের জন্য এটি ক্ষারের সাথে বিক্রিয়ায় ধাতব কার্বনেট যৌগ উৎপন্ন করে।

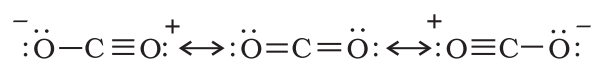
আয়তনের দিক থেকে বায়ুমণ্ডলে কার্বন-ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ হলো প্রায় 0.03% এবং সালোকসংশ্লেষ (Photosynthesis) প্রক্রিয়ায় বায়ুমণ্ডলের CO₂ এর পরিমাণ হ্রাস পায়। সালোকসংশ্লেষ (Photosynthesis) এমন একটি প্রক্রিয়া যার মাধ্যমে সবুজ উদ্ভিদ বায়ুমণ্ডলের CO₂কে শর্করার (glucose) মতো কার্বোহাইড্রেট যৌগে পরিণত করে। সমগ্র রাসায়নিক পরিবর্তনটি নিম্নরূপ:



এই প্রক্রিয়ার দ্বারাই উদ্ভিদ নিজেদের জন্য এবং প্রাণী বা মানবকুলের জন্য খাদ্য তৈরি করে। CO-এর মতো এটি বিষাক্ত নয়। জীবাশ্ম জ্বালানির (fossil fuel) দহনের পরিমাণ বৃদ্ধির ফলে এবং সিমেন্ট প্রস্তুতির জন্য চূনা পাথরের বিয়োজনের (decomposition) জন্য বর্তমানে বায়ুমণ্ডলে CO₂ এর পরিমাণ বৃদ্ধি পাচ্ছে। এর ফলে গ্রিন হাউস প্রভাব ত্বরান্বিত হয় এবং বায়ুমণ্ডলে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়, যার পরিণতি মারাত্মক হতে পারে। তরলীকৃত CO₂কে বাষ্পীভূত করলে কঠিন CO₂ বা শুষ্ক বরফ (dry ice) পাওয়া যায়। শুষ্ক বরফ আইসক্রিম (ice-cream) ও হিমায়িত খাদ্যের (frozen food) সংরক্ষণের জন্য হিমায়ক (Refrigerant) রূপে ব্যবহৃত হয়। কার্বোনেটেড নরম পানীয় (soft drink) তৈরিতে গ্যাসীয় CO₂ এর ব্যাপক ব্যবহার আছে। ভারী এবং দহনের সহায়ক নয় বলে একে অগ্নিনির্বাপক যন্ত্রে ব্যবহার করা হয়। ইউরিয়া উৎপাদনেও প্রচুর পরিমাণে কার্বন ডাইঅক্সাইড ব্যবহার করা হয়।

CO₂ অণুতে কার্বন পরমাণু sp সংকরায়িত অবস্থায় থাকে। কার্বনের দুটি sp সংকরায়িত কক্ষক দুটি অক্সিজেন পরমাণুর p-কক্ষকের সাথে অভিলেপিত হয়ে দুটি সিগমা বন্ধন তৈরি করে এবং কার্বনের অপর দুটি ইলেকট্রন অক্সিজেনের সাথে pπ-pπ বন্ধন তৈরি করে। এর জন্যই CO₂ সরলরেখিক হয় [দুটি C-O বন্ধন সমদৈর্ঘ্যের হয় (115 pm)] এবং এর দ্বিমেরু ভ্রামক শূন্য হয়।

CO₂ এর রেজোনেন্স গঠনগুলো হল :



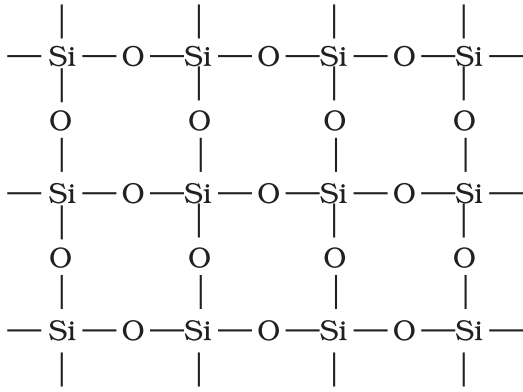
CO₂ রেজোনেন্স গঠন।

11.8.3 সিলিকন-ডাই-অক্সাইড, SiO₂:

ভূপৃষ্ঠের 95% অংশই সিলিকন এবং সিলিকেট যৌগ দ্বারা গঠিত। সিলিকন ডাই অক্সাইড, যাকে আমরা সিলিকা বলে জানি সেটি বিভিন্ন কেলাসাকার রূপে পাওয়া যায়। কোয়ার্টজ, ক্রিস্টোবেলাইট এবং ট্রিডাইমাইট হল সিলিকার কয়েকটি কেলাসাকার রূপ এবং উপযুক্ত তাপমাত্রায় এদের পারস্পরিক রূপান্তর ঘটে। সিলিকন-ডাই অক্সাইড হল সমযোজী, ত্রিমাত্রিক জালক বিন্যাস যুক্ত একটি কঠিন পদার্থ।

p-ব্লক মৌলসমূহ

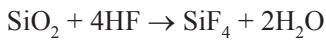
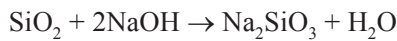
এতে প্রতিটি সিলিকন পরমাণু চতুস্তলকীয় বিন্যাসে সমযোজী বন্ধনের দ্বারা চারটি অক্সিজেনের সাথে যুক্ত থাকে। আবার প্রতিটি অক্সিজেন পরমাণু অন্য আরেকটি সিলিকন পরমাণুর সাথে সমযোজী বন্ধনের দ্বারা যুক্ত থাকে [চিত্র 11.6]। চতুস্তলকের প্রত্যেকটি কৌণিক বিন্দু অপর আরেকটি চতুস্তলকের সাথে যুক্ত থাকে। সমগ্র কেলাসটিকে একটি বহু (giant) অণুর সাথে তুলনা করা যেতে পারে যার মধ্যে সিলিকন এবং অক্সিজেন একের পর এক যুক্ত হয়ে আট সদস্যযুক্ত



চিত্র 11.6 SiO₂ এর ত্রিমাত্রিক গঠন

বলয় তৈরি করে অবস্থান করে।

সাধারণ অবস্থায় সিলিকা প্রায় নিষ্ক্রিয় প্রকৃতির হয়। এর কারণ হল Si-O-এর উচ্চ বন্ধন এনথ্যালপি। যার ফলে এটি উচ্চ তাপমাত্রাতেও হ্যালোজেন, হাইড্রোজেন এবং বেশির ভাগ অ্যাসিড এবং ধাতুর সাথে বিক্রিয়া প্রতিহত করতে পারে। কিন্তু এটি HF এবং NaOH এর সাথে বিক্রিয়া করে।

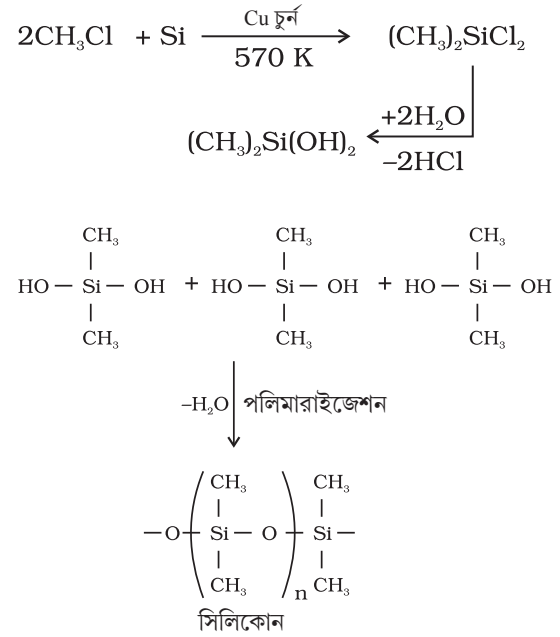


piezoelectric দ্রব্য রূপে কোয়ার্টজ এর ব্যাপক ব্যবহার রয়েছে। এর সাহায্যেই অত্যন্ত নিখুঁত সময়যুক্ত ঘড়ি, আধুনিক রেডিও, টেলিভিশন সম্প্রচার এবং মোবাইল রেডিও যোগাযোগ ব্যবস্থা তৈরি করা সম্ভব হয়েছে। সিলিকাজেল (silica gel) শোষক পদার্থ, ক্রোমাটোগ্রাফি দ্রব্যের সহায়ক রূপে এবং অনুঘটক রূপে ব্যবহৃত হয়। সিলিকার একটি অনিয়তাকার রূপ, কাইজেল গুড় (kieselghur) পরিষ্কার প্রকল্পে ব্যবহার করা হয়।

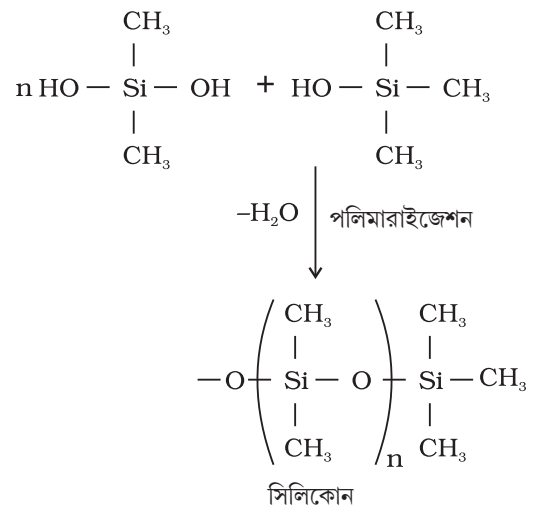
11.8.4 সিলিকোনস্ (Silicones):

সিলিকোন হল অর্গ্যানোসিলিকন পলিমারের একটি শ্রেণি যার মধ্যে (R₂SiO) এককের পুনরাবৃত্তি ঘটে। সিলিকোন উৎপাদনের প্রারম্ভিক

উপাদান হল অ্যালকাইল বা অ্যারাইল মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত সিলিকন ক্লোরাইড সমূহ, R_nSiCl_(4-n) যেখানে R হল অ্যালকাইল বা অ্যারাইলমূলক। 573 K তাপমাত্রায় কপার অনুঘটকের উপস্থিতিতে মিথাইল ক্লোরাইডের সাথে সিলিকনের বিক্রিয়ায় MeSiCl₃, Me₂SiCl₂, Me₃SiCl-এর মতো মিথাইল প্রতিস্থাপিত ক্লোরোসিলেন উৎপন্ন হয়। সঙ্গে সামান্য পরিমাণ Me₄Si উৎপন্ন হয়। ডাইমিথাইল ডাই ক্লোরোসিলেন, (CH₃)₂SiCl₂ কে আর্দ্র বিশ্লেষিত করার পর সংঘনন (condensation) পলিমারাইজেশন বিক্রিয়ার দ্বারা সরল শৃঙ্খলযুক্ত পলিমার সিলিকোন উৎপন্ন করে।



(CH₃)₂SiCl যোগ করে সিলিকোনের শৃঙ্খল দৈর্ঘ্য নিয়ন্ত্রণ করা যায় যা নীচের মতো সিলিকোনের প্রান্তগুলোকে ব্লক (block) করে রাখে।



সিলিকোনগুলো অধুবীয় অ্যালকাইল মূলক দ্বারা পরিবেষ্টিত থাকে বলে জল-বিকর্ষী হয়। সাধারণত এদের তাপসহন ক্ষমতা, পরাবৈদ্যুতিক (dielectric) ক্ষমতা খুব উচ্চ হয় এবং এদের জারিত হওয়ার প্রবণতা ও রাসায়নিক দ্রব্যের প্রতি আসক্তি প্রায় থাকেই না। এদের ব্যাপক ব্যবহার আছে। ছিদ্র বন্ধকারী পদার্থ, পিচ্ছিলকারক দ্রব্য গ্রিজ, তড়িতের ইনসুলেটর এবং বয়নশিল্পে (Frabrics) জল নিরোধক হিসাবে সিলিকোন ব্যবহৃত হয়। সজীব কোশের উপর কোনো বিষাক্ত (biocompatible) প্রভাব থাকে না বলে শল্যচিকিৎসায় এবং প্রসাধন দ্রব্যেও সিলিকোনের ব্যবহার আছে।

সমস্যা : 11.8

সিলিকোন কী? (What are silicones)

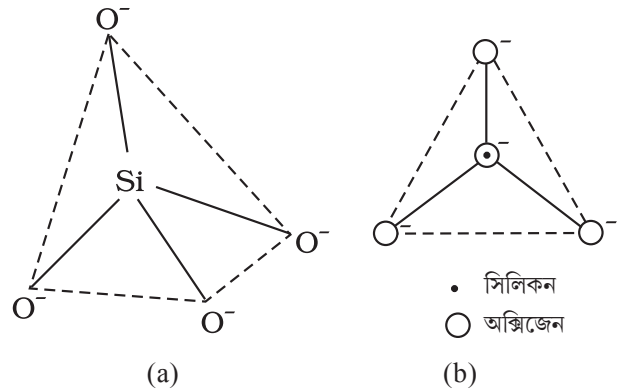
সমাধান

সাধারণ সিলিকোন $\left(\text{Si} - \text{O} \right)_n$ শৃঙ্খল যুক্ত একটি যৌগ যাতে

Si-এর অন্যান্য বন্ধনগুলো অ্যালকাইল বা ফিনাইল মূলক দ্বারা পূর্ণ থাকে। এগুলো সাধারণত জল বিকর্ষী প্রকৃতির হয়।

11.8.5 সিলিকেটসমূহ (Silicates)

প্রকৃতিতে বিশাল সংখ্যক সিলিকেট আকরিকের অস্তিত্ব আছে। এদের কয়েকটি উদাহরণ হল ফেল্ডস্পার (feldspar), জিওলাইট (Zeolites), অভ্র (Mica) এবং অ্যাজবেসটস্ (asbestos)। সিলিকেটগুলোর মূল গঠনগত একক হল SiO_4^{4-} (চিত্র 11.7) যাতে সিলিকন পরমাণুটি চারটি অক্সিজেন পরমাণুর সাথে চতুস্তলকীয় বিন্যাসে আবদ্ধ থাকে। সিলিকেটগুলোতে এই এককগুলো স্বতন্ত্রভাবে থাকতে পারে বা কয়েকটি একক, প্রতিটি সিলিকেট গঠন এককের কৌণিক 1,2,3,4টি অক্সিজেন ভাগাভাগির মাধ্যমে যুক্ত থাকতে পারে। সিলিকেট গঠন এককগুলো নিজেদের মধ্যে শৃঙ্খলাকারে, বলয়আকারে, সীটে (Sheet) এর আকারে বা ত্রিমাত্রিক বিন্যাসে



চিত্র 11.7 (a) SiO_4^{4-} অ্যানায়নের চতুস্তলকীয় গঠন (b) SiO_4^{4-} এককটির প্রতিরূপ

যুক্ত থাকতে পারে। সিলিকেট গঠন এককের ঋণাত্মক আধান ধাতব আয়নের ধনাত্মক আধান দ্বারা প্রশমিত হয়। চতুস্তলকের চারটি কৌণিক পরমাণু অন্য চতুস্তলকীয় এককের সাথে যুক্ত থাকলে ত্রিমাত্রিক বিন্যাস গঠিত হয়।

দুটি গুরুত্বপূর্ণ মনুষ্য নির্মিত সিলিকেট যৌগ হল কাচ (glass) এবং সিমেন্ট (cement)।

11.8.6 জিওলাইট সমূহ (Zeolites):

ত্রিমাত্রিক সিলিকেটের Si পরমাণু Al পরমাণুদ্বারা প্রতিস্থাপিত হলে অ্যালুমিনোসিলিকেট নামক যে সামগ্রিক গঠনটি পাওয়া যায় সেটি ঋণাত্মক আধানযুক্ত হয়। Na^+ , K^+ বা Ca^{+2} -এর মতো ক্যাটায়নগুলো এই ঋণাত্মক আধান-এর তড়িৎ সমতা রক্ষা করে। জিওলাইট ও ফেল্ডস্পার এর উদাহরণ। তৈলশোধনাগারে (petrochemical industries), হাইড্রোজেনের ক্র্যাকিং (Cracking) ও আইসোমারাইজেশন এর জন্য অনুঘটকরূপে জিওলাইট-এর ব্যাপক ব্যবহার আছে। উদাহরণস্বরূপ ZSM-5 (এক ধরনের জিওলাইট) অ্যালকোহল থেকে সরাসরি গ্যাসোলিন তৈরিতে ব্যবহৃত হয়। খর জলের মৃদুকরণে আয়ন বিনিময়কারী রূপে আর্দ্র (Hydrated) জিওলাইট ব্যবহার করা হয়।

সারাংশ (Summary)

পর্যায়-সারণির একমাত্র **p-ব্লক**ই ধাতু, অধাতু এবং ধাতুকল্পের মতো সমস্ত ধরনের মৌল উপস্থিত। পর্যায়-সারণিতে **p-ব্লক** মৌলগুলোর জন্য গ্রুপ-13 থেকে গ্রুপ-18 পর্যন্ত মোট ছয়টি গ্রুপ বর্তমান রয়েছে। এদের যোজক কক্ষের ইলেকট্রন বিন্যাস হল $ns^2 np^{1-6}$ (ব্যতিক্রম-He)। যোজক কক্ষের অন্তস্থলের ইলেকট্রন বিন্যাস-এর বিভিন্নতা এদের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মকে দাবুণভাবে প্রভাবিত করে। এর ফলে এই মৌলগুলোর ধর্মের মধ্যে নানারকম চ্যুতি-বিচ্যুতি দেখা যায়। এই মৌলগুলো গ্রুপ জারণ-অবস্থা প্রদর্শনের পাশাপাশি অন্যান্য জারণ অবস্থা, যেমন যোজক ইলেকট্রন সংখ্যা থেকে 2একক ভিন্ন জারণ অবস্থা প্রদর্শন করে। হালকা মৌলগুলোর ক্ষেত্রে গ্রুপ জারণ অবস্থা অধিক স্থায়ী হলেও, গ্রুপের ভারী মৌলগুলোর ক্ষেত্রে ক্রমশ নিম্ন জারণ অবস্থাটি অধিক স্থায়ী হয়। আকার এবং **d-কক্ষ**ের উপস্থিতি, এই দুটি কারণেই এই মৌলগুলো পাই (π) বন্ধন তৈরি করতে সমর্থ হয়। হালকা মৌলগুলো $p\pi-p\pi$ বন্ধনে তৈরি করলেও, ভারী মৌলগুলো $d\pi-d\pi$ বা $p\pi-d\pi$ বন্ধন তৈরি করে। দ্বিতীয় পর্যায়ের মৌলগুলোতে **d-কক্ষ** অনুপস্থিতির ফলে সর্বোচ্চ সমযোজ্যতা 4-এর মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকে, কিন্তু ভারী মৌলগুলোর

ক্ষেত্রে সর্বোচ্চ সমযোজ্যতা 4-এর বেশি হতে পারে।

বোরন বৈশিষ্ট্যসূচক (typical) একটি অধাতু হলেও পরিবারের অন্যান্য সদস্যদের প্রত্যেকেই ধাতু। যোজক কক্ষে তিনটি ইলেকট্রন ($2s^2 2p^1$) থাকা এবং সমযোজী বন্ধন তৈরি করার জন্য বোরন চারটি কক্ষক ($2s, 2p_x, 2p_y$ এবং $2p_z$) ব্যবহার করার ফলে বোরন যৌগগুলোতে তথাকথিত ইলেকট্রন ঘাটতি (electron deficiency) দেখা যায়। এই ইলেকট্রন ঘাটতির জন্যই এরা সহজে ইলেকট্রন জোড় গ্রহণ করতে পারে এবং এজন্যই বোরন ঘটিত যৌগগুলো লুইস অ্যাসিড (Lewis acid) রূপে আচরণ করে। বোরন এর সাথে ডাই হাইড্রোজেনের বিক্রিয়ায় সমযোজী আণবিক যৌগ বোরেন শ্রেণির যৌগ গঠিত হয়। সরলতম বোরেন যৌগটি হল ডাইবোরেন, (B_2H_6)। ডাইবোরেনের গঠনে দুটি বোরন পরমাণুর মধ্যে সেতু বন্ধন-এ আবদ্ধ দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে। এই সেতু বন্ধনগুলোকে ত্রিকেন্দ্রিক-দ্বি-ইলেকট্রন (Three centre two electron) বন্ধন বলে ধরা হয়। অক্সিজেনের সাথে বোরন যে গুরুত্বপূর্ণ যৌগগুলো গঠন করে সেগুলো হল বোরিক অ্যাসিড (boric Acid) এবং বোরাক্স (borax)। বোরিক অ্যাসিড হল $B(OH)_3$ হল একটি দুর্বল এক ক্ষারীয় অ্যাসিড। হাইড্রোক্সিল আয়ন (OH^-) থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করতে পারে বলে এটি লুইস (Lewis) অ্যাসিডরূপে আচরণ করে। বোরাক্স হল $Na_2[B_4O_5(OH)_4] \cdot 8H_2O$ সংকেত বিশিষ্ট একটি সাদা কেলাসাকার কঠিন পদার্থ। সোহাগা গুটি (borax bead) পরীক্ষায় সন্ধিগত (transitional) ধাতুগুলো পরিচায়ক বর্ণ প্রদর্শন করে।

অ্যালুমিনিয়াম +3 জারণ অবস্থা প্রদর্শন করে। গ্রুপের নীচের দিকে অগ্রসর হলে ভারী মৌলগুলোর ক্ষেত্রে +1 জারণ অবস্থা ক্রমশ অধিক স্থায়িত্ব লাভ করে। নিষ্ক্রিয় জোড় প্রভাবের জন্যই এরকম ঘটে।

কার্বন এমন একটি বৈশিষ্ট্যসূচক অধাতু, যেটি যোজক কক্ষের চারটি ইলেকট্রনকেই ($2s^2 2p^2$) ব্যবহার করে সমযোজী বন্ধন তৈরি করতে পারে। কার্বন পরমাণু নিজেদের মধ্যে সমযোজী একবন্ধন (C-C) এবং বহু বন্ধন ($C=C, C \equiv C$) গঠনের মাধ্যমে শৃঙ্খল বা বলয় তৈরিতে ক্যাটিনেশন ধর্ম প্রদর্শন করে। ক্যাটিনেশন ধর্ম প্রদর্শনের ক্ষমতা $C \gg Si > Ge \sim Sn > Pb$ ক্রমে হ্রাস পায়। বহুরূপতা (allotropy) প্রদর্শনকারী মৌলের একটি সেরা উদাহরণ হল কার্বন। কার্বন-এর তিনটি গুরুত্বপূর্ণ রূপভেদ (allotropes) হল হীরক, গ্রাফাইট এবং ফুলারিন। কার্বন পরিবারের সদস্যরা প্রধানত +4 এবং +2 জারণ অবস্থা প্রদর্শন করে। +4 জারণ অবস্থার যৌগগুলো সাধারণত সমযোজী চরিত্রের হয়। ভারী মৌলগুলোর মধ্যে +2 জারণ অবস্থা প্রদর্শনের প্রবণতা ক্রমশ বৃদ্ধি পায়। লেড (Pb)-এর ক্ষেত্রে +2 জারণ অবস্থা যৌগগুলো স্থায়ী প্রকৃতির হলেও +4 জারণ-অবস্থার যৌগগুলো শক্তিশালী জারকদ্রব্য হয়। কার্বন ঋনাত্মক জারণ-অবস্থাও প্রদর্শন করতে পারে। কার্বন CO এবং CO_2 র মতো দুটি গুরুত্বপূর্ণ অক্সাইড গঠন করে। কার্বন মনোঅক্সাইড প্রশম চরিত্রের হলেও CO_2 -এর চরিত্র আম্লিক। কার্বন-মনোঅক্সাইডে কার্বনের মধ্যে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় (lone-pair) থাকায় এটি ধাতব কার্বনিল যৌগ তৈরি করতে পারে। অক্সি-হিমোগ্লোবিন জটিল যৌগটির তুলনায় হিমোগ্লোবিনের সাথে কার্বন মনোঅক্সাইড যে জটিল যৌগটি তৈরি করে, সেটি অধিক স্থায়ী প্রকৃতির বলে কার্বন মনোঅক্সাইড একটি প্রাণনাশক বিষাক্ত পদার্থ। কার্বন ডাইঅক্সাইড অবশ্য এতটা বিষাক্ত নয়। জীবাশ্ম জ্বালানির দহনের কিংবা চূনাপাথরের বিয়োজনের ফলে বায়ুমণ্ডলে CO_2 এর পরিমাণ বৃদ্ধি পেলে গ্রিন-হাউস-প্রভাব (Green-house-effect) বেড়ে যায়। এর ফলে বায়ুমণ্ডলের তাপমাত্রা বেড়ে যায় এবং নানারকম জটিলতার সৃষ্টি হয়। সিলিকা, সিলিকেট এবং সিলিকোন হল সিলিকনের গুরুত্বপূর্ণ কিছু যৌগ যাদের শিল্প এবং প্রযুক্তিতে ব্যাপক ব্যবহার আছে।

অনুশীলনী (Exercise)

- 11.1 জারণ অবস্থা পরিবর্তনের ধরন (Pattern) আলোচনা করো।
(i) B থেকে Tl এবং (ii) C থেকে Pb
- 11.2 $TiCl_3$ থেকে BCl_3 এর অধিক স্থিতিশীলতার কারণ ব্যাখ্যা করো।
- 11.3 বোরন-ট্রাই-ফ্লুরাইড (BF_3) লুইস অ্যাসিডরূপে আচরণ করে কেন?
- 11.4 BCl_3 এবং CCl_4 যৌগ দুটি জলের সাথে কীরূপ আচরণ করবে? তোমার উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও।
- 11.5 বোরিক অ্যাসিড একটি প্রোটিনযুক্ত অ্যাসিড কী? ব্যাখ্যা করো।
- 11.6 বোরিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে কী ঘটে? (সমীকরণসহ) ব্যাখ্যা করো।
- 11.7 BF_3 এবং BH_4^- এর আকৃতি বর্ণনা করো। যৌগ দুটিতে বোরনের সংকরায়ণ (hybridisation) নির্ণয় করো (Assign)।
- 11.8 অ্যালুমিনিয়ামের উভধর্মী (amphoteric) চরিত্র প্রমাণের স্বপক্ষে বিক্রিয়া লিখো।

- 11.9 ইলেকট্রন ঘাটতিযুক্ত (electron deficient) যৌগ কাদের বলা হয়?
 BCl_3 বেং SnCl_4 - এর মধ্যে ইলেকট্রন ঘাটতি দেখা যায় কি? ব্যাখ্যা করো (Explain)।
- 11.10 CO_3^{2-} এবং HCO_3^- আয়ন দুটির রেজোনেন্স গঠনগুলো লিখো।
- 11.11 কার্বনের সংক্রায়িত অবস্থা কীরকম হয়? (a) CO_3^{2-} (b) হীরক (c) গ্রাফাইট
- 11.12 হীরক এবং গ্রাফাইটের গঠনগত পার্থক্যগুলো ব্যাখ্যা করো।
- 11.13 নীচের বস্তুগণুলোর যথার্থতা নির্ণয় করো এবং প্রয়োজনীয় সমীকরণ লিখো:
- লেড (II) ক্লোরাইড Cl_2 -এর সাথে বিক্রিয়ায় PbCl_4 উৎপন্ন করে।
 - লেড (IV) ক্লোরাইড-এর তাপীয় স্থায়িত্ব ভীষণ কম।
 - লেড-এর আয়োডাইড যৌগ PbI_4 এর অস্তিত্ব আছে।
- 11.14 BF_3 (130 pm) এবং BF_4^- (143 pm) যৌগ দুটির B - F বন্ধন দৈর্ঘ্য-এর পার্থক্যের সম্ভাব্য কারণ লেখো।
- 11.15 B- Cl বন্ধনটির দ্বিমেরু-ভ্রামক থাকলেও BCl_3 অণুর দ্বিমেরুভ্রামক শূন্য হয় — কারণ ব্যাখ্যা করো। বা B- Cl বন্ধনটি ধ্রুবীয় হলেও BCl_3 অণুর দ্বিমেরুভ্রামক শূন্য হয় কেন? ব্যাখ্যা করো।
- 11.16 অ্যালুমিনিয়াম-ড্রাই-ফ্লুওরাইড অনার্দ্র HF-এ অদ্রব্য কিন্তু NaF যোগ করলে দ্রবীভূত হয়। এই দ্রবণে গ্যাসীয় BF_3 বৃদ্ধি আকারে প্রবাহিত করলে অ্যালুমিনিয়াম-ড্রাই-ফ্লুওরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় — কারণ দর্শাও।
- 11.17 CO একটি বিষাক্ত গ্যাস — এর স্বপক্ষে একটি যুক্তি দাও।
- 11.18 CO_2 এর অতিরিক্ত পরিমাণকে কীভাবে বিশ্ব উন্মায়নের (global warming) জন্য দায়ী করা যায়?
- 11.19 ডাইবোরেন ও বোরিক অ্যাসিডের গঠন ব্যাখ্যা করো।
- 11.20 কী ঘটে যখন —
- (a) বোরাক্সকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়।
 - (b) জলের মধ্যে বোরিক অ্যাসিড ঢালা হয়।
 - (c) অ্যালুমিনিয়াম ও লঘু NaOH এর মধ্যে বিক্রিয়া ঘটানো হলো।
 - (d) BF_3 এর সাথে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়া ঘটানো হয়।
- 11.21 নীচের বিক্রিয়াগুলো ব্যাখ্যা করো (সমীকরণসহ ব্যাখ্যা করো)
- (a) কপারের উপস্থিতিতে সিলিকনকে উচ্চ তাপমাত্রায় মিথাইল কোরাইডসহ উত্তপ্ত করা হলো।
 - (b) সিলিকন ডাই-অক্সাইড ও হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইডের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটানো হলো।
 - (c) ZnO সহ CO কে উত্তপ্ত করা হল।
 - (d) আর্দ্র (hydrated) অ্যালুমিনা এবং NaOH এর জলীয় দ্রবণের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটানো হল।
- 11.22 কারণ দর্শাও (give reasons) :
- (i) ঘন HNO_3 কে অ্যালুমিনিয়াম পাত্রে রাখা যায়।
 - (ii) অ্যালুমিনিয়াম টুকরো এবং লঘু NaOH এর মিশ্রণ বান্দ্র নদর্মার (drain) মুখ খুলতে ব্যবহার করা হয়।
 - (iii) গ্রাফাইট পিচ্ছিলকারক বস্তুরূপে ব্যবহৃত হয়।
 - (iv) হীরক ক্ষয়কারী ঘর্ষকরূপে ব্যবহৃত হয়।
 - (v) অ্যালুমিনিয়ামের সংকর ধাতু উডোজাহাজের কলেবর (body) তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।
 - (vi) অ্যালুমিনিয়ামের বাসনপত্র সারারাত জলের মধ্যে রাখতে নেই।
 - (vii) অ্যালুমিনিয়াম তার বিদ্যুৎ পরিবহণ-এর কাজে ব্যবহার করা হয়।
- 11.23 কার্বন থেকে সিলিকনের আয়নায়ন এনথ্যালপি মান লক্ষণীয়ভাবে (phenomenal) কম হয় কেন?
- 11.24 অ্যালুমিনিয়াম থেকে গ্যালিয়ামের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ কম হওয়ার কারণ তুমি কীভাবে ব্যাখ্যা করবে?
- 11.25 বৃপভেদ (allotropes) কী? কার্বনের দুটি বৃপভেদ হীরক ও গ্রাফাইটের গঠনচিত্র অঙ্কন করো। বৃপভেদ দুটির গঠন তাদের ভৌতধর্মকে কীভাবে প্রভাবিত (impact) করে?

- 11.26 (a) নীচের অক্সাইডগুলোর কোনগুলো প্রশম, আম্লিক, ক্ষারীয় বা উভধর্মী তা লেখো।
 CO , B_2O_3 , SiO_2 , CO_2 , Al_2O_3 , PbO_2 , Ti_2O_3
 (b) এদের চরিত্র প্রকাশক রাসায়নিক সমীকরণ লেখো।
- 11.27 থ্যালিয়ামের কিছু রাসায়নিক বিক্রিয়া অ্যালুমিনিয়ামের অনুরূপ (resonable) হলেও অন্যান্য বিক্রিয়াগুলো গ্রুপ-1 ধাতুর অনুরূপ (resonable) — বস্তুব্যাটির সমর্থনে কিছু যুক্তি দাও।
- 11.28 ধাতু X এবং সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইডের বিক্রিয়ায় একটি সাদা অধঃক্ষেপ (A) পাওয়া যায়। অধঃক্ষেপটি অতিরিক্ত NaOH -এর মধ্যে দ্রবীভূত হয়ে জটিলযোগ (B) উৎপন্ন করে। 'A' যৌগটি লঘু HCl -এ দ্রবীভূত হয়ে 'C' যৌগ উৎপন্ন করে। 'A' যৌগটিকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে 'D' পাওয়া যায়, যা ধাতু নিষ্কাশনের কাজে ব্যবহৃত হয়। (X), (A), (B), (C) বেং (D) কে শনাক্ত করো। এদের অস্তিত্বের সমর্থনে প্রয়োজনীয় সমীকরণগুলো লেখো।
- 11.29 (a) নিষ্ক্রিয় জোড় প্রভাব (b) বহুরূপতা (C) ক্যাটিনেশন বলতে কী বোঝ ?
- 11.30 কোনো একটি লবণ X, নিম্নলিখিত ফলাফল প্রদর্শন করে—
 (i) এর জলীয় দ্রবণ লিটমাস-এর সাথে ক্ষারীয় ধর্ম প্রদর্শন করে।
 (ii) তীব্রভাবে উত্তপ্তকরণের ফলে এটি স্ফীত (swells) হয় এবং কাচের মতো একটি বস্তু 'Y' তে পরিণত হয়।
 (iii) X-এর উত্তপ্ত দ্রবণের মধ্যে ঘন H_2SO_4 যোগ করলে একটি অ্যাসিড 'Z' উৎপন্ন হয়। উপরের সমস্ত বিক্রিয়াগুলোর সমীকরণ লেখো এবং X, Y এবং Z কে শনাক্ত করো।
- 11.31 নীচের বিক্রিয়াগুলো সম্পূর্ণ করো এবং সমতা বিধান করো —
 i) $\text{BF}_3 + \text{LiH} \rightarrow$
 (ii) $\text{B}_2\text{H}_6 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
 (iii) $\text{NaH} + \text{B}_2\text{H}_6 \rightarrow$
 (iv) $\text{H}_3\text{BO}_3 \xrightarrow{\Delta}$
 (v) $\text{Al} + \text{NaOH} \rightarrow$
 (vi) $\text{B}_2\text{H}_6 + \text{NH}_3 \rightarrow$
- 11.32 CO এবং CO_2 উভয়ের জন্য একটি করে পরীক্ষাগার প্রস্তুতি এবং শিল্প প্রস্তুতি লেখো।
- 11.33 বোরাক্সের জলীয় দ্রবণ হল —
 (a) প্রশম (b) উভধর্মী
 (c) ক্ষারীয় (d) আম্লিক
- 11.34 বোরিক অ্যাসিড পলিমার গঠন করে। কারণ—
 (a) এর আম্লিক চরিত্র (b) এতে হাইড্রোজেন বন্ধনের উপস্থিতি
 (c) এটি একটি এক ক্ষারীয় অ্যাসিড (d) -এর গঠন
- 11.35 ডাইবোরেনের মধ্যে বোরনের সংকরায়িত অবস্থা হল —
 (a) sp (b) sp^2 (c) sp^3 (d) dsp^2
- 11.36 তাপ গতিবিদ্যার দৃষ্টিতে কার্বনের স্থায়ী রূপটি হল —
 (a) হীরক (b) গ্রাফাইট (c) ফুলারিন (d) কয়লা
- 11.37 গ্রুপ -14 এর যৌগগুলো
 (a) শুধুমাত্র +4 জারণ অবস্থা প্রদর্শন করে।
 (b) +2 এবং +4 উভয় জারণ অবস্থা প্রদর্শন করে।
 (c) M^{2-} এবং M^{4+} আয়ন গঠন করে।
 (d) M^{2+} এবং M^{4+} আয়ন গঠন করে
- 11.38 সিলিকোন উৎপাদনের প্রারম্ভিক উপাদান, RSiCl_3 হলে উৎপন্ন যৌগটির গঠন লেখো।

জৈব রসায়নের কিছু মৌলিক নীতি ও কৌশল

ORGANIC CHEMISTRY – SOME BASIC PRINCIPLES AND TECHNIQUES

উদ্দেশ্য :

এই অধ্যায়টি অধ্যয়নের পর, তোমরা সক্ষম হবে,

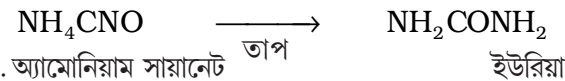
- কার্বনের চতুর্ভুজ্যতার কারণ এবং জৈবযৌগের গঠন আকৃতি বুঝতে।
- বিভিন্ন পদ্ধতিতে জৈব যৌগের গঠন আকৃতি লিখতে।
- জৈবযৌগের শ্রেণিবিভাগ করতে।
- IUPAC পদ্ধতি অনুসারে যৌগের নামকরণ এবং প্রদত্ত নাম থেকে এদের গঠন লিখতে।
- জৈব বিক্রিয়ার ক্রিয়াকৌশল সম্পর্কিত ধারণা বুঝতে।
- জৈব যৌগের গঠন এবং সক্রিয়তার উপর ইলেকট্রন সরণের প্রভাব ব্যাখ্যা করতে।
- জৈব বিক্রিয়ার প্রকারভেদ সনাক্ত করতে।
- জৈব যৌগের বিশুদ্ধিকরণের কৌশলগুলো জানতে।
- জৈবযৌগের গুণগত বিশ্লেষণে ব্যবহৃত রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলো লিখতে।
- জৈবযৌগের পরিমাণগত বিশ্লেষণের নীতিগুলো বুঝতে।

আগের অধ্যায়ে তোমরা শিখেছ যে কার্বন মৌলটির একটি অনন্যধর্ম রয়েছে যাকে ক্যাটিনেশন (catenation) বলে। যার কারণে এটি অন্য কার্বন পরমাণুগুলোর সঙ্গে সমযোজী বন্ধন গঠন করতে পারে। এটি অন্যান্য পরমাণু যেমন হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, সালফার, ফসফরাস এবং হ্যালোজেনের সঙ্গেও সমযোজী বন্ধন গঠন করতে পারে। এই ধরনের যৌগগুলোর অধ্যয়ন রসায়নের একটি ভিন্ন শাখায় করা হয়, যাকে জৈব রসায়ন বলে। এই অধ্যায়ে জৈব যৌগের গঠন এবং ধর্মাবলী বোঝার জন্য কিছু মৌলিক নীতি এবং বিশ্লেষণের কৌশল আলোচনা করা হয়েছে।

12.1 সাধারণ ভূমিকা (GENERAL INTRODUCTION)

পৃথিবীতে প্রাণের অস্তিত্ব টিকিয়ে রাখতে জৈবযৌগের প্রয়োজন। এর অন্তর্গত জটিল অণুগুলো হল বংশগতির বার্তাবহনকারী ডি-অক্সিরাইবোনিউক্লিক অ্যাসিড (DNA) এবং আমাদের রক্ত, পেশি ও ত্বকের প্রধান উপাদান যৌগ প্রোটিন সমূহ। কাপড়, জ্বালানী, পলিমার, রঞ্জক এবং ঔষধের মধ্যেও জৈব যৌগের উপাদান বর্তমান। কিছু গুরুত্বপূর্ণ ক্ষেত্রে এই যৌগগুলোর বেশ প্রয়োগ রয়েছে।

জৈব রসায়ন বিজ্ঞান প্রায় দুইশত বছর পুরানো। প্রায় 1780 সালের কাছাকাছি সময়ে রসায়নবিদগণ উদ্ভিদ এবং প্রাণী থেকে প্রাপ্ত জৈব যৌগ এবং খনিজ উৎস থেকে প্রস্তুত অজৈব যৌগের মধ্যে পার্থক্য করতে শুরু করেছিলেন। সুইডেনের রসায়নবিদ বার্জেলিয়াস প্রস্তাব করেছিলেন যে, প্রাণশক্তি (vital force) জৈব যৌগগুলোর উৎপত্তির জন্য দায়ী। তবে 1828 সালে ভোলার (wohler) অ্যামোনিয়াম সায়ানেট নামক একটি অজৈব যৌগ থেকে ইউরিয়া নামক একটি জৈব যৌগ উৎপন্ন করার ফলে এই ধারণা বাতিল হয়ে যায়।



কোলবের (Kolbe) দ্বারা 1845 সালে অ্যাসিটিক অ্যাসিডের সংশ্লেষণ এবং বার্হেলোট (Berthelot) দ্বারা 1856 সালে মিথেনের সংশ্লেষণে দেখানো হয়েছে যে অজৈব উৎস থেকে পরীক্ষাগারে জৈবযৌগ প্রস্তুত করা যায়। সমযোজী বন্ধনে ইলেকট্রনীয় তত্ত্বের বিকাশের ফলে জৈব রসায়ন আধুনিক রূপ লাভ করে।

12.2 কার্বনের চতুর্যোজ্যতা : জৈবযৌগের আকৃতি (TETRAVALENCE OF CARBON: SHAPES OF ORGANIC COMPOUNDS)

12.2.1 কার্বন যৌগগুলোর আকৃতি সমূহ : (The Shapes of Carbon Compounds)

আণবিক গঠনের মৌলিক ধারণার জ্ঞান জৈব যৌগ সমূহের ধর্মাবলীর ভবিষ্যৎবাণী করতে সাহায্য করে। যোজ্যতার তত্ত্ব এবং আণবিক গঠন তোমরা আগেই চতুর্থ অধ্যায়ে পড়েছ। তোমরা আগে আরও পড়েছ যে কার্বনের চতুর্যোজ্যতা এবং সমযোজী বন্ধনগুলোর গঠন, তার ইলেকট্রন বিন্যাস তথা s এবং p কক্ষকগুলোর সংকরায়ন দ্বারা ব্যাখ্যা করা যায়। তোমাদের হয়তো মনে আছে যে মিথেন (CH_4), ইথিন (C_2H_4), এবং ইথাইন (C_2H_2) অণুগুলোর গঠনাকৃতি যথাক্রমে কার্বন পরমাণুগুলোর sp^3 , sp^2 এবং sp সংকর কক্ষকের ব্যবহারের দ্বারা ব্যাখ্যা করা যায়।

সংকরায়ন জৈবযৌগে উপস্থিত বন্ধন দৈর্ঘ্য এবং বন্ধন এনথালপি এর উপর প্রভাব বিস্তার করে। sp সংকর কক্ষকে s চরিত্র বেশি হওয়ায় এটি নিউক্লিয়াসের নিকটবর্তী হয় এবং sp^3 সংকর কক্ষকের চেয়ে ছোট এবং শক্তিশালী বন্ধন তৈরি করে। sp^2 সংকর কক্ষকের s চরিত্র sp এবং sp^3 এর মধ্যবর্তী হয় এবং এর ফলে বন্ধন দৈর্ঘ্য এবং বন্ধন এনথালপিও এদের মধ্যবর্তী হয়। সংকরায়নের পরিবর্তন কার্বন পরমাণুর তড়িৎ ঋণাত্মকতার উপর প্রভাব বিস্তার করে। সংকর কক্ষকের s চরিত্র বৃদ্ধি পেলে তড়িৎ ঋণাত্মকতা বৃদ্ধি পায়। সুতরাং sp সংকর কক্ষকে আবদ্ধ কার্বন পরমাণুতে 50% s চরিত্র বর্তমান থাকায় এর তড়িৎ ঋণাত্মকতা sp^2 অথবা sp^3 সংকর কক্ষকগুলো অপেক্ষা বেশি হয়। এই আপেক্ষিক তড়িৎ ঋণাত্মকতার প্রভাব অনুর ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্মের উপরেও পড়ে, পরের অধ্যায়ে এই সম্পর্কে তোমরা জানতে পারবে।

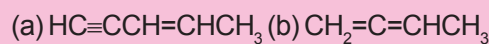
12.2.2 পাই (π) বন্ধনের কিছু বৈশিষ্ট্য (Some Characteristic Features of π Bonds)

পাই (π) বন্ধন গঠনের ক্ষেত্রে, নিকটতম পরমাণুগুলোর দুটি p কক্ষকের পাশাপাশি সমান্তরাল অভিলেপনের প্রয়োজন। এভাবে $H_2C=CH_2$ অণুটির সমস্ত পরমাণুগুলো একই তলে থাকে। p কক্ষকগুলো পরস্পর সমান্তরাল এবং উভয় p কক্ষকগুলো অণুটির তলের উপর লম্বভাবে অবস্থিত। একটি CH_2 পুঞ্জকে অপরটির সাপেক্ষে ঘুরানো হলে, p কক্ষকগুলোর অধিকতম অভিলেপনের

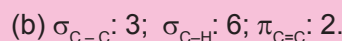
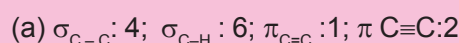
ক্ষেত্রে বাধার সৃষ্টি হয় ফলে কার্বন-কার্বন দ্বি বন্ধনের ($C=C$) এরূপ ঘূর্ণন সীমিত। পাই (π) বন্ধনের ইলেকট্রনের আধানগ্রস্ত মেঘ, বন্ধনে আবদ্ধ পরমাণুগুলোর তলের উপরে এবং নীচে অবস্থিত। এর ফলে আগ্রাসী বিকারক সহজে ইলেকট্রনগুলোকে পেয়ে যায়। সাধারণত, বহুবন্ধন যুক্ত অণু সমূহে পাই (π) বন্ধনগুলো অধিক সক্রিয় অঞ্চল তৈরি করে।

সমস্যা: 12.1

নিম্নলিখিত প্রতিটি অণুতে উপস্থিত σ এবং π বন্ধনের সংখ্যা কত?

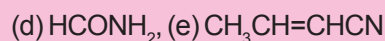
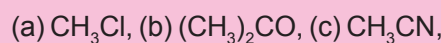


সমাধান:

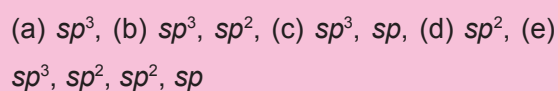


সমস্যা: 12.2

নিম্নলিখিত যৌগগুলোতে প্রতিটি কার্বন পরমাণুর সংকরায়ন কী?

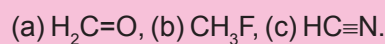


সমাধান :

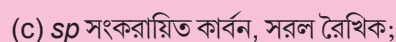
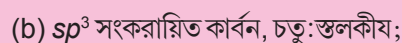


সমস্যা: 12.3

নীচের যৌগগুলোতে প্রতিটি কার্বন পরমাণুর সংকরায়ন লিখো এবং প্রতিটি অণুর আকৃতি লিখো।



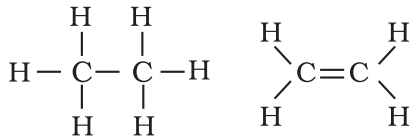
সমাধান :



12.3 জৈব যৌগের গঠন সংকেত (STRUCTURAL REPRESENTATIONS OF ORGANIC COMPOUNDS)

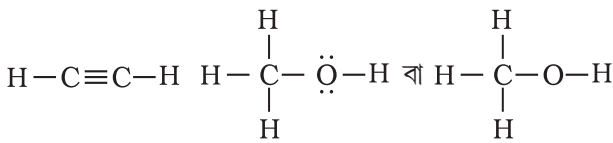
12.3.1 সম্পূর্ণ গঠন সংকেত, সংক্ষিপ্ত গঠন সংকেত এবং বন্ধন রেখা সংকেত (Complete, Condensed and Bond-line Structural Formulas)

জৈব যৌগসমূহের গঠন সংকেত বিভিন্ন ভাবে উপস্থাপন করা যায়। এদের মধ্যে বিশেষ কয়েকটি প্রকার হল লুইসের গঠন সংকেত অথবা ডট গঠন সংকেত, ড্যাশ গঠন সংকেত, সংক্ষিপ্ত গঠন সংকেত এবং বন্ধন রেখা সংকেত। ড্যাশ (-) চিহ্নের মাধ্যমে সমযোজী বন্ধনের দুটি ইলেকট্রনকে প্রকাশ করে লুইস গঠন সংকেতকে কিছুটা সহজে উপস্থাপন করা যায়। এই গঠন সংকেতে বন্ধন সৃষ্টিকারী ইলেকট্রনগুলোর উপর গুরুত্ব দেওয়া হয়। একটি ড্যাশ (-) একটি এক বন্ধন প্রকাশ করে, দুটি ড্যাশ (=) দ্বিবন্ধন প্রকাশে ব্যবহৃত হয় এবং তিনটি ড্যাশ (≡) দ্বারা ত্রিবন্ধনকে প্রকাশ করা হয়। ভিন্ন ধর্মী পরমাণুগুলোর (যেমন অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, সালফার, হ্যালাজেন ইত্যাদি) নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগলগুলো প্রদর্শন করা হয় আবার কিছু ক্ষেত্রে তা প্রদর্শন করা হয় না। সুতরাং ইথেন (C₂H₆), ইথিন (C₂H₄), ইথাইন (C₂H₂) এবং মিথানল (CH₃OH) কে নিম্নলিখিত গঠন সংকেতের দ্বারা প্রকাশ



ইথেন

ইথিন

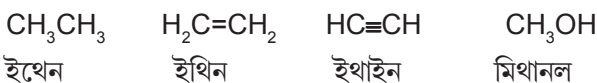


ইথাইন

মিথানল

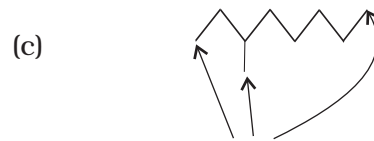
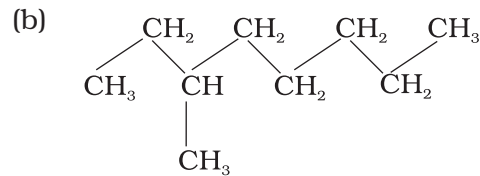
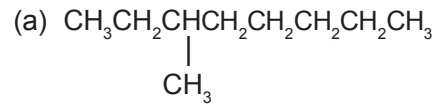
করা যায়। এই ধরনের গঠন সংকেতগুলোকে সম্পূর্ণ গঠন সংকেত বলে।

সমযোজী বন্ধন হিসাবে প্রকাশিত ড্যাশগুলোর কিছু সংখ্যক বা সবকটিকে বাদ দিয়ে এবং একটি পরমাণুতে যুক্ত সমপ্রকার গ্রুপগুলোর সংখ্যা পাদদেশে (subscript) লিখে সংক্ষেপে এই গঠন সংকেতগুলো প্রকাশ করা যায়। যৌগের এরূপ গঠন সংকেতকে সংক্ষিপ্ত গঠন সংকেত বলে। সুতরাং ইথেন, ইথিন, ইথাইন এবং মিথানলকে নিম্নলিখিত ভাবে লেখা যায় :



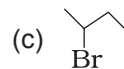
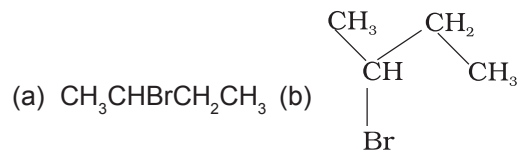
অনুরূপে CH₃CH₂CH₂CH₂CH₂CH₂CH₂CH₃ কে পুনরায় সংক্ষেপে CH₃(CH₂)₆CH₃ দ্বারা প্রকাশ করা যায়। একে আরও সরলীকরণের জন্য জৈব রসায়নবিদগণ, গঠন সংকেত উপস্থাপনের অন্য একটি পদ্ধতি ব্যবহার করেন, যেখানে কেবলমাত্র রেখা ব্যবহৃত হয়। জৈব যৌগের এই বন্ধনরেখা (bond line) সংকেতের মধ্যে কার্বন এবং হাইড্রোজেন পরমাণুগুলোকে দেখানো হয়না এবং কার্বন-কার্বন বন্ধনগুলোকে আঁকাবঁকা রেখার দ্বারা প্রকাশ করা হয়। কেবলমাত্র অক্সিজেন, ক্লোরিন, নাইট্রোজেন ইত্যাদি পরমাণুগুলোকে বিশেষরূপে লেখা হয়। প্রান্তীয় রেখা মিথাইল মূলক (-CH₃) না নির্দেশ করে (যতক্ষণ পর্যন্ত কার্যকরীমূলক দ্বারা প্রদর্শিত হয়)। রেখার সংযোগস্থলগুলোও কার্বণ পরমাণু দ্বারা নির্দেশিত হয়। যেখানে নির্দিষ্ট সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু উক্ত কার্বন পরমাণুতে যুক্ত হয়ে তার যোজ্যতা পূর্ণ করে। কিছু সংখ্যক উদাহরণ নীচে উপস্থাপন করা হল -

(i) 3-মিথাইল অক্টেনকে বিভিন্নরূপে প্রদর্শিত করা যায় -

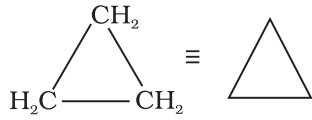


প্রান্তগুলো মিথাইল মূলক নির্দেশ করে।

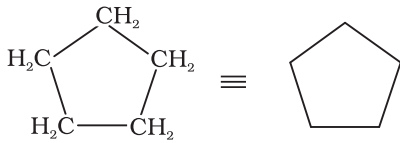
(ii) 2- ব্রোমোবিউটেনকে বিভিন্ন উপায়ে উপস্থাপন করা যায়।



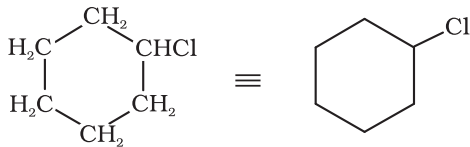
বন্ধশৃঙ্খল যৌগের ক্ষেত্রে বন্ধনরেখা সংকেতগুলো নিম্নলিখিত ভাবে দেখানো যায় -



সাইক্লোপ্রোপেন



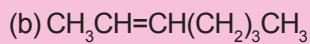
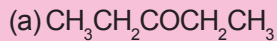
সাইক্লোপেন্টেন



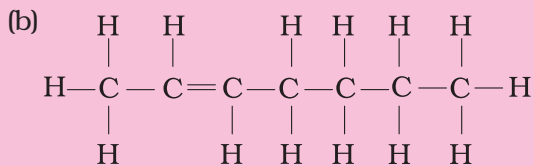
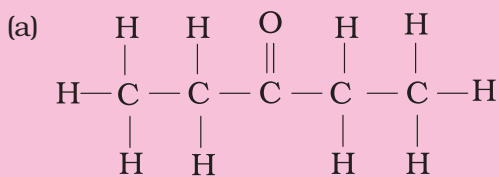
ক্লোরো সাইক্লোহেক্সেন

সমস্যা : 12.4

নিম্নলিখিত প্রতিটির সংক্ষিপ্ত গঠন সংকেতগুলোকে সম্পূর্ণ গঠন সংকেতে প্রকাশ কর।

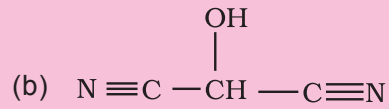
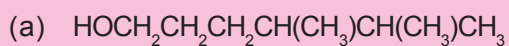


সমাধান :

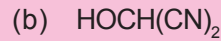
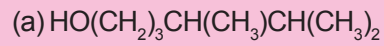


সমস্যা : 12.5

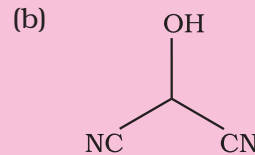
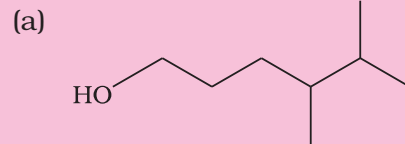
নিম্নলিখিত প্রতিটি যৌগের সংক্ষিপ্ত গঠন সংকেত এবং তাদের বন্ধনরেখা সংকেত লেখো।



সমাধান : সংক্ষিপ্ত গঠন সংকেত

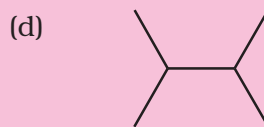
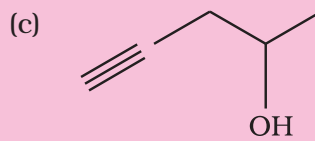
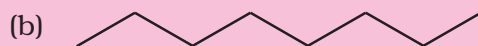


বন্ধনরেখা সংকেত :

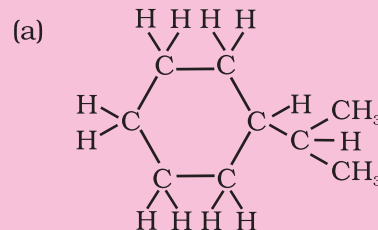


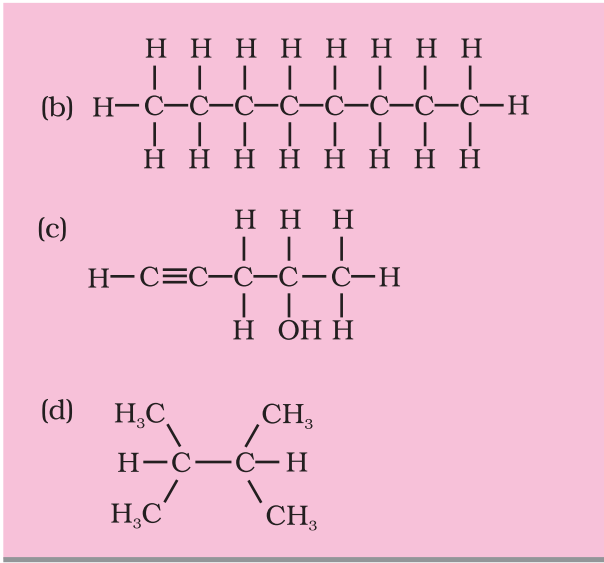
সমস্যা : 12.6

নিম্নলিখিত বন্ধনরেখা সংকেত যুক্ত যৌগগুলোকে হাইড্রোজেন ও সব পরমাণু সহকারে উপস্থাপন করে।



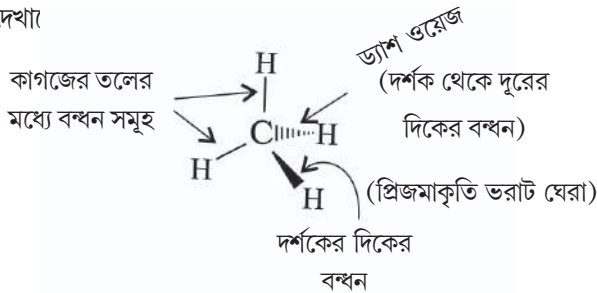
সমাধান :





12.3.2 জৈব অণুর ত্রিমাত্রিক গঠন চিত্রের উপস্থাপন (Three-Dimensional Representation of Organic Molecules)

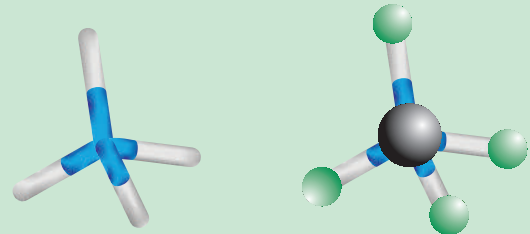
জৈবযৌগের ত্রিমাত্রিক গঠন চিত্র (3-D) কাগজের উপর কিছু নিয়মাবলী অনুসরণ করে উপস্থাপন করা হয়। উদাহরণস্বরূপ, অণুর দ্বিমাত্রিক তলে অঙ্কিত গঠন চিত্রের মধ্যে ত্রিমাত্রিক গঠন চিত্র উপলব্ধি করতে প্রিজমাকৃতি (▴) ভরাট করা রেখা এবং প্রিজমাকৃতির ড্যাশ (⋯⋯⋯) দ্বারা গঠিত রেখা ব্যবহার করা হয়। এই সংকেতগুলোতে কাগজের তলের বাহিরের দিকের বন্ধনগুলোকে নির্দেশ করতে, যা দর্শকের দিকে প্রসারিত তার জন্য প্রিজমাকৃতি ভরাট রেখা (Solid wedge) ব্যবহৃত হয়। ড্যাশ রেখা (dashed wedge) ব্যবহৃত হয় কাগজের তলের বাহিরের দিকের বন্ধনগুলোকে নির্দেশ করতে যা দর্শক থেকে দূরের দিকে প্রসারিত। রেখাগুলো এরূপভাবে প্রদর্শিত হয় যে, এগুলোর চওড়া অংশটি দর্শকের দিকে প্রসারিত থাকে। কাগজের তলে উপস্থিত বন্ধনগুলোকে একটি সাধারণ রেখা (-) দ্বারা প্রদর্শিত করা হয়। মিথেনের 3D গঠন চিত্র কাগজের উপর চিত্র 12.1 এর মধ্যে দেখা



চিত্র 12.1 মিথেনের ওয়েজ এবং ড্যাশ চিত্রের উপস্থাপন

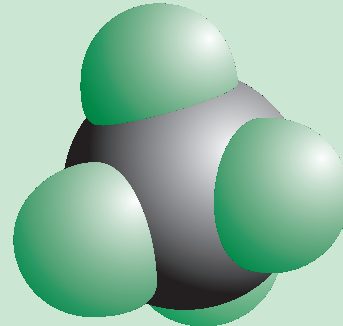
আণবিক মডেল

জৈব অণু সমূহের ত্রিমাত্রিক গঠন, আণবিক মডেলের সহায়তায় ভালভাবে কল্পনা এবং উপলব্ধি করা যায়। ব্যাগিজিকভাবে সহজলভ্য কাঠ, প্লাস্টিক অথবা ধাতুর সাহায্যে এগুলো তৈরি করা যায়। সাধারণত তিন ধরনের আণবিক মডেল করা হয় (ক) কাঠামো মডেল (Framework Model) (খ) বল এবং দণ্ড মডেল (Ball and Stick Model) এবং (গ) স্পেস ফিলিং মডেল (Space filling Model)। কাঠামো মডেলে কেবলমাত্র একটি অণুতে যুক্ত পরমাণুগুলোর বন্ধনগুলো প্রদর্শিত হয়। পরমাণুগুলো প্রদর্শিত হয় না। এই মডেলে একটি অণুর পরমাণুগুলোর আকারকে উপেক্ষা করে এর বন্ধনগুলোর নমুনার উপর জোর দেওয়া হয়। বল এবং দণ্ড মডেলে পরমাণু এবং বন্ধন সমূহ উভয়ই প্রদর্শিত হয়, বলগুলো পরমাণু নির্দেশ করে এবং দণ্ডগুলো বন্ধন নির্দেশ করে। C=C দ্বিবন্ধন যুক্ত যৌগগুলোর (উদাহরণস্বরূপ ইথিন) ক্ষেত্রে দণ্ডের পরিবর্তে স্প্রিং এর সাহায্যে ভালভাবে প্রদর্শন করা যায়। এই মডেলকে বল এবং স্প্রিং মডেলরূপে উল্লেখ করা হয়। স্পেস ফিলিং মডেলে ভেঙার ওয়াল ব্যসার্ধের উপর ভিত্তি করে প্রতিটি পরমাণুর আকারের উপর গুরুত্ব আরোপ করা হয়। এই মডেলে বন্ধনগুলো প্রদর্শিত হয় না, এতে অণুর মধ্যে প্রতিটি পরমাণু যে আয়তন দখল করে তা প্রদর্শিত হয়। এই মডেলগুলো ছাড়াও আণবিক মডেল প্রদর্শনে কম্পিউটার গ্রাফিক্স ব্যবহৃত হয়।



কাঠামো মডেল

বল এবং দণ্ড মডেল

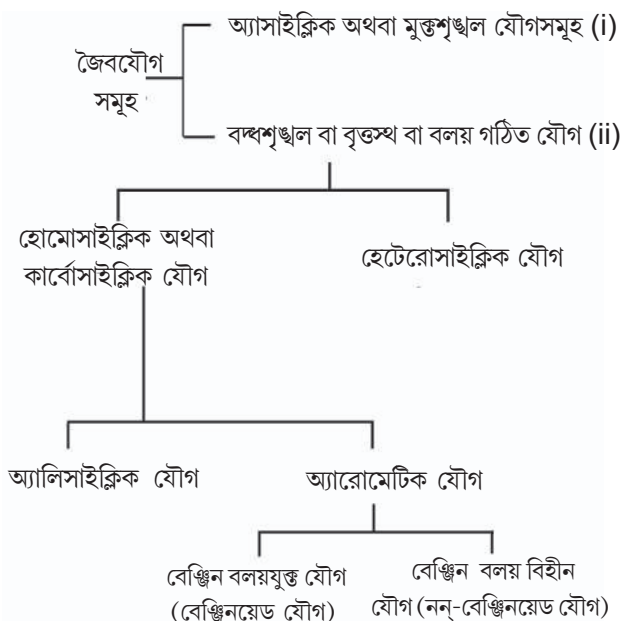


স্পেস ফিলিং মডেল

চিত্র : 12.2

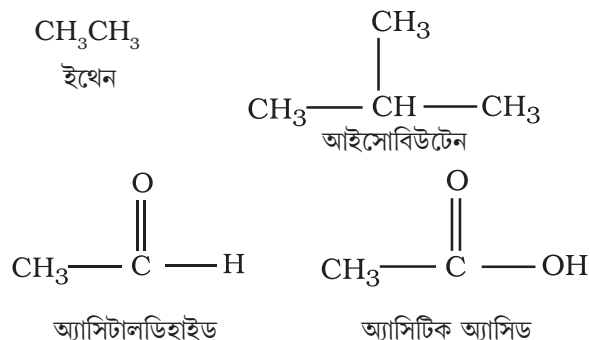
12.4 জৈব যৌগের শ্রেণিবিন্যাস : CLASSIFICATION OF ORGANIC COMPOUNDS

অসংখ্য জৈবযৌগের উপস্থিতি এবং ক্রমাগত এদের সংখ্যা বৃদ্ধি পাবার ফলে, গঠন সংকেতের উপর ভিত্তি করে জৈব যৌগের শ্রেণি বিভাগ প্রয়োজনীয় হয়ে পড়ে। জৈবযৌগ সমূহকে বিস্তৃতভাবে নিম্নলিখিত শ্রেণিতে ভাগ করা যায়।



I. অ্যাসাইক্লিক বা মুক্ত শৃঙ্খলযৌগ সমূহ : (Acyclic or open chain compound)

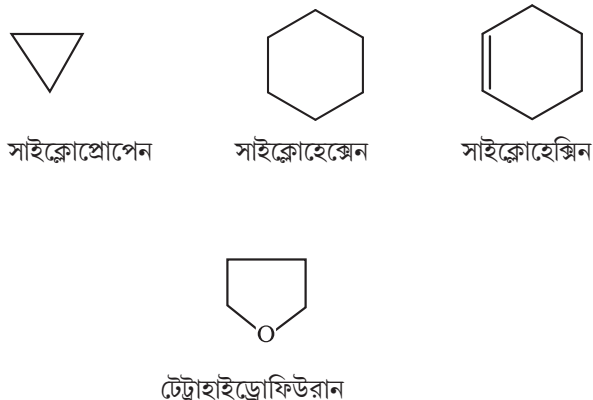
এই সব যৌগগুলোকে অ্যালিফ্যাটিক যৌগও বলে এবং এরা সরল রৈখিক বা শাখা শৃঙ্খল যুক্ত হয়। উদাহরণস্বরূপ -



II অ্যালিসাইক্লিক বা বন্ধ শৃঙ্খল বা বলয় গঠিত যৌগ (Alicyclic or closed chain or ring compounds)

(a) অ্যালিসাইক্লিক বলয় গঠিত যৌগ Alicyclic compounds
অ্যালিসাইক্লিক (বন্ধ শৃঙ্খল অ্যালিফ্যাটিক) যৌগগুলোতে কার্বন পরমাণুগুলো পরস্পর যুক্ত হয়ে বলয় (হোমোসাইক্লিক) গঠন করে। কখনো কখনো কার্বন ছাড়া অন্য পরমাণুও বলয়ে উপস্থিত থেকে

হেটেরোসাইক্লিক যৌগ গঠন করে। কিছু সংখ্যক এরূপ যৌগের উদাহরণ হল -

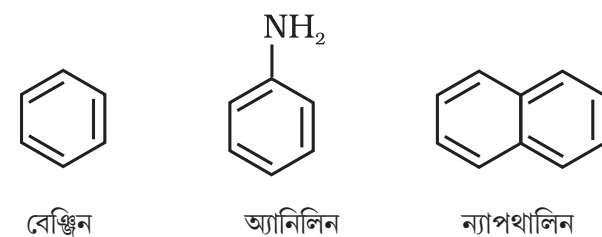


এদের কিছু বৈশিষ্ট অ্যালিফ্যাটিক যৌগের বৈশিষ্টের অনুরূপ।

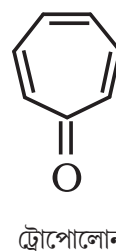
(b) অ্যারোমেটিক যৌগসমূহ (Aromatic compounds):

অ্যারোমেটিক যৌগগুলো এক বিশেষ ধরনের যৌগ। তোমরা এই যৌগগুলো সম্পর্কে বিস্তারিত ভাবে ত্রয়োদশ অধ্যায়ে পড়বে। বেঞ্জিন এবং অন্যান্য সমধর্মী বলয়গঠিত (বেঞ্জিনয়েড) যৌগগুলো এর অন্তর্ভুক্ত। অ্যালিসাইক্লিক যৌগগুলোর মত অ্যারোমেটিক যৌগগুলোর বলয়েও হেটেরোপরমাণু বর্তমান থাকতে পারে। এই সব যৌগগুলোকে হেটেরোসাইক্লিক অ্যারোমেটিক যৌগ বলে। বিভিন্ন প্রকারের অ্যারোমেটিক যৌগের কিছু উদাহরণ হল -

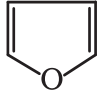
বেঞ্জিন গঠিত অ্যারোমেটিক যৌগ সমূহ :



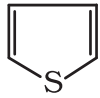
বেঞ্জিন গঠিত নয় এরূপ যৌগ সমূহ :



হেটেরোসাইক্লিক অ্যারোমেটিক যৌগসমূহ : **Heterocyclic aromatic compounds**



ফিউরান



থায়োফিন



পিরিডিন

জৈব যৌগগুলোকে কার্যকরী মূলকের ভিত্তিতে একই গোত্রে বা সমগণীয় শ্রেণিতে শ্রেণিবদ্ধ করা যায়।

12.4.1 কার্যকরীমূলক (Functional Group)

কোন জৈবযৌগে উপস্থিত একটি পরমাণু বা পরমাণুগুচ্ছ যা যৌগটির রাসায়নিক ধর্মের জন্য দায়ী তাকে কার্যকরী মূলক বলে। উদাহরণগুলো হল, হাইড্রোক্সিলমূলক ($-OH$), অ্যালডিহাইডমূলক ($-CHO$) এবং কার্বক্সিলিক অ্যাসিডমূলক ($-COOH$) ইত্যাদি।

12.4.2 সমগণীয় শ্রেণি (Homologous Series):

একটি মূলক বিশিষ্ট বা একই কার্যকরী মূলক বিশিষ্ট জৈবযৌগের একটি শ্রেণি সমগণীয় শ্রেণি গঠন করে এবং এই শ্রেণির প্রতিটি সদস্যকে সমগণ বলে। একটি সমগণীয় শ্রেণির প্রত্যেক সদস্যকে একই সাধারণ আণবিক সংকেত দ্বারা প্রকাশ করা যায় এবং পরপর দুটি সমগণের মধ্যে $-CH_2$ এককের পার্থক্য থাকে। জৈব যৌগের অসংখ্য সমগণীয় শ্রেণি বর্তমান। এদের মধ্যে কয়েকটি হল অ্যালকেন, অ্যালকিন, অ্যালকাইন, হ্যালোঅ্যালকেন, অ্যালকানল, অ্যালকান্যাল, অ্যালকানোন, অ্যালকানোয়িক অ্যাসিড, অ্যামিন ইত্যাদি।

12.5 জৈব যৌগসমূহের নামকরণ (NOMENCLATURE OF ORGANIC COMPOUNDS)

জৈব রসায়নে লক্ষ লক্ষ যৌগ নিয়ে আলোচনা করা হয়। এদের স্পষ্টভাবে সনাক্তকরণের জন্য নামকরণের একটি সুনির্দিষ্ট পদ্ধতি নির্ধারণ করা হয়েছে যাকে IUPAC (International Union of pure and applied chemistry) নামকরণ পদ্ধতি বলা হয়। এই নিয়মানুযায়ী, যৌগের নাম গঠন আকৃতির সঙ্গে এভাবে সম্পর্কযুক্ত যে পাঠক বা শ্রোতা নাম থেকে গঠন আকৃতি বের করতে পারে।

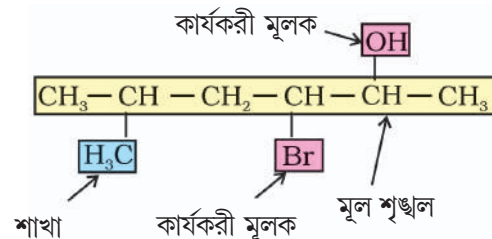
নামকরণের IUPAC সিস্টেমের আগে জৈব যৌগগুলোকে তাদের উৎপত্তি বা নির্দিষ্ট বৈশিষ্ট্যের উপর ভিত্তি করে নাম দেওয়া হত। উদাহরণস্বরূপ, সাইট্রাস ফলে প্রাপ্ত অ্যাসিডকে সাইট্রাস অ্যাসিড নামকরণ করা হয়েছে। যে অ্যাসিডটি লাল পিঁপড়েতে পাওয়া যায় তার নামকরণ করা হয়েছে ফরমিক অ্যাসিড। কারণ ল্যাটিন ভাষায় পিঁপড়েকে ফরমাইকা (formica) বলা হয়। এগুলো হল চিরাচরিত নামকরণ এবং এই নামকরণগুলো গতানুগতিক

বা সাধারণ নামকরণ হিসাবে বিবেচিত হয়, কিছু সাধারণ নাম এমনকি বর্তমানেও অনুসরণ করা হয়। উদাহরণস্বরূপ সাম্প্রতিক কালে আবিষ্কৃত কার্বন পরমাণুর একটি নতুন রূপভেদ C_{60} গুচ্ছ (cluster) যার গঠন আকৃতি জিওডেসিক গুম্বজ (Geodesic domes) এর মত। তার সাধারণ নাম হল বাকমিনিষ্টার ফুলারিন। কারণ বিখ্যাত স্থাপত্যশিল্পী R. Buckminster একে লোকপ্রিয় করেন। অনেক ক্ষেত্রে, সাধারণ নামকরণও প্রয়োজনীয় এবং অপরিহার্য, বিশেষকরে যখন নিয়মানুযায়ী IUPAC নামকরণটি বড় এবং জটিল হয়। কয়েকটি জৈব যৌগের সাধারণ নামকরণ সারণী 12.1-এ দেওয়া হল।

সারণী 12.1- কয়েকটি জৈবযৌগের সাধারণ অথবা গতানুগতিক নামকরণ :

যৌগ	সাধারণ নামকরণ
CH_4	মিথেন
$H_3CCH_2CH_2CH_3$	n-বিউটেন
$(H_3C)_2CHCH_3$	আইসোবিউটেন
$(H_3C)_4C$	নিউপেন্টেন
$H_3CCH_2CH_2OH$	n-প্রোপাইল অ্যালকোহল
HCHO	ফরমালডিহাইড
$(H_3C)_2CO$	অ্যাসিটোন
$CHCl_3$	ক্লোরোফর্ম
CH_3COOH	অ্যাসিটিক অ্যাসিড
C_6H_6	বেঞ্জিন
$C_6H_5OCH_3$	অ্যানিসোল
$C_6H_5NH_2$	অ্যানিলিন
$C_6H_5COCH_3$	অ্যাসিটোফিনোন
$CH_3OCH_2CH_3$	ইথাইল মিথাইল ইথার

12.5.1 নামকরণের IUPAC পদ্ধতি (The IUPAC System of Nomenclature)



পুনরায় উপযুক্ত উপসর্গ (prefixes) এবং প্রত্যয় (suffixes) যোগ করে মূল নামটি পরিবর্তনের মাধ্যমে সঠিক নামটি পাওয়া যায়। কেবলমাত্র কার্বন এবং হাইড্রোজেন গঠিত যৌগগুলোকে

হাইড্রোকার্বন বলে। একটি হাইড্রোকার্বনকে সম্পৃক্ত বলা হয় যদি এতে কার্বন-কার্বন এক বন্ধন উপস্থিত থাকে। এরূপ সমগণীয় শ্রেণির যৌগগুলোর IUPAC নাম হল অ্যালকেন। এই যৌগগুলোর আগেকার নাম প্যারAFFIN (ল্যাটিন ভাষায় কম আসক্তি) ছিল। অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনে অন্ততপক্ষে একটি কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন বা ত্রিবন্ধন থাকে।

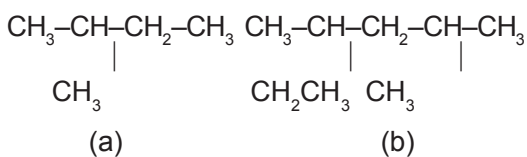
12.5.2 অ্যালকেনের IUPAC নামকরণ (IUPAC Nomenclature of Alkanes) :

সরল রৈখিক শৃঙ্খল বিশিষ্ট হাইড্রোকার্বন সমূহ (**Straight chain hydrocarbons**) : এরূপ যৌগগুলোর নামকরণ, তাদের শৃঙ্খল গঠন আকৃতির উপর ভিত্তি করে করা হয় এবং শেষের অংশটির জন্য প্রত্যয় 'এন' এবং শৃঙ্খলের মধ্যে উপস্থিত কার্বন পরমাণুর সংখ্যাটি নির্দেশের জন্য একটি উপসর্গ ব্যবহৃত হয়। (ব্যতিক্রমে CH₄ থেকে C₄H₁₀ এর ক্ষেত্রে এদের উপসর্গগুলো গতানুগতিক নাম থেকে পাওয়া যায়।) কয়েকটি সরলরৈখিক সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের IUPAC নামকরণ সারণি 12.2 তে দেওয়া হল। সারণি 12.2তে প্রদত্ত অ্যালকেনগুলোর শৃঙ্খলে পরস্পরের মধ্যে কেবলমাত্র 'CH₂' মূলকের পার্থক্য থাকে। এরা অ্যালকেন শ্রেণির সমগণ।

সারণি 12.2 কয়েকটি শাখাবিহীন সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের IUPAC নামকরণ :

নাম	আণবিক সংকেত	নাম	আণবিক সংকেত
মিথেন	CH ₄	হেপ্টেন	C ₇ H ₁₆
ইথেন	C ₂ H ₆	অক্টেন	C ₈ H ₁₈
প্রোপেন	C ₃ H ₈	নোনেন	C ₉ H ₂₀
বিউটেন	C ₄ H ₁₀	ডেকেন	C ₁₀ H ₂₂
পেন্টেন	C ₅ H ₁₂	আইসোসেন	C ₂₀ H ₄₂
হেক্সেন	C ₆ H ₁₄	ট্রাইএকাওক্টেন	C ₃₀ H ₆₂

শাখা শৃঙ্খল বিশিষ্ট হাইড্রোকার্বন সমূহ (**Branched chain hydrocarbons**) : শাখা শৃঙ্খল বিশিষ্ট যৌগের মধ্যে কার্বন পরমাণুগুলোর ছোট শৃঙ্খল সমূহ মূল শৃঙ্খলের এক বা একাধিক কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত থাকে। ছোটো কার্বন শাখা শৃঙ্খলগুলোকে বলা হয় অ্যালকিল মূলক (Alkyl group)। উদাহরণস্বরূপ :

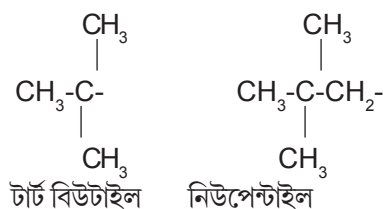
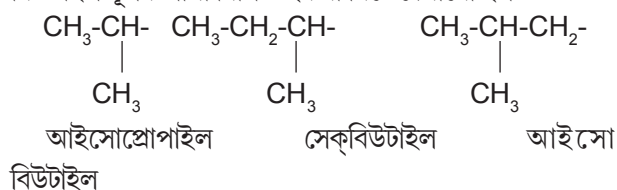


এরূপ যৌগগুলোর নামকরণের সময়, অ্যালকিল মূলক সমূহের নাম উপসর্গ হিসাবে মূল অ্যালকেনের সাথে যুক্ত করা হয়। একটি সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনের কার্বন পরমাণু থেকে একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অপসারণের মাধ্যমে অ্যালকিল মূলক পাওয়া যায়। এভাবে CH₄ থেকে -CH₃ মূলক পাওয়া যায় এবং একে মিথাইল মূলক বলে। অনুরূপ অ্যালকেনের এনকে (ane) আইল (yl) দ্বারা প্রতিস্থাপিত করে অ্যালকিল মূলকগুলোর নামকরণ করা হয়। কিছু অ্যালকিল মূলক সমূহের নামের তালিকা সারণি 12.3 তে দেওয়া হল।

কিছু সংখ্যক অ্যালকিল মূলককে সংক্ষেপে প্রকাশ করা হয়। **সারণি 12.3 কয়েকটি অ্যালকিল মূলক সমূহ**

অ্যালকেন		অ্যালকিলমূলক	
আণবিক সংকেত	অ্যালকেনের নাম	গঠন সংকেত	অ্যালকিল মূলকের নাম
CH ₄	মিথেন	-CH ₃	মিথাইল
C ₂ H ₆	ইথেন	-CH ₂ CH ₃	ইথাইল
C ₃ H ₈	প্রোপেন	-CH ₂ CH ₂ CH ₃	প্রোপাইল
C ₄ H ₁₀	বিউটেন	-CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃	বিউটাইল
C ₁₀ H ₂₂	ডেকেন	-CH ₂ (CH ₂) ₈ CH ₃	ডেসাইল

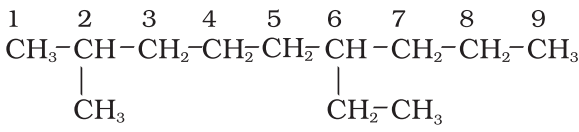
উদাহরণস্বরূপ, মিথাইলের সংক্ষিপ্ত রূপটি হল Me, ইথাইলের জন্য Et, প্রোপাইলের জন্য Pr এবং বিউটাইলের রূপটি হল Bu, অ্যালকিল মূলক সমূহ শাখাবিশিষ্টও হতে পারে। প্রোপাইল এবং বিউটাইল মূলক শাখা বিশিষ্ট হয় যা নিচে দেখানো হল-



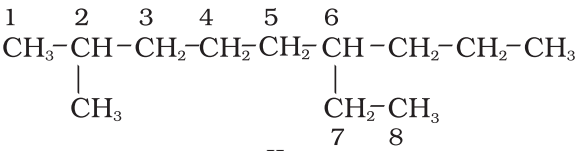
সাধারণ শাখাবিশিষ্ট মূলকগুলোর নির্দিষ্ট গতানুগতিক নাম রয়েছে। উদাহরণস্বরূপ প্রোপাইল মূলক, n-প্রোপাইল এবং আইসোপ্রোপাইল এই দুই ধরনের হয়। শাখাযুক্ত বিউটাইল মূলককে বলা হয় সেক্বিউটাইল, আইসোবিউটাইল এবং টার্ট বিউটাইল মূলক। তোমরা -CH₂C(CH₃)₂ মূলকটির গঠন একক দেখেছ, একে নিউপেন্টাইল মূলক বলে।

শাখা শৃঙ্খল অ্যালকেন সমূহের নামকরণ (**Nomenclature of branched chain alkanes**) : আমরা অসংখ্য শাখাশৃঙ্খল যুক্ত অ্যালকেনের সম্মুখীন হই। এই সকল যৌগগুলোর নামকরণের নিয়মাবলীগুলো নিম্নরূপ :

1. প্রথমত যৌগ মধ্যস্থ দীর্ঘতম কার্বন শৃঙ্খলটিকে সনাক্ত করা হয়। নীচের (I) নং উদাহরণটিতে দীর্ঘতম কার্বন শৃঙ্খলটিতে নয়টি কার্বন পরমাণু বর্তমান এবং একে মূল শৃঙ্খল হিসাবে গণ্য করা হয়। 2নং চিত্রে যে কার্বন শৃঙ্খলটি মূল শৃঙ্খল হিসেবে দেখানো হয়েছে সেটি সঠিক নয় কারণ এতে আটটি কার্বন পরমাণু বর্তমান।

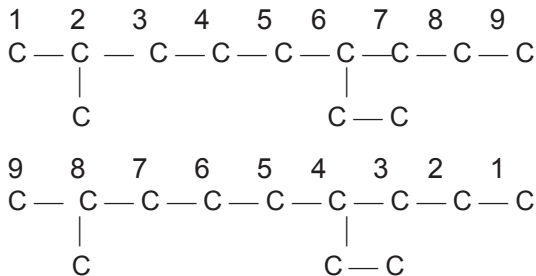


I



II

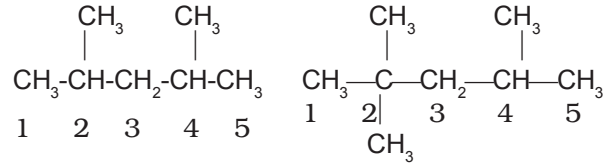
2. মূল অ্যালকেনটিকে চিহ্নিত করতে হলে মূল শৃঙ্খলের কার্বন পরমাণুগুলোকে নাম্বারিং করতে হয় এবং অ্যালকিলমূলক দ্বারা হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপনের ফলে উৎপন্ন শাখা যুক্ত কার্বন পরমাণুগুলোর অবস্থান নির্দেশ করতে হয়। মূল শৃঙ্খলটির নাম্বারিং এরূপ ভাবে করা হয় যে শাখা যুক্ত কার্বন পরমাণুগুলো সর্বনিম্ন সংখ্যা দ্বারা প্রকাশ পায়। তাই উপরের উদাহরণটিতে নাম্বারিং বাদিক থেকে ডানদিকে হয় (শাখাগুলো 2 নং এবং 6 নং কার্বন পরমাণুতে যুক্ত) কিন্তু কখনো ডানদিক থেকে বা দিকে হয় না (শাখাগুলো 4 নং এবং 8 নং কার্বন পরমাণুতে যুক্ত)



3. শাখা হিসাবে যুক্ত অ্যালকিল মূলকগুলোর নাম মূল অ্যালকেনের উপসর্গ রূপে প্রকাশ করা হয় এবং মূলকগুলোর অবস্থান নির্দিষ্ট সংখ্যা দ্বারা নির্দেশ করা হয়। যদি ভিন্ন রকমের অ্যালকিলমূলক উপস্থিত থাকে তবে তাদের

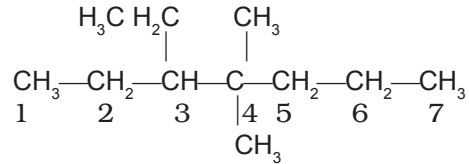
বর্ণমালার ক্রম অনুসারে তালিকাভুক্ত করা হয়। তাই উপরে প্রদর্শিত যৌগটির নাম হল 6-ইথাইল-2-মিথাইল ননেন (বি:দ্র: মূলক থেকে সংখ্যাকে হাইপেন (-) দ্বারা আলাদা করা হয় এবং মিথাইল ও ননেনকে এক সাথে লেখা হয়।)

4. যদি দুই বা ততোধিক একই ধরনের প্রতিস্থাপিত মূলক উপস্থিত থাকে তখন তাদের অবস্থানের সংখ্যাকে কমা (,) দ্বারা পৃথক করা হয়। একই ধরনের প্রতিস্থাপিত মূলকের নাম পুনরাবৃত্তি হয় না। তার পরিবর্তে ডাই (দুইটির জন্য), ট্রাই (তিনটির জন্য), ট্রেটা (চারটির জন্য), পেন্টা (পাঁচটির জন্য), হেক্সা (ছয়টির জন্য) ইত্যাদি ব্যবহৃত হয়। বর্ণমালার ক্রমে প্রতিস্থাপনকারীমূলকের নাম লেখার সময় এইসকল উপসর্গগুলো বিবেচনা করা হয় না। তাই নিম্নলিখিত যৌগগুলো এইভাবে নামকরণ করা হয়।



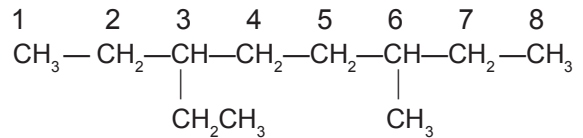
2,4-ডাইমিথাইল পেন্টেন

2,2,4-ট্রাইমিথাইল পেন্টেন

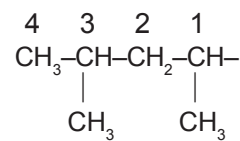


3-ইথাইল-4, 4-ডাইমিথাইল হেপ্টেন

5. যদি দুটি প্রতিস্থাপনকারীমূলক সমতুল্য অবস্থানে থাকে তবে বর্ণমালার ক্রমের তালিকায় যে মূলকটি আগে আসে তাকে সর্বনিম্ন সংখ্যা দ্বারা প্রকাশ করা হয়। তাই নিচের যৌগটির নাম হল 3-ইথাইল-6-মিথাইল অক্টেন এবং 6-ইথাইল-3-মিথাইল অক্টেন নয়।



6. শাখাশৃঙ্খল যুক্ত অ্যালকিলমূলকগুলোর নামকরণের সময়ও উপরোক্ত নিয়মাবলী অনুসরণ করা হয়। এক্ষেত্রে মূল অ্যালকেনের সাথে যুক্ত শাখার কার্বন পরমাণুটিকে 1নং ধরা হয় যা উদাহরণস্বরূপ নিচে দেওয়া হল।



1,3-ডাইমিথাইল বিউটাইল

জৈবযৌগের রাসায়নিক সক্রিয়তার স্থান নির্দেশ করে। একই কার্যকরীমূলক যুক্ত যৌগগুলো একই ধরনের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। উদাহরণস্বরূপ CH_3OH , $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, এবং $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$ সমস্ত যৌগগুলোতে $-\text{OH}$ কার্যকরীমূলক বর্তমান এবং সোডিয়াম ধাতুর সাথে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন নির্গত করে। কার্যকরী মূলকের উপস্থিতির জন্য জৈবযৌগ গুলোকে ক্রমানুসারে বিভিন্ন শ্রেণিতে বিভক্ত করা যায়। উপসর্গ ও প্রত্যয়সহ কিছু সংখ্যক কার্যকরী মূলকের উদাহরণ সারণী 12.4তে দেওয়া হল যেগুলো জৈবযৌগে উপস্থিত থাকে।

প্রথমত অণুতে উপস্থিত কার্যকরী মূলকটি সনাক্ত করা হয় যাতে উপযুক্ত প্রত্যয়টি নির্ণয় করা যায়। কার্যকরীমূলক বিশিষ্ট কার্বন পরমাণুগুলোর দীর্ঘতম শৃঙ্খলের নামস্বরূপ এবং এরূপভাবে করা হয় যে কার্যকরী মূলক যে কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত থাকে তাকে সম্ভাব্য ক্ষুদ্রতম সংখ্যার দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। সারণী 12.4 প্রদত্ত প্রত্যয়গুলো ব্যবহার করে যৌগের নামকরণ করা হয়।

বহু কার্যকরী মূলক যুক্ত যৌগগুলোর ক্ষেত্রে একটি কার্যকরী মূলককে মুখ্য কার্যকরী মূলক রূপে বাছাই করা হয় এবং এর উপর ভিত্তি করে যৌগটির নামকরণ করা হয়। অবশিষ্ট কার্যকরী মূলক সমূহ যারা গৌণ মূলক, তাদের উপযুক্ত উপসর্গ ব্যবহার করে প্রতিস্থাপক হিসাবে নামকরণ করা হয়। প্রাধান্যের ক্রমের উপর ভিত্তি করে মুখ্য কার্যকরীমূলক বাছাই করা হয় কিছু কার্যকরী মূলক সমূহের ক্রমহ্রাসমান প্রাধান্যের ক্রম হল-

$-\text{COOH}$, $-\text{SO}_3\text{H}$, $-\text{COOR}$ (R =অ্যালকিলমূলক), $-\text{COCl}$, $-\text{CONH}_2$, $-\text{CN}$, $-\text{HC}=\text{O}$, $>\text{C}=\text{O}$, $-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$, $>\text{C}=\text{C}<$, $-\text{C}\equiv\text{C}-$, $-\text{R}$, C_6H_5- , হ্যালাজেন (F , Cl , Br , I), $-\text{NO}_2$, অ্যালকোক্সি ($-\text{OR}$) ইত্যাদি মূলকগুলো সর্বদা উপসর্গ প্রতিস্থাপক। তাই একটি যৌগে অ্যালকোহল এবং কিটো মূলক উভয়ে উপস্থিত থাকলে তার নাম হয় হাইড্রোক্সিঅ্যালকানোন কারণ কিটো মূলকটির প্রাধান্য হাইড্রোক্সিলমূলক অপেক্ষা বেশি।

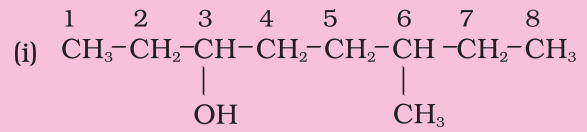
উদাহরণস্বরূপ, $\text{HOCH}_2(\text{CH}_2)_3\text{CH}_2\text{COCH}_3$ এর নাম হল 7- হাইড্রোক্সি হেক্টান- 2- ওন এবং 2 - অক্সোহেক্টান -7-অল নয়। অনুরূপে $\text{BrCH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ এর নাম হল 3- ব্রোমো প্রোপ-1-ইন কিন্তু 1-ব্রোমোপ্রোপ-2-ইন নয়।

যদি একই ধরনের একের অধিক কার্যকরীমূলক উপস্থিত থাকে তবে তাদের সংখ্যাকে ডাই, ট্রাই, ট্রেটা ইত্যাদি দ্বারা শ্রেণি প্রত্যয়ের আগে লেখা হয়। এই ক্ষেত্রে মূল অ্যালকেনটির সম্পূর্ণ নাম শ্রেণি প্রত্যয়ের আগে লেখা হয়। উদাহরণস্বরূপ

$\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}_2(\text{OH})$ এর নাম হল ইথেন-1,2-ডাই অল। কিন্তু একের অধিক দ্বিবন্ধন বা ত্রিবন্ধন যুক্ত যৌগের ক্ষেত্রে মূল অ্যালকেনটির নামের এন বাদ দিয়ে এদের নামকরণ করা হয়। উদাহরণস্বরূপ $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ এর নামটি হল বিউটা-1,3-ডাই ইন।

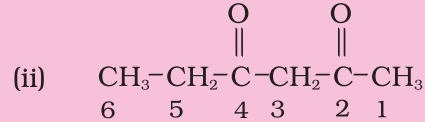
সমস্যা : 12.8

নিম্নলিখিত i-iv যৌগগুলোর প্রদত্ত গঠন আকৃতিগুলো থেকে তাদের IUPAC নামকরণ লেখো।



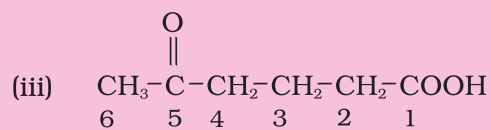
সমাধান :

- কার্যকরীমূলক হিসাবে অ্যালকোহল (OH) উপস্থিত। সুতরাং প্রত্যয়টি হল 'অল'।
- $-\text{OH}$ যুক্ত দীর্ঘতম কার্বন শৃঙ্খলটিতে আটটি কার্বন পরমাণু উপস্থিত। তাই সম্পৃক্ত মূল হাইড্রোকার্বনটি হল অক্টেন।
- $-\text{OH}$ মূলকটি 3নং কার্বনে যুক্ত। তাছাড়া একটি মিথাইল মূলক 6নং কার্বনে যুক্ত। সুতরাং যৌগটির পঞ্চতিগত নামটি হল 6-মিথাইল অক্টান -3-অল।




সমাধান :

কার্যকরী মূলক হিসাবে কিটোন ($>\text{C}=\text{O}$), উপস্থিত। সুতরাং প্রত্যয়টি হল 'ওন'। উপস্থিত দুটি কিটো মূলককে ডাই দ্বারা নির্দেশ করা হয়। তাই প্রত্যয়টি হবে 'ডাইওন' দুটি কিটোমূলক 2নং এবং 4নং কার্বনে উপস্থিত। দীর্ঘতম কার্বন শৃঙ্খলে 6টি কার্বন পরমাণু আছে। সুতরাং মূল হাইড্রোকার্বনটি হল হেক্সেন। তাই যৌগটির পঞ্চতিগত নামটি হল হেক্সেন-2,4-ডাইওন।

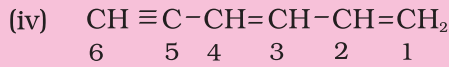


সারণি 12.4 কিছু কার্যকরীমূলক সমূহ এবং জৈবযৌগের শ্রেণিসমূহ :

জৈবযৌগের শ্রেণি	কার্যকরী মূলকের গঠন	IUPAC মূলক উপসর্গ (prefix)	IUPAC মূলক প্রত্যয় (suffix)	উদাহরণ
অ্যালকেন	-	—	এন	বিউটেন $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$
অ্যালকিন	$>\text{C}=\text{C}<$	—	ইন	বিউট-1-ইন $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$
অ্যালকাইন	$-\text{C}\equiv\text{C}-$	—	আইন	বিউট-1-আইন $\text{CH}\equiv\text{CCH}_2\text{CH}_3$
অ্যারিন	-	—	—	বেঞ্জিন 
হ্যালাইড	-X (X=F, Cl, Br, I)	হ্যালো	—	1- ব্রোমোবিউটেন $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_2\text{Br}$
অ্যালকোহল	-OH	হাইড্রোক্সি	অল	বিউটান-2-অল $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHOHCH}_3$
অ্যালডিহাইড	-CHO	ফর্মাইল	অ্যাল	বিউটান্যাল $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CHO}$
কিটোন	$>\text{C}=\text{O}$	অক্সো	ওন	বিউটান-2-ওন $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCH}_3$
নাইট্রাইল	$-\text{C}\equiv\text{N}$	সায়ানো	নাইট্রাইল	পেন্টেন নাইট্রাইল $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CN}$
ইথার	-R-O-R-	অ্যালকক্সি	—	ইথক্সি ইথেন $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$
কার্বক্সিলিক অ্যাসিড	-COOH	কার্বক্সি	ওয়িক অ্যাসিড	বিউটানোয়িক অ্যাসিড $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CO}_2\text{H}$
কার্বক্সিলেট আয়ন	$-\text{COO}^-$	—	ওয়েট	সোডিয়াম বিউটানোয়েট $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CO}_2^- \text{Na}^+$
এস্টার	-COOR	অ্যালকোক্সি কার্বন্যাল	ওয়েট	মিথাইল প্রোপানোয়েট $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOCH}_3$
অ্যাসিড হ্যালাইড	-COX (X=F, Cl, Br, I)	হ্যালো কার্বন্যাল	ওয়িক হ্যালাইড	বিউটানোয়িক ক্লোরাইড $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COCl}$
অ্যামিন	$-\text{NH}_2$, $>\text{NH}$, $>\text{N}-$	অ্যামিনো	অ্যামিন	বিউটান-2-অ্যামিন $\text{CH}_3\text{CHNH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
অ্যামাইড	$-\text{CONH}_2$, $-\text{CONHR}$, $-\text{CONR}_2$	কার্বামোয়িক	অ্যামাইড	বিউটান্যামাইড $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CONH}_2$
নাইট্রো যৌগ	$-\text{NO}_2$	নাইট্রো	—	1-নাইট্রোবিউটেন $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{NO}_2$
সালফোনিক অ্যাসিড	$-\text{SO}_3\text{H}$	সালফো	সালফোনিক অ্যাসিড	মিথাইল সালফোনিক অ্যাসিড $\text{CH}_3\text{SO}_3\text{H}$

সমাধান :

এই যৌগে কিটোন এবং কার্বক্সিলিক অ্যাসিড এই দুটি কার্যকরী মূলক উপস্থিত। মুখ্য কার্যকরী মূলকটি হল কার্বক্সিলিক মূলক। তাই মূল শৃঙ্খলের প্রত্যয়টি হবে 'ওয়িক অ্যাসিড'। শৃঙ্খলের নামাঙ্কিং করা হয় — COOH কার্যকরী মূলকটির কার্বন পরমাণু থেকে। কিটো মূলকটি শৃঙ্খলের 5নং কার্বনে উপস্থিত থাকে 'অক্সো' দ্বারা নির্দেশিত হয়। মুখ্য কার্যকরী মূলকযুক্ত দীর্ঘতম কার্বন শৃঙ্খলে 6টি কার্বন পরমাণু বর্তমান। তাই মূল হাইড্রোক্যার্বনটির নাম হেক্সেন। সুতরাং যৌগটির নাম 5- অক্সোহেক্সানোয়িক অ্যাসিড।

**সমাধান :**

দুটি C=C কার্যকরী মূলক 1নং এবং 3নং কার্বন পরমাণুতে উপস্থিত এবং C≡C কার্যকরীমূলক 5নং কার্বনে উপস্থিত। এই মূলকগুলোকে যথাক্রমে ডাই এবং আইন দ্বারা নির্দেশিত হয়। মুখ্য কার্যকরী মূলক যুক্ত দীর্ঘতম কার্বন শৃঙ্খলে 6টি কার্বন পরমাণু বর্তমান। তাই মূল হাইড্রোক্যার্বনটির নাম হেক্সেন। সুতরাং যৌগটির নাম হেক্সা-1, 3-ডাইইন-5-আইন।

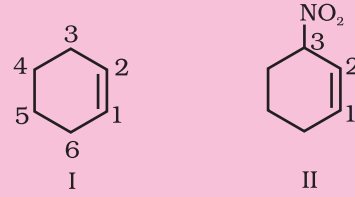
সমাধান- 12.9

নিম্নলিখিত যৌগগুলোর গঠন সংকেত লেখো (i) 2-ক্লোরোহেক্সেন, (ii) পেন্ট-4-ইন-2-অল, (iii) 3-নাইট্রো সাইক্লোহেক্সেন, (iv) সাইক্লো হেক্স-2-ইন-1-অল, (v) 6-হাইড্রোক্সি হেপ্টান্যাল।

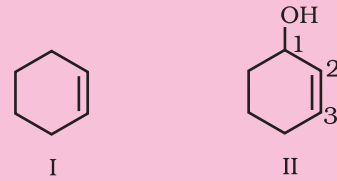
সমাধান : (i) হেক্সেন নির্দেশ করে কার্বন শৃঙ্খলে 6টি কার্বন পরমাণু উপস্থিত। ক্লোরো কার্যকরী মূলকটি 2নং কার্বন পরমাণুতে অবস্থিত। সুতরাং যৌগটির গঠন সংকেত হল $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{Cl})\text{CH}_3$ ।

(ii) 'পেন্ট' নির্দেশ করে মূল হাইড্রোক্যার্বন শৃঙ্খলটিতে 5নং কার্বন পরমাণু উপস্থিত। 'ইন' এবং 'অল' যথাক্রমে C=C এবং -OH কার্যকরী মূলক নির্দেশ করে যা 4 নং এবং 2নং কার্বন পরমাণুতে উপস্থিত। সুতরাং গঠন সংকেতটি হল $\text{CH}_3 = \text{CHCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$ ।

(iii) কার্বন কার্বন দ্বিবন্ধন যুক্ত ছয় সদস্য বিশিষ্ট বলয় সাইক্লোহেক্সিন নামে পরিচিত যা চিত্র (I) এ দেখানো হল। উপসর্গ 3-নাইট্রো বলতে বোঝায় নাইট্রো মূলকটি 3নং কার্বন পরমাণুতে যুক্ত। তাই যৌগটির সম্পূর্ণ গঠন সংকেত চিত্র (II)তে প্রদর্শিত হল। দ্বিবন্ধনটি কার্যকরী মূলকের প্রত্যয় এবং নাইট্রোমূলক কার্যকরী মূলকের উপসর্গ। সুতরাং নাইট্রোমূলক থেকে দ্বিবন্ধনের প্রাধান্য অধিক।



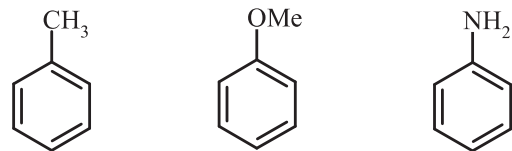
(iv) 1-অল হলো একটি -OH মূলক 1নং কার্বনে উপস্থিত, OH মূলকের প্রাধান্য C=C মূলকের থেকে বেশি ফলে OH কার্যকরী মূলকটি প্রত্যয় হিসেবে ব্যবহৃত হয়। যৌগটির গঠন সংকেত , চিত্র (II)তে প্রদর্শিত করা হল -



(v) হেপ্টান্যাল নির্দেশ করে যে অ্যালডিহাইড মূলক যুক্ত মূল কার্বন শৃঙ্খলে 7টি কার্বন পরমাণু উপস্থিত। 6-হাইড্রোক্সি নির্দেশ করে যে -OH মূলকটি 6নং কার্বন পরমাণুতে উপস্থিত। সুতরাং যৌগটির গঠন সংকেত $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHO}$ । কার্বন শৃঙ্খলের নামাঙ্কিং এর সময় -CHO মূলকের কার্বন পরমাণুটিকেও ধরা হয়।

12.5.4 প্রতিস্থাপিত বেঞ্জিন যৌগের নামকরণ**(Nomenclature of Substituted Benzene Compounds)**

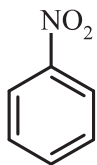
প্রতিস্থাপিত বেঞ্জিন যৌগের নামকরণের ক্ষেত্রে প্রতিস্থাপকের নাম বেঞ্জিন শব্দটির উপসর্গ বা উপপদ হিসাবে স্থাপন করা হয় যা নিচের প্রদত্ত উদাহরণে দেখানো হলো। যদিও প্রতিস্থাপিত বেঞ্জিন যৌগমূহের সাধারণ নাম (নিচে বন্ধনীতে লেখা আছে) সার্বজনীন ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।



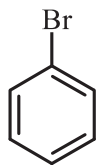
মিথাইল বেঞ্জিন
(টলুইন)

মিথোক্সি বেঞ্জিন
(অ্যানিসোল)

অ্যামাইনো বেঞ্জিন
(অ্যানিলিন)

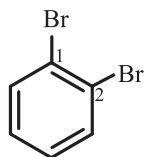


নাইট্রোবেঞ্জিন

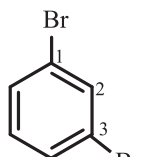


ব্রোমোবেঞ্জিন

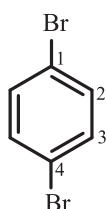
যদি বেঞ্জিন বলয়টি দ্বি প্রতিস্থাপিত হয়, তবে বলয়ের মধ্যে কার্বন পরমাণুতে যুক্ত প্রতিস্থাপকগুলোকে এরূপভাবে চিহ্নিত করা হয় যে প্রতিস্থাপকগুলো সর্বনিম্ন সংখ্যা দ্বারা প্রকাশ পায়। উদাহরণস্বরূপ (b) যৌগটির নাম 1, 3-ডাই ব্রোমো বেঞ্জিন কিন্তু 1, 5-ডাই ব্রোমো বেঞ্জিন নয়।



(a)
1,2-ডাই ব্রোমো
বেঞ্জিন



(b)
1,3-ডাই ব্রোমো
বেঞ্জিন

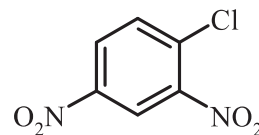


(c)
1,4-ডাই ব্রোমো
বেঞ্জিন

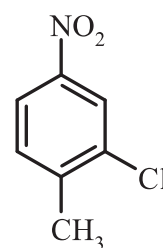
নামকরণের নগণ্য ক্ষেত্রে 1,2; 1,3 এবং 1, 4 অবস্থানগুলোকে যথাক্রমে অর্থো (O), মেটা (m) এবং প্যারা (p) উপপাদ দ্বারা চিহ্নিত করা যায়। তাই 1,3-ডাইব্রোমো বেঞ্জিন (b) এর নাম m-ডাই ব্রোমো বেঞ্জিন (m- হল মেটার সংক্ষিপ্ত রূপ) এবং অন্যান্য ডাই ব্রোমো বেঞ্জিনের সমাংশগুলো যেমন 1,2(a) এবং 1,4(c) এর নাম যথাক্রমে অর্থো (O) এবং প্যারা (P) ডাই ব্রোমো বেঞ্জিন। তিনটি বা তার অধিক প্রতিস্থাপিত বেঞ্জিন জাতকের ক্ষেত্রে এই সকল উপপাদ বা উপসর্গ ব্যবহার করা যায় না। যৌগগুলোর সর্বনিম্ন লোকেন্ট নিয়ম অনুসরণ করে বলয়ের মধ্যে প্রতিস্থাপকের অবস্থান নির্ণয় করে নামকরণ করা হয়। কিছু ক্ষেত্রে বেঞ্জিন জাতকের সাধারণ নামটি মূল যৌগের নামকরণ হিসাবে ধরা হয়।

মূল যৌগের প্রতিস্থাপকটি 1নং দ্বারা চিহ্নিত করা হয় এবং নাস্মারিং এর অভিমুখ এরূপ ভাবে নির্দেশিত হয় যে

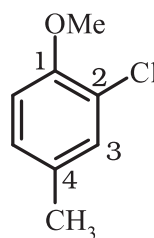
পরের প্রতিস্থাপকটিতে সর্বনিম্ন সংখ্যা পাওয়া যায়। প্রতিস্থাপক গুলোর নাম বর্ণমালার ক্রম অনুযায়ী প্রদর্শিত হয়। কিছু উদাহরণ নীচে দেওয়া হল -



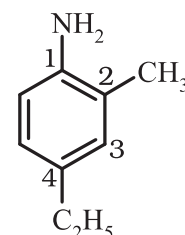
1- ক্লোরো-2, 3- ডাই নাইট্রো বেঞ্জিন
(4-ক্লোরো-1, 3-ডাই নাইট্রো বেঞ্জিন নয়)



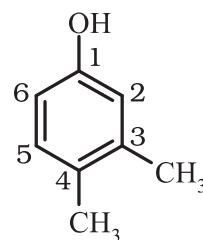
2- ক্লোরো-1- মিথাইল -4- নাইট্রো বেঞ্জিন
(4-মিথাইল-5-ক্লোরো নাইট্রো বেঞ্জিন নয়)



2-ক্লোরো-4-মিথাইল
অ্যানিসোল



4-ইথাইল-2-মিথাইল
অ্যানিলিন



3,4-ডাই মিথাইল ফেনল

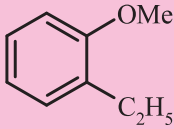
যখন বেঞ্জিন বলয়টি একটি কার্যকরী মূলকের সাথে অ্যালকেন যৌগে যুক্ত থাকে, তখন একে মূল যৌগ না ধরে প্রতিস্থাপক (মূলক) হিসাবে ধরা হয়। প্রতিস্থাপক মূলক রূপে বেঞ্জিনের নাম হল ফিনাইল (C_6H_5 -কে সংক্ষেপে ph দ্বারা চিহ্নিত করা হয়)।

সমস্যা 12.10

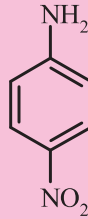
নীচের যৌগগুলোর গঠন সংকেত লেখো।

- (a) *o*-ইথাইল অ্যানিসোল, (b) *p*-নাইট্রো অ্যানিলিন,
(c) 2,3-ডাইব্রোমো-1-ফিনাইল পেন্টেন,
(d) 4-ইথাইল-1-ফ্লোরো-2-নাইট্রো বেঞ্জিন

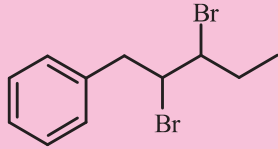
সমাধান :



(a)



(b)



(c)



(d)

12.6 সমবায়তা (ISOMERISM)

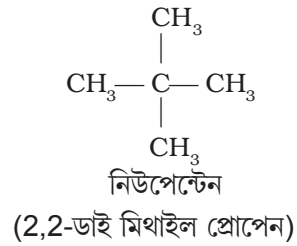
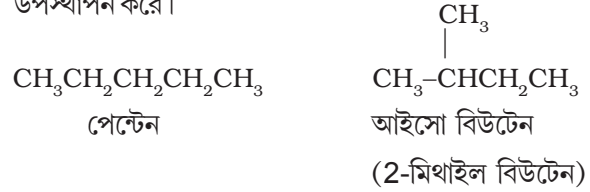
একই আণবিক সংকেত এবং বিভিন্ন ধর্মাবলী সম্পন্ন দুই বা ততোধিক যৌগের অস্তিত্বের ঘটনাকে সমাংশতা বা সমবায়তা বলে। এই সমস্ত যৌগগুলোকে সমাবয়ব বলে। বিভিন্ন প্রকার সমাবয়বতাকে ধারা চিত্রের (flow chart) সাহায্যে নীচে দেওয়া হল —

12.6.1 গঠনগত সমাবয়বতা (Structural Isomerism)

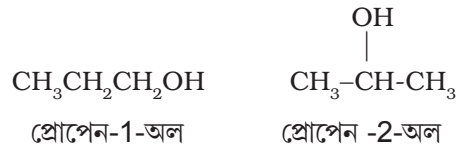
একই আণবিক সংকেত বিশিষ্ট কিন্তু ভিন্ন গঠন আকৃতিযুক্ত (পরমাণুগুলোর যুক্ত হওয়ার ধরন আলাদা) যৌগগুলোকে গঠনগত সমাবয়বতা হিসেবে শ্রেণিভুক্ত করা হয়েছে। এই জাতীয় বিভিন্ন প্রকারের গঠনগত সমাবয়বতার কিছু উদাহরণ নীচে দেওয়া হল—

(i) শৃঙ্খলগঠিত সমাবয়বতা (Chain isomerism): একই

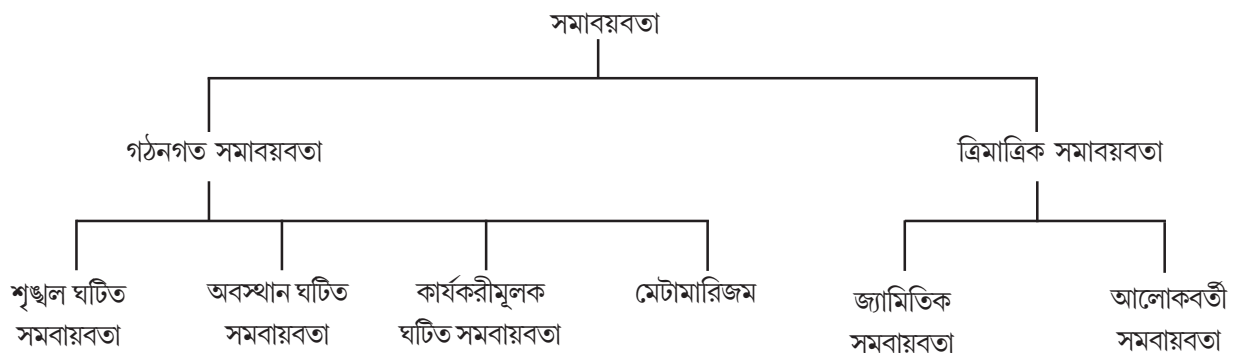
আণবিক সংকেত বিশিষ্ট দুই বা ততোধিক যৌগের শৃঙ্খলের কাঠামোটি আলাদা হলে তাদের শৃঙ্খল ঘটিত সমাবয়বতা বলে এবং এই ঘটনাকে শৃঙ্খলঘটিত সমাবয়বতা বলে। উদাহরণস্বরূপ C_5H_{12} তিনটি যৌগ উপস্থাপন করে।



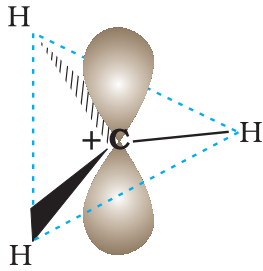
(ii) অবস্থানঘটিত সমাবয়বতা (Position isomerism): দুই বা ততোধিক যৌগে প্রতিস্থাপিত পরমাণু বা কার্যকরী মূলকগুলোর অবস্থান কার্বন পরিকাঠামোর মধ্যে বিভিন্ন হয় তাদের অবস্থান গঠিত সমাংশ বলে এবং এই ঘটনাকে অবস্থান গঠিত সমাংশতা বলে। উদাহরণস্বরূপ C_3H_8O আণবিক সংকেত দ্বারা দুটি অ্যালকোহলকে উপস্থাপন করা যায়।



(iii) কার্যকরী মূলকঘটিত সমাবয়বতা (Functional group isomerism): ভিন্ন কার্যকরীমূলক যুক্ত একই আণবিকসংকেত বিশিষ্ট দুই বা ততোধিক যৌগকে তাদের কার্যকরী মূলক ঘটিত সমাংশ বলে এবং এই ঘটনাকে কার্যকরী মূলক ঘটিত সমাংশতা বলে। উদাহরণস্বরূপ C_3H_8O আণবিক সংকেত দ্বারা একটি অ্যালডিহাইড এবং একটি কিটোন উপস্থাপিত হয়।

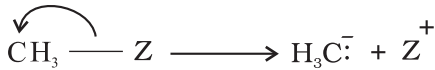


ক্যাটায়নের স্থায়িত্ব প্রদান করে। যা তোমারা অনুচ্ছেদ 12.7.5 এবং 12.7.9 এর মধ্যে পড়বে। কার্বো ক্যাটায়নগুলোর স্থায়িত্বের ক্রম $C^+H_3 < CH_3C^+H_2 < (CH_3)_2C^+H < (CH_3)_3C^+$ । এই সকল কার্বোক্যাটায়নগুলোর গঠনাকৃতি সমতলীয় ত্রিভুজাকার এবং ধনাত্মক আধানগ্রস্ত কার্বন পরমাণুটি sp^2 সংকারয়নে আবদ্ধ। সুতরাং $\overset{+}{C}H_3$ এর গঠন আকৃতিতে কার্বন পরমাণুর তিনটি সমতুল্য (sp^2) সংকর কক্ষক তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুর $1s$ কক্ষকের সহিত অভিলেপন ঘটে। প্রত্যেকটি বন্ধনকে $C(sp^2)-H(1s)$ সিগমা (σ) বন্ধন দ্বারা উপস্থাপিত করা যেতে পারে। কার্বন পরমাণুর অবশিষ্ট কক্ষকটি আণবিক তলের সহিত লম্বভাবে অবস্থান করে এবং এটিতে কোন ইলেকট্রন থাকে না। (চিত্র 12.3)

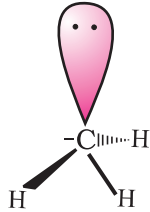


চিত্র: 12.3 মিথাইল ক্যাটায়নের গঠন

অসম বিভাজনে এরূপ মূলক ও উৎপন্ন হয় যার মধ্যে কার্বন পরমাণুটি সমযোজী ইলেকট্রন যুগল লাভ করে। উদাহরণস্বরূপ যখন কার্বন পরমাণুতে যুক্ত 'Z' মূলকটি ইলেকট্রন যুগল ছাড়া অপসারিত হয় তখন মিথাইল (H_3C^-) অ্যানায়ন উৎপন্ন হয়।

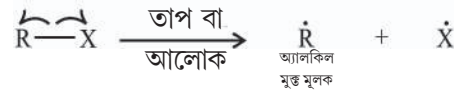


কার্বন পরমাণু যুক্ত এরূপ মূলক ঋণাত্মক আধান গ্রস্ত হয় তাদের কার্বঅ্যানায়ন বলে। কার্বঅ্যানায়নগুলো অস্থায়ী এবং সক্রিয়। যে সকল জৈব বিক্রিয়াগুলো অসম বন্ধন বিভাজন দ্বারা সংগঠিত হয় তাদের আয়নীয় বা হেটেরোপোলার বিক্রিয়া বলে।



(সুষম বন্ধন বিভাজনে একটি সমযোজী বন্ধনে অংশীদারী ইলেকট্রনযুগলের একটি ইলেকট্রন বন্ধনীর প্রত্যেক পরমাণুতে যায়। তাই সুষম বন্ধন বিভাজনে ইলেকট্রন যুগলের পরিবর্তে একটি ইলেকট্রনের সরণ ঘটে। এই ইলেকট্রনের সরণ অর্ধশীর্ষ

বক্র তীর (half headed) বা মাছ ধরার কাঁটার (fish hook , \curvearrowright) দ্বারা প্রদর্শিত হয়। এরূপ বিভাজনের ফলে প্রশম পরমানু বা মূলক উৎপন্ন হয়, যার মধ্যে একটি অযুগ্ম ইলেকট্রন থাকে। এই সকল মূলকগুলোকে মুক্ত মূলক বলা হয়। কার্বো ক্যাটায়ন এবং কার্ব অ্যানায়নগুলোর মত মুক্ত মূলকগুলোও অধিক সক্রিয়। একটি সুষম বন্ধন বিভাজন নিম্নলিখিতভাবে দেখানো যেতে পারে।



অ্যালকিল মুক্ত মূলকগুলোকে প্রাইমারী, সেকেন্ডারী অথবা টার্সিয়ারী এই তিন শ্রেণীতে বিভক্ত করা যায়। প্রাইমারী থেকে টার্সিয়ারীর দিকে অগ্রসর হলে অ্যালকিল মূলকগুলোর স্থায়িত্ব বৃদ্ধি পায়।



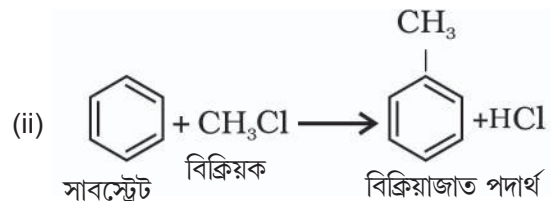
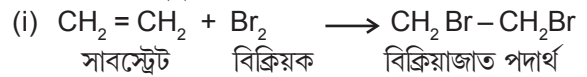
মিথাইল ইথাইল আসোসোপ্রোপাইল ট্রাট-বিউটাইল

মুক্ত মুক্ত মুক্ত মুক্ত
মূলক মূলক মূলক মূলক

সুষম বন্ধন বিভাজন দ্বারা যে জৈব বিক্রিয়াগুলো সংঘটিত হয়, তাদের মুক্তমূলক অথবা হোমোপোলার অথবা অধ্রুবীয় বিক্রিয়া বলে।

12.7.2 সাবস্ট্রেট ও বিক্রিয়ক (Substrate and Reagent)

জৈবযৌগ ঘটিত রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সাধারণত: আয়ন গঠিত হয় না। অণুগুলো সরাসরি বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। এক্ষেত্রে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী অণুগুলির মধ্যে একটিকে সাবস্ট্রেট এবং অন্যটিকে বিক্রিয়ক হিসেবে ধরে নেওয়া হয়। সাধারণত যে অণুটির কার্বন পরমাণু নতুন বন্ধন গঠনে অংশগ্রহণ করে তাকে সাবস্ট্রেট এবং অন্যটিকে বিক্রিয়ক বলা হয়। কার্বন-কার্বন বন্ধন গঠনের ক্ষেত্রে, বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী অণুগুলোর যে কোনটিকেই ইচ্ছেমত বিক্রিয়ক বা সাবস্ট্রেট হিসেবে ধরে নেয়া যায় এবং তা বিক্রিয়াকারী অণুগুলোর উপর নির্ভর করে। উদাহরণ —




নিউক্লিওফাইল এবং ইলেকট্রোফাইল (Nucleophiles and Electrophiles)

যেসকল বিকারক এক জোড়া ইলেকট্রন বহন করে তাকে নিউক্লিওফাইল (Nu:) বলে অর্থাৎ যা নিউক্লিয়াসকে খোঁজে এবং এই বিক্রিয়াকে তখন বলা হয় নিউক্লিওফিলিক বিক্রিয়া। যে সকল বিকারক এক জোড়া ইলেকট্রন গ্রহন করে তাকে ইলেকট্রোফাইল (E+) বলে অর্থাৎ যা ইলেকট্রনকে খোঁজে এবং এই বিক্রিয়াকে তখন বলা হয় ইলেকট্রোফিলিক বিক্রিয়া।

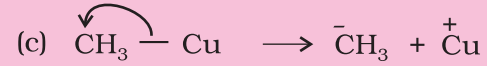
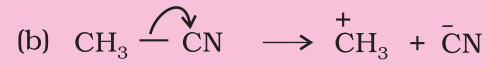
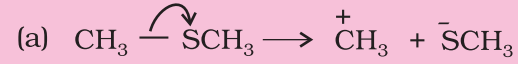
ধ্রুবীয় জৈব বিক্রিয়ার সময় একটি নিউক্লিওফাইল, সাবস্ট্রেটের ইলেকট্রোফিলিক বিন্দুতে গিয়ে যুক্ত হয় যা হল ইলেকট্রন ঘাটতি বিশিষ্ট একটি নির্দিষ্ট পরমাণু বা ইলেকট্রোফাইলের একটি নির্দিষ্ট অংশ। অনুরূপে ইলেকট্রোফাইল সাবস্ট্রেটের নিউক্লিওফিলিক বিন্দুতে গিয়ে যুক্ত হয় যা সাবস্ট্রেটের ইলেকট্রন সমৃদ্ধ বিন্দু। ফলে এদের মধ্যে বন্ধন গঠনের সময় ইলেকট্রোফাইল গুলো নিউক্লিওফাইল থেকে ইলেকট্রন যুগল গ্রহন করে। নিউক্লিওফাইল থেকে ইলেকট্রোফাইলের দিকে এক জোড়া ইলেকট্রনের সরণ একটি বক্রতীরের সাহায্যে প্রদর্শন করা হয়। নি:সজ্জ ইলেকট্রন যুক্ত ঋণাত্মক আধানগ্রস্ত কিছু নিউক্লিওফাইলের উদাহরণ হল হাইড্রোক্সাইড (HO⁻), সায়ানাইড (NC⁻) আয়নসমূহ এবং কার্ব অ্যানায়ন (R₃C⁻)। প্রশম অনুসমূহে যেমন H₂O, R₃N, R₂NH ইত্যাদির কেন্দ্রীয় পরমাণুতে নি:সজ্জ ইলেকট্রনের উ পস্থিতির ফলে নিউক্লিওফাইল হিসেবে ক্রিয়া করে। কার্বোক্যাটায়ন (C⁺H₃) এবং কার্বোনিলমূলক (>C=O) অথবা অ্যালকিল হ্যালাইড (R₃C-X, যেখানে X হল হ্যালোজেন পরমাণু). কার্যকরী মূলক যুক্ত প্রশম অণুগুলো হল ইলেকট্রোফাইলের উদাহরণ) কার্বো ক্যাটায়নগুলোর মধ্যে কার্বন পরমাণুটিতে ষটক ইলেকট্রন বিন্যাস রয়েছে। ফলে এটি ইলেকট্রন ঘাটতি বিশিষ্ট হয় এবং নিউক্লিওফাইল থেকে এক জোড়া ইলেকট্রন গ্রহণ করতে সক্ষম। অ্যালকিল হ্যালাইডগুলোর মতো প্রশম অণু C-X বন্ধনের ধ্রুবীয়তার ফলে কার্বন পরমাণুতে আংশিক ধনাত্মক আধান উৎপন্ন হয়। এর ফলে কার্বন পরমাণুটি ইলেকট্রোফিলিক বিন্দুতে পরিণত হয় যেখানে নিউক্লিওফাইল এসে যুক্ত হয়।

সমস্যা : 12.11

নিম্নলিখিত সমযোজী বন্ধনগুলোর অসম বিভাজনের ফলে সক্রিয় অর্ন্তবর্তী যৌগের উৎপাদন প্রণালী বক্রতীর  প্রতীকের সাহায্যে প্রদর্শন কর।

(a) CH₃-SCH₃, (b) CH₃-CN, (c) CH₃-Cu

সমাধান :



সমস্যা: 12.12

যথাযথ বিচার করে নিম্নলিখিত অনু বা আয়নগুলোকে নিউক্লিওফাইল অথবা ইলেকট্রোফাইলে শ্রেণিভুক্ত কর।

HS⁻, BF₃, C₂H₅O⁻, (CH₃)₃N⁺:

Cl⁺, CH₃-C⁺=O, H₂N⁺, N⁺O₂

সমাধান

নিউক্লিওফাইলসমূহ

: HS⁻, C₂H₅O⁻, (CH₃)₃N:, H₂N⁻

এই অণু বা আয়নগুলোর মধ্যে একটি নি:সজ্জ ইলেকট্রন যুগল বর্তমান থাকে, ফলে এরা ইলেকট্রোফাইলকে ইলেকট্রন যুগল দান করতে পারে বা ইলেকট্রোফাইলের সজ্জ ইলেকট্রন যুগল সমানভাবে ব্যবহার করতে পারে।

ইলেকট্রোফাইল : : BF₃, Cl⁺, CH₃-C⁺=O, NO₂⁺.

সক্রিয় অঞ্চলে কেবলমাত্র, ছয়টি যোজন ইলেকট্রন বর্তমান এবং নিউক্লিওফাইল থেকে ইলেকট্রন যুগল গ্রহন করে থাকে।

সমস্যা 12.13

নিম্নলিখিত যৌগগুলোতে ইলেকট্রোফিলিক বিন্দুটি চিহ্নিত কর CH₃CH=O, CH₃CN, CH₃I.

সমাধান



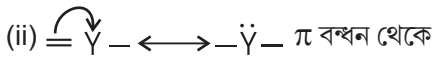
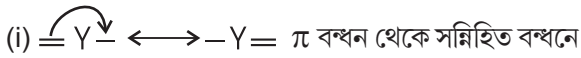
তারকা (*) যুক্ত কার্বন পরমাণুটি ইলেকট্রোফিলিক বিন্দু। কারণ এ কার্বন পরমাণুটি বন্ধনের ধ্রুবীয়তার জন্য আংশিক ধনাত্মক আধানগ্রস্ত।

12.7.3 জৈব বিক্রিয়াগুলোতে ইলেকট্রনের সরণ

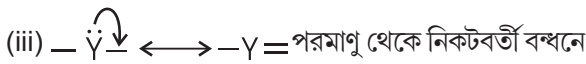
(Electron Movement in Organic Reactions)

জৈব বিক্রিয়াগুলোতে ইলেকট্রনের সরণ বক্রতীর চিহ্নের সাহায্যে দেখানো যায়। বিক্রিয়ার সময় ইলেকট্রনের পুনর্বিন্যাসের কারণে কিরূপ পরিবর্তন ঘটে এটি তা প্রদর্শন করে। ইলেকট্রন যুগলের এই স্থান পরিবর্তন প্রদর্শনের জন্য, ইলেকট্রন যুগলের সরণ যে বিন্দু থেকে ঘটে, বক্রতীরটি সেই বিন্দু থেকে শুরু হয় এবং ইলেকট্রন যুগল যে বিন্দুতে যায় বক্রতীরটি সেই বিন্দুতে গিয়ে শেষ হয়।

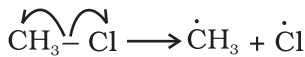
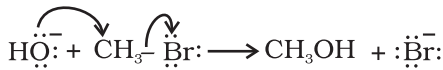
ইলেকট্রন যুগলের স্থানান্তর নিচে উপস্থাপন করা হল।



সন্নিহিত পরমাণুতে



একটি ইলেকট্রনের সরণ অর্ধশীর্ষ বক্রতীর বা মাছ ধরার কাঁটা দ্বারা নির্দেশিত হয়। উদাহরণস্বরূপ হাইড্রোক্সাইডকে আয়ন স্থানান্তরের দ্বারা মিথানলের গঠন প্রক্রিয়ার ক্ষেত্রে এবং ক্লোরো মিথেনের বিয়োজনের ক্ষেত্রে ইলেকট্রনের সরণকে বক্রতীরের মাধ্যমে নিম্নলিখিত ভাবে প্রদর্শন করা যেতে পারে।



12.7.4 সমযোজী বন্ধনগুলোতে ইলেকট্রন সরণের প্রভাব (Electron Displacement Effects in Covalent Bonds)

স্বাভাবিক অবস্থায় একটি পরমাণুর প্রভাবের ফলে অথবা একটি প্রতিস্থাপিত মূলক অথবা উপযুক্ত আগ্রাসী বিকারকদের উপস্থিতির ফলে। কোন অণুতে উপস্থিত একটি পরমাণু অথবা একটি প্রতিস্থাপিত মূলকের প্রভাবের ফলে একটি জৈব অণুতে ইলেকট্রনের সরণ হতে পারে যে ইলেকট্রনের সরণ ঘটে তার কারণে বন্ধনে স্থায়ী ধ্রুবীয়তা উৎপন্ন হয়। আবেশ প্রভাব এবং সংস্পন্দ প্রভাব এই প্রকারের ইলেকট্রন সরণের উদাহরণ। একটি অণুতে অস্থায়ী ইলেকট্রন সরণ দেখা যায় যখন কোন বিকারক এর প্রতি আকৃষ্ট হয়। এই প্রকারের ইলেকট্রন সরণকে ইলেকট্রোমারিক প্রভাব অথবা ধ্রুবীয়তা প্রভাব বলে। নিম্নলিখিত অনুচ্ছেদে আমরা এই ধরণের ইলেকট্রনের

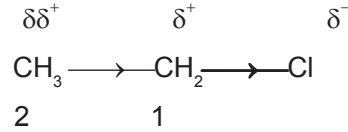
সরণগুলো সম্পর্কে পড়বো।

12.7.5 আবেশ প্রভাব (Inductive Effect) :

যখন ভিন্ন তড়িৎ ঋণাত্মক পরমাণুগুলোর মধ্যে সমযোজী বন্ধন গঠিত হয় তখন বন্ধনের অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক পরমাণুটির দিকে ইলেকট্রনের ঘনত্ব বেশি হয়। ইলেকট্রনের এরূপ ঘনত্বের সরণের ফলে ধ্রুবীয় সমযোজী বন্ধন পাওয়া যায়। জৈব যৌগের মধ্যে ধ্রুবীয়তার ফলে বিভিন্ন ধরনের ইলেকট্রনীয় প্রভাব সৃষ্টি হয়।

চলো, ক্লোরোইথেন ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$) বিবেচনা করি যার মধ্যে C-Cl বন্ধনটি ধ্রুবীয় সমযোজী বন্ধন। এটি এভাবে ধ্রুবীয়তায় হয় যে 1নং কার্বন পরমাণুটি আংশিক ঋণাত্মক (δ^-) আধানগ্রস্ত এবং ক্লোরিন পরমাণুটি আংশিক ঋণাত্মক আধান (δ^+)

গ্রস্ত হয়। ধ্রুবীয় সমযোজী বন্ধনের দুটি পরমাণুর উপর ভগ্নাংশিক ইলেকট্রনীয় আধানকে (δ) চিহ্নের মাধ্যমে চিহ্নিত করা হয় এবং ইলেকট্রন গাঢ়ত্বের সরণ তীর চিহ্নের মাধ্যমে দেখানো হল যা ধ্রুবীয় বন্ধনের δ^+ থেকে δ^- প্রান্ত বিন্দু পর্যন্ত থাকে।



1 নং কার্বন আংশিক ঋণাত্মক আধানে আবিষ্ট হওয়ার ফলে এটি সন্নিহিত C-C বন্ধন থেকে কিছুটা ইলেকট্রন ঘনত্ব নিজের দিকে টেনে নেয়। ফলে কিছুটা ঋণাত্মক আধান ($\delta\delta^+$) 2 নং কার্বনেও আবিষ্ট হয়, যেখানে $\delta\delta^+$, 1নং কার্বন থেকে তুলনামূলক ভাবে কম ঋণাত্মক আধান চিহ্নিত করে। অন্য পরিভাষায় ধ্রুবীয় C-Cl বন্ধন সন্নিহিত বন্ধনে ধ্রুবীয়তার সৃষ্টি করে। সন্নিহিত δ বন্ধনের ধ্রুবায়নের কারণে কোন δ বন্ধনের এরূপ ধ্রুবায়নকে আবেশ প্রভাব বলে। এই প্রভাব পরবর্তী বন্ধনগুলোতেও বজায় থাকে কিন্তু মধ্যবর্তী বন্ধনের সংখ্যা বৃদ্ধি পাওয়ার সাথে সাথে এই প্রভাব দ্রুত হ্রাস পেতে থাকে এবং তৃতীয় বন্ধনের পর শেষ হয়ে যায়। আবেশ প্রভাব কার্বন পরমাণুতে যুক্ত মূলকগুলোর ইলেকট্রন ঘনত্বের প্রতি আকর্ষণ বা দানের ক্ষমতার উপর সম্পর্ক যুক্ত। এই ক্ষমতার উপর নির্ভর করে, মূলকগুলোকে হাইড্রোজেনের সাপেক্ষে ইলেকট্রন গ্রহীতা বা ইলেকট্রনদাতা এই দুই ভাগে ভাগ করা যায়। হ্যালোজেন এবং অন্যান্য অনেক মূলক যেমন নাইট্রো ($-\text{NO}_2$), সায়ানো ($-\text{CN}$), কার্বোক্সি ($-\text{COOH}$), এস্টার ($-\text{COOR}$), অ্যারাইলঅক্সি ($-\text{OAr}$, উদাহরণ $-\text{OC}_6\text{H}_5$) ইত্যাদি ইলেকট্রন গ্রহীতামূলক, অন্যদিকে অ্যালকিল মূলক যেমন মিথাইল ($-\text{CH}_3$) এবং ইথাইল ($-\text{CH}_2\text{---}\text{CH}_3$)কে ইলেকট্রন দাতা মূলক হিসাবে গণ্য করা হয়।

সমস্যা 12.14

নীচের অণু যুগল গুলোর মধ্যে কোনটি অধিক ধ্রুবীয় ?

- (a) H_3C-H , H_3C-Br
 (b) H_3C-NH_2 , H_3C-OH
 (c) H_3C-OH , H_3C-SH

সমাধান

- (a) C—Br, যেহেতু H অপেক্ষা Br অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক।
 (b) C—O, (c) C—O

সমস্যা 12.15

$CH_3CH_2CH_2Br$ এর মধ্যে কোন C—C বন্ধনটির আবেশ প্রভাব প্রত্যাশিত ভাবে সর্বনিম্ন ?

সমাধান : আবেশ প্রভাবের মান অন্তর্বর্তী বন্ধনের সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে হ্রাস পায়। সুতরাং 3নং কার্বন এবং হাইড্রোজেনের বন্ধনটিতে আবেশ প্রভাব সর্বনিম্ন।

12.7.6 সংস্পন্দন গঠন (Resonance Structure)

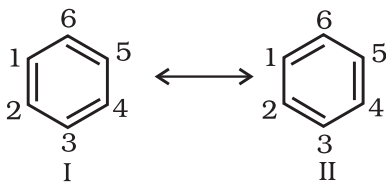
বহু সংখ্যক জৈব যৌগ রয়েছে যাদের আচরণ একটি লুইস

গঠন আকৃতির দ্বারা ব্যাখ্যা করা যায় না। এরূপ একটি উদাহরণ হল বেঞ্জিন। ইহার পর্যায়ক্রমিক প্রদর্শিত C—C এক বন্ধন এবং C=C দ্বিবন্ধন যুক্ত বন্ধশৃঙ্খল গঠন আকৃতি চরিত্রগত বৈশিষ্ট ব্যাখ্যা করতে পর্যাপ্ত নয়।



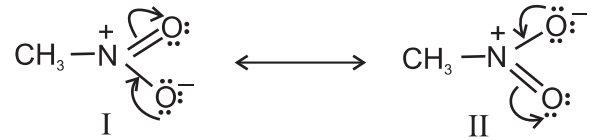
উপরের প্রদর্শিত গঠন আকৃতি অনুযায়ী বেঞ্জিনে C—C এক বন্ধন এবং C=C দ্বিবন্ধনের উপস্থিতির কারণে দুটি ভিন্ন দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট বন্ধন হওয়া উচিত। তবে পরীক্ষার দ্বারা পাওয়া যায় বেঞ্জিনের সবগুলো C—C বন্ধন দৈর্ঘ্য 139pm হয় যার মান C—C এক বন্ধন (154pm) এবং C=C দ্বিবন্ধন (134pm) দৈর্ঘ্যের মধ্যবর্তী হয়। সুতরাং উপরের গঠন, বেঞ্জিনের গঠন আকৃতি প্রদর্শনের জন্য পর্যাপ্ত নয়। বরং সমশক্তি সম্পন্ন গঠন আকৃতি I এবং II এর দ্বারা বেঞ্জিনকে ভালভাবে উপস্থাপন করা যায়।

সুতরাং সংস্পন্দন তত্ত্ব (চতুর্থ অধ্যায়) অনুসারে বেঞ্জিনের প্রকৃত



গঠন আকৃতি উপরের যে কোন একটি গঠন চিত্রের মাধ্যমে প্রদর্শিত করা যায় না। বাস্তবিক ক্ষেত্রে এটি দুটি গঠন আকৃতি (I এবং II) এর সংকর, এদের সংস্পন্দন গঠন চিত্র বলে (Resonance Structures)। সংস্পন্দন গঠন (ক্যানোনিকেল গঠন বা যোগদানকারী গঠন সমূহ) কাল্পনিক এবং পৃথকভাবে যেকোন বাস্তব অনুর প্রতিনিধিত্ব করে না। তারা তাদের স্থায়িত্বের অনুপাত অনুসারে বাস্তবিক গঠন চিত্রে যোগদান করে।

সংস্পন্দনের অন্য একটি উদাহরণ নাইট্রোমিথেনে (CH_3NO_2) পাওয়া যায় যা দুটি লুইস গঠন চিত্রের মাধ্যমে প্রদর্শন করা যায় (I এবং II)। এই সকল গঠন চিত্রে দুই ধরনের N—O বন্ধন আছে।



তবে এটি জানা গেছে যে, নাইট্রোমিথেনের দুটি N—O বন্ধনই সমান দৈর্ঘ্যের N—O এক বন্ধন এবং N=O দ্বি বন্ধনের মধ্যবর্তী বন্ধন দৈর্ঘ্য সম্পন্ন। সুতরাং নাইট্রো বেঞ্জিনের প্রকৃত গঠন দুটি ক্যানোনিকেল রূপ I এবং II এর সংস্পন্দন সংকর।

কোন অণুর (সংস্পন্দন সংকর) প্রকৃত গঠনের শক্তি এর যেকোন ক্যানোনিকেল গঠনের শক্তির তুলনায় কম। প্রকৃত গঠনের শক্তি এবং সর্বনিম্ন শক্তি সম্পন্ন সংস্পন্দন গঠনের শক্তির পার্থক্যকে সংস্পন্দন স্থায়ীকরণ শক্তি বা সংক্ষেপে সংস্পন্দন শক্তি বলে। গুরুত্বপূর্ণ যোগদানকারী সংস্পন্দন গঠনের সংখ্যা যত বৃদ্ধি পায়, সংস্পন্দন শক্তি তত বেশি হয়। সমশক্তি সম্পন্ন সংস্পন্দন গঠন আকৃতিগুলোর ক্ষেত্রে সংস্পন্দন বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ। সংস্পন্দন গঠনগুলো লেখার সময় নিম্নলিখিত নিয়মগুলো পালন করা হয়।

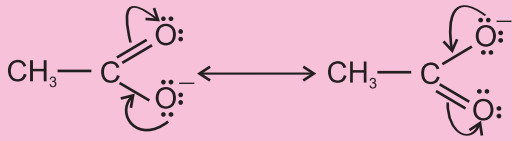
সংস্পন্দন গঠন আকৃতিতে (I) নিউক্লিয়াসের অবস্থান একই থাকে। (II) সমসংখ্যক অযুগ্ম ইলেকট্রন বর্তমান। সংস্পন্দন গঠনগুলোর মধ্যে অধিক সংখ্যক সমযোজী বন্ধন থাকে, যাতে পরমাণুগুলোর ইলেকট্রনের অষ্টক (ব্যতিক্রম হাইড্রোজেনের ক্ষেত্রে দ্বৈত), বিপরীত আধানগুলোর কম পৃথকীকরণ হয়, (যদি ঋণাত্মক আধানযুক্ত হয় তবে অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক মৌলের উপরে এবং যদি ধনাত্মক আধানযুক্ত হয় তবে অধিক তড়িৎ ধনাত্মক মৌলের উপরে) এবং অধিক আধানের বিভাজন হয় তবে তারা অধিক স্থায়ী হয়।

সমাধান 12.16

CH_3COO^- এর সংস্পন্দন গঠন চিত্রগুলো লেখো এবং বক্রতীর চিহ্নের সাহায্যে ইলেকট্রনের সংশ্লেষণ দেখাও।

সমাধান :

প্রথমত যৌগের গঠন লেখো এবং নির্দিষ্ট পরমাণুগুলোর উপর সর্ববহিস্থ অযুগ্ম ইলেকট্রন জোড় বসাও। তারপর অন্য গঠন আকৃতি পেতে ইলেকট্রনের চলন তীরের মাধ্যমে একে একে আঁকো।

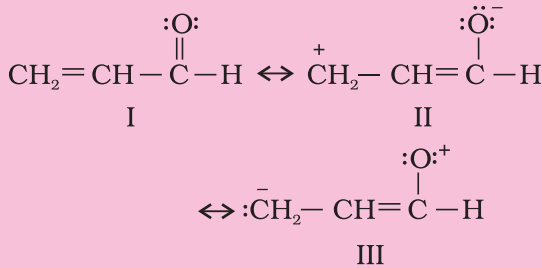


সমস্যা: 12.17

$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CHO}$ এর সংস্পন্দন গঠন চিত্রগুলো লেখো। সংস্পন্দন গঠন চিত্রগুলোর আপেক্ষিক স্থায়িত্ব নির্দেশ কর।

সমাধান :

I - অধিকস্থায়ী, কারণ গঠনটিতে অধিক সংখ্যক সমযোজী



Stability : I > II > III

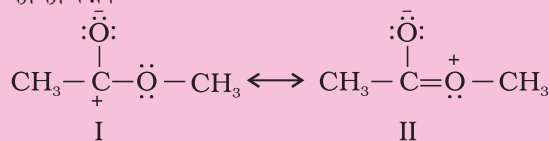
বন্ধন বর্তমান, কার্বন ও অক্সিজেন পরমাণুর অষ্টকপূর্তি ঘটেছে এবং বিপরীত আধানের পৃথকীকরণ হয়নি।

II - ঋণাত্মক আধান অধিক তড়িৎ ঋণাত্মক মৌলের উপরে এবং ধনাত্মক আধান অধিক তড়িৎ ধনাত্মক মৌলের উপরে থাকে।

III - সবচেয়ে কম স্থিতিশীল হয়। কারণ- অক্সিজেন পরমাণুতে ধনাত্মক আধান কার্বন পরমাণুতে ঋণাত্মক আধানের অবস্থান।

সমাধান: 12.18

নিম্নলিখিত দুটি গঠন চিত্র I এবং II, $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$ এর প্রকৃত গঠনের ক্ষেত্রে এর কোন বিশেষ অবদান নেই কেন? ব্যাখ্যা কর।



সমাধান :

দুটি গঠন চিত্রের গুরুত্বপূর্ণ অবদান নেই কারণ তাদের মধ্যে আধানের পৃথকীকরণ ঘটে। উপরন্তু I নং গঠন চিত্রে কার্বনের অষ্টকপূর্তি ঘটে না।

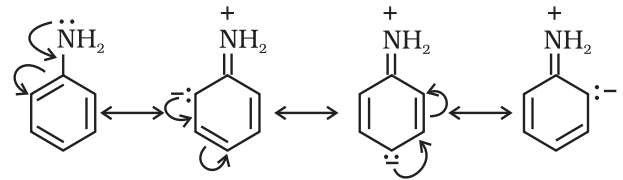
12.7.7 সংস্পন্দন প্রভাব (Resonance Effect)

দুটি পাই (π) বন্ধনের অথবা একটি পাই বন্ধনের এবং পাশাপাশি পরমাণুর নিসঙ্গ ইলেকট্রনের মিথস্ক্রিয়ার ফলে কোন অণুর মধ্যে যে ধ্রুবীয়তা সৃষ্টি হয় তাকে সংস্পন্দন প্রভাব বলে। এই প্রভাব শৃঙ্খলের মধ্যে প্রসারিত হয়। দুই প্রকার সংস্পন্দন বা মেসোমারিক প্রভাব রয়েছে যাদের R অথবা M দ্বারা আখ্যায়িত করা হয়।

(i) ধনাত্মক সংস্পন্দন প্রভাব (+R প্রভাব) [Positive Resonance Effect (+R effect)]

এই প্রভাবের মধ্যে ইলেকট্রনের স্থানান্তর কনজুগেটেড সিস্টেমে যুক্ত পরমাণু বা প্রতিস্থাপিত মূলক থেকে দূরের দিকে হয়। এই ইলেকট্রনের সরণের ফলে যৌগের মধ্যে কিছু অবস্থানে ইলেকট্রন ঘনত্ব বৃদ্ধি পায়। অ্যানিলিনে এই প্রভাব নিম্নলিখিত উপায়ে প্রদর্শন হয়।

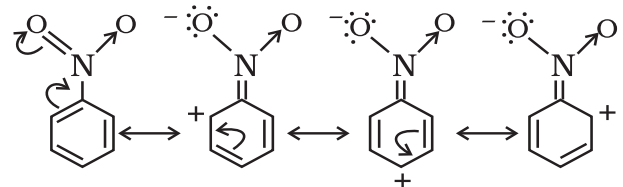
(ii) ঋনাত্মক সংস্পন্দন প্রভাব (-R প্রভাব) [Negative



Resonance Effect (-R effect)]

এই প্রভাব তখনই দেখা যায় যখন ইলেকট্রনের সরণ কনজুগেটেড সিস্টেমে যুক্ত পরমাণু বা প্রতিস্থাপিত মূলকের দিকে হয়। উদাহরণ স্বরূপ নাইট্রোবেঞ্জিনে এই ইলেকট্রনের সরণ নিম্নলিখিত ভাবে প্রদর্শন করা যায়।

+R অথবা -R ইলেকট্রন সরণ প্রভাব প্রদর্শনকারী পরমাণু বা



মূলকগুলো নিম্নরূপ—

+R প্রভাব: - হ্যালোজেন -OH, -OR, -OCOR, -NH₂, -NHR, -NR₂, -NHCOR,

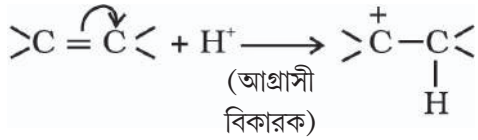
-R প্রভাব: -COOH, -CHO, >C=O, -CN, -NO₂

একটি মুক্ত শৃঙ্খল অথবা বন্ধ শৃঙ্খল যৌগে পর্যায়ক্রমে এক বন্ধন এবং দ্বিবন্ধন উপস্থিত থাকলে তাকে কনজুগেটেড সিস্টেম বলে। এই সকল সিস্টেমগুলো প্রায়ই অস্বাভাবিক আচরণ দেখায়। উদাহরণস্বরূপ- 1,3-বিউটা ডাই ইন, অ্যানিলিন এবং নাইট্রোবেঞ্জিন ইত্যাদি। এসকল সিস্টেমের মধ্যে π ইলেকট্রনগুলো সঞ্চারিত হয় এবং সিস্টেমকে ধ্রুবীক করে তোলে।

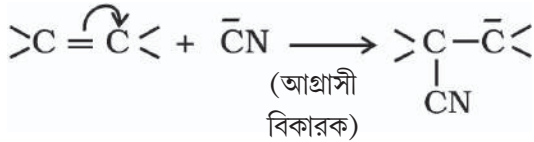
12.7.8 ইলেকট্রোমারিক প্রভাব বা E প্রভাব [Electromeric Effect (E effect)]

বহুবন্ধন (দ্বি বন্ধন বা ত্রি বন্ধন) যুক্ত জৈবযৌগ এটি একটি অস্থায়ী প্রভাব। উপযুক্ত বিকারকের উপস্থিতিতে এই প্রভাব দেখা যায়। উপযুক্ত আগ্রাসী বিকারকের উপস্থিতিতে দ্বিবন্ধন বা ত্রিবন্ধনে সরাসরি যুক্ত পরমাণুর দিকে পাই (π) ইলেকট্রন যুগলের সম্পূর্ণ স্থানান্তরিত হওয়াকে ইলেকট্রোমারিক প্রভাব বলে। আগ্রাসী বিকারক বিক্রিয়া ক্ষেত্র থেকে অপসারিত করলে এই প্রভাব তৎক্ষণাৎ বন্ধ হয়ে যায়। এটিকে E চিহ্নের দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং ইলেকট্রনের সরণ বক্রতীর চিহ্নের (\curvearrowright) সাহায্যে দেখানো হয়। ইলেকট্রোমারিক প্রভাব স্পষ্টত দুই প্রকার।

(i) ধনাত্মক ইলেকট্রোমারিক প্রভাব [Positive Electromeric Effect (+E প্রভাব)]: এই প্রভাবে বহুবন্ধনে উপস্থিত পাই (π) ইলেকট্রন সমূহের সরণ ঐ পরমাণুর দিকে হয় যার মধ্যে বিকারক যুক্ত হয়। উদাহরণস্বরূপ—



(ii) ঋণাত্মক ইলেকট্রোমারিক প্রভাব [Negative Electromeric Effect (-প্রভাব)]: এই প্রভাবে বহুবন্ধনে উপস্থিত পাই (π) ইলেকট্রন সমূহের সরণ ঐ পরমাণুর দিকে হয় যার মধ্যে বিকারক যুক্ত হয় না। উদাহরণস্বরূপ—



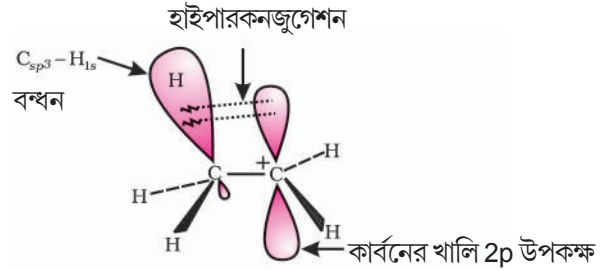
যখন আবেশ প্রভাব এবং ইলেকট্রোমারিক প্রভাব একে অপরের বিপরীত দিকে ক্রিয়াশীল হয় তখন ইলেকট্রোমারিক প্রভাবের প্রাধান্য বেশি হয়।

12.7.9 হাইপারকনজুগেশন Hyperconjugation

হাইপারকনজুগেশন হল একটি সাধারণ স্থিতিকারী ক্রিয়া। এই প্রভাব কোন অসম্পৃক্ত সিস্টেমের সহিত যুক্ত অ্যালকিল মূলকের C-H বন্ধনের অথবা কোন পরমানুর অব্যবহৃত p কক্ষকের 'σ' ইলেকট্রন সমূহ সঞ্চারিত করে। অ্যালকিল মূলকের C-H বন্ধনের 'σ' ইলেকট্রন সমূহ অসম্পৃক্ত সিস্টেমে অথবা অব্যবহৃত p কক্ষকে প্রবেশ করে একটি আংশিক কনজুগেশন সৃষ্টি করে। হাইপারকনজুগেশন একটি স্থায়ী প্রভাব।

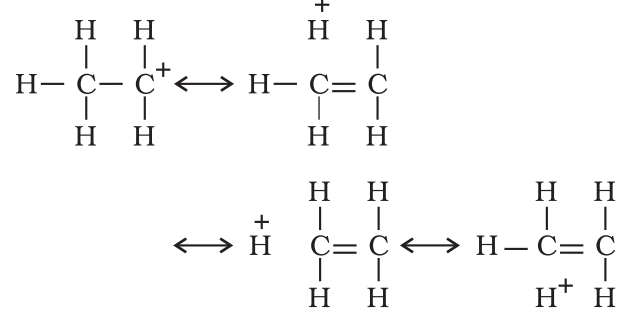
হাইপারকনজুগেশন প্রভাবটি বোঝার জন্য আমরা (CH₃)₂CH⁺ (ইথাইল ক্যাটায়ন) এর উদাহরণটি নিতে পারি, যেখানে ধনাত্মক আধানগ্রস্ত কার্বন পরমাণুটিতে খালি p কক্ষক বর্তমান। মিথাইল মূলকটির একটি C-H বন্ধন, একটি খালি p কক্ষকের সমতলের সহিত সারিবদ্ধ হতে পারে ফলে C-H বন্ধনের ইলেকট্রন খালি p কক্ষকে সঞ্চারিত হয়। যা চিত্র 12.4(a) তে দেখানো হয়েছে।

হাইপারকনজুগেশন প্রভাবটি বোঝার জন্য আমরা (CH₃)₂CH⁺ (ইথাইল ক্যাটায়ন) এর উদাহরণটি নিতে পারি, যেখানে ধনাত্মক আধানগ্রস্ত কার্বন পরমাণুটিতে খালি p কক্ষক বর্তমান। মিথাইল মূলকটির একটি C-H বন্ধন, একটি খালি p কক্ষকের সমতলের সহিত সারিবদ্ধ হতে পারে ফলে C-H বন্ধনের ইলেকট্রন খালি p কক্ষকে সঞ্চারিত হয়। যা চিত্র 12.4(a) তে দেখানো হয়েছে।

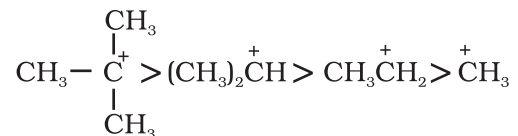


চিত্র 12.4(a) ইথাইল ক্যাটায়নের মধ্যে হাইপার কনজুগেশনের কক্ষক চিত্রের প্রদর্শন।

এই ধরনের অভিলেপনের ফলে কার্বোক্যাটায়নের স্থায়িত্ব বৃদ্ধি পায়। কারণ নিকটবর্তী 'σ' বন্ধনের ইলেকট্রন ঘনত্ব কার্বোক্যাটায়নের ধনাত্মক আধান প্রশমিত করে।

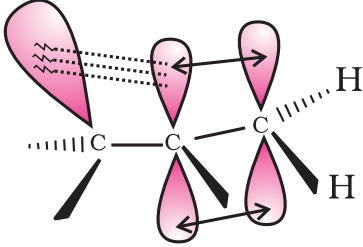


সাধারণত, ধনাত্মক আধানযুক্ত কার্বন পরমাণুতে যত বেশি সংখ্যক অ্যালকিলমূলক যুক্ত থাকে, তত বেশি হাইপার কনজুগেশন ক্রিয়া প্রযুক্ত হয় এবং ক্যাটায়নটি তত বেশি স্থিতিশীল হয়। তাই কার্বোক্যাটায়নের স্থিতিশীলতার ক্রম নিম্নরূপ হয়।



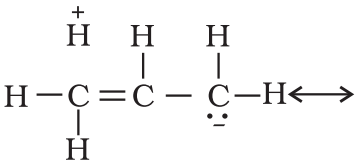
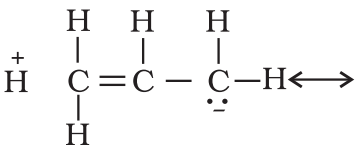
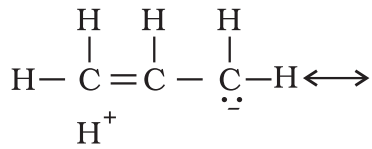
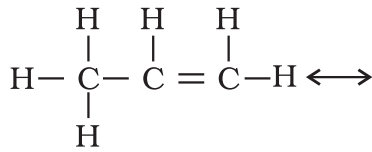
অ্যালকিল এবং অ্যানকিল অ্যারিন সমূহের মধ্যেও হাইপার কনজুগেশন সম্ভব।

অ্যালকিনের মধ্যে হাইপার কনজুগেশন দ্বারা ইলেকট্রনের সংশ্লেষণের চিত্র 12.4(b) তে দেখানো হয়েছে।



চিত্র Fig. 12.4(b) প্রোপিনের মধ্যে হাইপার কনজুগেশনের কক্ষক চিত্রের প্রদর্শন

হাইপার কনজুগেশনকে বন্ধনহীন সংস্পন্দন প্রভাব হিসাবেও বিবেচনা করা হয়।



হাইপারকনজুগেশন প্রভাবকে বিভিন্ন ভাবে দেখানো যায়। এদের মধ্যে একটি উপায় হল সংস্পন্দনের জন্য C-H বন্ধনে আংশিক আয়নীয় চরিত্র লাভ।

সমস্যা : 12.19

ব্যাখ্যা কর CH_3CH_2^+ অপেক্ষা $(\text{CH}_3)_3\text{C}^+$ অধিক স্থায়ী এবং CH_3^+ সবচেয়ে কম স্থায়ী কেন?

সমাধান :

হাইপারকনজুগেশন ক্রিয়া CH_3CH_2^+ অপেক্ষা $(\text{CH}_3)_3\text{C}^+$ এর মধ্যে বেশি থাকে কারণ $(\text{CH}_3)_3\text{C}^+$ এর মধ্যে নয়টি C-H বন্ধন বর্তমান। CH_3^+ এর মধ্যে খালি P কক্ষকটি C-H বন্ধনগুলো যে তলে অবস্থান করে তার সহিত লম্বভাবে অবস্থিত। তাই এদের অভিলেপন হয় না। সুতরাং CH_3^+ এর মধ্যে হাইপারকনজুগেশন স্থায়িত্ব দেখা যায় না।

12.7.10 জৈব বিক্রিয়া সমূহের প্রকার ভেদ এবং ক্রিয়াকৌশল (Types of Organic Reactions and Mechanisms)

- প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া
- যুত বিক্রিয়া
- অপনয়ন বিক্রিয়া
- পুণর্বির্ন্যাস বিক্রিয়া।

তোমরা ত্রয়োদশ অধ্যায়ে এবং পরবর্তীকালে দ্বাদশ শ্রেণিতে এই সকল বিক্রিয়াগুলো সম্পর্কে পড়বে।

12.8 জৈবযৌগগুলোর বিশুদ্ধিকরণের পদ্ধতিসমূহ (METHODS OF PURIFICATION OF ORGANIC COMPOUNDS)

প্রাকৃতিক উৎস থেকে নিষ্কাশন অথবা পরীক্ষাগারে সংশ্লেষণের পর জৈবযৌগের বিশুদ্ধিকরণ অত্যন্ত প্রয়োজনীয়। যৌগের প্রকৃতি এবং এতে উপস্থিত অশুদ্ধির উপর নির্ভর করে জৈবযৌগগুলোর বিশুদ্ধিকরণে বিভিন্ন পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়।

বিশুদ্ধিকরণে ব্যবহৃত সাধারণ কৌশলগুলো নিম্নরূপ-

- উর্ধ্বপাতন (ii) কেলাসন (iii) পাতন
- পার্শ্বক্যামূলক নিষ্কাশন (v) ক্রোমাটোগ্রাফি।

পরিশেষে একটি যৌগের বিশুদ্ধতা নির্ধারিত হয় ইহার গলনাঙ্ক অথবা স্ফুটনাঙ্ক নির্ধারণের দ্বারা। বেশির ভাগ বিশুদ্ধ যৌগগুলোর নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্ক থাকে। জৈব যৌগের বিশুদ্ধতা নির্ণয়ের নতুন পদ্ধতিগুলো বিভিন্ন ধরনের ক্রোমাটোগ্রাফি এবং বর্ণালীবীক্ষণ সংক্রান্ত কৌশলের উপর নির্ভরশীল।

12.8.1 উর্ধ্বপাতন (Sublimation)

তোমরা আগেই পড়েছ যে তাপ প্রয়োগে কিছু কঠিন পদার্থ তরল অবস্থায় পরিবর্তিত না হয়ে কঠিন থেকে গ্যাসীয় অবস্থায় সরাসরি পরিবর্তিত হয়। এই নীতির উপর নির্ভর করে বিশুদ্ধিকরণের কৌশলকে উর্ধ্বপাতন বলে। এই পদ্ধতিটি অনুদ্বায়ী কঠিন অশুদ্ধিগুলো থেকে উদ্বায়ী কঠিন পদার্থগুলোকে পৃথক করতে ব্যবহৃত হয়।

12.8.2 কেলাসন (Crystallisation)

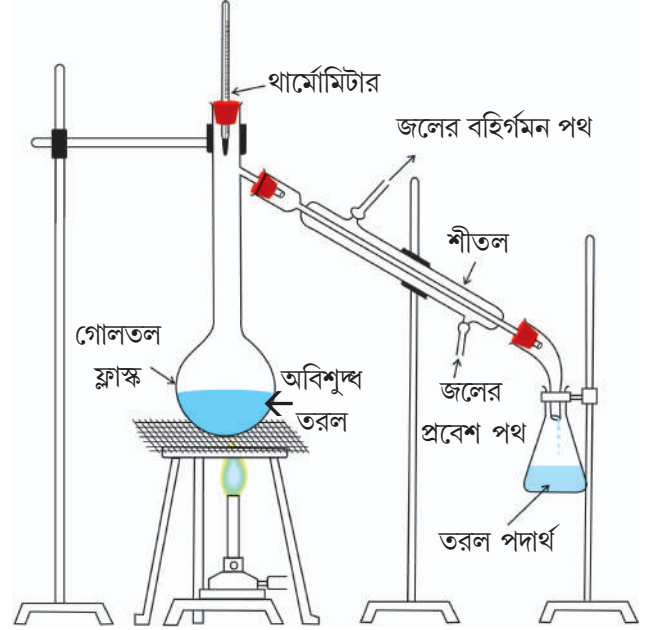
কঠিন জৈবযৌগগুলো বিশুদ্ধিকরণের ব্যবহৃত কৌশলগুলোর মধ্যে এটি অন্যতম। এই কৌশলটি নির্দিষ্ট দ্রাবকে যৌগ এবং অশুদ্ধির দ্রাব্যতাজনিত পার্থক্যের উপর ভিত্তি করে করা হয়। অশুদ্ধি যৌগ ঘরের তাপমাত্রায় কোন দ্রাবকে আংশিক ভাবে দ্রাব্য কিন্তু উচ্চ তাপমাত্রায় এটি অধিক মাত্রায় দ্রাব্য। দ্রবণকে গাঢ় করলে প্রায় সম্পৃক্ত দ্রবন পাওয়া যায়। দ্রবণকে ঠান্ডা করলে বিশুদ্ধ যৌগ কেলাসিত হয় এবং ফিল্টার করে পৃথক করা হয়। পরিস্ফুটনের মধ্যে অশুদ্ধিগুলো এবং সামান্য পরিমাণ যৌগ উপস্থিত থাকে। যদি কোন যৌগ একটি দ্রাবকে অতিমাত্রায় দ্রাব্য হয় এবং অপর কোন দ্রাবকে স্বল্প দ্রাব্য হয় তখন এই দুটি দ্রাবকের মিশ্রণ নিয়ে কেলাসন প্রক্রিয়াটি সন্তোষজনক ভাবে সম্পন্ন করা যায়। যে সকল অশুদ্ধি দ্রবণকে রঙিন করে তুলে তাদের সক্রিয় চারকোল দ্বারা অধিশোষিত করে পৃথক করা হয়। যৌগের মধ্যে উপস্থিত অশুদ্ধিগুলোর মধ্যে দ্রাব্যতার পার্থক্য কম হলে কেলাসন প্রক্রিয়াটি বার বার করার প্রয়োজন হয়।

12.8.3 পাতন Distillation

(i) উদ্বায়ী তরলকে তাদের অনুদ্বায়ী অশুদ্ধি থেকে পৃথকীকরণে এবং (ii) স্ফুটনাঙ্কের যথেষ্ট পার্থক্যযুক্ত তরলগুলোকে পৃথকীকরণে এই গুরুত্বপূর্ণ পদ্ধতিটির প্রয়োগ করা হয়। বিভিন্ন স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট তরলগুলো, বিভিন্ন তাপমাত্রায় বাষ্পীভূত হয়। উৎপন্ন বাষ্পকে ঠান্ডা করে এবং তরলে বৃণাস্তরিত করে পৃথকভাবে সংগ্রহ করা হয়। পাতন পদ্ধতিতে ক্লোরোফর্ম (স্ফুটনাঙ্ক 334K) এবং অ্যানিলিন (স্ফুটনাঙ্ক 457K) কে সহজে পৃথক করা যায় (চিত্র 12.5)। তরল মিশ্রণকে একটি গোলতল ফ্লাস্কে নিয়ে যত্ন সহকারে উত্তপ্ত করায়। স্ফুটনের সময় নিম্ন স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট উপাদানটি প্রথমে বাষ্পীভূত হয়। বাষ্পকে শীতকের সাহায্যে ঘনীভূত করে উৎপন্ন তরলকে গ্রাহক পাত্রে সংগ্রহ করা হয়। উচ্চ স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট উপাদানটি পরে বাষ্পীভূত হয় এবং উৎপন্ন বাষ্পকে ঘনীভূত করে তরলকে পৃথকভাবে সংগ্রহ করা যায়।

আংশিক পাতন (Fractional Distillation) : স্ফুটনাঙ্কের

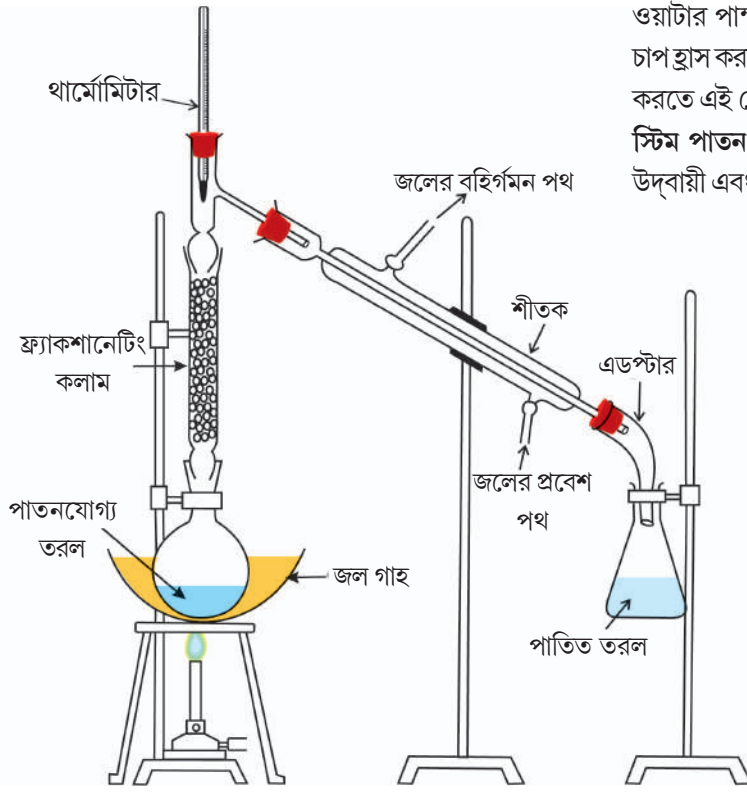
কম পার্থক্য বিশিষ্ট দুটি তরলকে পৃথকীকরণে সাধারণ পাতন পদ্ধতি ব্যবহার করা যায় না। এধরণের তরলগুলোর বাষ্প একই তাপমাত্রার পরিসরে উৎপন্ন হয় এবং একই সঙ্গে ঘনীভূত হয়। তাই এই ক্ষেত্রে আংশিক পাতন পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়। এই পদ্ধতিতে ঘনীভবনের আগে তরল মিশ্রণের বাষ্পকে আংশিক পাতন নল এর মধ্যে দিয়ে



চিত্র 12.5 : পাতন ক্রিয়া - কোন উদ্বায়ী তরলকে উত্তপ্ত করে উৎপন্ন বাষ্পকে ঘনীভূত করে, সেই তরলকে কনিক্যাল ফ্লাস্কে সংগ্রহ করা হয়।

চালনা করা হয়। আংশিকপাতন নল গোলতল ফ্লাস্কের মুখস্থলের উপরে যুক্ত করা হয় (চিত্র 12.6)।

উচ্চ স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট তরলের বাষ্প, নিম্ন স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট তরলের বাষ্প অপেক্ষা আগে ঘনীভূত হয়। আংশিক পাতন নলে উপরের অংশের বাষ্প অধিক উদ্বায়ী উপাদানের মাত্রা বেশি থাকে। বাষ্প আংশিক পাতন নলের শীর্ষে পৌঁছাতে পৌঁছাতে ইহাতে অধিক উদ্বায়ী উপাদানের পরিমাণ বেড়ে যায়। আংশিক পাতন নল বিভিন্ন আকারের এবং আকৃতির হয় যা চিত্র 12.7 এর মধ্যে প্রদর্শিত হল। আংশিক পাতন নল উর্ধ্বগামী বাষ্প এবং নিম্নগামী ঘনীভূত তরলের মধ্যে তাপ বিনিময়ের জন্য যথেষ্ট পৃষ্ঠতল প্রদান করে। আংশিক পাতন নলের মধ্যে কিছু ঘনায়মান তরল উর্ধ্বগামী বাষ্প থেকে তাপ গ্রহণ করে পুনরায় বাষ্পে পরিণত হয়। এই ভাবে বাষ্পের মধ্যে নিম্ন স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট উপাদানের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়। নিম্ন স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট উপাদানটির বাষ্প, নলের উচ্চতম অংশে পৌঁছায়। উপরের দিকে পৌঁছে নিম্ন স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট বাষ্পীয় উপাদানটি বিশুদ্ধ হয়



চিত্র 12.6 আংশিক পাতন-নিম্নতর স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট তরলের বাষ্প প্রথমে স্তম্ভের শীর্ষে পৌঁছায় ও পরে উচ্চতর স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট তরলের বাষ্প।

এবং শীতকের মধ্যে চালিত হয়। বিশুদ্ধ তরল গ্রাহক পাত্রে সংগৃহীত হয়। ধারাবাহিক পাতনের পর পাতন ফ্লাস্কের অবশিষ্ট তরলে উচ্চ স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট উপাদানের পরিমাণ বেশি থাকে। আংশিক পাতন নলের প্রতিটি ধারাবাহিক ঘনীভবন এবং বাষ্পীভবনের স্তরকে বলা হয় থিউরেটিকেল প্লেইট। বাণিজ্যিক ক্ষেত্রে একশত প্লেইট বিশিষ্ট নল পাওয়া যায়।

পেট্রোলিয়াম শিল্পে অপরিশোধিত তেল থেকে এর বিভিন্ন উপাদানকে পৃথক করতে আংশিক পাতন পদ্ধতির প্রযুক্তিগত প্রয়োগ রয়েছে।

নিম্নচাপে পাতন (Distillation under reduced pressure):

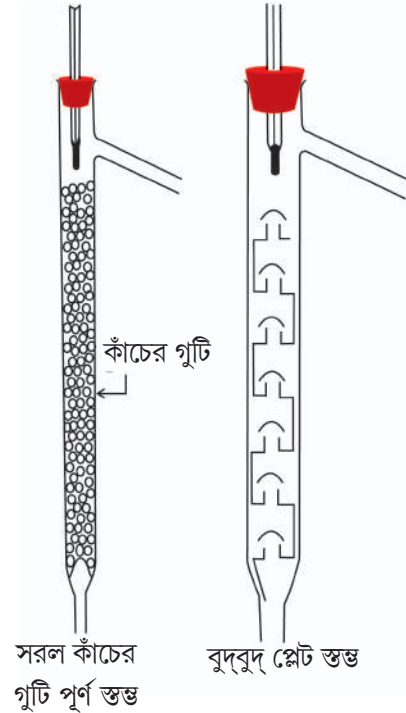
উচ্চ স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট তরল যোগুলো তাদের স্ফুটনাঙ্কে বা তার নিম্ন তাপমাত্রায় বিয়োজিত হয় তাদের বিশুদ্ধ করতে এই পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়। এরূপ তরলগুলোকে পৃষ্ঠতলের চাপ কমিয়ে তাদের স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্কের নিম্ন তাপমাত্রায় ফোটানো হয়। যখন কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন তরলের বাষ্পচাপ বহিঃস্থ, বায়ুমন্ডলের চাপের সমান হয় তখন ঐ তরলের স্ফুটন শুরু হয়।

ওয়াটার পাম্প অথবা অনুপ্রেষ পাম্প (চিত্র 12.8) এর সাহায্যে চাপ হ্রাস করা হয়। সাবান শিল্পে স্পেন্টলাই থেকে গ্লিসারিনকে পৃথক করতে এই কৌশলটি ব্যবহৃত হয়।

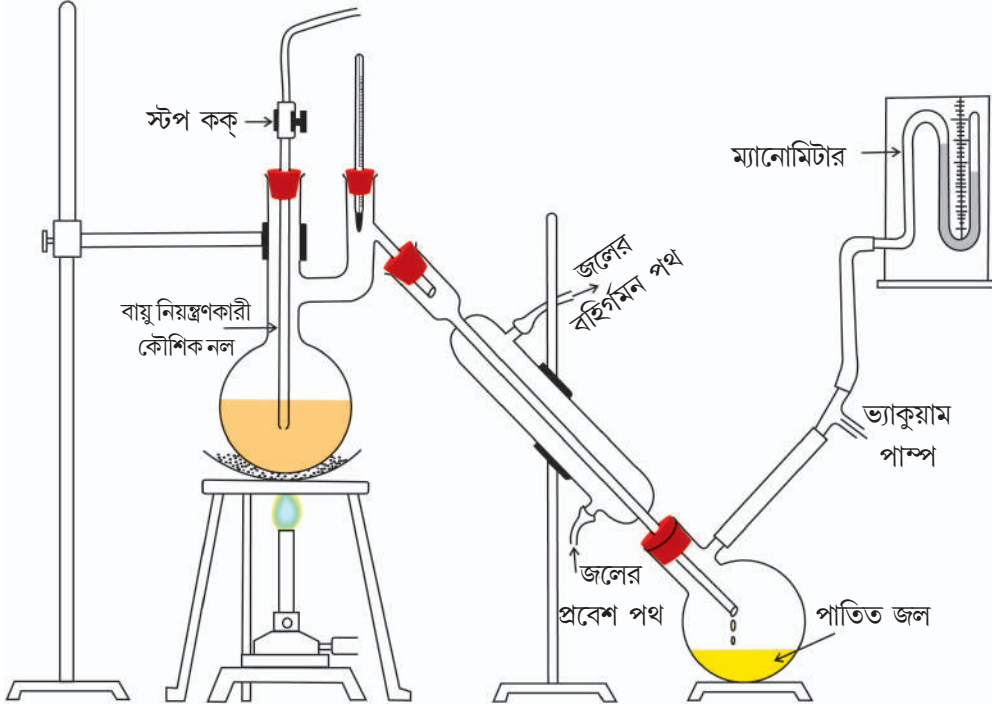
স্টিম পাতন (Steam Distillation) : যে সকল বস্তু স্টিম উদ্ভাবী এবং জলে অমিশ্রণীয় তাদের পৃথক করতে এই কৌশলটি

ব্যবহৃত হয়। স্টিম পাতন পদ্ধতিতে স্টিম জেনারেটর থেকে স্টিম উত্তপ্ত পাতন ফ্লাস্কে রক্ষিত পাতনযোগ্য তরলের মধ্যে দিয়ে চালনা করা হয়। স্টিম এবং উদ্ভাবী জৈব যৌগের মিশ্রণটিকে ঘনীভূত করে সংগ্রহ করা হয়। পৃথকীকরণ ফানেলের সাহায্যে যৌগটিকে পরে জল থেকে পৃথক করা হয়। স্টিম পাতন প্রক্রিয়ায়, যখন জৈব তরলের বাষ্পচাপ (P_1) এবং জলের কারণে সৃষ্ট চাপ (P_2) এর মোট যোগফল বায়ুমন্ডলীয় চাপের (P) সমান, অর্থাৎ $P = P_1 + P_2$ হয়, তখনই তরল ফুটতে থাকে। P_1 যদি P থেকে কম হয়, তখন জৈব তরল এর স্ফুটনাঙ্কের নিম্ন তাপমাত্রায় বাষ্পীভূত হয়।

সুতরাং যদি মিশ্রণের একটি বস্তু জল হয় এবং অন্যটি জলে অদ্রব্য বস্তু হয়, তখন এই মিশ্রণটির স্ফুটন প্রায় 373K বা তার নীচে হয়।



চিত্র 12.7 বিভিন্ন ধরনের ফ্ল্যাকশানেটিং স্তম্ভ।



চিত্র 12.8 নিম্নচাপে পাতন। বায়ুচাপ হ্রাসের মাধ্যমে স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্কের তুলনায় নিম্ন তাপমাত্রায় তরলের স্ফুটন।

এর ফলে উৎপন্ন জল এবং বস্তুর মিশ্রণকে বিয়োজক ফানেলের সাহায্যে পৃথক করা হয়। এই কৌশলের সাহায্যে অ্যানিলিন এবং জলের মিশ্রণ থেকে অ্যানিলিনকে পৃথক করা হয়। (চিত্র 12.9)

12.8.4 পার্থক্য মূলক বা বিভেদমূলক নিষ্কাশন (Differential Extraction)

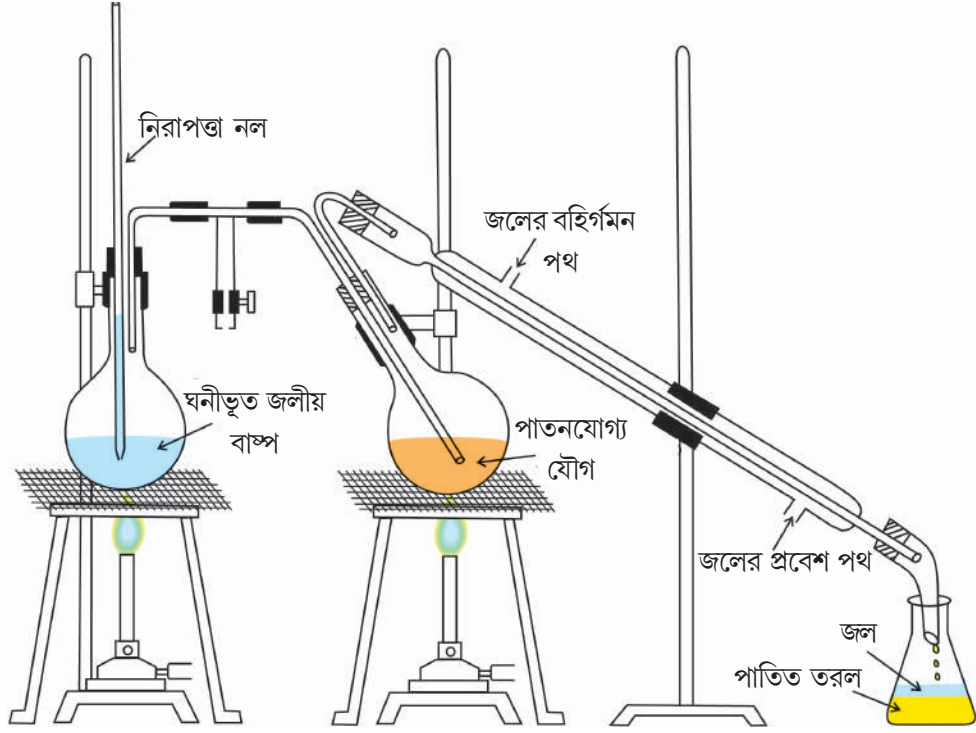
যখন একটি জৈব যৌগ জলীয় মাধ্যমে উপস্থিত থাকে তখন জল অপেক্ষা অধিক দ্রব্য কোন একটি জৈব দ্রাবক এই মিশ্রণের সঙ্গে যুক্ত করে ভাল করে ঝাঁকানোর মাধ্যমে পৃথক করা হয়। জৈব দ্রাবক এবং জলীয় দ্রবন পরস্পর অমিশ্রণীয় হতে হবে, যাতে দুটি পৃথক স্তর গঠিত হয় এবং এদের বিয়োজী ফানেলের দ্বারা পৃথক করা যায়। জৈব দ্রাবককে পরবর্তীতে পাতন বা বাষ্পায়ন পদ্ধতিতে দূর করে মূল জৈব যৌগটিকে পুনরায় পাওয়া যায়। পার্থক্য মূলক বা বিভেদমূলক নিষ্কাশন পদ্ধতিটি বিয়োজী ফানেলের সাহায্যে সম্পন্ন করা হয় যা চিত্র 12.10 এর সাহায্যে প্রদর্শিত হল। জৈবযৌগটি জৈব দ্রাবকে কম দ্রব্য হলে, খুব স্বল্প পরিমাণ জৈবযৌগ নিষ্কাশনের ক্ষেত্রে ও অধিক পরিমাণ জৈব দ্রাবকের প্রয়োজন হয়। এ সকল ক্ষেত্রে নিরবিচ্ছিন্ন নিষ্কাশন কৌশলটি প্রয়োগ করা হয়। এই কৌশলটিতে যৌগ নিষ্কাশনের ক্ষেত্রে একই দ্রাবক বারবার ব্যবহৃত হয়।

12.8.5 ক্রোমাটোগ্রাফি (Chromatography)

ক্রোমাটোগ্রাফি হল একটি গুরুত্বপূর্ণ কৌশল যা জৈব যৌগের মিশ্রণ থেকে তাদের উপাদানগুলোর পৃথকীকরণ, যৌগগুলোর বিশুদ্ধীকরণ এবং যৌগগুলোর বিশুদ্ধতা পরীক্ষা করতে ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। ক্রোমাটোগ্রাফি শব্দটি গ্রীক শব্দ ক্রোমা (Chroma) থেকে এসেছে যার অর্থ হল রং (Colour) কারণ এই পদ্ধতিটি প্রথমে উদ্ভিদ থেকে প্রাপ্ত রঙিন বস্তুগুলো পৃথক করতে ব্যবহার করা হত। কৌশলটিতে বস্তুগুলোর মিশ্রণকে একটি নিশ্চল দশার উপর প্রয়োগ করা হয় যা কঠিন বা তরল উভয়ই হতে পারে। একটি বিশুদ্ধ দ্রাবক বা দ্রাবকের মিশ্রণ অথবা একটি গ্যাসকে নিশ্চল দশার উপর দিয়ে ধীরে ধীরে চালনা করা হয়। মিশ্রণের উপাদানগুলো একে অপরের থেকে ধীরে ধীরে পৃথক হতে থাকে। গতিশীল দশাকে চলমান দশা বলে।

সংশ্লিষ্ট নীতির উপর ভিত্তি করে, ক্রোমাটোগ্রাফিকে বিভিন্ন ভাগে শ্রেণি বিভক্ত করা যায়। এদের মধ্যে দুটি হল-

- অধিশোষণ ক্রোমাটোগ্রাফি (Adsorption chromatography)
- বিভাজন ক্রোমাটোগ্রাফি (Partition chromatography)



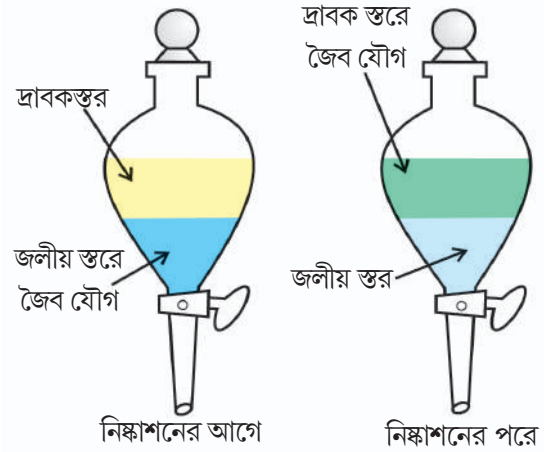
চিত্র 12.9 স্টিম পাতন। স্টিমের সাহায্যে উদ্বায়ী উপাদানের উদ্বায়ীকরণ, কনডেনসারে বাষ্পের ঘনীভবন এবং কনিক্যাল ফ্লাস্কে তরলের সংগ্রহ।

অধিশোষণ ক্রোমাটোগ্রাফি(Absorption Chromatography) :

অধিশোষণ ক্রোমাটোগ্রাফির ভিত্তি হল যে, উপযুক্ত অধিশোষকের বিভিন্ন যৌগের অধিশোষণের মাত্রা বিভিন্ন। সাধারণত অধিশোষক হিসাবে সিলিকা জেল এবং অ্যালুমিনা ব্যবহৃত হয়। যখন একটিলমান দশা, নিশ্চল দশার (অধিশোষকের) উপর দিয়ে প্রবাহিত হয় তখন মিশ্রণের উপাদানগুলো নিশ্চল দশার উপরে বিভিন্ন দূরত্বে প্রবাহিত হয়। পার্থক্যমূলক বা বিভেদমূলক অধিশোষণ নীতির উপর ভিত্তি করে প্রধানত দুই প্রকারের নিম্নলিখিত ক্রোমাটোগ্রাফি কৌশল রয়েছে।

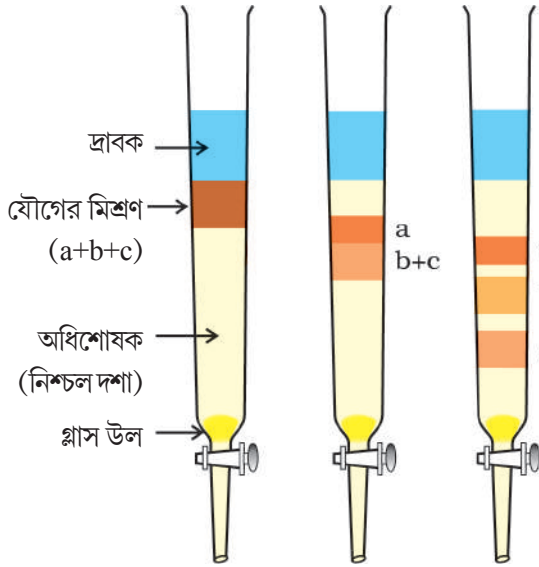
(ক) স্তম্ভ বা কলাম ক্রোমাটোগ্রাফি।

(খ) সূক্ষ্মস্তর ক্রোমাটোগ্রাফি।



চিত্র 12.10 বিভেদমূলক নিষ্কাশন। দ্রাব্যতার পার্থক্যের উপর ভিত্তি করে যৌগের নিষ্কাশন।

স্তম্ভ ক্রোমাটোগ্রাফি বা কলাম ক্রোমাটোগ্রাফি (Column Chromatography): স্তম্ভ ক্রোমাটোগ্রাফি পদ্ধতিতে অধিশোষক (stationary phase) পূর্ণ একটি কাচ নলের মধ্য দিয়ে মিশ্রণকে চালনা করে পৃথক করা হয়। নলের নীচের দিকে একটি স্টপকর্ক যুক্ত থাকে (চিত্র 12.11)। অধিশোষকে অধিশোষিত মিশ্রণ কাচনলের মধ্যে রক্ষিত অধিশোষকের সর্বোচ্চ স্তরে স্থাপন করা হয়। উপযুক্ত ইলুয়েন্ট (eluant) যা একটি তরল বা তরলের মিশ্রণ, কলামের উপর থেকে নীচের দিকে ধীরে ধীরে চালনা করা হয়। যৌগের অধিশোষণের মাত্রার উপর নির্ভর করে, যৌগগুলোর সম্পূর্ণ পৃথকীকরণ ঘটে। অধিক সহজে অধিশোষিত যৌগগুলো কলামের সবচেয়ে উপরের স্তরে অধিশোষিত হয় এবং অন্য যৌগগুলো কলামের নীচের দিকে বিভিন্ন দূরত্ব অতিক্রম করে (চিত্র 12.11)।



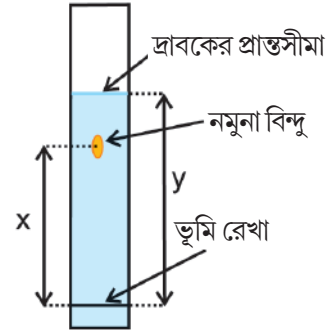
চিত্র 12.11 কলাম ক্রোমাটোগ্রাফি। কোনো মিশ্রণ থেকে তার উপাদানগুলোর পৃথকীকরণের বিভিন্ন ধাপ।

সূক্ষ্মস্তর ক্রোমাটোগ্রাফি (Thin layer Chromatography): সূক্ষ্মস্তর ক্রোমাটোগ্রাফি (TLC) অন্য এক প্রকারের অধিশোষণ ক্রোমাটোগ্রাফি। এই পদ্ধতিতে কাঁচের উপর প্রলিপ্ত অধিশোষকের একটি সূক্ষ্মস্তরের সাহায্যে মিশ্রণের উপাদানগুলোকে পৃথক করা হয়। অধিশোষকের (সিলিকা জেল বা অ্যালুমিনা) একটি পাতলা আস্তরণ (প্রায় 0.2 mm পুরু) কাঁচের ফলকের উপর উপযুক্ত আকারে বিস্তৃত থাকে। এই ফলককে সূক্ষ্মস্তর ক্রোমাটোগ্রাফি ফলক অথবা ক্রোমাফলক (Thin layer Chromatography plate or chromatoplate) বলে। পৃথকীকরণযোগ্য মিশ্রণের দ্রবণ, TLC ফলকের একটি প্রান্ত থেকে প্রায় 2cm উপরে একটি ছোট বিন্দু

রূপে ব্যবহৃত হয়। অতঃপর কাঁচের ফলকটিকে ইলুয়েন্ট (eluant) ভর্তি বন্ধ পাত্রে এমনভাবে স্থাপন করা হয় (চিত্র 12.12 a) যাতে বিন্দুটি তরলকে স্পর্শ না করে। যখন ইলুয়েন্ট (eluant) ফলকের মধ্য দিয়ে উপরে উঠতে থাকে তখনই অধিশোষণ মাত্রার উপর নির্ভর করে মিশ্রণের উপাদানগুলোও ইলুয়েন্টের সাথে বিভিন্ন দূরত্বে উপরের দিকে ওঠে এবং পৃথক হয়। একটি মিশ্রণের প্রতিটি উপাদানের আপেক্ষিক অধিশোষণ মন্দকমান (Retardation factor) অর্থাৎ R_f মান দ্বারা প্রকাশ করা হয় (চিত্র 12.12 b)



চিত্র 12.12 (a) সূক্ষ্মস্তর ক্রোমাটোগ্রাফি ক্রোমাটোগ্রামের ক্রম বিকাশ



চিত্র 12.12 (b) বিকাশিত ক্রোমাটোগ্রাম

$$R_f = \frac{\text{ভূমি রেখা থেকে যৌগের অতিক্রান্ত দূরত্ব (x)}}{\text{ভূমি রেখা থেকে দ্রাবকের অতিক্রান্ত দূরত্ব (y)}}$$

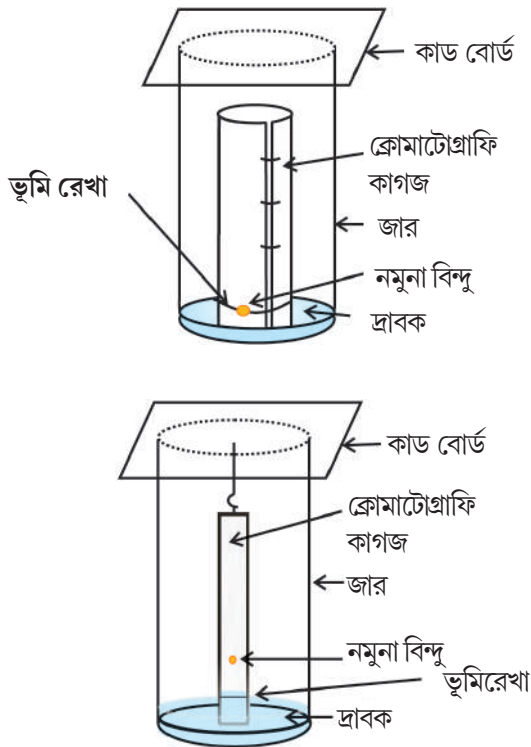
রঙিন যৌগগুলোর বিন্দুসমূহ তাদের আদি বর্ণের জন্য TLC ফলকের উপর দৃশ্যমান হয়। বর্ণহীন যৌগগুলো যাদের চোখে দেখা যায় না কিন্তু যারা অতি বেগুণী রশ্মির উপস্থিতিতে প্রতিপ্রভা (Fluoresc) সৃষ্টি করে, ফলকটি অতি বেগুণী রশ্মির নীচে রেখে তাদের সনাক্ত করা যায়। অন্য একটি পদ্ধতিতে ফলককে একটি আবদ্ধ পাত্রে সামান্য আয়োডিনের কেলাসের উপস্থিতিতে রাখা হয়। যৌগগুলো আয়োডিন শোষণ করে এবং বাদামি (Brown) বর্ণ ধারণ করে। কখনো কখনো ফলকের উপর উপযুক্ত বিকারক ও ছিটানো হয়।

উদাহরণস্বরূপ অ্যামিনো অ্যাসিডকে শনাক্তকরণের জন্য ফলকের উপর নিনহাইড্রিন দ্রবণ (ninhydrine) ছিটানো হয়। (চিত্র 12.12.b তে দেখানো হয়েছে)

বিভাজন ক্রোমাটোগ্রাফি (Partition Chromatography) :

মিশ্রণের উপাদানগুলোর চলমান ও নিশ্চল দশার ক্রমাগত বিভেদ মূলক বিভাজনের উপর ভিত্তি করে বিভাজন ক্রোমাটোগ্রাফি ক্রিয়াশীল। পেপার ক্রোমাটোগ্রাফি হল একটি এই ধরনের বিভাজন ক্রোমাটোগ্রাফি। পেপার ক্রোমাটোগ্রাফিতে একটি বিশেষ ধরনের কাগজ, ব্যবহৃত হয়, যাকে ক্রোমাটোগ্রাফি পেপার বলে। ক্রোমাটোগ্রাফি কাগজে জল আটকে থাকে যা নিশ্চল দশা হিসাবে কাজ করে।

ক্রোমাটোগ্রাফি কাগজের একটি পট্ট (strip) মধ্যে নীচের দিকে মিশ্রণের দ্রবণের একটি বিন্দু লাগিয়ে, উপযুক্ত একটি দ্রাবক অথবা একটি দ্রাবকের মিশ্রণে ঝুলিয়ে দেওয়া হয় (চিত্র 12.13)। এই দ্রাবকটি চলমান দশারূপে ক্রিয়া করে। দ্রাবক কৈশিক ক্রিয়ার (capillary action) দ্বারা কাগজের মধ্য দিয়ে উপরের দিকে উঠে এবং বিন্দুর উপর দিয়ে প্রবাহিত হয়। দুটি দশার মধ্যে বিভাজনের পার্থক্যের উপর নির্ভর করে কাগজটি বেছে বেছে বিভিন্ন উপাদানগুলোকে ধরে রাখে। এবূপ কাগজের পট্টটি ক্রোমাটোগ্রাম

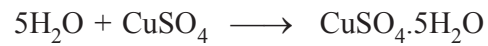
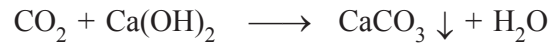
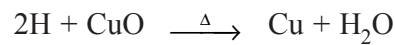
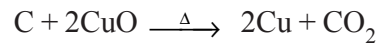


চিত্র 12.13 কাগজ ক্রোমাটোগ্রাফি। দুটি বিভিন্ন আকারে ক্রোমাটোগ্রাফি কাগজকে ব্যবহার করা হয়েছে।

(Chromatogram) হিসাবে পরিচিত। রঙিন বর্ণের বিভিন্ন যৌগগুলোর বিন্দুসমূহ ক্রোমাটোগ্রামের প্রাথমিক বিন্দুর অবস্থান থেকে বিভিন্ন উচ্চতায় দৃশ্যমান হয়। বর্ণহীন যৌগগুলোর বিন্দুসমূহ অতিবেগুণী রশ্মির নিচে বা উপযুক্ত বিকারক ছিটানোর মাধ্যমে দৃশ্যমান হয় যা সূক্ষ্মস্তর ক্রোমাটোগ্রাফিতে বর্ণনা করা হয়েছে।

12.9 জৈব যৌগের গুণগত বিশ্লেষণ (Qualitative analysis of organic compounds): জৈব যৌগে উপস্থিত মৌলগুলো হল কার্বন এবং হাইড্রোজেন। এই মৌলগুলো ছাড়াও তাদের মধ্যে অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, সালফার, হ্যালোজেন এবং ফসফরাস বর্তমান।

12.9.1 কার্বন এবং হাইড্রোজেন শনাক্তকরণ (Detection of carbon and hydrogen) : কপার (II) অক্সাইডের সাথে যৌগটিকে উত্তপ্ত করে কার্বন এবং হাইড্রোজেনকে শনাক্ত করা হয়। যৌগে উপস্থিত কার্বন জারিত হয়ে কার্বন ডাই অক্সাইডে পরিণত হয় এবং হাইড্রোজেন জলে জারিত হয়। উৎপন্ন কার্বন ডাই অক্সাইড চুনজলকে ঘোলা করে এবং জল অনার্দ্র কপার সালফেটকে নীল বর্ণে পরিণত করে।

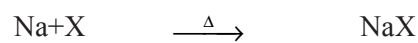
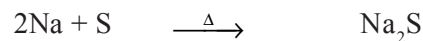
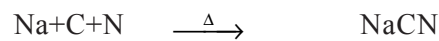


সাদা

নীল

12.9.2 অন্যান্য মৌলের শনাক্তকরণ (Detection of others Elements)

ল্যাসাইন পরীক্ষার (Lassaignes test) মাধ্যমে জৈব যৌগে উপস্থিত নাইট্রোজেন, সালফার, হ্যালোজেন এবং ফসফরাস মৌলগুলোকে শনাক্ত করা হয়। যৌগগুলোকে সোডিয়াম ধাতুর সঙ্গে উত্তপ্ত করে গলানো হয়, ফলে যৌগে উপস্থিত মৌলগুলো সমযোজী রূপ থেকে তড়িৎযোজী রূপে রূপান্তরিত হয়।



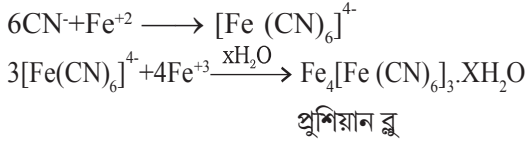
(X=Cl, Br অথবা I)

C, N, S এবং X জৈব যৌগ থেকে নির্গত হয়।

সোডিয়ামের সাথে গলনে উৎপন্ন যৌগটিকে বিশুদ্ধ জলের সাথে ফুটিয়ে উৎপন্ন সায়ানাইড, সালফাইড এবং হ্যালাইডকে সংগ্রহ করা হয়। এই নির্যাস (Extract) কে গলিত সোডিয়ামের নির্যাস (Sodium fusion extract) বা সোডিয়াম নির্যাস বলে।

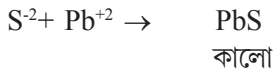
(A) নাইট্রোজেন পরীক্ষা (Test for Nitrogen)

সোডিয়াম নির্যাসকে আয়রন (II) সালফেটসহ ফোটাচো হয় এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লীকৃত করা হয়। প্রুশিয়ান ব্লু বর্ণের উৎপত্তি, নিশ্চিতরূপে নাইট্রোজেনের উপস্থিতি প্রমাণ করে। প্রথমে সোডিয়াম সায়ানাইড আয়রন (II) সালফেটের সহিত বিক্রিয়া করে এবং সোডিয়াম হেক্সাসায়ানো ফেরেট (II) গঠন করে। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডসহ উত্তপ্ত করলে কিছু সংখ্যক আয়রন (II) আয়ন জারিত হয়ে আয়রন (III) আয়নে পরিণত হয় যা সোডিয়াম হেক্সাসায়ানো ফেরেট (II) -এর সাথে বিক্রিয়ায় আয়রন (III) হেক্সাসায়ানো ফেরেট (II) (ফেরিফেরো সায়ানাইড) উৎপন্ন করে যা প্রুশিয়ান ব্লু বর্ণের হয়।

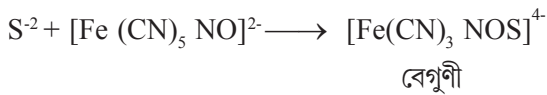


(B) সালফারের পরীক্ষা (Test for Sulphur)

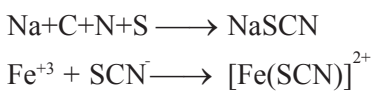
(a) সোডিয়াম নির্যাসকে অ্যাসিটিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লীকৃত করার পর এতে লেড অ্যাসিটেট যোগ করা হয়। কালো বর্ণের লেড সালফাইডের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় যা সালফারের উপস্থিতি প্রমাণ করে।



(b) সোডিয়াম নির্যাসের সঙ্গে সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড দ্রবণ যোগ করলে বেগুণি বর্ণ ধারণ করে। যা পুনরায় সালফারের উপস্থিতি প্রমাণ করে।



জৈব যৌগটিতে নাইট্রোজেন এবং সালফার উভয়ই উপস্থিত থাকলে সোডিয়াম থায়োসায়ানেট উৎপন্ন হয়। এটি লাল বর্ণ ধারণ করে এবং প্রুশিয়ান ব্লু বর্ণ নয়। যেহেতু যৌগটিতে কোনো মুক্ত সায়ানাইড আয়ন থাকে না।



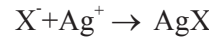
যদি সোডিয়ামের গলন অতিরিক্ত সোডিয়ামের উপস্থিতিতে সম্পন্ন হয় তবে থায়োসায়ানেট বিয়োজিত হয়ে সায়ানাইড এবং সালফাইড

উৎপন্ন করে। এই আয়নগুলো তাদের প্রচলিত পরীক্ষা দেখায়।



(C) হ্যালোজেনসমূহের পরীক্ষা (Test for Halogens)

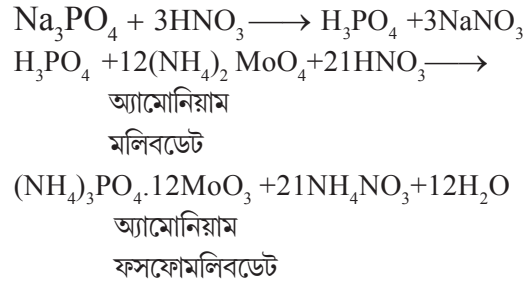
সোডিয়াম নির্যাসকে নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লীকৃত করে তাতে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করা হয়। সাদা অধঃক্ষেপ যা অ্যামোনিয়াম হাইড্রোঅক্সাইডে দ্রব্য ক্লোরিনের উপস্থিতি, হালকা হলুদ অধঃক্ষেপ যা অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইডে আংশিক ভাবে দ্রব্য ব্রোমিনের উপস্থিতি এবং হলুদ অধঃক্ষেপ যা অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইডে অদ্রব্য আয়োডিনের উপস্থিতি প্রমাণ করে।



X দ্বারা হ্যালোজেনকে (Cl, Br, অথবা I) প্রকাশ করা হল। যদি যৌগে নাইট্রোজেন অথবা সালফার পরমাণু উপস্থিত থাকে তবে ল্যাসাইন পরীক্ষার সময় উৎপন্ন সোডিয়ামের সায়ানাইড অথবা সালফাইডকে প্রথমে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডসহ ফোটাচো মাধ্যমে বিয়োজিত করা হয়। নতুবা এই আয়নগুলো হ্যালোজেনের সিলভার নাইট্রেট পরীক্ষায় বাধা সৃষ্টি করে।

(D) ফসফরাসের পরীক্ষা (Test for Phosphorus)

যৌগকে একটি জারক দ্রব্যের (সোডিয়াম পারঅক্সাইড) সঙ্গে মিশ্রিত করে উত্তপ্ত করা হয়। যৌগে উপস্থিত ফসফরাস, ফসফেটে জারিত হয়। দ্রবণকে নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা ফোটাচো পর অ্যামোনিয়াম মলিবডেট দ্রবণ যোগ করা হয়। হলুদ বর্ণের অধঃক্ষেপ ফসফরাসের অস্তিত্ব প্রমাণ করে।

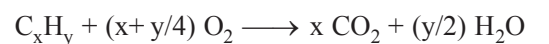


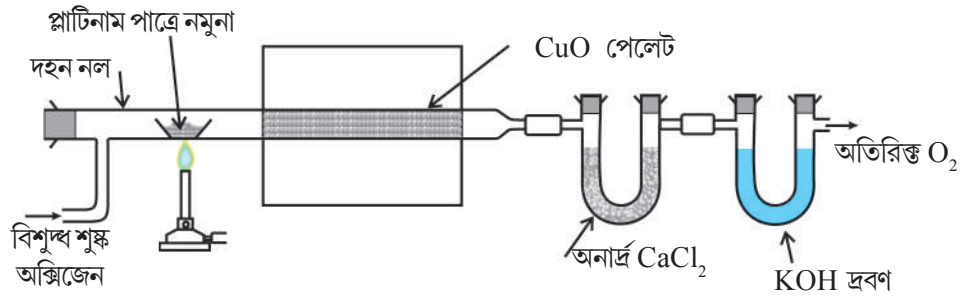
12.10 পরিমাণগত বিশ্লেষণ (Quantative analysis)

একটি জৈব যৌগে উপস্থিত মৌলগুলোর শতকরা সংযুতি নির্ণয়ের পদ্ধতিগুলো নিম্নলিখিত নীতিগুলোর উপর প্রতিষ্ঠিত।

12.10.1 কার্বন এবং হাইড্রোজেন (Carbon and Hydrogen)

একই পরীক্ষায় কার্বন এবং হাইড্রোজেনের পরিমাণকে নির্ণয় করা হয়। একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ জৈব যৌগকে অতিরিক্ত অক্সিজেন এবং কপার (II) অক্সাইডের উপস্থিতিতে দহন করা হয়। যৌগে উপস্থিত কার্বন এবং হাইড্রোজেন জারিত হয়ে যথাক্রমে কার্বনডাইঅক্সাইড এবং জল উৎপন্ন করে।





চিত্র 12.14 কার্বন এবং হাইড্রোজেনের পরিমাণ নির্ণয়। নমুনাটির জারণে উৎপন্ন জল এবং কার্বন ডাইঅক্সাইড যথাক্রমে U আকৃতির নলে রক্ষিত অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড এবং পটাশিয়াম হাইড্রোক্সাইড দ্বারা শোষণ।

নিখুঁতভাবে ওজন করা U নলের মধ্যে রক্ষিত অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের মধ্যে দিয়ে উৎপন্ন মিশ্রণকে চালনা করে উৎপন্ন জলের ভর নির্ণয় করা হয়। অপর একটি U নলে রক্ষিত গাঢ় পটাশিয়াম হাইড্রোক্সাইড দ্রবণ দ্বারা CO_2 শোষিত হয়। এই নলগুলো শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত করা হয় (চিত্র 12.14)। ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড এবং পটাশিয়াম হাইড্রোক্সাইডের ভর বৃদ্ধি থেকে উৎপন্ন জল এবং কার্বন ডাই অক্সাইডের পরিমাণ পাওয়া যায়, যা থেকে কার্বন এবং হাইড্রোজেনের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় করা হয়।

মনে করি, জৈব যৌগের ভর m g, এবং উৎপন্ন জল ও কার্বনডাইঅক্সাইডের ভর যথাক্রমে m_1 এবং m_2 g

$$\text{কার্বনের শতকরা পরিমাণ} = \frac{12 \times m_2 \times 100}{44 \times m}$$

$$\text{হাইড্রোজেনের শতকরা পরিমাণ} = \frac{2 \times m_1 \times 100}{18 \times m}$$

সমস্যা : 12.20

0.246 g একটি জৈব যৌগ সম্পূর্ণরূপে দহনে 0.198 g কার্বন ডাই অক্সাইড এবং 0.1014 g জল উৎপন্ন করে। যৌগে কার্বন এবং হাইড্রোজেনের শতকরা সংযুতি নির্ণয় কর।

সমাধান :

$$\text{কার্বনের শতকরা পরিমাণ} = \frac{12 \times 0.198 \times 100}{44 \times 0.246} = 21.95\%$$

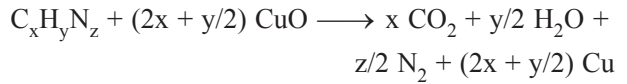
$$\text{হাইড্রোজেনের শতকরা পরিমাণ} = \frac{2 \times 0.1014 \times 100}{18 \times 0.246} = 4.58\%$$

12.10.2 নাইট্রোজেন (Nitrogen)

জৈব যৌগে নাইট্রোজেনের পরিমাণ নির্ণয়ের দুটি পদ্ধতি রয়েছে।

(i) ডুমার পদ্ধতি (Dumas method) (ii) জেলডাল পদ্ধতি (Kjeldahl's method)

(i) ডুমার পদ্ধতি (Dumas method) : নাইট্রোজেন ঘটিত জৈব যৌগকে কার্বন ডাই অক্সাইডের উপস্থিতিতে কপার অক্সাইডের সঙ্গে উত্তপ্ত করা হলে নাইট্রোজেন মুক্ত হয় এবং সেই সাথে কার্বন ডাইঅক্সাইড এবং জল উৎপন্ন হয়।



স্বল্প পরিমাণ নাইট্রোজেন অক্সাইডের গ্যাসীয় মিশ্রণকে উত্তপ্ত কপার ছিবড়ার উপর দিয়ে চালনা করে বিক্রিয়ায় উৎপন্ন নাইট্রোজেনে বিজারিত করা হয়। নির্গত গ্যাসীয় মিশ্রণকে পটাশিয়াম হাইড্রোক্সাইডের জলীয় দ্রবণের উপরে সংগ্রহ করা হয় যা কার্বন ডাই অক্সাইডকে শোষণ করে। নাইট্রোজেন গ্যাস অংশাঙ্কিত নলের (graduated tube) উপরে সংগ্রহ করা হয় চিত্র (12.15)।

ধরি জৈব যৌগের ভর = m g

সংগৃহীত নাইট্রোজেনের আয়তন = v_1 mL

ঘরের তাপমাত্রা = T_1 K

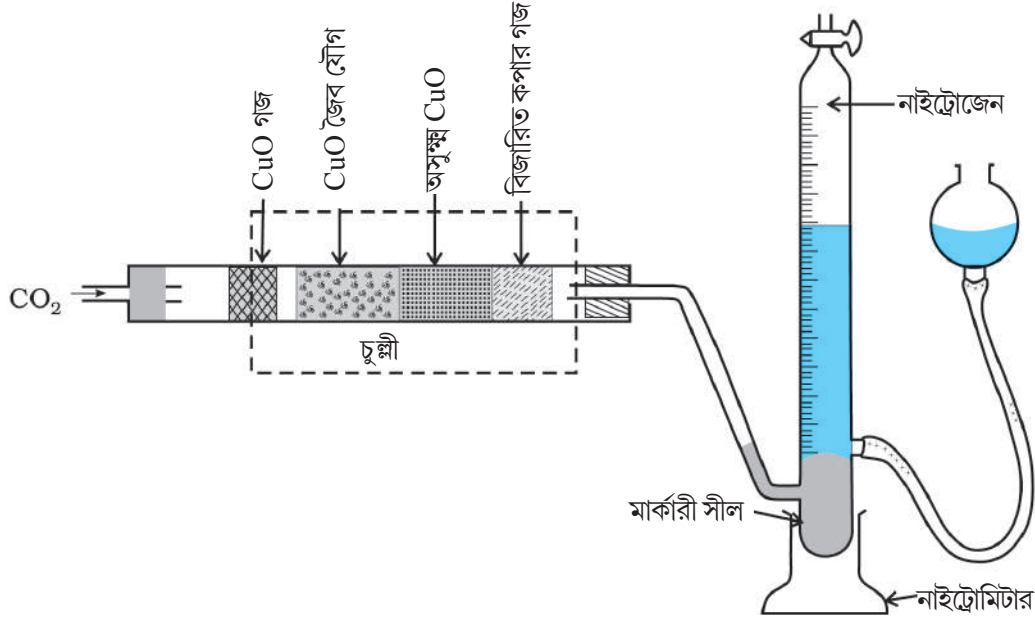
$$\text{STPতে নাইট্রোজেনের আয়তন} = \frac{P_1 V_1 \times 273}{760 \times T_1}$$

ধরি এই আয়তনটি V mL

যেখানে P_1 এবং V_1 নাইট্রোজেনের চাপ এবং আয়তন। যে বায়ুমণ্ডলীয় চাপে নাইট্রোজেন গ্যাস সংগ্রহ করা হয় P_1 তা থেকে ভিন্ন। P_1 -এর মান নিম্নলিখিত সম্পর্ক থেকে পাওয়া যায়।

P_1 = বায়ুমণ্ডলীয় চাপ - জলীয় বাষ্পের চাপ

STP তে 22400 mL নাইট্রোজেনের ওজন 28 g



চিত্র 12.15 ডুমার পদ্ধতি। কার্বন ডাইঅক্সাইড (CO₂) গ্যাসের উপস্থিতিতে জৈব যৌগকে কপার (II) অক্সাইডের উপরে উত্তপ্ত করলে নাইট্রোজেন উৎপন্ন করে। উৎপন্ন গ্যাস মিশ্রণকে পটাশিয়াম হাইড্রোঅক্সাইডের উপর সংগ্রহ করলে CO₂ শোষিত হয় এবং নাইট্রোজেনের আয়তন নির্ণয় করা হয়।

$$\text{সুতরাং } V \text{ mL নাইট্রোজেনের ওজন} = \frac{28 \times V}{22400} \text{ g}$$

$$\text{নাইট্রোজেনের শতকরা পরিমাণ} = \frac{28 \times V \times 100}{22400 \times m}$$

$$41.9 \text{ mL নাইট্রোজেনের ওজন} = \frac{28 \times 41.9}{22400} \text{ g}$$

$$\begin{aligned} \text{নাইট্রোজেনের শতকরা পরিমাণ} &= \frac{28 \times 41.9 \times 100}{22400 \times 0.3} \\ &= 17.46\% \end{aligned}$$

সমস্যা 12.21

ডুমার পদ্ধতিতে নাইট্রোজেনের পরিমাণ নির্ণয়ের পরীক্ষায় 0.3g জৈবযৌগ 50 mL নাইট্রোজেন উৎপন্ন করে। 300 K উষ্ণতায় এবং 715 mm চাপে যৌগটির মধ্যে নাইট্রোজেনের শতকরা সংযুতি নির্ণয় কর। (300 K তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ = 15 mm)

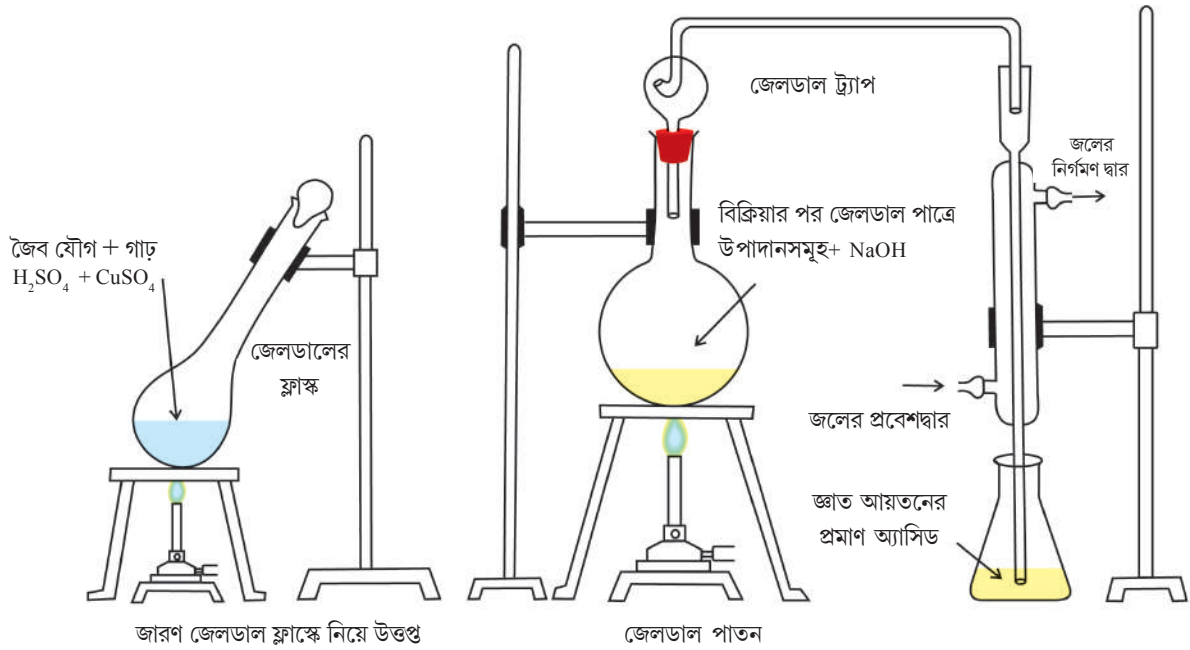
সমাধান

300 K তাপমাত্রায় এবং 715 mm চাপে সংগৃহীত নাইট্রোজেনের আয়তন হল 50 mL প্রকৃত চাপ = 715 - 15 = 700 mm

$$\begin{aligned} \text{STPতে নাইট্রোজেনের আয়তন} &= \frac{273 \times 700 \times 50}{300 \times 760} \\ &= 41.9 \text{ mL} \end{aligned}$$

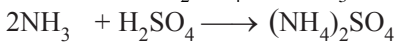
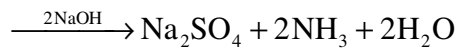
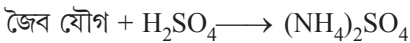
$$\text{STP তে } 22400 \text{ mL নাইট্রোজেনের ওজন} = 28 \text{ g}$$

(ii) **জেলডাল পদ্ধতি (Kjeldahl's method)**: নাইট্রোজেন যুক্ত জৈব যৌগকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহ উত্তপ্ত করা হয়। যৌগে উপস্থিত নাইট্রোজেন অ্যামোনিয়াম সালফেটে রূপান্তরিত হয় (চিত্র 12.16)। উৎপন্ন অ্যাসিড মিশ্রণকে অতঃপর অতিরিক্ত সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড সহযোগে উত্তপ্ত করা হয়। নির্গত অ্যামোনিয়া গ্যাসকে অতিরিক্ত পরিমাণ প্রমাণ মাত্রার সালফিউরিক অ্যাসিডে শোষিত করা হয়। উৎপন্ন অ্যামোনিয়ার পরিমাণ বিক্রিয়াটিতে প্রশমিত সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিমাণ থেকে নির্ণয় করা হয়। অ্যামোনিয়াকে শোষিত করার পর অপ্রশমিত সালফিউরিক অ্যাসিডকে প্রমাণ মাত্রার স্কার দ্রবণের সাহায্যে ট্রাইট্রেশন করে তা নির্ণয় করা হয়। প্রাথমিক অবস্থায় নেওয়া অ্যাসিডের পরিমাণ এবং বিক্রিয়ার পর অবশিষ্ট অ্যাসিডের



চিত্র 12.16 জেলডাল পদ্ধতি। নাইট্রোজেন যুক্ত যৌগকে গাঢ় H_2SO_4 এর সহিত বিক্রিয়া করলে অ্যামোনিয়াম সালফেট পাওয়া যায় যা $NaOH$ -এর সহিত বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া নির্গত করে; জ্বাত আয়তনের প্রমাণ মাত্রায় অ্যাসিডের মধ্যে অ্যামোনিয়াকে শোষিত করা হয়।

পরিমাণের পার্থক্য থেকে অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়াকারী অ্যাসিডের পরিমাণ নির্ণয় করা হয়।



মনে করি, গৃহীত জৈব যৌগের ভর = m g

গৃহীত M মোলার H_2SO_4 এর আয়তন = V mL

অতিরিক্ত H_2SO_4 এর টাইট্রেশনে ব্যবহৃত M মোলার $NaOH$

এর আয়তন = V_1 mL

M মোলার V_1 mL $NaOH = M$ মোলার $\frac{V_1}{2}$ mL H_2SO_4

M মোলার অব্যয়িত H_2SO_4 এর আয়তন = $(V - \frac{V_1}{2})$ mL

$(V - \frac{V_1}{2})$ mL M মোলার $H_2SO_4 = 2(V - \frac{V_1}{2})$ mL M মোলার

NH_3 দ্রবণ

1000 mL 1M NH_3 দ্রবণে থাকে 17g অ্যামোনিয়া অথবা 14 g

নাইট্রোজেন

সুতরাং $2(V - \frac{V_1}{2})$ mL M মোলার অ্যামোনিয়া দ্রবণে থাকে

$$= \frac{14 \times M \times 2(V - \frac{V_1}{2})}{1000} \text{ g নাইট্রোজেন}$$

$$N \text{ এর শতকরা পরিমাণ} = \frac{14 \times M \times 2(V - \frac{V_1}{2})}{1000} \times \frac{100}{m}$$

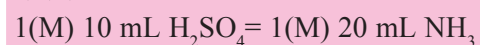
$$= \frac{1.4 \times M \times 2(V - \frac{V_1}{2})}{m}$$

যে সকল যৌগগুলোতে নাইট্রোজেন, নাইট্রো এবং অ্যাজো মূলক রূপে উপস্থিত এবং বলয়ের মধ্যে নাইট্রোজেন (উদাহরণ স্বরূপ পিরিডিন) উপস্থিত থাকে, সেই সকল যৌগের ক্ষেত্রে জেলডাল পদ্ধতি ব্যবহৃত হয় না। কারণ এই সকল যৌগগুলোতে উপস্থিত নাইট্রোজেন বিক্রিয়ার এই শর্তে অ্যামোনিয়াম সালফেটে পরিবর্তিত হয় না।

সমস্যা 12.22

জেলডাল পদ্ধতিতে একটি জৈব যৌগে উপস্থিত নাইট্রোজেনের পরিমাণ নির্ণয়ের ক্ষেত্রে, 0.5 g যৌগ যে পরিমাণ অ্যামোনিয়া নির্গত করে তা 10 mL 1 M H_2SO_4 দ্বারা প্রশমিত হয়। যৌগে উপস্থিত নাইট্রোজেনের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় করো।

সমাধান :



1000 mL 1 M অ্যামোনিয়াতে আছে 14 g নাইট্রোজেন

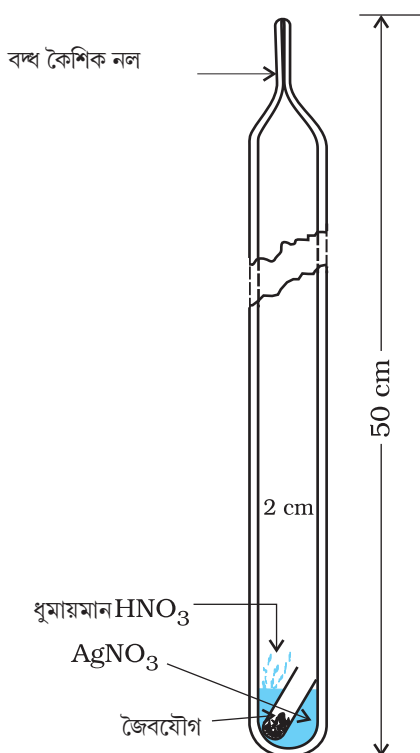
20 mL 1 M অ্যামোনিয়াতে আছে $\frac{14 \times 20}{1000}$ g নাইট্রোজেন

$$\begin{aligned} \text{নাইট্রোজেনের শতকরা পরিমাণ} &= \frac{14 \times 20 \times 100}{1000 \times 0.5} \\ &= 56.0\% \end{aligned}$$

12.10.3 হ্যালোজেন সমূহ (Halogens)

কেরিয়াস পদ্ধতি (Carius Method) :

একটি নির্দিষ্ট ওজনের জৈব যৌগকে ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিডসহ, সিলভার নাইট্রেটের উপস্থিতিতে একটি শক্ত কাচ নলে, থাকে কেরিয়াস নল বলে, নিয়ে চুল্লিতে উত্তপ্ত করা হয় (চিত্র 12.17)।



চিত্র: 12.17 কেরিয়াস পদ্ধতি। হ্যালোজেন যুক্ত জৈব যৌগকে সিলভার নাইট্রেটের উপস্থিতিতে ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করা।

যৌগে উপস্থিত কার্বন এবং হাইড্রোজেন যথাক্রমে কার্বন ডাই অক্সাইড এবং জলে জারিত হয়। উপস্থিত হ্যালোজেন অনুবুপ সিলভার হ্যালাইড (AgX) গঠন করে। উৎপন্ন হ্যালাইডকে ফিল্টার করা হয় এবং জল দ্বারা ধৌত করে শুষ্ক করা হয় এবং ওজন করা হয়।

মনে করি, গৃহীত জৈব যৌগটির ভর = m g
উৎপন্ন AgX এর ভর = m₁ g

1 মোল AgX এর মধ্যে আছে 1 মোল X
গ্রাম AgX এর মধ্যে হ্যালোজেনের ভর

$$= \frac{X \text{ এর পারমাণবিক ভর}}{\text{AgX এর আণবিক ভার}} \text{ g}$$

$$\text{হ্যালোজেনের শতকরা পরিমাণ} = \frac{X \text{ এর পারমাণবিক ভর } m_1 \times 100}{\text{AgX এর আণবিক ভার } X m}$$

সমস্যা 12.23

কেরিয়াস পদ্ধতিতে হ্যালোজেনের পরিমাণ নির্ণয়ের ক্ষেত্রে 0.15 g একটি জৈব যৌগ 0.12 g AgBr উৎপন্ন করে। যৌগটিতে ব্রোমিনের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় করো।

সমাধান :

AgBr এর আণবিক ভর = 108 + 80 = 188 g mol⁻¹
188 g AgBr -এর মধ্যে আছে 80 g ব্রোমিন

0.12 g AgBr এর মধ্যে আছে $\frac{80 \times 0.12}{188}$ g ব্রোমিন

$$\begin{aligned} \text{ব্রোমিনের শতকরা পরিমাণ} &= \frac{80 \times 0.12 \times 100}{188 \times 0.15} \\ &= 34.04\% \end{aligned}$$

12.10.4 সালফার (Sulphur)

একটি নির্দিষ্ট ওজনের জৈব যৌগকে কেরিয়াস নলে সোডিয়াম পারঅক্সাইড অথবা ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করা হয়। যৌগে উপস্থিত সালফার, সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত হয়। বেরিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ অতিরিক্ত পরিমাণে যোগ করলে এটি বেরিয়াম সালফেট রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। অধঃক্ষিপ্তকে ফিল্টার করা হয় এবং জল দ্বারা ধৌত করে শুষ্ক করা হয়। অতঃপর এর ওজন গণনা করা হয়। বেরিয়াম সালফেটের ওজন থেকে সালফারের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় করা হয়।

মনে করি, গৃহীত জৈব যৌগের ভর = m g
এবং উৎপন্ন বেরিয়াম সালফেটের ভর = m₁ g
1 মোল বেরিয়াম সালফেট (BaSO₄) = 233 g BaSO₄
= 32 g সালফার

m₁ g BaSO₄ এর মধ্যে আছে $\frac{32 \times m_1}{233}$ g সালফার

$$\text{সালফারের শতকরা পরিমাণ} = \frac{32 \times m_1 \times 100}{233 \times m}$$

সমস্যা : 12.24

সালফারের পরিমাণ নির্ণয়ের ক্ষেত্রে 0.157 g একটি জৈব যৌগ 0.4813 g বেরিয়াম সালফেট উৎপন্ন করে। যৌগটিতে সালফারের শতকরা পরিমাণ কত?

সমাধান :

$$\text{BaSO}_4 \text{ এর আণবিক ভর} = 137+32+64 \\ = 233 \text{ g}$$

233 g BaSO₄ এর মধ্যে আছে 32 g সালফার

$$0.4813 \text{ g BaSO}_4 \text{ এর মধ্যে আছে } \frac{32 \times 0.4813}{233} \text{ g সালফার}$$

$$\text{সালফারের শতকরা পরিমাণ} = \frac{32 \times 0.4813 \times 100}{233 \times 0.157} \\ = 42.10\%$$

12.10.5 . ফসফরাস (Phosphorus)

একটি নির্দিষ্ট ওজনের জৈব যৌগকে ধুমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করলে যৌগে উপস্থিত ফসফরাস, ফসফরিক অ্যাসিডে জারিত হয়। অ্যামোনিয়া এবং অ্যামোনিয়াম মলিবেডেট এই মিশ্রণে যোগ করলে অ্যামোনিয়াম ফসফোমলিবেডেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। অন্যভাবে ম্যাগনেশিয়া মিশ্রণ যোগ করে ফসফোরিক অ্যাসিডকে ম্যাগনেশিয়াম অ্যামোনিয়াম ফসফেট (MgNH₄PO₄) রূপে অধঃক্ষিপ্ত করা যায় যা প্রজ্জলিত হয়ে ম্যাগনেশিয়াম পাইরো ফসফেট Mg₂P₂O₇ উৎপন্ন হয়।

ধরি গৃহীত জৈবযৌগের ভর = m g

অ্যামোনিয়াম ফসফোমলিবেডেটের ভর = m₁ g

(NH₄)₃PO₄·13MoO₃ এর আণবিক গুরুত্ব = 1877 g

$$\text{ফসফরাসের শতকরা পরিমাণ} = \frac{31 \times m_1 \times 100}{1877 \times m} \%$$

যদি ফসফরাসকে Mg₂P₂O₇ রূপে নির্ণয় করা হয়, তবে

$$\text{ফসফরাসের শতকরা পরিমাণ} = \frac{62 \times m_1 \times 100}{222 \times m} \%$$

যেখানে, 222 u হল Mg₂P₂O₇ এর আণবিক ভর। গৃহীত জৈবযৌগের ভর m গ্রাম। উৎপন্ন Mg₂P₂O₇ এর ভর m₁ এবং Mg₂P₂O₇ যৌগে উপস্থিত দুটি ফসফরাস পরমাণুর ভর 62.

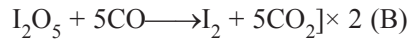
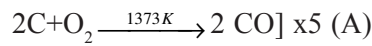
12.10.6 অক্সিজেন (Oxygen) :

জৈবযৌগে অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ সাধারণত পাওয়া যায়

মোট শতকরা সংযুতি (100) এবং সমস্ত মৌলগুলোর শতকরা পরিমাণের যোগ ফলের পার্থক্য থেকে। তথাপি সরাসরি অক্সিজেনের পরিমাণ নিম্নলিখিতভাবে নির্ণয় করা যায়।

একটি নির্দিষ্ট ওজনের জৈব যৌগকে নাইট্রোজেন গ্যাসের প্রবাহে উত্তপ্ত করে বিয়োজিত করা হয়। অক্সিজেনসহ উৎপন্ন গ্যাসের মিশ্রণকে লোহিত তপ্ত কোকের উপর দিয়ে চালনা করলে সমস্ত অক্সিজেন কার্বন মনোঅক্সাইডে রূপান্তরিত হয়। এই মিশ্রণকে উত্তপ্ত আয়োডিন পেন্টা অক্সাইডের (I₂O₅) মধ্য দিয়ে চালনা করলে কার্বন মনোঅক্সাইড, জারিত হয়ে কার্বন ডাই অক্সাইডে পরিণত হয় এবং আয়োডিন উৎপন্ন করে।

যৌগ $\xrightarrow{\text{তাপ}}$ O₂ + অন্যান্য গ্যাস সমূহ



(B) সমীকরণে ব্যবহৃত CO এর পরিমাণ, (A) সমীকরণে উৎপন্ন CO এর পরিমাণের সমান যা (A) এবং (B) কে যথাক্রমে 5 এবং 2 দ্বারা গুণ করে পাওয়া যায়। আমরা দেখতে পাই যে যৌগ থেকে নির্গত প্রতি মোল অক্সিজেন দুই মোল কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন করে।

সুতরাং, যদি 32 g অক্সিজেন নির্গত হয় তবে 88 g কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

ধরি, গৃহীত জৈবযৌগের ভর m g

উৎপন্ন কার্বন ডাই অক্সাইডের ভর m₁ g

m₁ গ্রাম কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন হয় $\frac{32 \times m_1}{88}$ g O₂ থেকে

$$\text{অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ} = \frac{32 \times m_1 \times 100}{88 \times m} \%$$

উৎপন্ন আয়োডিনের পরিমাণ থেকেও অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় করা যায়।

বর্তমানে, জৈবযৌগের উপস্থিত মৌলগুলোর পরিমাণ নির্ণয় করা যায়। খুবই প্রদত্ত নমুনাকে স্বল্প পরিমাণে নিয়ে এবং স্বয়ংক্রিয় পরীক্ষা পদ্ধতির সাহায্যে। যৌগে উপস্থিত কার্বন, হাইড্রোজেন এবং নাইট্রোজেন মৌলগুলোকে যে যন্ত্রের সাহায্যে নির্ণয় করা হয় তাকে CHN মৌল বিশ্লেষক বলে। এই যন্ত্রে খুবই কম পরিমাণ (1-3 মিলিগ্রাম) যৌগের প্রয়োজন এবং খুবই কম সময়ের মধ্যে পর্দায় মানগুলো প্রদর্শিত হয়। এই পদ্ধতির বিস্তারিত আলোচনা এই বইয়ের সুযোগের বাইরে।

সারসংক্ষেপ (Summary)

এই অধ্যায়ে সমযোজী বন্ধনের ফলে উৎপন্ন জৈব যৌগসমূহের গঠন আকৃতির কিছু মৌলিক ধারণা এবং সক্রিয়তা সম্পর্কে শিখেছি। জৈব যৌগ সমূহের সমযোজী বন্ধনের প্রকৃতি, কক্ষকের সংকরায়ণ ধারণার সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়। এই ধারণা থেকে পাওয়া যায় যে কার্বনের মধ্যে sp^3 , sp^2 এবং sp সংকর কক্ষক বর্তমান। sp^3 , sp^2 এবং sp সংকরায়িত কার্বন পরমাণু পাওয়া যায় যথাক্রমে মিথেন, ইথিন এবং ইথাইন যৌগে। এই ধারণার উপর ভিত্তি করে মিথেনের চতুস্তলকীয় আকৃতি, ইথিনের সামতলিক আকৃতি এবং ইথাইনের সরলরেখিক আকৃতি বোঝা যায়। একটি কার্বন পরমাণুর sp^3 সংকরায়িত কক্ষক হাইড্রোজেন পরমাণু 1S উপকক্ষকের সহিত অভিলেপনে কার্বন হাইড্রোজেন (C-H) এক বন্ধন (সিগমা, σ বন্ধন) গঠন করে। কার্বন পরমাণুর একটি sp^2 সংকরায়িত কক্ষক অপর একটি কার্বন পরমাণুর sp^2 সংকরায়িত কক্ষকের সঙ্গে অভিলেপনের ফলে একটি কার্বন-কার্বন সিগমা (σ) বন্ধন গঠিত হয়। পাশাপাশি দুটি কার্বন পরমাণুর অসংকরায়িত p কক্ষকগুলো পার্শ্বীয় (পাশাপাশি) অভিলেপনে পাই (π) বন্ধন গঠিত হয়। জৈব যৌগগুলোকে বিভিন্ন গঠন সংকেতের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়। জৈব যৌগগুলোর ত্রিমাত্রিক গঠন কাগজের উপর ওয়েজ (wedge) এবং ড্যাশ (dash) সংকেতের সাহায্যে অংকন করা যায়।

জৈব যৌগগুলোকে তাদের গঠন আকৃতি অথবা উপস্থিত কার্যকরী মূলদের উপর ভিত্তি করে বিভিন্ন ভাগে শ্রেণিভুক্ত করা যায়। কার্যকরী মূলক হল একটি পরমাণু বা পরমাণুপুঞ্জ যারা অনন্য উপায়ে একত্রে যুক্ত হয় এবং যৌগগুলোর ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্মাবলীগুলো নির্ধারণ করে। জৈব যৌগগুলোর নামকরণ International Union of pure and Applied chemistry (IUPAC) দ্বারা নির্ধারিত নিয়মাবলির দ্বারা স্থির করা হয়। IUPAC নামকরণের মধ্যে যৌগের নাম, গঠন আকৃতির সহিত এরূপভাবে সম্পর্কযুক্ত থাকে যে পাঠক যৌগের নাম থেকে গঠন আকৃতি নির্ণয় করতে পারে।

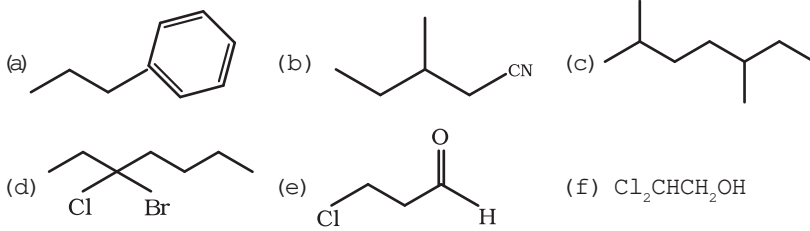
জৈব বিক্রিয়াগুলোর ক্রিয়াকৌশলের ধারণাগুলো সাবস্ট্রেট অণুর গঠন, সমযোজী বন্ধনের বিভাজন, আগ্রাসী বিকারক, সমযোজী বন্ধনগুলোর ইলেকট্রন সরণ প্রভাব এবং বিক্রিয়ার শর্তগুলোর উপর ভিত্তি করে তৈরি করা হয়। জৈব বিক্রিয়াগুলোতে সমযোজী বন্ধনের বিভাজন ও গঠনক্রিয়া সংগঠিত হয়। একটি সমযোজী বন্ধনের বিভাজন অসম বা সুযম এই দুই প্রকারের হয়। অসম বন্ধন বিভাজনে কার্বোক্যাটায়ন বা কার্বোঅ্যানায়ন উৎপন্ন করে কিন্তু সুযম বন্ধন বিভাজনে মুক্ত মূলক নামক সক্রিয় অন্তর্বর্তী পদার্থ উৎপন্ন করে। অসম বন্ধন বিভাজনের অন্তর্গত বিক্রিয়াগুলোতে বিপরীতধর্মী সক্রিয় বিজারক উৎপন্ন হয়। যারা ইলেকট্রনজোড় দান করে তাদের নিউক্লিওফাইল এবং যারা ইলেকট্রনজোড় গ্রহণ করে তাদের ইলেকট্রোফাইল বলে। আবেশ প্রভাব, সংস্পন্দন ইলেকট্রোমারিক প্রভাব এবং হাইপারজনজুগেশন প্রভাব কোন কার্বন পরমাণু অথবা অন্য পরমাণুর মধ্যে ধ্রুবীয়া উৎপন্ন করে যার ফলে কার্বন পরমাণু অথবা অন্য পরমাণুর মধ্যে নিম্ন অথবা উচ্চ ইলেকট্রন ঘনত্ব তৈরি হয়।

জৈব বিক্রিয়াগুলোকে বিস্তৃত রূপে নিম্নলিখিত ভাগে ভাগ করা যায়। প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া, যুত বিক্রিয়া, অপনয়ন বিক্রিয়া এবং পুণর্নির্ন্যাস বিক্রিয়া।

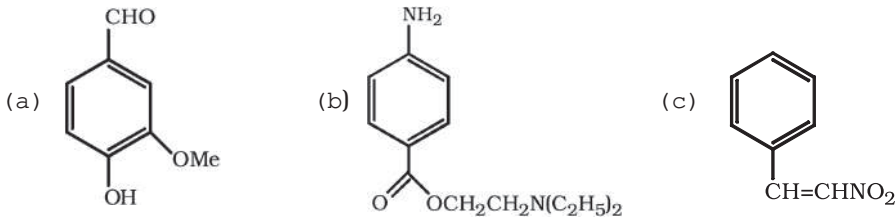
জৈব যৌগসমূহের গঠন আকৃতি নির্ণয়ের জন্য বিশুদ্ধিকরণ, গুণগত এবং পরিমাণগত বিশ্লেষণ সম্পন্ন করা হয়। বিশুদ্ধিকরণের কয়েকটি পদ্ধতি যেমন উর্ধ্বপাতন, পাতন এবং আংশিক পাতন যৌগের এক বা একাধিক ভৌত ধর্মের পার্থক্যের উপর ভিত্তি করে করা হয়। যৌগগুলোর পৃথকীকরণ, সনাক্তকরণ এবং বিশুদ্ধিকরণের জন্য ক্রোমাটোগ্রাফি একটি গুরুত্বপূর্ণ কৌশল। একে দুই ভাগে শ্রেণিভুক্ত করা যায়— অধিশোষণ ক্রোমাটোগ্রাফি এবং বিভাজন ক্রোমাটোগ্রাফি, অধিশোষণের উপর মিশ্রণের বিভিন্ন উপাদানগুলোর পার্থক্যমূলক অধিশোষণের উপর ভিত্তি করে অধিশোষণ ক্রোমাটোগ্রাফি সংগঠিত হয়। বিভাজন ক্রোমাটোগ্রাফিতে মিশ্রণের উপাদানগুলোকে নিশ্চল এবং চলমান দশার মধ্যে ক্রমাগত বিভাজন সংগঠিত হয়। যৌগের বিশুদ্ধ রূপটি পাওয়ার পর এতে উপস্থিত মৌলগুলোকে শনাক্তকরণের জন্য তার গুণগত বিশ্লেষণ করা হয়। নাইট্রোজেন, সালফার, হ্যালোজেন এবং ফসফরাসকে ল্যাসাইনের পরীক্ষার দ্বারা শনাক্ত করা হয়। বিক্রিয়ায় উৎপন্ন কার্বন ডাই অক্সাইড এবং জলের পরিমাণ থেকে জৈব যৌগে উপস্থিত কার্বন ও হাইড্রোজেনের পরিমাণ নির্ণয় করা হয়। নাইট্রোজেনের পরিমাণ নির্ণয় করা হয় ডুমা (Dumas) অথবা জেলডাল (Kjeldahl) পদ্ধতির সাহায্যে এবং হ্যালোজেনগুলোর পরিমাণ নির্ণয় করা হয় কেরিয়াস পদ্ধতির সাহায্যে। সালফার এবং ফসফরাসকে যথাক্রমে সালফিউরিক অ্যাসিড এবং ফসফরিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত করে এদের পরিমাণ নির্ণয় করা হয়। মোট শতকরা (100) পরিমাণ থেকে অন্যান্য উপস্থিত মৌলগুলোর শতকরা পরিমাণের যোগফলকে বিয়োগ করে অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় করা হয়।

EXERCISES

- 12.1 নিম্নলিখিত যৌগগুলোতে প্রতিটি কার্বন পরমাণুর সংকরায়ণ অবস্থাগুলো কী কী?
 $\text{CH}_2=\text{C}=\text{O}$, $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$, $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$, $\text{CH}_2=\text{CHCN}$, C_6H_6
- 12.2 নিম্নলিখিত যৌগগুলোর σ এবং π বন্ধনগুলো নির্দেশ কর।
 C_6H_6 , C_6H_{12} , CH_2Cl_2 , $\text{CH}_2=\text{C}=\text{CH}_2$, CH_3NO_2 , HCONHCH_3
- 12.3 আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহল, 2, 3-ডাইমিথাইল বিউটান্যাল, হেপ্টান 4- ওন এর রেখা বন্ধন সংকেতগুলো লেখো।
- 12.4 নিম্নলিখিত যৌগগুলোর IUPAC নামকরণ করো।

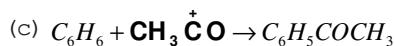
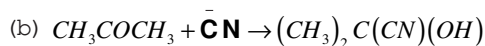


- 12.5 IUPAC নামকরণ পদ্ধতি অনুসরণ করে নিম্নলিখিত যৌগগুলোর কোন্ নামটি সঠিক?
 (a) 2, 2-ডাইমিথাইল পেন্টেন অথবা 2-ডাইমিথাইল পেন্টেন
 (b) 2, 4, 7-ট্রাইমিথাইল অক্টেন অথবা 2, 5, 7-ট্রাইমিথাইল অক্টেন
 (c) 2 - ক্লোরো - 4 মিথাইল পেন্টেন অথবা 4- ক্লোরো - 2 মিথাইল পেন্টেন
 (d) বিউট-3 - আইন - 1 - অল অথবা বিউট-4 - অল - 1 - আইন
- 12.6 নিম্নলিখিত যৌগগুলোর সমগণীয় শ্রেণির প্রথম পাঁচটি সদস্যের সংকেত লেখো।
 (a) $\text{H}-\text{COOH}$ (b) CH_3COCH_3 (c) $\text{H}-\text{CH}=\text{CH}_2$
- 12.7 নিম্নলিখিত যৌগগুলোর সংক্ষিপ্ত গঠন সংকেত এবং রেখা বন্ধন গঠন সংকেত লেখো এবং যদি কোনো কার্যকরীমূলক উপস্থিত থাকে তা চিহ্নিত করো।
 (a) 2, 2, 4-ট্রাইমিথাইল পেন্টেন
 (b) 2-হাইড্রোক্সি - 1, 2, 3- প্রোপেন ট্রাই কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড
 (c) হেক্সেন ডাইঅ্যাল
- 12.8 নিম্নলিখিত যৌগগুলোতে কার্যকরী মূলকগুলো চিহ্নিত করো।

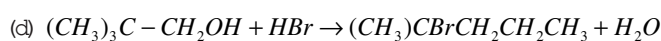
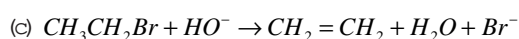
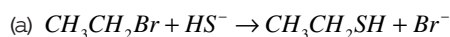


- 12.9 $\text{O}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{O}^-$ এবং $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}^-$ এই দুটির মধ্যে কোন্টি অধিক স্থায়ী এবং কেন?
- 12.10 π সিস্টেমের সঙ্গে যুক্ত অ্যালকিল মূলক ইলেকট্রন দাতা মূলক হিসাবে ক্রিয়া করে কেন? ব্যাখ্যা করো।
- 12.11 নিম্নলিখিত যৌগগুলোর সংস্পন্দন গঠন আকৃতিগুলো আঁকো। বক্র তির চিহ্নের সাহায্যে ইলেকট্রনের সরণ দেখাও।
 (a) $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ (b) $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ (c) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCHO}$ (d) $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CHO}$ (e) $\text{C}_6\text{H}_5-\text{C}^+\text{H}_2$
 (f) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}\text{C}^+\text{H}_2$
- 12.12 ইলেকট্রোফাইল এবং নিউক্লিওফাইল কি? উদাহরণ সহ ব্যাখ্যা করো।
- 12.13 নিম্নলিখিত রাসায়নিক সমীকরণগুলোতে মোটা হরফে প্রদর্শিত বিকারকগুলো নিউক্লিওফাইল না ইলেকট্রোফাইল

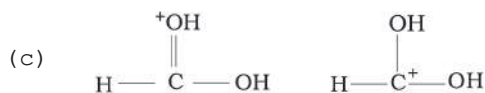
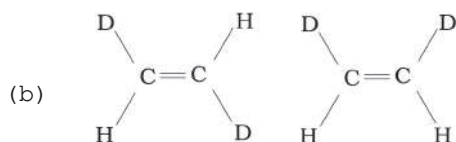
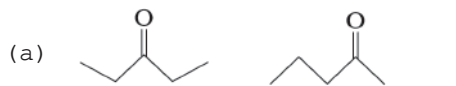
তা চিহ্নিত করো।



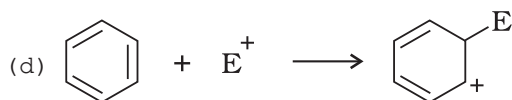
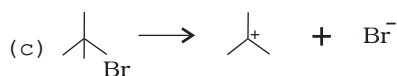
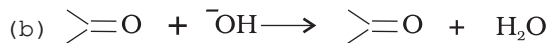
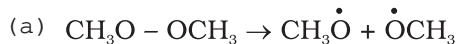
12.14 এই অধ্যায়ের জ্ঞান থেকে নিম্নলিখিত রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলোকে শ্রেণিবিভক্ত করো।



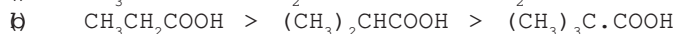
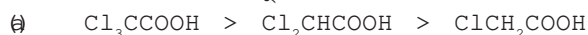
12.15 নিম্নলিখিত গঠনযুগলগুলোর সদস্যদের মধ্যে সম্পর্ক কী? এরা কি পরস্পর গঠনগত না জ্যামিতিক সম্যাংশ, না কি সংস্পন্দন গঠন আকৃতি?



12.16 নিম্নলিখিত বন্ধন বিভাজনগুলোতে বক্র তীর চিহ্ন ব্যবহার করে ইলেকট্রনের প্রবাহ প্রদর্শন করো এবং সুযম অথবা অসম বন্ধন বিভাজনে শ্রেণিভুক্ত করো। বিক্রিয়ায় উৎপন্ন অন্তর্বর্তী সক্রিয় পদার্থগুলোকে মুক্তমূলক, কার্বোক্যাটায়ন এবং কার্ব অ্যানায়ন রূপে চিহ্নিত করো।



12.17 আবেশ প্রভাব এবং ইলেকট্রোমারিক প্রভাব ব্যাখ্যা করো। কোন্ ইলেকট্রন সরণ প্রভাব কার্বোক্সিলিক অ্যাসিডগুলোর আয়নিকতার নিম্নলিখিত ক্রমগুলো ব্যাখ্যা করে?



12.18 প্রতিটির উদাহরণসহ নিম্নলিখিত কৌশলগুলোর নীতি সংক্ষেপে বর্ণনা করো।

(a) কেলাসন (b) পাতন (c) ক্রোমাটোগ্রাফি

12.19 দ্রাবক 'S' এর মধ্যে দ্রাব্যতার পার্থক্যের নিরিখে দুটি যৌগের পৃথকীকরণে ব্যবহৃত পদ্ধতিটি বর্ণনা কর।

12.20 পাতন, নিম্নচাপে পাতন এবং স্টীম পাতনের মধ্যে পার্থক্য কী?

12.21 ল্যাসাইন পরীক্ষার রসায়নটি বর্ণনা করো।

- 12.22 একটি জৈব যৌগে নাইট্রোজেনের পরিমাণ নির্ণয়ের নিম্নলিখিত পদ্ধতিগুলোর নীতির মধ্যে পার্থক্য করো।
(i) ডুমার পদ্ধতি (ii) জেলডাল পদ্ধতি
- 12.23 একটি জৈব যৌগে উপস্থিত হ্যালোজেন, সালফার এবং ফসফরাসের পরিমাণ নির্ণয়ের নীতি আলোচনা করো।
- 12.24 পেপার ক্রোমাটোগ্রাফি পদ্ধতিটির নীতি ব্যাখ্যা করো।
- 12.25 হ্যালোজেনের পরীক্ষার জন্য সিলভার নাইট্রেট যোগ করার আগে সোডিয়াম নির্যাসে নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করা হয় কেন?
- 12.26 নাইট্রোজেন, সালফার এবং হ্যালোজেন সমূহের পরীক্ষার জৈব যৌগকে খাতব সোডিয়ামের সহিত গলানোর কারণ ব্যাখ্যা কর।
- 12.27 ক্যালসিয়াম সালফেট এবং কপূরের মিশ্রণ থেকে উপাদানগুলো পৃথকীকরণের একটি উপযুক্ত কৌশলের নাম লেখো।
- 12.28 স্টিম পাতন প্রক্রিয়ায় একটি জৈব তরল স্ফুটনাংকের নিম্ন তাপমাত্রায় বাষ্পীভূত হয় কেন ব্যাখ্যা করো।
- 12.29 CCl_4 কে সিলভার নাইট্রেটসহ উত্তপ্ত করলে $AgCl$ এর সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় কি? তোমার উত্তরের সাপেক্ষে কারণ দর্শাও।
- 12.30 কোনো জৈব যৌগে উপস্থিত কার্বনের পরিমাণ নির্ণয়ের ক্ষেত্রে নির্গত কার্বন ডাই অক্সাইডকে শোষণ করতে পটাশিয়াম হাইড্রোঅক্সাইডের দ্রবণ ব্যবহার করা হয় কেন?
- 12.31 লেড অ্যাসিটেট পরীক্ষার দ্বারা সালফারের নির্ণায়ক পরীক্ষায় সোডিয়াম নির্যাসকে অম্লীকৃত করতে সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে অ্যাসিটিক অ্যাসিড ব্যবহার করার প্রয়োজন হয় কেন?
- 12.32 একটি জৈব যৌগে 69% কার্বন, 4.8% হাইড্রোজেন এবং বাকি অংশ অক্সিজেন বর্তমান। 0.20 গ্রাম উক্ত জৈব যৌগের সম্পূর্ণ দহনে উৎপন্ন কার্বন ডাই অক্সাইড এবং জলের পরিমাণ নির্ণয় করো।
- 12.33 0.50 গ্রাম একটি জৈব যৌগ জেলডাল পদ্ধতিতে বিশ্লেষণের ফলে উৎপন্ন অ্যামোনিয়াকে 50 মিলিলিটার 0.5 M H_2SO_4 এর মধ্যে শোষিত করা হল। অবশিষ্ট অ্যাসিড প্রশমনের জন্য 60 মিলিলিটার 0.5 M NaOH এর দ্রবণ প্রয়োজন। যৌগে নাইট্রোজেনের শতকরা সংযুতি নির্ণয় করো।
- 12.34 0.3780 গ্রাম একটি ক্লোরিনযুক্ত জৈব যৌগ কেরিয়াস পদ্ধতিতে 0.5740 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। যৌগে উপস্থিত ক্লোরিনের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় করো।
- 12.35 কেরিয়াস পদ্ধতিতে সালফারের পরিমাণ নির্ণয়ের ক্ষেত্রে 0.468 গ্রাম একটি জৈব যৌগ 0.668 গ্রাম বেরিয়াম সালফেট উৎপন্ন করে। প্রদত্ত যৌগে সালফারের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় করো।
- 12.36 $CH_2=CH-CH_2-CH_2-C \equiv CH$ জৈব যৌগটিতে $C_2 - C_3$ বন্ধন গঠনের জন্য ব্যবহৃত সংকরায়িত কক্ষক-যুগল হল
(a) $sp-sp^2$ (b) $sp-sp^3$ (c) sp^2-sp^3 (d) sp^3-sp^3
- 12.37 একটি জৈব যৌগে উপস্থিত নাইট্রোজেনের ল্যাসাইন পরীক্ষায় যে প্রুসিয়ান ব্লু বর্ণটি পাওয়া যায় সেটি নিম্নলিখিত কোন্ যৌগটি উৎপন্ন হওয়ার ফলে —
(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 নিম্নলিখিত কোন্ কার্বোক্যাটায়নটি সর্বপেক্ষা স্থায়ী?
(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 জৈব যৌগের নিষ্কাশন, বিশুদ্ধিকরণ এবং পৃথকীকরণের সর্বোত্তম এবং সর্বশেষ কৌশলটি হল —
(a) ফেলাসন (b) পাতন (c) উর্ধ্বপাতন (d) ক্রোমাটোগ্রাফি
- 12.40 $CH_3CH_2I + KOH$ (জলীয়) $\rightarrow CH_3CH_2OH + KI$
এই বিক্রিয়াটি নিম্নলিখিত কোন্ শ্রেণিভুক্ত
(a) ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন (b) নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন
(c) অপনয়ন বিক্রিয়া (d) যুত বিক্রিয়া

হাইড্রোকার্বনসমূহ (HYDROCARBONS)

উদ্দেশ্য

এই অধ্যায়টি অধ্যয়নের পর, তোমরা সক্ষম হবে -

- IUPAC পদ্ধতিতে হাইড্রোকার্বন সমূহের নামাকরণ করতে।
- অ্যালকেন, অ্যালকিন, অ্যালকাইন এবং অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন সমূহের সমাংশগুলিকে চিনতে এবং এদের গঠন আকৃতি লিখতে।
- হাইড্রোকার্বন সমূহের প্রস্তুতির বিভিন্ন পদ্ধতিগুলি সম্বন্ধে শিখতে।
- ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্মের ভিত্তিতে অ্যালকেন, অ্যালকিন, অ্যালকাইন এবং অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন সমূহের মধ্যে পার্থক্য করতে।
- ইথেনের বিভিন্ন কনফারমেশনগুলো আঁকতে এবং এদের মধ্যে পার্থক্য করতে।
- শক্তির উৎসরূপে এবং বিভিন্ন শিল্প ক্ষেত্রে হাইড্রোকার্বনের প্রশংসনীয় প্রয়োগ সম্পর্কে শিখতে।
- ইলেকট্রনীয় ক্রিয়া কৌশলের উপর ভিত্তি করে অপ্রতিসম অ্যালকিন এবং অ্যালকাইনের যুত যৌগ সমূহ সম্পর্কে অনুমান করতে।
- বেঞ্জিনের গঠন, অ্যারোমেটিকিটির ব্যাখ্যা এবং বেঞ্জিনের ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া সমূহ সম্বন্ধে বোঝাতে।
- এক প্রতিস্থাপিত বেঞ্জিন বলয়ে, মূলকের সরাসরি প্রভাব সম্পর্কে অনুমান করতে।
- ক্যান্সার কারকের তীব্রতা এবং বিষাক্ততা সম্পর্কে জানতে।

“ হাইড্রোকার্বন সমূহ হল শক্তির একটি গুরুত্বপূর্ণ উৎস। ”

হাইড্রোকার্বন শব্দটির স্বব্যাক্যামূলক যার অর্থ হল কেবলমাত্র হাইড্রোজেন এবং কার্বনের যৌগ। হাইড্রোকার্বন আমাদের দৈনন্দিন জীবনে একটি গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। জ্বালানী হিসাবে ব্যবহৃত LPG এবং CNG শব্দগুলো সম্পর্কে তোমরা অবশ্যই পরিচিত। LPG শব্দটি হল লিকুইফাইড পেট্রোলিয়াম গ্যাস (Liquified Petroleum Gas) এর সংক্ষিপ্ত রূপ। যেখানে CNG শব্দটি হল কমপ্রেসড ন্যাচারেল গ্যাস (Compressed natural gas) এর সংক্ষিপ্ত রূপ। অন্য একটি শব্দ LNG (লিকুইফাইড ন্যাচারেল গ্যাস) এর নামও আজকাল শোনা যায়। এটিও একটি জ্বালানী এবং প্রাকৃতিক গ্যাসের তরলীকরণের দ্বারা এটি উৎপন্ন হয়। পেট্রোল, ডিজেল এবং কেরোসিন তেল, পৃথিবীর ভূগর্ভ থেকে প্রাপ্ত পেট্রোলিয়ামের আংশিক পাতনের দ্বারা প্রস্তুত করা হয়। কয়লার বৃক্ষপাতনের ফলে কোল গ্যাস উৎপন্ন হয়। তৈলকূপ খননের সময় প্রাকৃতিক গ্যাসকে উপরের স্তরে পাওয়া যায়। এই গ্যাসটির সংকোচিত রূপটিই হল সংকুচিত প্রাকৃতিক গ্যাস (CNG)। LPG গার্হস্থ্য জ্বালানী হিসাবে ব্যবহৃত হয় এবং দুখন মাত্রা খুবই কম। কেরোসিন তেলও গার্হস্থ্য জ্বালানী হিসাবে ব্যবহৃত হয় কিন্তু এটি কিছুটা দূষণ ঘটায়। মোটর গাড়িতে জ্বালানী হিসাবে পেট্রোল, ডিজেল এবং CNG চালিত মোটর গাড়িগুলোর দূষণ মাত্রা কম। এই সমস্ত জ্বালানীই হল হাইড্রোকার্বনের মিশ্রণ যা শক্তির প্রধান উৎস। হাইড্রোকার্বন বিভিন্ন ধরনের পলিমার যেমন পলিথিন, পলিপ্রোপিন, পলিস্টাইরিন ইত্যাদি প্রস্তুতিতেও ব্যবহৃত হয়। উচ্চতর হাইড্রোকার্বনগুলো তৈলচিত্রে ব্যবহৃত রং এর দ্রাবক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। এরা বিভিন্ন ধরনের রঞ্জক পদার্থ (dyes) এবং ঔষধ (drugs) প্রস্তুতি প্রারম্ভিক যৌগ হিসাবে ব্যবহৃত হয়। তাই তোমরা ভাল ভাবে বুঝতে পারছ তোমাদের দৈনন্দিন জীবনে হাইড্রোকার্বন কতটা গুরুত্বপূর্ণ। এই অধ্যায়ে তোমরা হাইড্রোকার্বন সম্পর্কে আরও অনেক কিছু জানতে পারবে।

13.1 শ্রেণিবিভাগ (CLASSIFICATION)

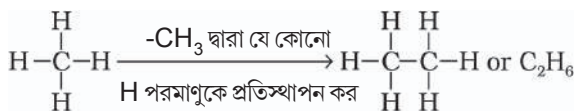
হাইড্রোকার্বন বিভিন্ন প্রকারের হয়। কার্বন-কার্বন বন্ধনের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে এদেরকে তিনটি ভাগে ভাগ করা যায় — (i) সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন (ii) অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন (iii) অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন। সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনে কার্বন-কার্বন

এবং কার্বন-হাইড্রোজেন এক বন্ধন বর্তমান থাকে। যদি বিভিন্ন কার্বন পরমাণুগুলো পরস্পর যুক্ত হয়ে এক বন্ধন যুক্ত কার্বনের একটি মুক্ত শৃঙ্খল গঠন করে তখন তাদের অ্যালকেন বলে, যা তোমরা দ্বাদশ অধ্যায়ে আগেই পড়েছ। অন্যদিকে যদি কার্বন পরমাণুগুলো পরস্পরযুক্ত হয়ে বন্ধশৃঙ্খল বা বলয় গঠন করে তবে তাদের সাইক্লো অ্যালকেন বা বন্ধ শৃঙ্খল অ্যালকেন বলে। অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বনে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন বা ত্রিবন্ধন বা উভয়ই বর্তমান থাকে। অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনগুলি একটি বিশেষ ধরনের বন্ধশৃঙ্খল যৌগ। কার্বন চতুয়োজী এবং হাইড্রোজেন একয়োজী এই বিষয়টি মনে রেখে মুক্তশৃঙ্খল এবং বন্ধশৃঙ্খল এই দুই ধরনের হাইড্রোকার্বনের অসংখ্য মডেল তোমরা তৈরি করতে পারবে। অ্যালকেনের মডেল তৈরির জন্য দাঁতের খড়কে (toothpicks) কে বন্ধন হিসেবে এবং প্লাস্টিকের বলকে পরমাণু হিসাবে নিতে পারে। অ্যালকিন, অ্যালকাইন এবং অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনের জন্য স্প্রিং মডেলও তৈরি করা যেতে পারে।

13.2 অ্যালকেন (ALKANES)

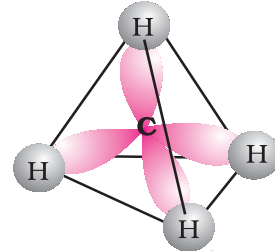
আগেই উল্লেখ করা হয়েছে যে, অ্যালকেন হল কার্বন-কার্বন এক বন্ধনের একটি মুক্তশৃঙ্খল যুক্ত সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন। মিথেন (CH_4) হল এই শ্রেণির প্রথম সদস্য। মিথেন গ্যাসকে কয়লার খনি এবং পঁচা আবদ্ধ জলাভূমিতে পাওয়া যায়। যদি তোমরা মিথেনের একটি হাইড্রোজেন পরমাণুকে কার্বন পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত কর এবং নির্দিষ্ট সংখ্যক হাইড্রোজেন দ্বারা অন্য কার্বন পরমাণুটির চতুয়োজ্যতা পূর্ণ কর তবে তোমরা কী পাবে? তোমরা পাবে C_2H_6 এই হাইড্রোকার্বনটি যার আণবিক সংকেত C_2H_6 তার নাম হলো ইথেন। তাই তোমরা ধারণা করতে পারো যে CH_4 এর একটি হাইড্রোজেন পরমাণুকে CH_3 মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করে C_2H_6 প্রস্তুত করা হয়। অ্যালকেনের হাইড্রোজেন পরমাণুকে, $-\text{CH}_3$ মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করার এই তাত্ত্বিক অনুশীলনের মাধ্যমে ভিন্ন ভিন্ন অ্যালকেন গঠন করতে থাকো।

পরবর্তী অ্যালকেনের অণুগুলি হবে C_3H_8 , C_4H_{10}



এই সকল হাইড্রোকার্বনগুলো স্বাভাবিক অবস্থায় নিষ্ক্রিয় প্রকৃতির এবং এরা অ্যাসিড, ক্ষার এবং অন্যান্য বিকারকের সাথে বিক্রিয়া করে না। তাই এদের আগে প্যারারফিন (Parum = কম, alfinity=

আসক্তি) বলা হত। তোমরা কি জান অ্যালকেন পরিবার বা তাদের সমগণীয় শ্রেণির সাধারণ সংকেত কী? অ্যালকেনের সাধারণ সংকেত হল $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$, যেখানে n হল কার্বন পরমাণুর সংখ্যা এবং $2n+2$ হল হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা। মিথেনের গঠন তোমাদের মনে পড়ছে কী? VSEPR তত্ত্ব (অধ্যায় -4) অনুসারে মিথেনের গঠন চতুস্তলকীয় এবং বহুতল বিশিষ্ট। যেখানে কার্বন পরমাণু একটি সুযম চতুস্তলকের (চিত্র 13.1) কেন্দ্র বিন্দুতে অবস্থিত এবং চারটি হাইড্রোজেন পরমাণু চতুস্তলকটির চারটি কৌণিক বিন্দুতে অবস্থিত। সমস্ত H-C-H বন্ধন কোণের মান 109.5° হয়।

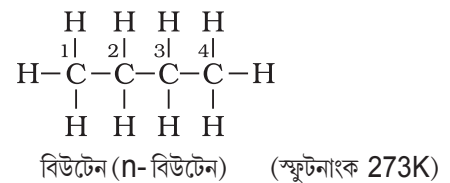


চিত্র 13.1 মিথেনের গঠন চিত্র।

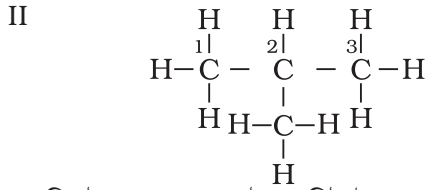
অ্যালকেনের মধ্যে চতুস্তলকগুলি একে অপরের সহিত যুক্ত থাকে এবং C-C এবং C-H বন্ধন দূরত্বগুলো যথাক্রমে 154 pm এবং 112 pm (অধ্যায় 12) হয়। তোমরা আগেই পড়েছ যে C-C এবং C-H সিগমা (σ) বন্ধনগুলো কার্বন পরমাণুর sp^3 সংকরায়িত কক্ষকের সাথে হাইড্রোজেনের 1s কক্ষকের মুখোমুখী অভিলেপন দ্বারা গঠিত হয়।

13.2.1 নামকরণ এবং সমাংশতা (Nomenclature and Isomerism)

তোমরা আগেই দ্বাদশ অধ্যায়ে বিভিন্ন ধরনের জৈব যৌগের নামকরণ সম্বন্ধে পড়েছ। আরো কয়েকটি উদাহরণের সাহায্যে অ্যালকেনের নামকরণ এবং সমাংশতা সম্বন্ধে বিশদ ধারণা পাওয়া যায়। যৌগগুলোর সাধারণ নাম প্রথম বন্ধনীর ভেতর দেওয়া হয়েছে। মিথেন, ইথেন এবং প্রোপেন এই প্রথম তিনটি সদস্যের একটিই গঠন সংকেত থাকে কিন্তু উচ্চতর অ্যালকেনের একের অধিক গঠন সংকেত থাকে। চল এবার আমরা C_4H_{10} এর গঠন আকৃতি লিখি। C_4H_{10} এর চারটি কার্বন পরমাণুকে একটি সরল রেখায় বা শাখা শৃঙ্খলে নিম্নলিখিত দুটি পদ্ধতিতে যুক্ত করা যায়।

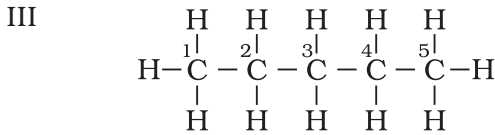


হাইড্রোকার্বনসমূহ

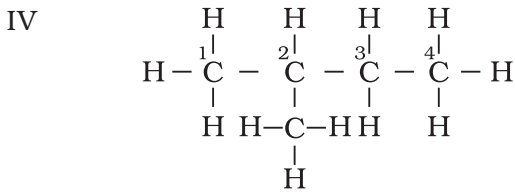


2- মিথাইল প্রোপেন (আইসো বিউটেন) (স্ফুটনাংক 261K)

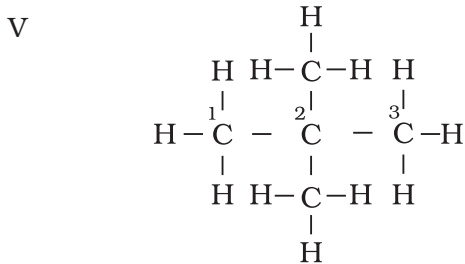
কী কী উপায়ে তোমরা C_5H_{12} এর পাঁচটি কার্বন পরমাণু এবং বারোটি হাইড্রোজেন পরমাণুকে যুক্ত করতে পার? এদের তিনটি উপায়ে সাজানো যায় যা নিচে III-V গঠন সংকেতের মাধ্যমে প্রকাশ করা হল -



পেন্টেন (n-পেন্টেন) (স্ফুটনাংক 309K)



2- মিথাইল বিউটেন (আইসো বিউটেন) (স্ফুটনাংক 310K)



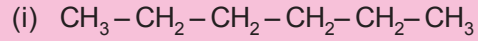
2,2 ডাই মিথাইল প্রোপেন (নিওপেন্টেন) (স্ফুটনাংক 282.5K)

I এবং II গঠন সংকেত বিশিষ্ট যৌগ দুটির আণবিক সংকেত একই কিন্তু তাদের স্ফুটনাংক এবং অন্যান্য ধর্মগুলো আলাদা। অনুরূপে III, IV এবং V গঠন সংকেত বিশিষ্ট যৌগ সমূহের আণবিক সংকেত একই কিন্তু ধর্মগুলো আলাদা। I এবং II সংকেত বিশিষ্ট যৌগগুলো বিউটেনের সমাংশ এবং III, IV এবং V গঠন সংকেত বিশিষ্ট যৌগগুলো হল পেন্টেনের সমাংশ। যেহেতু এদের ধর্মাবলির পার্থক্যের প্রধান কারণ হল এদের বিভিন্ন গঠন আকৃতি, তাই এদেরকে গঠনগত সমাংশ বলে। ইহা স্পষ্টত যে I এবং III

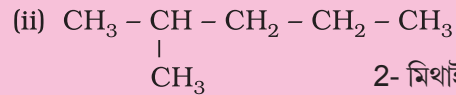
গঠন সংকেত বিশিষ্ট যৌগগুলো সরলরৈখিক কার্বন শৃঙ্খলযুক্ত কিন্তু II, IV এবং V গঠন সংকেত বিশিষ্ট যৌগগুলো শাখা শৃঙ্খলযুক্ত। এরূপ গঠনগত সমাংশ যাদের কার্বন পরমাণুর শৃঙ্খল বিভিন্ন তাদেরকে শৃঙ্খল সমাংশ বলে। সুতরাং তোমরা দেখছ যে C_4H_{10} এবং C_5H_{12} এর যথাক্রমে দুটি এবং তিনটি সমাংশ আছে।

সমস্যা- 13.1 : C_6H_{14} আণবিক সংকেত বিশিষ্ট অ্যালকেনের বিভিন্ন শৃঙ্খল গঠিত সমাংশগুলির গঠন সংকেত লেখো এবং IUPAC পদ্ধতিতে এদের নামকরণ কর।

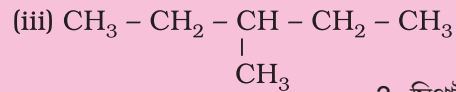
সমাধান :



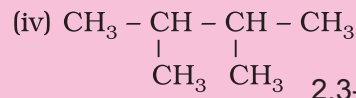
n- হেক্সেন



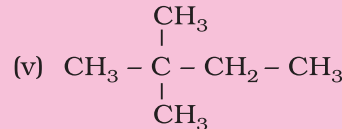
2- মিথাইল পেন্টেন



3- মিথাইল পেন্টেন



2,3- ডাই মিথাইল বিউটেন



2,2- ডাই মিথাইল বিউটেন

একটি কার্বন পরমাণুর সাথে সংযুক্ত কার্বন পরমাণুর সংখ্যার উপর ভিত্তি করে, কার্বন পরমাণুটিকে প্রাইমারী (1°), সেকেন্ডারী (2°), টারসিয়ারী (3°) এবং কোয়াটার্নারী (4°) এই চারটি ভাগে ভাগ করা যায়। মিথেনের মতো কার্বন পরমাণু অন্য কোন কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত না থাকলে অথবা ইথেনের মতো একটি কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত থাকলে, তাকে প্রাইমারী (1°) কার্বন পরমাণু বলে। প্রান্তীয় কার্বন পরমাণুগুলো সর্বদাই প্রাইমারী (1°) হয়। কার্বন পরমাণুটি দুটি কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত থাকলে তাকে সেকেন্ডারী (2°) কার্বন পরমাণু বলে। টারসিয়ারী (3°) কার্বন পরমাণুটি তিনটি কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত থাকে এবং নিও বা কোয়াটার্নারী (4°) কার্বন পরমাণুটি চারটি কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত থাকে। তোমরা কী I থেকে V গঠন সংকেতের 1° , 2° , 3° এবং 4° কার্বন পরমাণুগুলোকে সনাক্ত করতে পারবে?

যদি তোমরা উচ্চতর অ্যালকেনগুলোর গঠন আকৃতি তৈরি করতে যাও তবে তোমরা অধিক সংখ্যক সমাংশ পাবে। C_6H_{14} এর পাঁচটি সমাংশ পাওয়া যায় এবং C_7H_{16} এর নয়টি, আবার $C_{10}H_{22}$ এর 75 টির মতো অধিক সংখ্যক সমাংশ থাকা সম্ভব। II, IV এবং V গঠন সংকেতগুলোতে তোমরা দেখবে যে CH_3 মূলক 2নং কার্বন পরমাণুটির সাথে যুক্ত। তোমরা যদি শ্রেণি বরাবর যেতে থাক তবে অ্যালকেন অথবা অন্য যৌগের মধ্যে $-CH_3$, $-C_2H_5$, $-C_3H_7$ ইত্যাদি মূলকগুলো যুক্ত হবে। এই

সকল মূলকগুলোকে অ্যালকিল মূলক বলা হয় এবং অ্যালকেনের একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর অপসারণের মাধ্যমে এদের পাওয়া যায়। অ্যালকিল মূলকের সাধারণ সংকেত হল $-C_nH_{2n+1}$ (অধ্যায় 12)

চল আমরা পুনরায় নামকরণের সাধারণ নিয়মগুলো আলোচনা করি যা দ্বাদশ অধ্যায়ে ইতিমধ্যেই আলোচিত হয়েছে। নিম্নলিখিত সমস্যাগুলোর সাহায্যে প্রতিস্থাপিত অ্যালকেনের নামাকরণ আরো বিশদভাবে বোঝা যায়।

সমস্যা- 13.2 : C_5H_{11} আণবিক সংকেত বিশিষ্ট অ্যালকিল মূলকটির বিভিন্ন সমাবয়বী বা সমাংশের গঠন সংকেত লেখো। শৃঙ্খলের বিভিন্ন কার্বন পরমাণুর সাথে $-OH$ মূলক যুক্ত করে যে অ্যালকোহলগুলো পাওয়া যাবে তাদের IUPAC পদ্ধতিতে নাম লেখো।

সমাধান :

$-C_5H_{11}$ মূলকের গঠন	অনুরূপ অ্যালকোহল	অ্যালকোহলের নাম
(i) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-$	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-OH$	পেন্টান - 1 - অল
(ii) $CH_3-\underset{ }{CH}-CH_2-CH_2-CH_3$	$CH_3-\underset{ }{CH}-CH_2-CH_2-CH_3$ OH	পেন্টান - 2 - অল
(iii) $CH_3-CH_2-\underset{ }{CH}-CH_2-CH_3$	$CH_3-CH_2-\underset{ }{CH}-CH_2-CH_3$ OH	পেন্টান - 3 - অল
(iv) $\begin{array}{c} CH_3 \\ \\ CH_3-CH-CH_2-CH_2- \end{array}$	$\begin{array}{c} CH_3 \\ \\ CH_3-CH-CH_2-CH_2-OH \end{array}$	3 - মিথাইল বিউটান- 1- অল
(v) $\begin{array}{c} CH_3 \\ \\ CH_3-CH_2-CH-CH_2- \end{array}$	$\begin{array}{c} CH_3 \\ \\ CH_3-CH_2-CH-CH_2-OH \end{array}$	2 - মিথাইল বিউটান- 1- অল
(vi) $\begin{array}{c} CH_3 \\ \\ CH_3-C-CH_2-CH_3 \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} CH_3 \\ \\ CH_3-C-CH_2-CH_3 \\ \\ OH \end{array}$	2 - মিথাইল বিউটান- 2- অল
(vii) $\begin{array}{c} CH_3 \\ \\ CH_3-C-CH_2- \\ \\ CH_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} CH_3 \\ \\ CH_3-C-CH_2OH \\ \\ CH_3 \end{array}$	2, 2 - ডাই মিথাইল প্রোপান- 1- অল
(viii) $\begin{array}{c} CH_3 \\ \\ CH_3-CH-CH-CH_3 \\ \quad \end{array}$	$\begin{array}{c} CH_3 \quad OH \\ \quad \\ CH_3-CH-CH-CH_3 \end{array}$	3 - মিথাইল বিউটান- 2- অল

সারণি 13.1 কয়েকটি জৈবযৌগের নামকরণ

গঠন এবং IUPAC নামকরণ	মন্তব্য
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \qquad \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ \qquad \\ {}^1\text{CH}_3 - {}^2\text{CH} - {}^3\text{CH}_2 - {}^4\text{CH} - {}^5\text{CH}_2 - {}^6\text{CH}_3 \\ \text{4 - ইথাইল - 2 - মিথাইল হেক্সেন} \end{array}$	সর্বনিম্ন যোগফল এবং বর্ণমালার ক্রম অনুযায়ী
$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ \\ {}^8\text{CH}_3 - {}^7\text{CH}_2 - {}^6\text{CH}_2 - {}^5\text{CH} - {}^4\text{CH} - {}^3\text{C} - {}^2\text{CH}_2 - {}^1\text{CH}_3 \\ \qquad \qquad \\ \text{CH} \qquad \text{CH}_3 \qquad \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ / \quad \backslash \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$	সর্বনিম্ন যোগফল এবং বর্ণমালার ক্রম অনুযায়ী
3,3 - ডাই ইথাইল - 5 - আইসো প্রোপাইল - 4 - মিথাইল অক্টেন	সেক্ কে বিবেচিত না করে বর্ণমালার ক্রম অনুযায়ী, আইসোপ্রোপাইলকে একটি শব্দ হিসাবে ধরা হয়।
$\begin{array}{c} \text{CH}(\text{CH}_3)_2 \\ \\ {}^1\text{CH}_3 - {}^2\text{CH}_2 - {}^3\text{CH}_2 - {}^4\text{CH} - {}^5\text{CH} - {}^6\text{CH}_2 - {}^7\text{CH}_2 - {}^8\text{CH}_2 - {}^9\text{CH}_2 - {}^{10}\text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array}$	পার্শ্বশৃঙ্খলের কার্বন পরমাণুগুলোর অতিরিক্ত নাম্বারিং এর সাহায্যে
5 - সেক বিউটাইল - 4 - আইসো প্রোপাইল ডেকেন	বর্ণমালার ক্রমের প্রাধান্য অনুসারে
$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ \\ {}^1\text{CH}_3 - {}^2\text{CH}_2 - {}^3\text{CH}_2 - {}^4\text{CH}_2 - {}^5\text{CH} - {}^6\text{CH}_2 - {}^7\text{CH}_2 - {}^8\text{CH}_2 - {}^9\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - {}^2\text{C} - \text{CH}_3 \\ \\ {}^3\text{CH}_3 \end{array}$	বর্ণমালার ক্রমের প্রাধান্য অনুসারে
5 - (2,2 ডাই মিথাইল প্রোপাইল) ননেন	
$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \qquad \text{CH}_3 \\ \qquad \\ {}^1\text{CH}_3 - {}^2\text{CH}_2 - {}^3\text{CH} - {}^4\text{CH}_2 - {}^5\text{CH} - {}^6\text{CH}_2 - {}^7\text{CH}_3 \\ \text{3 - ইথাইল - 5 - মিথাইল হেপ্টেন} \end{array}$	

সমস্যা - 13.3

নিচের যৌগগুলোর IUPAC পদ্ধতিতে নামকরণ কর :

- $(\text{CH}_3)_3\text{CCH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_3$
- $(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$
- টেট্রা-টার্ট বিউটাইল মিথেন।

সমাধান :

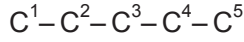
- 2, 2, 4, 4 - টেট্রামিথাইল পেন্টেন।
- 3, 3 - ডাই মিথাইল পেন্টেন।
- 3,3- ডাই টার্ট বিউটাইল - 2, 2, 4, 4 - টেট্রা মিথাইল পেন্টেন।

যদিও প্রদত্ত গঠন আকৃতির IUPAC পদ্ধতিতে সঠিক নামকরণ অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। সেই সাথে প্রদত্ত যৌগের IUPAC নাম থেকে এর গঠন আকৃতি অঙ্কন করাও গুরুত্বপূর্ণ। তার জন্য প্রথমে আমাদের মূল বা আদি অ্যালকেনের সর্ববৃহৎ কার্বন পরমাণুর শৃঙ্খলটিকে লিখতে হবে। তারপর শৃঙ্খলের কার্বন পরমাণু গুলোকে নাম্বারিং করে মূলকগুলোকে সঠিক কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত করা হয় এবং সবশেষে সঠিক সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুর দ্বারা প্রতিটি কার্বন পরমাণুর যোজ্যতা পূর্ণ করতে হবে। নিম্নলিখিত ধাপগুলো অনুসরণ করে 3-ইথাইল-2, 2- ডাই মিথাইল পেন্টেনের গঠন আকৃতি অঙ্কন করলে বিষয়টি সম্পর্কে আরও পরিষ্কার ধারণা পাওয়া যাবে।

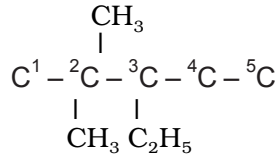
i) পাঁচটি কার্বন পরমাণু যুক্ত শৃঙ্খল অঙ্কন কর -



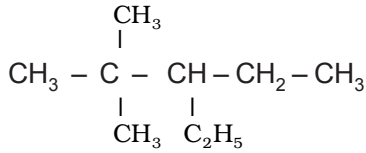
ii) কার্বন পরমাণুগুলোকে নান্বারিং কর



iii) ইথাইল মূলককে তিন নং কার্বনে এবং দুটি মিথাইল মূলককে দুই নং কার্বনে সাথে যুক্ত কর।



iv) প্রতিটি কার্বন পরমাণুর যোজ্যতা নির্দিষ্ট সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু দ্বারা পূর্ণ কর।



এইভাবে আমরা সঠিক গঠন আকৃতিতে পৌঁছলাম। যদি তোমরা প্রদত্ত নাম থেকে গঠন আকৃতি লেখার পদ্ধতিটি বুঝতে সামর্থ্য হয়েছে। তবে নীচের সমস্যাগুলো সমাধানের চেষ্টা কর।

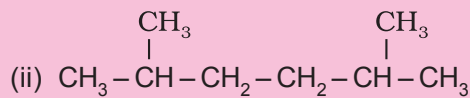
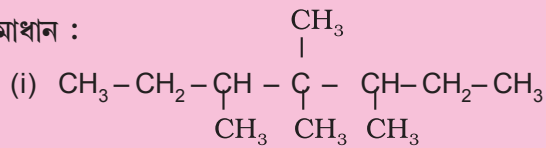
সমস্যা - 13.4

নীচের যৌগগুলোর সংকেত লেখো।

i) 3, 4, 4, 5 -টেট্রামিথাইল হেপ্টেন

ii) 2, 5 ডাই মিথাইল হেক্সেন।

সমাধান :



সমস্যা -13.5

নীচের যৌগগুলোর প্রত্যেকটির গঠন সংকেত লেখো। প্রদত্ত নাম গুলো সঠিক নয় কেন? IUPAC পদ্ধতিতে সঠিক নামকরণ কর।

i) 2-ইথাইল পেন্টেন

ii) 5-ইথাইল-3 মিথাইল হেপ্টেন।

সমাধান :

(i) (i) $\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$



সর্ববৃহৎ কার্বন শৃঙ্খলে ছয়টি কার্বন পরমাণু বর্তমান, পাঁচটি নয়। তাই সঠিক নামকরণটি হল 3 মিথাইল হেক্সেন।

(ii) $\begin{array}{ccccccccc} 7 & 6 & 5 & 4 & 3 & 2 & 1 \\ \text{CH}_3 & -\text{CH}_2 & -\text{CH} & -\text{CH}_2 & -\text{CH} & -\text{CH}_2 & -\text{CH}_3 \\ & & | & & | & & \\ & & \text{CH}_3 & & \text{C}_2\text{H}_5 & & \end{array}$

নান্বারিং সেই প্রান্ত থেকে করা হয়, যে প্রান্ত থেকে নান্বারিং করলে ইথাইল মূলকটিকে সর্বনিম্ন সংখ্যা দিয়ে প্রকাশ করা যায়। তাই সঠিক নামকরণটি হল 3-ইথাইল 5-মিথাইল হেপ্টেন।

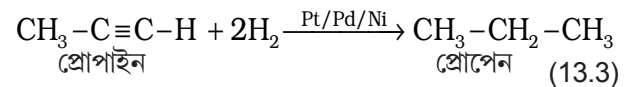
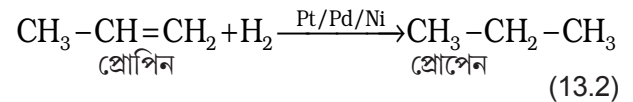
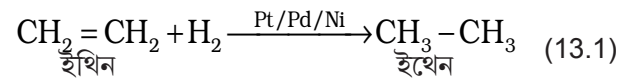
13.2.2 প্রস্তুতি (Preparation) :

পেট্রোলিয়াম এবং প্রাকৃতিক গ্যাস হল অ্যালকেনের প্রধান উৎস। এছাড়া নিম্নলিখিত পদ্ধতিগুলোর মাধ্যমেও অ্যালকেন প্রস্তুত করা যায়।

1. অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন থেকে

(From unsaturated hydrocarbon)

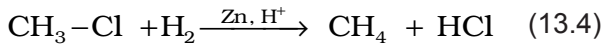
সুক্ষ বিখণ্ডিত অনুঘটক যেমন প্লাটিনাম, প্যালাডিয়াম অথবা নিকেলের উপস্থিতিতে অ্যালকিন এবং অ্যালকাইনের সাথে ডাই হাইড্রোজেন গ্যাস যোগ করে অ্যালকেন প্রস্তুত করা হয়। এই পদ্ধতিটিকে হাইড্রোজেনেশন বলে। এই ধাতুগুলো তাদের বহিগায়ে ডাই হাইড্রোজেন গ্যাস শোষণ করে এবং হাইড্রোজেন-হাইড্রোজেন বন্ধনকে সক্রিয় করে তুলে। প্লাটিনাম এবং প্যালাডিয়াম ঘরের সাধারণ তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটিকে অনুঘটিত করতে পারে কিন্তু নিকেল অনুঘটকের ক্ষেত্রে উচ্চ তাপমাত্রা এবং চাপের প্রয়োজন হয়।



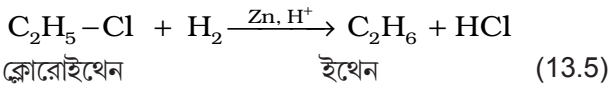
হাইড্রোক্যার্বনসমূহ

2. অ্যালকিল হ্যালাইড থেকে : (From alkyl halides)

i) অ্যালকিল হ্যালাইডকে (ফ্লুরাইড ব্যতিত) জিংক এবং লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা বিজারিত করলে অ্যালকেন উৎপন্ন হয়।

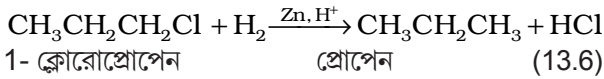


ক্লোরোমিথেন মিথেন



ক্লোরোইথেন

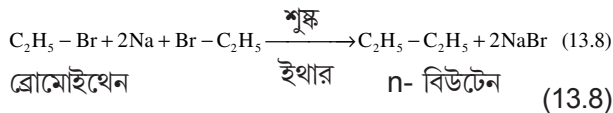
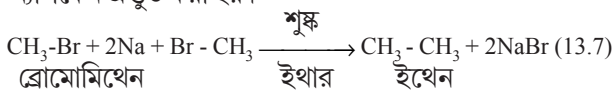
ইথেন



1- ক্লোরোপ্রোপেন

প্রোপেন

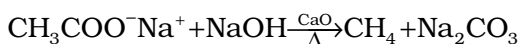
ii) অ্যালকিল হ্যালাইডের সঙ্গে সোডিয়াম ধাতুকে শুষ্ক ইথারীয় (জলীয় বাষ্পমুক্ত) দ্রবণ সহ বিক্রিয়া করলে উচ্চতর অ্যালকেন পাওয়া যায়। এই বিক্রিয়াটিকে উর্জ বিক্রিয়া বলে এবং এই বিক্রিয়াটির সাহায্যে জোড় সংখ্যক কার্বন পরমাণু যুক্ত উচ্চতর অ্যালকেন প্রস্তুত করা হয়।



* কী ঘটবে যদি দুটি ভিন্ন অ্যালকাইল হ্যালাইড নেওয়া হয়?

3. কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড থেকে (From carboxylic acids)

i) কার্বোক্সিলিক অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণকে সোডালাইম (সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড এবং ক্যালসিয়াম অক্সাইডের মিশ্রণ) সহযোগে উত্তপ্ত করলে কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড থেকে একটি কম কার্বন পরমাণু যুক্ত অ্যালকেন পাওয়া যায়। কার্বোক্সিলিক অ্যাসিড থেকে কার্বন ডাই অক্সাইড অপনয়নের এই পদ্ধতিকে ডি-কার্বোক্সিলেশন পদ্ধতি বলে।



সোডিয়াম ইথানোয়েট

মিথেন

সমস্যা : 13.6

প্রোপেন প্রস্তুতির জন্য কোন অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণের প্রয়োজন হবে? বিক্রিয়াটির রাসায়নিক সমীকরণটি লিখ।

সমাধান : বিউটানোয়িক অ্যাসিড।



ii) কোলবের তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতি :

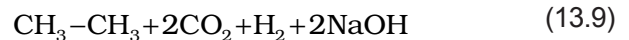
(Kolbe's electrotytic method)

কার্বোক্সিলিক অ্যাসিডের সোডিয়াম অথবা পটাশিয়াম লবণের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে অ্যানোডে জোড় কার্বন পরমাণু যুক্ত অ্যালকেন উৎপন্ন হয়।

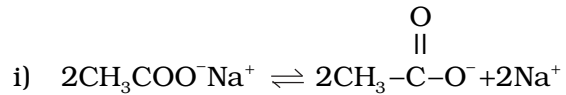


সোডিয়াম অ্যাসিটেট

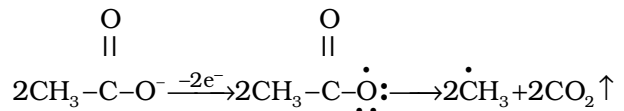
↓ তড়িৎ বিশ্লেষণ



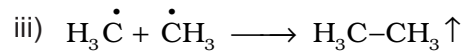
এই বিক্রিয়াটি নিম্নলিখিত পথ অনুসরণ করে -



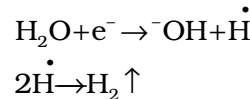
ii) অ্যানোডে :



অ্যাসিটেট আয়ন অ্যাসিটেট মুক্ত মূলক মিথাইল মুক্ত মূলক



iv) ক্যাথোডে :



এই পদ্ধতিতে মিথেন প্রস্তুত করা যায় না কেন?

13.2.3 ধর্মাবলী (Properties)

ভৌত ধর্মাবলী (Physical Properties) :

অ্যালকেনের অণুগুলি প্রায় অধুবীয় প্রকৃতির হয় কারণ C-C এবং C-H বন্ধনগুলো সমযোজী প্রকৃতির হওয়ায় এবং কার্বন ও হাইড্রোজেন পরমাণুর মধ্যে তড়িৎ ধনাত্মকতার পার্থক্য খুবই কম হওয়ায় এদের মধ্যে দুর্বল ভেঙারওয়াল আকর্ষণ বল ক্রিয়াশীল থাকে এই দুর্বল আকর্ষণ বলের প্রভাবে C₁ থেকে C₄ প্রথম চারটি সদস্য গ্যাসীয় হয়, C₅ থেকে C₁₇ তরল হয় এবং যাদের মধ্যে 18টি কার্বন পরমাণু অথবা তার বেশি কার্বন পরমাণু থাকে তারা 298K তাপমাত্রায় কঠিন হয়। এরা বর্ণহীন এবং গন্ধহীন। অ্যালকেনগুলোর অধুবীয় চরিত্রের ওপর ভিত্তি করে জলের মধ্যে অ্যালকেনের দ্রাব্যতা কীরূপ হবে বলে তোমার মনে হয়। পেট্রোল

হাইড্রোকার্বনের একটি মিশ্রণ এবং এটি জ্বালানী হিসাবে মোটরগাড়িতে ব্যবহৃত হয়। পেট্রোল এবং কম ঘর্ষকযুক্ত পেট্রোলিয়াম কাপড়ের চর্বিযুক্ত দাগ পরিস্কারে শুনকনো পরিস্কারক হিসাবেও ব্যবহৃত হয়। এই পর্যবেক্ষণের উপর ভিত্তি করে চর্বিযুক্ত বস্তুর প্রকৃতি সম্পর্কে তোমাদের কী ধারণা জন্মায়? তোমরা সঠিক, চর্বিযুক্ত বস্তু (উচ্চতর - অ্যালকেনের মিশ্রণ) হল অধ্রুবীয় এবং জল বির্কষী প্রকৃতির। দ্রাবকে কোনো পদার্থের দ্রাব্যতার সম্পর্কটির বিষয়ে একটি সাধারণ পর্যবেক্ষণ হল যে ধ্রুবীয় পদার্থ ধ্রুবীয় দ্রাবকে দ্রাব্য এবং অধ্রুবীয় পদার্থ অধ্রুবীয় দ্রাবকে দ্রাব্য অর্থাৎ সমধর্মী পদার্থ সমধর্মী দ্রাবকে দ্রবীভূত হবে। বিভিন্ন অ্যালকেনের স্ফুটনাংক নীচের সারণি 13.2 দেওয়া হল এবং এটি থেকে স্পষ্ট যে আণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সাথে সাথে স্ফুটনাংকের বৃদ্ধি ঘটে। এর কারণ হল আন্তঃআণবিক ভেঙারওয়াল আকর্ষণ বৃদ্ধির সাথে সাথে আণবিক আকার অথবা অণুর পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি পায়।

পেন্টেনের তিনটি সমাংশের (পেন্টেন, 2-মিথাইল বিউটেন এবং 2,2- ডাই মিথাইল প্রোপেন) স্ফুটনাংকের দিকে লক্ষ্য করলে তোমরা আকর্ষণীয় একটি বিষয় পর্যবেক্ষণ করতে পারবে। সারণি 13.2 থেকে দেখা যায় যে দুটি কার্বন পরমাণুর সরল শৃঙ্খলযুক্ত পেন্টেনের স্ফুটনাংক সর্বাধিক (309.1K) যেখানে 2.2 ডাই মিথাইল প্রোপেনের স্ফুটনাংক 282.5K। শাখা শৃঙ্খল বৃদ্ধির সাথে সাথে অণুটি গোলকাকৃতি ধারণ করে। এরফলে অণুটির পৃষ্ঠতল হ্রাস পায় এবং গোলকাকার ক্ষুদ্র অণুগুলির মধ্যকার দুর্বল আকর্ষণ বলকে অপেক্ষাকৃত কম উষ্ণতাতাই অতিক্রম করা যায়।

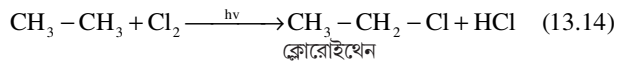
রাসায়নিক ধর্মাবলি (Chemical Properties) :

যদিও আগেই উল্লেখ করা হয়েছে যে অ্যালকেনগুলো সাধারণত অ্যাসিড, ক্ষার, জারক দ্রব্য এবং বিজারক দ্রব্যের প্রতি নিষ্কৃয়। তথাপিও নির্দিষ্ট শর্তে অ্যালকেনগুলো নিম্নলিখিত বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে।

1. প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া সমূহ (Substitution Reaction)

অ্যালকেনের এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণুকে হ্যালোজেন, নাইট্রোমূলক এবং সালফোনিক অ্যাসিড মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা যায়। হ্যালোজেনেশন উচ্চ তাপমাত্রা (573-773K) অথবা সূর্যালোক বা অতিবেগুনি রশ্মির উপস্থিতিতে সংঘটিত হয়। নিম্নতর অ্যালকেন নাইট্রেশন এবং সালফোনেশন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করেনা। এই ধরনের বিক্রিয়ায় যেখানে অ্যালকেনের হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত হয়, তাদের প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া বলে, উদাহরণস্বরূপ মিথেনের ক্লোরিনেশন বিক্রিয়া নিম্নে দেওয়া হল :

হ্যালোজেন : (Halogenation)

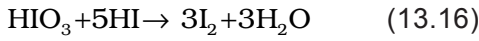
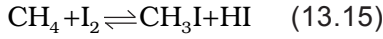


সারণি 13.2 অ্যালকেনের গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্কের পরিবর্তনের ক্রম

আণবিক সংকেত	নাম	আণবিক গুরুত্ব/u	স্ফুটনাংক / (K)	গলনাঙ্ক/(K)
CH ₄	মিথেন	16	111.0	90.5
C ₂ H ₆	ইথেন	30	184.4	101.0
C ₃ H ₈	প্রোপেন	44	230.9	85.3
C ₄ H ₁₀	বিউটেন	58	272.4	134.6
C ₄ H ₁₀	2-মিথাইল প্রোপেন	58	261.0	114.7
C ₅ H ₁₂	পেন্টেন	72	309.1	143.3
C ₅ H ₁₂	2-মিথাইল বিউটেন	72	300.9	113.1
C ₅ H ₁₂	2,2 ডাই মিথাইল প্রোপেন	72	282.5	256.4
C ₆ H ₁₄	হেক্সেন	86	341.9	178.5
C ₇ H ₁₆	হেপ্টেন	100	371.4	182.4
C ₈ H ₁₈	অক্টেন	114	398.7	216.2
C ₉ H ₂₀	ননেন	128	423.8	222.0
C ₁₀ H ₂₂	ডেকেন	142	447.1	243.3
C ₂₀ H ₄₂	ইকোসেন	282	615.0	236.2

হাইড্রোকার্বনসমূহ

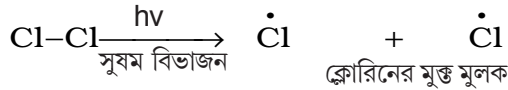
এটা লক্ষ্য করা গেছে যে, অ্যালকেনের সাথে হ্যালোজেনের বিক্রিয়ার ক্রমটি হল $F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$ । অ্যালকেনের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপনের হারটি $3^\circ > 2^\circ > 1^\circ$ । ক্লোরিনেশন বিক্রিয়াটি এতটাই তীব্রভাবে সংঘটিত হয় যে বিক্রিয়াটি নিয়ন্ত্রণ করা খুবই কষ্টকর। আয়োডিনেশন বিক্রিয়াটি খুবই মন্থর এবং উভমুখী বিক্রিয়া। এই বিক্রিয়াটি HIO_3 বা HNO_3 জারকদ্রব্যের উপস্থিতিতে সংঘটিত করা হয়।



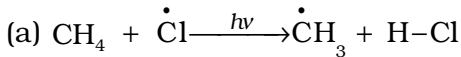
হ্যালোজেনেশন বিক্রিয়াটি হল মুক্ত মূলক শৃঙ্খল ক্রিয়া কৌশল ঘটিত বিক্রিয়া যা সূচনা (initiation), প্রসারণ (propagation) এবং সমাপ্তিকরণ (tamination) এই তিনটি ধাপে সম্পন্ন হয়, ক্রিয়াকৌশলটি নীচে দেওয়া হল।

ক্রিয়াকৌশল (mechanism) :

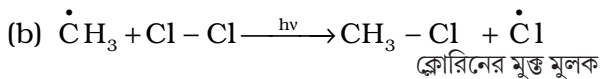
i) সূচনা : আলোক বা তাপের উপস্থিতিতে ক্লোরিন অণুর সুষম বন্ধন বিভাজনের দ্বারা বিক্রিয়াটির সূচনা হয়। Cl-Cl বন্ধনটি, C-C এবং C-H বন্ধন অপেক্ষা দুর্বল। তাই সহজে বিভাজিত হয়।



ii) প্রসারণ : ক্লোরিনের মুক্ত মূলক মিথেন অণুকে আক্রমণ করে এবং C-H বন্ধন বিভাজনের মাধ্যমে মিথাইল মুক্ত মূলক এবং HCl উৎপন্ন করে এবং সেই সাথে বিক্রিয়াটিকে সন্মুখ দিকে অগ্রসর করে।

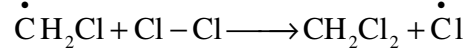
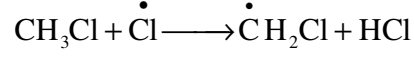


উৎপন্ন মিথাইল মুক্ত মূলক ক্লোরিনের দ্বিতীয় অণুকে আক্রমণের দ্বারা CH_3-Cl উৎপন্ন করে এবং সেইসাথে ক্লোরিন সুষম বন্ধন বিভাজনের মাধ্যমে আরেকটি ক্লোরিন মুক্ত মূলক উৎপন্ন হয়।



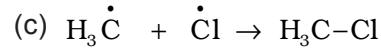
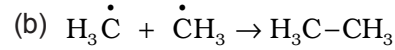
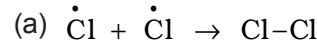
উপরোক্ত পর্যায়ে উৎপন্ন ক্লোরিন এবং মিথাইল মুক্ত মূলক ধাপ a এবং ধাপ b এর পুনরাবৃত্তির মাধ্যমে বিক্রিয়ার শৃঙ্খল গঠন করে। প্রসারণ প্রক্রিয়ার ধাপ a এবং ধাপ b সরাসরি মুখ্য যৌগ উৎপন্ন করে। কিন্তু আরও অনেক প্রসারণ প্রক্রিয়ার ধাপ সম্ভব এবং সংগঠিত হয়। অধিক সংখ্যক হ্যালোজেন যুক্ত বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন

হওয়ার এরকম দুটি ধাপ নিচে দেওয়া হল।



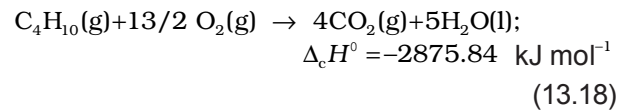
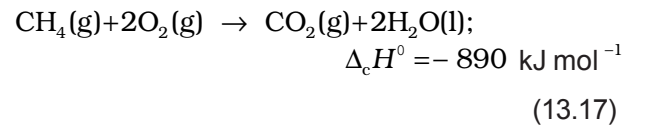
iii) সমাপ্তিকরণ : বিক্রিয়কের নিঃশেষণ এবং পার্শ্ব বিক্রিয়ার ফলে একটি সময় পর বিক্রিয়াটি বন্ধ হয়ে যায়।

শৃঙ্খল সমাপ্তিকরণের সম্ভাব্য ধাপগুলো নিম্নরূপ -

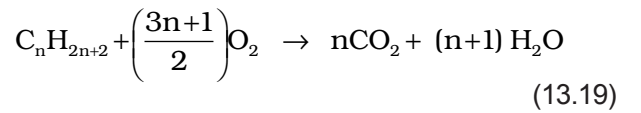


যদিও (c) ধাপটি দ্বারা একটি বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন হয়, কিন্তু ধাপটিতে মুক্তমূলক শোষিত হয় এবং শৃঙ্খলটির সমাপ্তিকরণ ঘটে। কী কারণে মিথেনের ক্লোরিনেশনের সময় পার্শ্ব যৌগ বুপে ইথেন উৎপন্ন হয় তা বোঝার জন্য উপরোক্ত বিক্রিয়া ক্রিয়াকৌশল আমাদের সাহায্য করে।

2. দহন (Combustion) : অ্যালকেনকে বায়ু অথবা ডাই অক্সিজেনের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করলে অ্যালকেন জারিত হয়ে কার্বন-ডাই-অক্সাইড এবং জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে এবং সেই সাথে প্রচুর পরিমাণ তাপ নির্গত হয়।

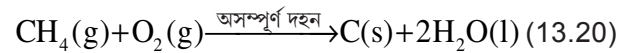


যেকোনো অ্যালকেনের ক্ষেত্রে দহনের সাধারণ বিক্রিয়াটি হল -

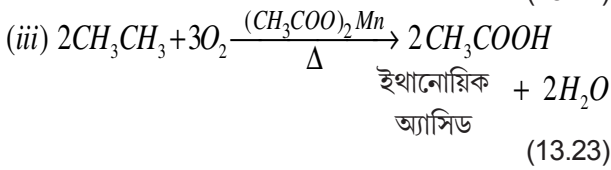
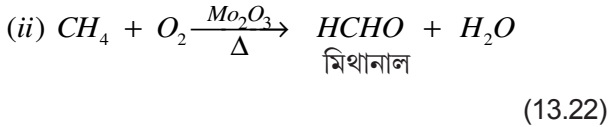
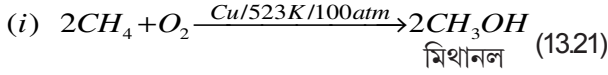


দহনের সময় প্রচুর পরিমাণে তাপ সৃষ্টি হওয়ার কারণে অ্যালকেনগুলো জ্বালানিরূপে ব্যবহৃত হয়।

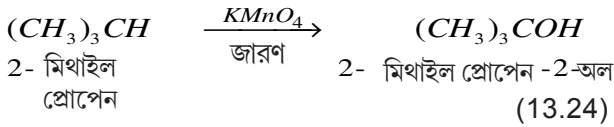
অপর্যাপ্ত বায়ু অথবা ডাই অক্সিজেনের উপস্থিতিতে অ্যালকেনের অসম্পূর্ণ দহনের ফলে কার্বন ব্ল্যাক উৎপন্ন হয় যা কালি, ছাপার কালি, কালোরঞ্জক এবং ফিল্টার প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।



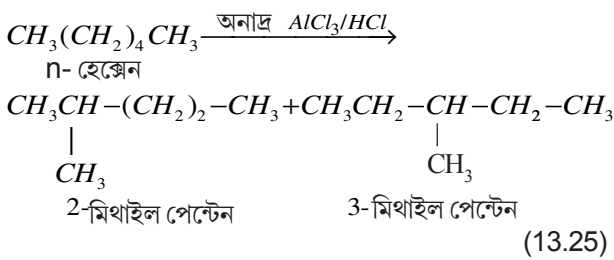
3. নিয়ন্ত্রিত জারণ (Controlled Oxidation) : উপযুক্ত অনুঘটকের উপস্থিতিতে অ্যালকেনকে ডাই-অক্সিজেনের নিয়ন্ত্রিত প্রবাহে অথবা উচ্চ চাপযুক্ত বায়ুতে উত্তপ্ত করলে জারণের ফলে বিভিন্ন ধরনের পদার্থ উৎপন্ন হয়।



iv) সাধারণত অ্যালকেন জারণ প্রতিহত করে কিন্তু টারসায়ারী হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত অ্যালকেন, পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্বারা সংশ্লিষ্ট অ্যালকোহলে জারিত হয়।



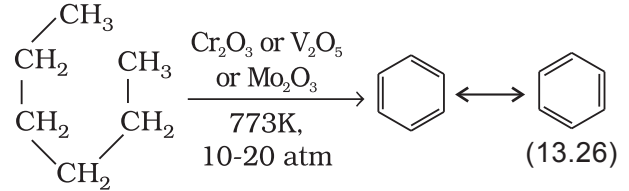
4. আইসোমারাইজেশন : n অ্যালকেনকে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করলে, শাখা শৃঙ্খল বিশিষ্ট অ্যালকেনে পরিণত হয়। মুখ্য যৌগগুলো নিচে দেওয়া হল। কিছু সংখ্যক গৌণ যৌগও উৎপন্ন হয় কিন্তু জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়ার গৌণ যৌগসমূহগুলো উপস্থাপন করা হয় না।



5. অ্যারোম্যাটাইজেশন (Aromatization) :

ছয় বা তার বেশি কার্বন পরমাণুযুক্ত n অ্যালকেনকে 773K তাপমাত্রায় এবং 10-20 অ্যাটমোস্ফিয়ার চাপে ভ্যানাডিয়াম, মলিবডেনাম বা স্কোমিয়ামের অক্সাইডসহ অ্যালুমিনার উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করলে হাইড্রোজেন অপসারণের মাধ্যমে বন্ধশৃঙ্খল বেঞ্জিন এবং বেঞ্জিনের সমাংশ উৎপন্ন হয়। এই

বিক্রিয়াটিকে অ্যারোম্যাটাইজেশন অথবা রিফর্মিং বিক্রিয়া বলা হয়।

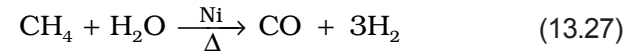


টলুইন (C₇H₈) হল বেঞ্জিনের মিথাইল জাতক। তোমার মতানুসারে টলুইন প্রস্তুত করার জন্য কোন্ অ্যালকেনটি নিতে হবে।

(6) জলীয় বাষ্পের সাথে বিক্রিয়া

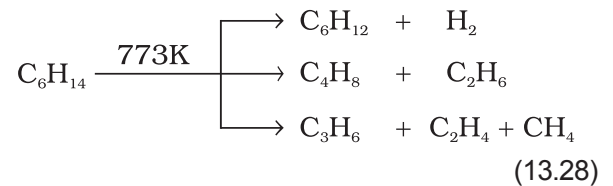
(Reaction with Steam) :

মিথেন 1273K এবং নিকেল অনুঘটকের উপস্থিতিতে জলীয় বাষ্পের সাথে বিক্রিয়ায় কার্বন মনোক্সাইড এবং ডাই হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। শিল্পক্ষেত্রে ডাই হাইড্রোজেন গ্যাস প্রস্তুত করার জন্য এই পদ্ধতিটি ব্যবহার করা হয়।

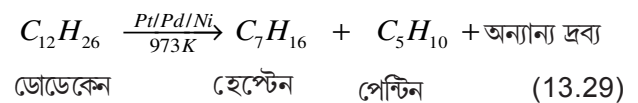


7. তাপবিয়োজন (Pyrolysis) :

উচ্চতর অ্যালকেনকে উচ্চতর তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে এরা নিম্নতর অ্যালকেন, অ্যালকিন ইত্যাদিতে বিয়োজিত হয়। তাপ প্রয়োগের ফলে ক্ষুদ্রতর অংশে বিয়োজিত হওয়ার এই বিক্রিয়াকেই তাপবিয়োজন বা ক্র্যাকিং বলে।



অ্যালকেনের তাপবিয়োজন বিক্রিয়া একটি মুক্তমূলক গঠিত বিক্রিয়া। কেরোসিন তেল বা পেট্রোল থেকে তেলগ্যাস বা পেট্রোল গ্যাস প্রস্তুতি এই তাপবিয়োজন নীতির উপর প্রতিষ্ঠিত। উদাহরণস্বরূপ, কেরোসিন তেলের উপাদান ডোডেকেনকে 973K তাপমাত্রায় প্ল্যাটিনাম, প্যালাডিয়াম বা নিকেল অনুঘটকের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করলে হেপ্টেন এবং পেন্টিনের একটি মিশ্রণ উৎপন্ন হয়।



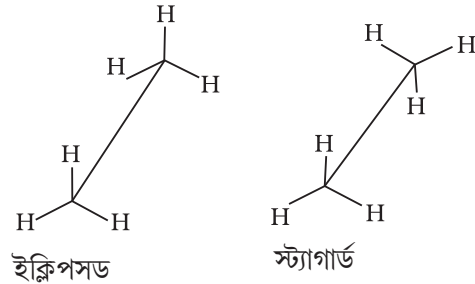
13.2.4 কনফরমেশন বা ঘূর্ণনজনিত সমাংশতা (Conformation) :

অ্যালকেনগুলোর মধ্যে কার্বন-কার্বন সিগমা (σ) বন্ধন বর্তমান। সিগমা আণবিক কক্ষকের ইলেকট্রন বণ্টন C-C বন্ধনের আস্ত: নিউক্লিয়ার অক্ষের সাপেক্ষে প্রতিসম যা এর অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণনের ফলে বিঘ্নিত হয় না। একারণেই C-C এক বন্ধনটি অক্ষের সাপেক্ষে মুক্তভাবে ঘুরতে পারে। এই ঘূর্ণনের ফলে পরমাণুগুলো শূন্যে বিভিন্ন স্থানিক সজ্জা লাভ করে এবং একে অপরের সজ্জা লাভ করতে পারে। পরমাণুগুলোর এরূপ স্থানিক সজ্জা যা C-C এক বন্ধনের সাপেক্ষে ঘূর্ণনের ফলে পরস্পর পরিবর্তন করতে পারে তাদের কনফরমেশন বা কনফরমার বা রোটোমার বলে। কার্বন কার্বন এক বন্ধনের সাপেক্ষে ঘূর্ণনের মাধ্যমে অ্যালকেন অসীম সংখ্যক কনফরমেশন গঠন করতে পারে। তথাপিও মনে রাখতে হবে কার্বন-কার্বন এক বন্ধনের সাপেক্ষে ঘূর্ণন সম্পূর্ণ মুক্ত নয়। পার্শ্ববর্তী বন্ধনগুলোর পরস্পর বিকর্ষণের কারণে একটি ক্ষুদ্র শক্তি 1-20 কিলোজুল/মোল দ্বারা বাধা প্রাপ্ত হতে পারে। এরূপ বিকর্ষণ বলকে টর্সন্যাল বাঁধা (torsional strain) বলা হয়।

ইথেনের কনফরমেশন সমূহ : ইথেনে একটি কার্বন-কার্বন এক বন্ধন রয়েছে, সেই সাথে প্রতিটি কার্বন পরমাণুতে তিনটি করে হাইড্রোজেন পরমাণু বর্তমান। ইথেনের বল এবং দণ্ডের মডেলটির একটি কার্বন পরমাণুকে স্থির রেখে অপর কার্বন পরমাণুটিকে C-C অক্ষের সাপেক্ষে ঘোরাতে থাক। এই ঘূর্ণনের ফলে একটি কার্বন পরমাণুতে যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণুগুলোর সাপেক্ষে অপর একটি কার্বন পরমাণুতে যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণুগুলোর অসংখ্য স্থানিক বিন্যাস (Spatial arrangement) পাওয়া যায়, এদেরকে ঘূর্ণনজনিত সমাংশ (conformational isomer) বলে। তাই ইথেনের অসীম সংখ্যক ঘূর্ণনজনিত সমাংশ আছে। তথাপি দুটি সমাংশ খুবই গুরুত্বপূর্ণ। এরূপ একটি ঘূর্ণনজনিত সমাংশ যেখানে দুটি কার্বনে যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণুগুলো যতদূর সম্ভব একে অপরের কাছাকাছি থাকে তাকে ইক্লিপস (eclipsed) ঘূর্ণনজনিত সমাংশ এবং অন্যটিতে যেখানে হাইড্রোজেন পরমাণুগুলো যতদূর সম্ভব একে অপরের কাছ থেকে দূরে থাকে তাকে স্ট্যাগার্ড (staggered) ঘূর্ণনজনিত সমাংশ বলে। এটা মনে রাখতে হবে যে সমস্ত ধরনের ঘূর্ণনজনিত সমাংশের মধ্যেই বন্ধন কোণ এবং বন্ধন দূরত্ব সমান থাকে। ইক্লিপস (eclipsed) এবং স্ট্যাগার্ড (staggered) ঘূর্ণনজনিত সমাংশকে সহস্র (sawhorse) এবং নিউম্যান (Newman) অভিক্ষেপ সংকেত দ্বারা প্রকাশ করা যায়।

1. সহস্র অভিক্ষেপন (Sawhorse projections) :

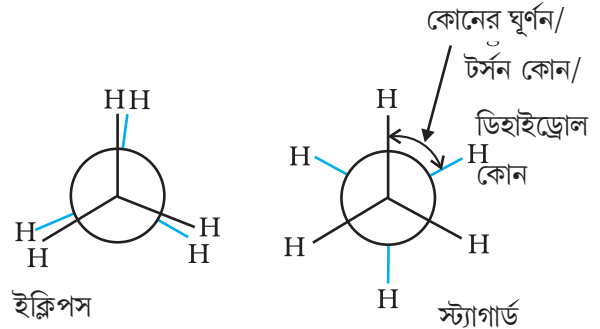
এরূপ অভিক্ষেপণে অনুটিকে আণবিক অক্ষ বরাবর দেখা হয়। কাগজের উপর কেন্দ্রীয় C-C বন্ধনটিকে দেখানোর জন্য কিছুটা লম্বা সরল রেখা অঙ্কন করা হয়। রেখাটির উপড়ের প্রান্ত ডানদিক বা বাদিকে কিছুটা হেলানো থাকে। সামনের কার্বনটি রেখাটির নিম্নপ্রান্তে এবং পেছনের কার্বনটি রেখার উপর প্রান্তে প্রদর্শিত হয়। প্রতিটি কার্বন পরমাণুতে তিনটি রেখা যুক্ত থাকে যা তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুকে নির্দেশ করে। রেখাগুলো পরস্পর 120° কোণে নত থাকে। ইথেনের ইক্লিপস এবং স্ট্যাগার্ড কনফরমেশনগুলো সহস্র অভিক্ষেপণ নিচে চিত্র 13.2 তে প্রদর্শিত করা হল।



চিত্র- 13.2 ইথেনের সহস্র অভিক্ষেপন

2. নিউম্যান অভিক্ষেপণ (Newman Projection)

এরূপ অভিক্ষেপণে অনুটিকে C-C বন্ধনের সামনের দিক থেকে দেখা হয়। চোখের সামনের কার্বন পরমাণুটিকে একটি বিন্দু দ্বারা প্রকাশ করা হয়। সামনের কার্বন পরমাণুটিতে যুক্ত তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুকে, পরস্পরের মধ্যে 120° কোণে তিনটি রেখা দ্বারা দেখানো হয়। পেছনের কার্বন পরমাণুটিকে (চোখ থেকে দূরবর্তী কার্বন পরমাণু) একটি বৃত্তের সাহায্যে প্রকাশ করা হয় এবং ইহাতে যুক্ত তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুকে পরস্পরের মধ্যে 120° কোণে স্বল্পদৈর্ঘ্যের রেখার সাহায্যে অংকন করা হয়। ইথেনের নিউম্যান অভিক্ষেপণগুলো নিচে চিত্র 13.3 তে প্রদর্শিত করা হল।



চিত্র 13.3 ইথেনের নিউম্যান অভিক্ষেপণ।

ঘূর্ণনজনিত সমাংশগুলোর স্থায়িত্বের তুলনা :

আগেই উল্লেখ করা হয়েছে যে, ইথেনের স্টেগার্ড গঠন আকৃতিতে কার্বন হাইড্রোজেন বন্ধনগুলোর ইলেকট্রন মেঘ যতটুকু সম্ভব পরস্পর থেকে দূরে অবস্থিত। সুতরাং অণুর মধ্যে সর্বনিম্ন বিকর্ষন বল, সর্বনিম্ন শক্তি এবং সর্বোচ্চ স্থায়িত্ব বর্তমান। অন্যদিকে স্ট্যাগার্ড গঠন যখন ইক্লিপস গঠনে রূপান্তরিত হয় তখন কার্বন হাইড্রোজেন বন্ধনের ইলেকট্রন মেঘ একে অপরের কাছাকাছি আসে ফলে ইলেকট্রন মেঘগুলোর মধ্যে বিকর্ষণ বল বৃদ্ধি পায়। বিকর্ষণ বলের বৃদ্ধিকে প্রতিহত করার জন্য অণুগুলোর শক্তি বৃদ্ধি পায় এবং স্থায়িত্ব হ্রাস পায়। আগেই উল্লেখ করা হয়েছে ইলেকট্রন মেঘগুলোর মধ্যে বিকর্ষন বল যা ঘূর্ণনজনিত সমাংশগুলোর স্থায়িত্বের উপর প্রভাব বিস্তার করে তাকে টর্সন্যাস বাধা (torsional strain) বলে। টর্সন্যাস স্টেইনের মান C-C বন্ধনের কোণের আবর্তনের উপর নির্ভরশীল। এই কোণকে দ্বিতল কোণ (dihedral angle) অথবা টর্সন্যাস কোণ বলে। ইথেনের সমস্ত ঘূর্ণনজনিত সমাংশগুলোর মধ্যে স্ট্যাগার্ড সমাংশের টর্সন্যাস স্টেইন সবচেয়ে কম এবং ইক্লিপস কনফর্মেশনে টর্সন্যাস স্টেইন সর্বাধিক। সুতরাং ইহা অনুমান করা যায় যে, ইথেনের মধ্যে C-C বন্ধনের সাপেক্ষে ঘূর্ণন সম্পূর্ণ মুক্ত নয়। দুটি চূড়ান্ত গঠন আকৃতির মধ্যে শক্তির পার্থক্য 12.5 কিলোজুল / মোল যা খুবই কম। এমনকি স্বাভাবিক তাপমাত্রায়, আন্তঃআণবিক সংঘর্ষের মাধ্যমে ইথেন অণু যে তাপীয় বা গতীয় শক্তি অর্জন করে সেটাই এই 12.5 কিলোজুল/মোল শক্তির মাত্রাকে অতিক্রম করার জন্য যথেষ্ট। সুতরাং বলা যেতে পারে যে ইথেনে কার্বন-কার্বন এক বন্ধনের ঘূর্ণন প্রায় সব ব্যবহারিক ক্ষেত্রেই মুক্ত। ইথেনের বিভিন্ন ঘূর্ণনজনিত সমাংশগুলোকে পৃথক এবং পার্থক্য করা সম্ভব হয়নি।

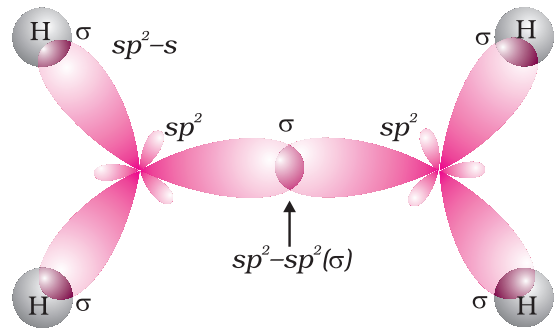
13.3 অ্যালকিন সমূহ (Alkene) :

অ্যালকিন হল অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন যার মধ্যে কমপক্ষে একটি দ্বিবন্ধন বর্তমান। অ্যালকিনের সাধারণ সংকেত কী হতে পারে? যদি অ্যালকিনের দুটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে একটি দ্বিবন্ধন থাকে তবে এদের মধ্যে অ্যালকেনের তুলনায় দুটি হাইড্রোজেন কম থাকবে। তাই অ্যালকিনের সাধারণ সংকেত হল C_nH_{2n} , অ্যালকিন সারির প্রথম সদস্য ইথিলিন বা ইথিন (C_2H_4), যেহেতু ক্লোরিনের সাথে বিক্রিয়ায় তৈলাক্ত তরল উৎপন্ন করে তাই অ্যালকিনকে ওলিফিন (olefins) (তৈল উৎপাদনকারী) বলা হয়।

13.3.1 দ্বিবন্ধনের গঠন (Structure of Double Bond)

অ্যালকিনের মধ্যে sp^2 সংকর কক্ষের মুখোমুখি অভিলেপনের (head on overlapping) ফলে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধনের মধ্যে

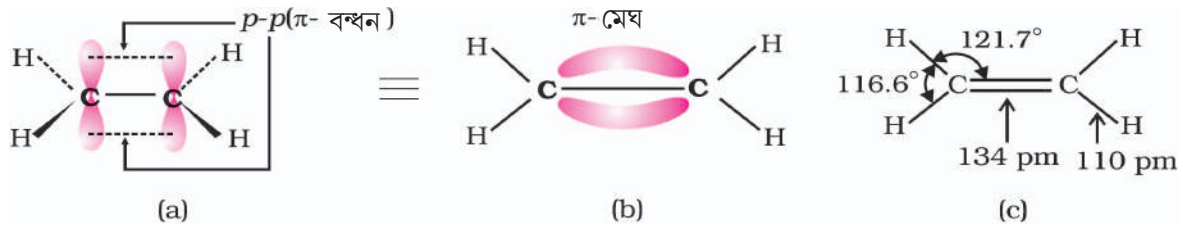
একটি শক্তিশালী সিগমা (σ) বন্ধন (বন্ধন এনথ্যালপি প্রায় 397 কিলোজুল/মোল) বর্তমান থাকে এবং দুটি কার্বন পরমাণুর 2p উপকক্ষের পাশাপাশি অভিলেপনের (sideways overlapping) মাধ্যমে একটি দুর্বল পাই (π) বন্ধন (বন্ধন এনথ্যালপি প্রায় 284 কিলোজুল/মোল) গঠিত হয়। দ্বিবন্ধনের বন্ধন দূরত্ব (134pm) C-C এক বন্ধনের বন্ধন দূরত্ব (154pm) অপেক্ষা ছোটো। তোমরা আগেই পড়েছ যে দুটি 2p উপকক্ষের পাশাপাশি অভিলেপনের ফলে উৎপন্ন হয় বলে পাই (π) বন্ধন দুর্বল প্রকৃতির হয়। তাই পাই বন্ধনের উপস্থিতির জন্য অ্যালকিনে একটি দুর্বল আকর্ষণজনিত ইলেকট্রনের উৎসে পরিণত হয়। সুতরাং অ্যালকিন সহজেই ইলেকট্রন সন্ধানী বিকারক বা যৌগের সাথে যুক্ত হতে পারে। এইরূপ বিকারক বা যৌগকে ইলেকট্রন সন্ধানী বিকারক বলে। দুর্বল পাই (π) বন্ধনের উপস্থিতির জন্য অ্যালকিনগুলো অ্যালকেন অণুর তুলনায় অস্থায়ী প্রকৃতির হয় এবং তাই অ্যালকিন ইলেকট্রনসন্ধানী বিকারকের সাথে যুক্ত হয়ে এক বন্ধন যুক্ত যৌগে রূপান্তরিত হতে পারে। ইথিনে দ্বিবন্ধনের বন্ধন শক্তি (বন্ধন এনথ্যালপি 681 কিলোজুল/মোল) ইথেনের কার্বন-কার্বন এক বন্ধনের বন্ধন শক্তি (বন্ধন এনথ্যালপি 384 কিলোজুল/মোল) থেকে বেশি। ইথিনের কাম্বিক গঠন (orbital diagram) নিচের চিত্র 13.4 এবং চিত্র 13.5 এর দ্বারা দেখানো হল।



চিত্র - 13.4 ইথেনের σ বন্ধন বর্ণনা করা কাম্বিক গঠন চিত্র।

13.3.2 নামকরণ (Nomenclature) :

IUPAC পদ্ধতিতে অ্যালকিনের নামকরণের ক্ষেত্রে দ্বিবন্ধনযুক্ত সর্ববৃহৎ কার্বন শৃঙ্খলটি নির্বাচিত করা হয়। সর্ববৃহৎ কার্বন শৃঙ্খলের যে প্রান্ত থেকে দ্বি বন্ধনটি কাছে হয় সেই প্রান্ত থেকে নামারিং করা হয়। অ্যালকেনের প্রত্যয় (suffix) অ্যান (ane) কে 'ইন' (ene) দ্বারা পরিবর্তিত করা হয়। এটা মনে রাখতে হবে যে অ্যালকিন শ্রেণির প্রথম সদস্য হল: CH_2 (C_nH_{2n} এর nকে 1 দ্বারা প্রতিস্থাপিত করে) এবং এর নাম মিথিন। কিন্তু এটি ক্ষণস্থায়ী বা



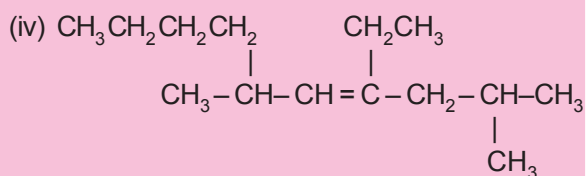
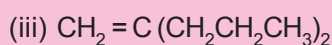
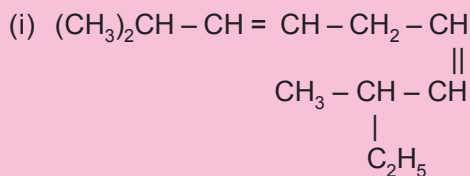
চিত্র 13.5 : ইথিনের (a) π বন্ধন (b) π মেঘ এবং (c) বন্ধন কোণ ও বন্ধন দৈর্ঘ্য গঠনের কাঙ্ক্ষিক চিত্র।

সীমিত জীবন দশা সম্পন্ন। এটা আগেই উল্লেখ করা হয়েছে যে অ্যালকিন শ্রেণির প্রথম স্থায়ী সদস্যটি হল C_2H_4 , যার নাম ইথিলিন (সাধারণ নাম) অথবা ইথিন (IUPAC নাম)। IUPAC পদ্ধতিতে কয়েকটি অ্যালকিনের নাম নিচে দেওয়া হল।

গঠন	IUPAC নাম
$CH_3 - CH = CH_2$	প্রোপিন
$CH_3 - CH_2 - CH = CH_2$	বিউট -1- ইন
$CH_3 - CH = CH - CH_3$	বিউট -2- ইন
$CH_2 = CH - CH = CH_2$	বিউটা -1,3- ডাই ইন
$CH_2 = C - CH_3$ CH_3	2- মিথাইল প্রোপ -1- ইন
$CH_2 = CH - CH - CH_3$ CH_3	3- মিথাইল বিউট -1- ইন

সমস্যা 13.7

নিচের যৌগগুলোর IUPAC পদ্ধতিতে নামকরণ লেখো।



সমাধান :

- 2,8- ডাইমিথাইল -3, 6- ডেকাডাই ইন।
- 1,3,5,7- অক্টাট্টাইন
- 2-*n*- প্রোপাইল পেন্ট-1- ইন
- 4- ইথাইল-2, 6-ডাই মিথাইল ডেক -4- ইন।

সমস্যা - 13.8

উপরোক্ত গঠন আকৃতি (i-iv) এর মধ্যে সিগমা (σ) এবং পাই (π) বন্ধনের সংখ্যা গণনা কর।

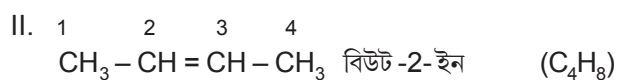
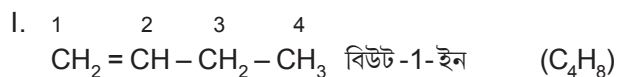
সমাধান :

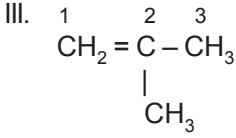
- σ বন্ধন : 33, π বন্ধন : 2
- σ বন্ধন : 17, π বন্ধন : 4
- σ বন্ধন : 23, π বন্ধন : 1
- σ বন্ধন : 41, π বন্ধন : 1

13.3.3 - সমাংশতা বা সমবয়বতা (Isomerism)

অ্যালকিন গঠনগত এবং জ্যামিতিক উভয় প্রকার সমবয়বতা প্রদর্শন করে।

গঠনগত সমবয়বতা : অ্যালকেনের মতই, ইথিন (C_2H_4) এবং প্রোপিনের (C_3H_6) কেবল একটিই গঠন আকৃতি থাকে কিন্তু প্রোপিন থেকে উচ্চতর অ্যালকিনগুলোর বিভিন্ন গঠন আকৃতি বর্তমান। C_4H_8 আণবিক সংকেত বিশিষ্ট অ্যালকিনকে নিম্নলিখিত তিনটি উপায়ে প্রকাশ করা যায় -





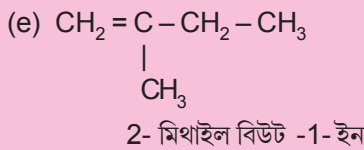
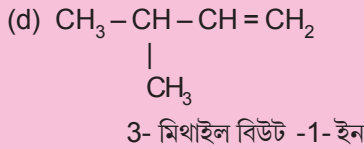
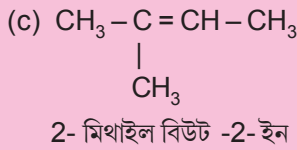
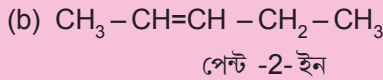
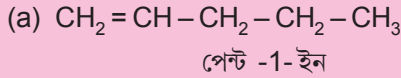
2- মিথাইল প্রোপ -1- ইন (C₄H₈)

গঠন আকৃতি। এবং III, এবং II এবং III হল শৃঙ্খল গঠিত সমাবয়তার উদাহরণ। তাছাড়া গঠন আকৃতি। এবং II হল অবস্থান গঠিত সমাংশ।

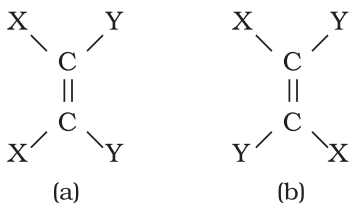
সমস্যা : 13.9:

C₅H₁₀ আণবিক সংকেত বিশিষ্ট অ্যালকিনের বিভিন্ন গঠনগত সমাংশগুলো লেখো এবং IUPAC পদ্ধতিতে এদের নামকরণ কর।

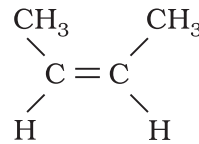
সমাধান :



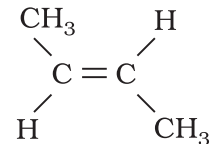
জ্যামিতিক সমাংশতা : দ্বিবন্ধনে যুক্ত কার্বন পরমাণুগুলোকে তাদের অবশিষ্ট দুটি যোজ্যতা পূরণ করার জন্য দুটি পরমাণু বা মূলকের সাথে যুক্ত হতে হয়। যদি কার্বন পরমাণুতে যুক্ত দুটি পরমাণু বা মূলক ভিন্ন হয় তবে তাদের YX C=C XY গঠনের মাধ্যমে উপস্থাপন করা হয়। YX C=C XY গঠনটিকে শূন্যস্থানিক বিন্যাস নিম্নলিখিত দুটি উপায়ে প্রকাশ করা যায়।



(a) এর মধ্যে দুটি একরকম পরমাণু অর্থাৎ দুটি X অথবা দুটি Y দ্বি বন্ধনের একই দিকে অবস্থিত কিন্তু (b) এর মধ্যে দুটি X অথবা দুটি গঠন ভিন্ন হয় অর্থাৎ Y দ্বি বন্ধনের সাথে আড়াআড়িভাবে অথবা দ্বি বন্ধনের বিপরীত দিকে থাকে। এই জন্য (a) এবং (b) এর জ্যামিতিক গঠন দুটিতে পরমাণু বা মূলকগুলোর শূন্যস্থানিক বিন্যাস ভিন্ন ভিন্ন হয়। তাই এরা হল ত্রিমাত্রিক সমাবয়বীয় (stereoisomerism)। যদি দ্বি বন্ধনের (C=C) চারপাশের পরমাণু বা মূলকগুলোকে ঘোরানো যেত তবে তারা একই জ্যামিতিক গঠন লাভ করত, কিন্তু C=C বন্ধনের চারপাশে ঘূর্ণন সম্ভব নয়। এধরণের ঘূর্ণন স্বীকৃত নয়। এই ধারণাটি বোঝার জন্য দুটি শক্ত কার্ডবোর্ডের টুকরো নাও এবং দুটি আলপিনের (nails) সাহায্যে এদের যুক্ত কর। একটি কার্ডবোর্ডকে তোমার হাতে রেখে দাও এবং অন্যটিকে ঘোরানোর চেষ্টা কর। তুমি কি সত্যিই অন্য কার্ডবোর্ডকে ঘোরাতে পারছ? উত্তর হল, 'না'। এই ঘূর্ণন স্বীকৃত নয়। দ্বি বন্ধনে যুক্ত কার্বন পরমাণুর চারপাশে পরমাণু বা মূলকগুলোর ঘূর্ণন অস্বীকৃত বলে, যোগের এরূপ বিভিন্ন জ্যামিতিক গঠন কীভাবে সৃষ্টি হয়, তা এর দ্বারা বোঝা যায় এরূপ ত্রিমাত্রিক সমাংশতাকে জ্যামিতিক সমাংশ বলে। এই ধরনের সমাংশ (a) যার মধ্যে দুটি একই প্রকারের পরমাণু অথবা মূলক দ্বি বন্ধনের একই দিকে অবস্থান করে তাদের সিস্ (cis) এবং অন্য ধরনের সমাংশ (b) যার মধ্যে দুটি একই পরমাণু বা মূলক দ্বি বন্ধনের বিপরীত দিকে অবস্থান করে তাদের ট্রান্স (trans) সমাংশ বলে। সুতরাং সিস্ এবং ট্রান্স সমাংশ একই গঠন সংকেত বিশিষ্ট কিন্তু কনফিগারেশন আলাদা (শূন্য পরমাণু বা মূলকগুলোর সজ্জা)। শূন্য পরমাণু বা মূলকগুলোর অবস্থান বিভিন্ন হওয়ায় এই সমাংশগুলোর ধর্মাবলী যেমন গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক, দ্বি মেরুভ্রামক, দ্রাব্যতা ইত্যাদি বিভিন্ন হয়। বিউট-2-ইনের জ্যামিতিক অথবা সিস-ট্রান্স সমাংশগুলো নিচে প্রদর্শন করা হলো।



সিস্-বিউট -2- ইন
(স্ফুটনাঙ্ক - 277K)

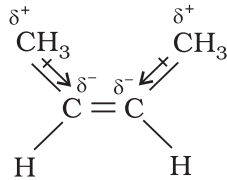


ট্রান্স-বিউট -2- ইন
(স্ফুটনাঙ্ক - 274K)

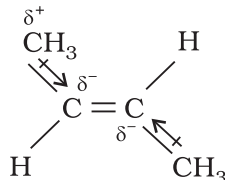
অ্যালকিনের সিস্ সমাংশটি ট্রান্স সমাংশ অপেক্ষা অধিক ধ্রুবীয়। উদাহরণস্বরূপ সিস্ বিউট-2- ইনের দ্বি মেরু ভ্রামক 0.33 ডিবাই যেখানে ট্রান্স সমাংশের দ্বিমেরু ভ্রামকের মান প্রায় শূন্য অথবা বলতে পারি যে ট্রান্স বিউট-2-ইন অধ্রুবীয়।

হাইড্রোকার্বনসমূহ

নীচের প্রদত্ত দুটি সমাংশের জ্যামিতিক অবস্থান অঙ্কন দ্বারা স্পষ্ট বোঝা যায় যে ট্রান্স-বিউট-2-ইনের মধ্যে দুটি মিথাইল মূলক পরস্পর বিপরীত দিকে অবস্থিত। সুতরাং C-CH₃ বন্ধনগুলোর দ্বিমেরু ভ্রামক একে অপরকে প্রশমিত করে এবং এজন্য ট্রান্স সমাংশটি অধ্রুবীয় হয়।



সিস-বিউট-2-ইন
($\mu = 0.33D$)



ট্রান্স-বিউট-2-ইন
($\mu = 0$)

কঠিনের ক্ষেত্রে দেখা যায় যে ট্রান্স সমাংশের গলনাঙ্ক সিস সমাংশ অপেক্ষা বেশি হয়।

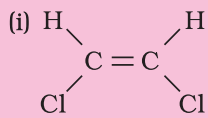
XY C=C XZ এবং XY C=C ZW প্রকারের অ্যালকিনগুলোও জ্যামিতিক অথবা সিস-ট্রান্স সমাংশতা দেখায়।

সমস্যা : 13.10

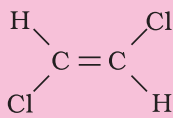
নিম্নলিখিত যৌগগুলোর সিস্ এবং ট্রান্স সমাংশগুলো অঙ্কন করো এবং IUPAC পদ্ধতিতে নামকরণ করো।

- (i) CHCl=CHCl
(ii) C₂H₅CCH₃=CCH₃C₂H₅

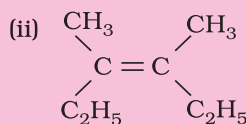
সমাধান :



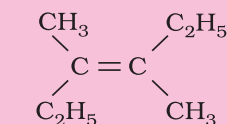
সিস্ 1,2- ডাইক্লোরো ইথিন



ট্রান্স 1,2- ডাইক্লোরো ইথিন



সিস্ 3,4- ডাইমিথাইল
হেক্স-3-ইন



ট্রান্স 3,4- ডাইমিথাইল
হেক্স-3-ইন

সমস্যা 13.11

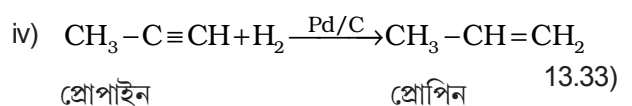
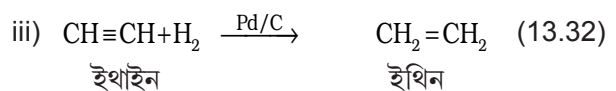
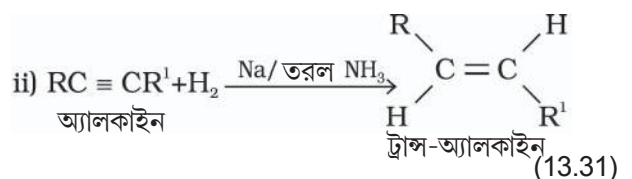
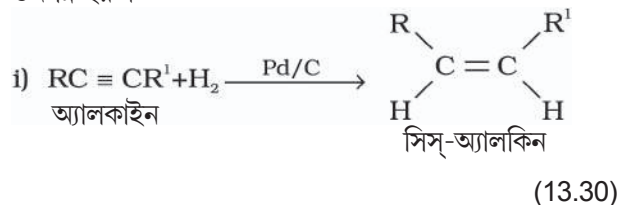
নীচের কোন্ কোন্ যৌগগুলো সিস-ট্রান্স সমাংশতা দেখায়?

- (i) (CH₃)₂C=CH-C₂H₅
(ii) CH₂=CBr₂
(iii) C₆H₅CH=CH-CH₃
(iv) CH₃CH=CClCH₃

সমাধান : (iii) এবং (iv), (i) এবং (ii) গঠন আকৃতির মধ্যে দুটি একই প্রকারের মূলক দ্বি বন্ধনে উপস্থিত একটি কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত।

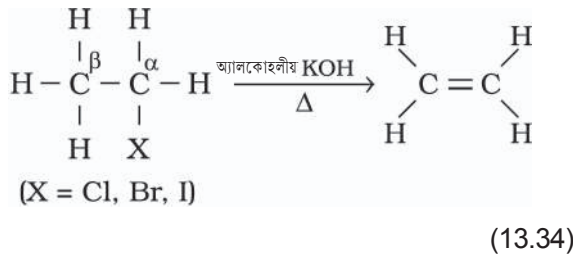
13.3.4 প্রস্তুতি (Preparation)

1. অ্যালকাইন থেকে : নির্দিষ্ট পরিমাণ ডাই হাইড্রোজেন এবং আংশিকভাবে অনুঘটক বিষ যেমন সালফার যুক্ত যৌগ অথবা কুইনোলিন দ্বারা নিষ্ক্রিয় প্যালাডিয়াম যুক্ত চারকোলের উপস্থিতিতে অ্যালকাইনের আংশিক বিজারণে অ্যালকিন পাওয়া যায়। আংশিকভাবে নিষ্ক্রিয় প্যালাডিয়াম যুক্ত চারকোলকে লিঙলার অনুঘটক বলে। এই প্রক্রিয়ায় সিস্ জ্যামিতিক গঠন আকৃতি বিশিষ্ট অ্যালকিন উৎপন্ন হয়। কিন্তু অ্যালকাইনকে তরল অ্যামোনিয়াতে উপস্থিত সোডিয়াম ধাতু দ্বারা বিজারিত করলে ট্রান্স অ্যালকিন উৎপন্ন হয়।



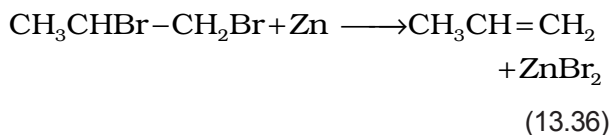
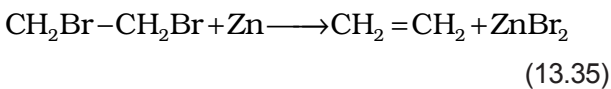
এভাবে উৎপন্ন প্রোপিন কি জ্যামিতিক সমাংশতা দেখায়? তোমার উত্তরকে সমর্থন করে, এমন যুক্তিগুলোর কথা ভাবো।

2. অ্যালকিন হ্যালাইড থেকে : অ্যালকিন হ্যালাডের (R-X) সঙ্গে অ্যালকোহলীয় পটাশ (অ্যালকোহল বা ইথানলে দ্রবীভূত পটাশিয়াম হাইড্রোক্সাইড) মিশ্রিত করে উত্তপ্ত করলে এক অণু হ্যালাজেন অ্যাসিড অপসারিত হয়ে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়াকে ডিহাইড্রোহ্যালাজেনেশন বিক্রিয়া অর্থাৎ হ্যালাজেন অ্যাসিড অপসারণ বিক্রিয়া বলে। হাইড্রোজেন পরমাণুটি যেহেতু কার্বন পরমাণু (যে β কার্বন পরমাণুতে হ্যালাজেন যুক্ত তার পরবর্তী কার্বন পরমাণু) থেকে অপসারিত হয় তাই এটি হল β অপসারণের (β -elimination) এর একটি উদাহরণ।



হ্যালাজেন পরমাণু এবং অ্যালকিন মূলক বিক্রিয়ার হার নির্ধারণ করে। হ্যালাজেনের ক্ষেত্রে দেখা যায় যে বিক্রিয়ার হারের ক্রমটি হল আয়োডিন > ব্রোমিন > ক্লোরিন এবং অ্যালকিন মূলকের ক্ষেত্রে হারের এই ক্রমটি হল ট্রাট > সেকেন্ডারী > প্রাইমারী।

3. ভিসিন্যাল ডাইহ্যালাইড থেকে : যে সকল ডাইহ্যালাজেনের মধ্যে দুটি হ্যালাজেন পরমাণু পার্শ্ববর্তী দুটি কার্বন পরমাণুতে যুক্ত থাকে তাদের ভিসিন্যাল ডাইহ্যালাইড বলে। ভিসিন্যাল ডাই হ্যালাইকে জিঙ্ক ধাতুর সাথে বিক্রিয়া করলে এক অনু ZnX_2 অপসারণের মাধ্যমে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়াকে ডিহ্যালাজেনেশন বিক্রিয়া বলে।

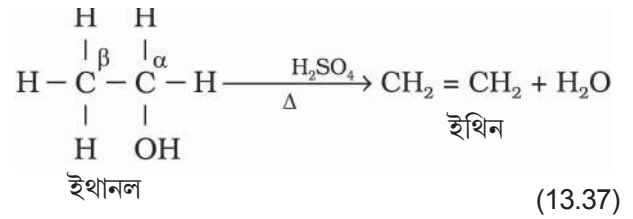


4) অ্যালকোহলের আম্লিক নিরুদন ছাড়া

(From alcohols by acidic dehydration)

তোমরা দ্বাদশ অধ্যায়ে বিভিন্ন সমগণীয় শ্রেণির নামকরণ করার সময় পড়েছে যে অ্যালকোহল হল অ্যালকেনের হাইড্রোক্সি জাতক। এদের R-OH দ্বারা প্রকাশ করা হয় যেখানে R হল $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$

অ্যালকোহলকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডসহ উত্তপ্ত করলে এক অণু জল অপসারণের মাধ্যমে অ্যালকিন উৎপন্ন হয়। যেহেতু অ্যাসিডের উপস্থিতিতে অ্যালকোহল থেকে এক অণু জল অপসারিত হয় তাই এই বিক্রিয়াকে অ্যালকোহলের আম্লিক নিরুদন বিক্রিয়া বলে। এই বিক্রিয়াটিও β অপসারণ বিক্রিয়ার একটি উদাহরণ, যেখানে -OH মূলকটি β কার্বন পরমাণু থেকে একটি হাইড্রোজেন গ্রহণ করে।



13.3.5 ধর্মাবলী (Properties) :

ভৌতধর্মাবলী: (Physical Properties)

বিভিন্ন প্রকারের সমাংশতা এবং ধ্রুবীয় চরিত্রের পার্থক্য ছাড়া অ্যালকিনের ভৌতধর্মাবলী অ্যালকেনের অনুরূপ। অ্যালকিনের সমগণীয় শ্রেণির প্রথম তিনটি সদস্য গ্যাসীয়, পরবর্তী ১৪টি সদস্য তরল এবং উচ্চতর অ্যালকিনগুলো কঠিন। ইথিন হল একটি ক্ষীণ মিষ্টি গন্ধ যুক্ত বর্ণহীন গ্যাস। অন্যান্য অ্যালকিনগুলো বর্ণহীন এবং গন্ধহীন, জলে অদ্রব্য কিন্তু বেঞ্জিন, পেট্রোলিয়াম ইথারের মত অধ্রুবীয় দ্রাবকে সহজে দ্রবীভূত হয়। আকার বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে তাদের স্ফুটনাংকের ধারাবাহিক বৃদ্ধি ঘটে অর্থাৎ প্রতিটি CH_2 মূলক বৃদ্ধিতে স্ফুটনাংক 20-30K বৃদ্ধি পায়। অ্যালকেনের মতই সরলরৈখিক অ্যালকিনের স্ফুটনাংক শাখা বিশিষ্ট সমাংশ থেকে বেশি হয়।

রাসায়নিক ধর্মাবলী : (Chemical Properties)

অ্যালকিন হল দুর্বলভাবে যুক্ত পাই (π) ইলেকট্রনের একটি সমৃদ্ধ উৎস, ফলে অ্যালকিন যুত বিক্রিয়া দেখায় এবং কার্বন কার্বন দ্বি বন্ধনের সঙ্গে ইলেকট্রোফাইল যুক্ত হয়ে যুত যৌগ গঠন করে। কিছু সংখ্যক বিকারক মুক্ত মূলক গঠিত ক্রিয়াকৌশলের মাধ্যমে যুক্ত হয়। বিশেষ শর্তে এরা মুক্ত মূলক গঠিত প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। অ্যালকিনের ক্ষেত্রে জারণ এবং ওজোন বিশ্লেষণ বিক্রিয়া বিশেষ উল্লেখযোগ্য। অ্যালকিনের বিভিন্ন ধরনের বিক্রিয়াগুলোর বিস্তারিত বিবরণ নীচে দেওয়া হলো-

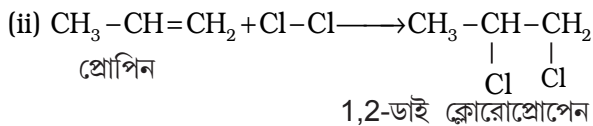
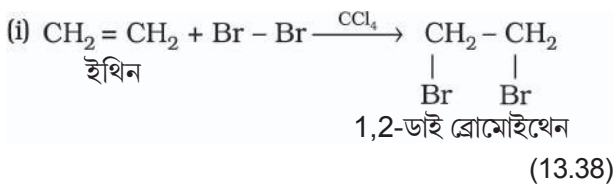
1. ডাইহাইড্রোজেনের সংযোগ : (Addition of dihydrogen)

অ্যালকিন সূক্ষ্ম নিকেল, পেলাডিয়াম অথবা প্লাটিনাম চূর্ণের উপস্থিতিতে এক অণু ডাইহাইড্রোজেন গ্যাসের সাথে যুক্ত হয়ে অ্যালকেন উৎপন্ন করে (অনুচ্ছেদ 13.2.2)

হাইড্রোকার্বনসমূহ

2. হ্যালোজেনের সংযোজন (Addition of halogen)

ব্রোমিন বা ক্লোরিনের মতো হ্যালোজেনের সাথে অ্যালকিন যুক্ত হয়ে ভিসিন্যাল ডাই হ্যালাইড উৎপন্ন করে। কিন্তু আয়োডিন স্বাভাবিক অবস্থায় যুত বিক্রিয়া প্রদর্শন করেনা। কার্বন ট্রেটাক্লোরাইডে দ্রবীভূত লালচে কমলা বর্ণের ব্রোমিন দ্রবণ অসম্পৃক্ত যৌগে যোগ করলে তা বর্ণহীন হয়। এই বিক্রিয়াটি অসম্পৃক্ততা প্রমাণের পরীক্ষা হিসাবে ব্যবহৃত হয়। অ্যালকিনে হ্যালোজেন যুক্ত হওয়া একটি ইলেকট্রোফিলিক যুত বিক্রিয়ার উদাহরণ যেখানে বান্ধ শৃঙ্খল হ্যালোনিয়াম আয়ন উৎপন্ন হয় যা তেমনরা উপরের শ্রেণিতে পড়বে।



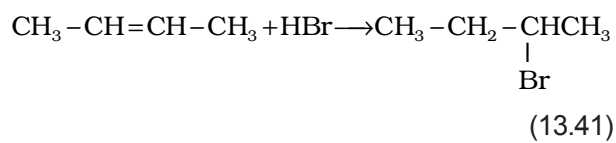
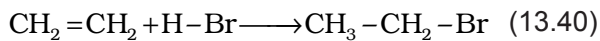
3. হাইড্রোজেন হ্যালাইডের সংযোজন

(Addition of hydrogen halides)

হাইড্রোজেন হ্যালাইড (HCl, HBr, HI) অ্যালকিনের সাথে যুক্ত হয়ে অ্যালকিল হ্যালাইড উৎপন্ন করে। হাইড্রোজেন হ্যালাইডগুলোর সক্রিয়তার ক্রম HI > HBr > HCl। হ্যালোজেনের সংযোজনের মতো অ্যালকিনে হাইড্রোজেন হ্যালাইডের সংযোজনও একটি ইলেকট্রোফিলিক যুত বিক্রিয়ার উদাহরণ। চলো আমরা প্রতিসম এবং অপ্রতিসম অ্যালকিনের সাথে HBr যোগ করে এর ব্যাখ্যা দেবার চেষ্টা করি।

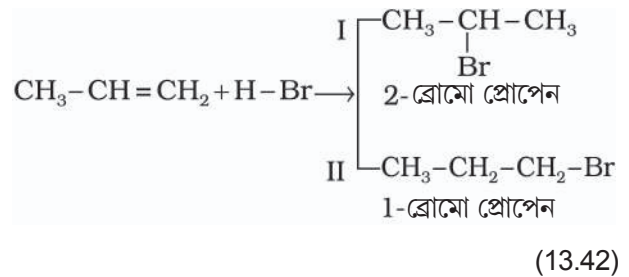
প্রতিসম অ্যালকিনের সাথে HBr এর যুত বিক্রিয়া (Addition reaction of HBr to symmetrical Alkenes)

প্রতিসম (দ্বি বন্ধনের সাথে একই প্রকারের মূলক যুক্ত) অ্যালকিনের সাথে HBr এর যুত বিক্রিয়াটি ইলেকট্রোফিলিক যুত বিক্রিয়ার ক্রিয়াকৌশল দ্বারা সংঘটিত হয়।



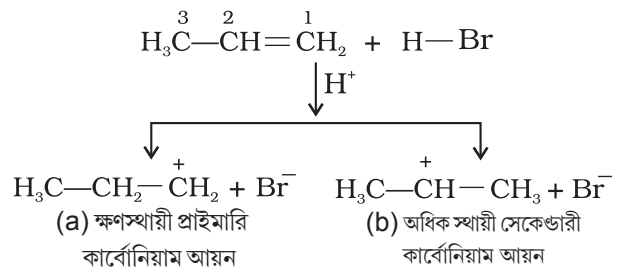
অপ্রতিসম অ্যালকিনের সাথে HBr এর যুত বিক্রিয়া (মারকনিকভ নিয়ম) : (Addition reaction of HBr to unsymmetrical alkenes [Markovnikov Rule])

কীভাবে HBr প্রোপিনের সাথে যুক্ত হবে? দুটি সম্ভাব্য বিক্রিয়াজাত যৌগ। এবং II হতে পারে।



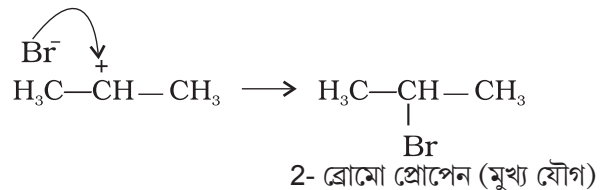
মারকনিকভ একজন রাশিয়ান রসায়নবিদ 1869 খ্রিষ্টাব্দে এই ধরনের বিক্রিয়া অধ্যয়নের পর একটি সাধারণ সিদ্ধান্তে উপনীত হন। এই সিদ্ধান্ত থেকে মারকনিকভ একটি নিয়ম তৈরি করেন যাকে মারকনিকভের নিয়ম বলে। এই নিয়মে বলা হয়েছে যে সংযোজিত অণুর (যে অণুটি যুক্ত হয়) ঋণাত্মক অংশটি যে কার্বন পরমাণুতে কম সংখ্যক হাইড্রোজেন থাকে তার সাথে যুক্ত হয়। এই নিয়ম অনুসারে যৌগ। অর্থাৎ 2-ব্রোমোপ্রোপেন প্রত্যাশিত। প্রকৃত অনুশীলনে দেখা যায়, এটাই হল এই বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন মুখ্য যৌগ। মারকনিকভের নিয়মের এই সিদ্ধান্তটি বিক্রিয়ার ক্রিয়া কৌশল থেকে আরও ভালোভাবে বোঝা যায়।

ক্রিয়াকৌশল : হাইড্রোজেন ব্রোমাইড একটি ইলেকট্রোফাইল, H⁺ এর যোগান দেয় যা দ্বি বন্ধনের সাথে যুক্ত হয়ে কার্বোনিয়াম আয়ন (কার্বো-ক্যাটায়ন) উৎপন্ন করে যা নিম্নে দেখানো হল।



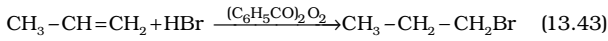
i) সেকেন্ডারী কার্বোক্যাটায়নটি (b), প্রাইমারি কার্বোক্যাটায়ন (a) থেকে অধিক স্থায়ী, তাই সেকেন্ডারী কার্বো ক্যাটায়নটি দ্রুত গতিতে অধিক পরিমাণে উৎপন্ন হয়।

ii) কার্বোক্যাটায়নটি (b), Br⁻ আয়নের সাথে যুক্ত হয় এবং নিম্নলিখিত বিক্রিয়াজাত পদার্থ গঠন করে।

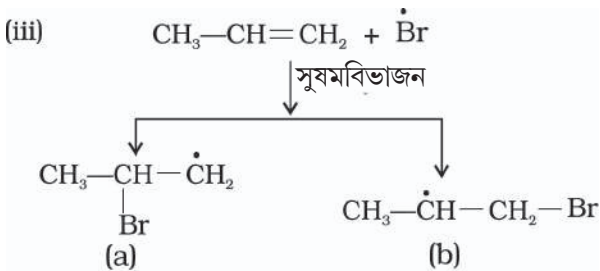
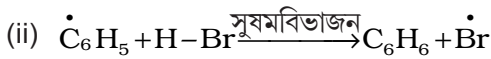
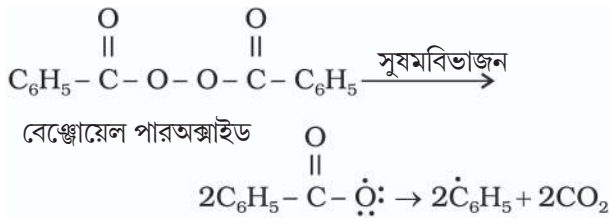


অ্যান্টিমারকোভিকোভ সংযোজন অথবা পারঅক্সাইড প্রভাব অথবা খরাস প্রভাব (**Anti Markovnikov addition or peroxide effect or Kharash effect**)

পারঅক্সাইডের উপস্থিতিতে অপ্রতিসম অ্যালকিন যেমন প্রোপিনের সাথে HBr যোগ করলে মার কোনিকোভের নিয়মের বিপরিত পথে সংঘটিত হয়। এটি কেবলমাত্র HBr এর সাথে ঘটে কিন্তু HCl এবং HI এর সাথে নয়। এই যুত বিক্রিয়াটি 1933 খ্রিস্টাব্দে শিকাগো বিশ্ববিদ্যালয়ের (University of Chicago) দুজন বিজ্ঞানী M.S. Kharash এবং F.R. Mayo পর্যবেক্ষন করেছিলেন। এই যুত বিক্রিয়াটিকে পারঅক্সাইড অথবা খরাস প্রভাব অথবা অ্যান্টিমারকোভিকোভের নিয়ম বলে।

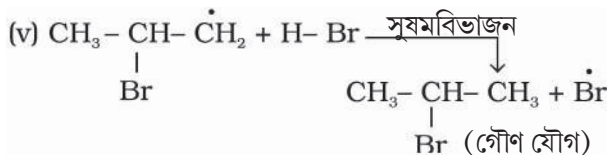
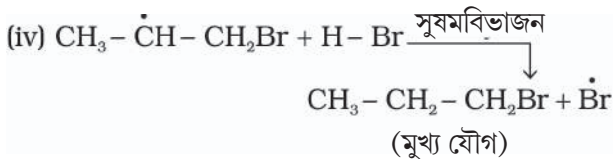


ক্রিয়াকৌশল : পার অক্সাইডপ্রভাব মুক্তমূলক শৃঙ্খল ক্রিয়া কৌশল বিক্রিয়া অনুসরণ করে যা নিম্নে দেওয়া হল।



ক্ষণস্থায়ী প্রাইমারি
মুক্তমূলক

অধিকস্থায়ী
সেকেণ্ডারী মুক্তমূলক



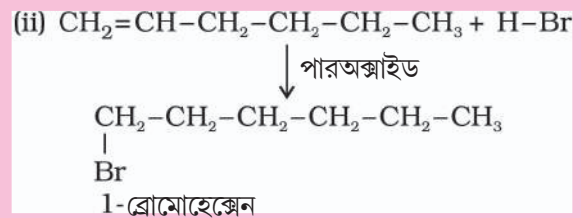
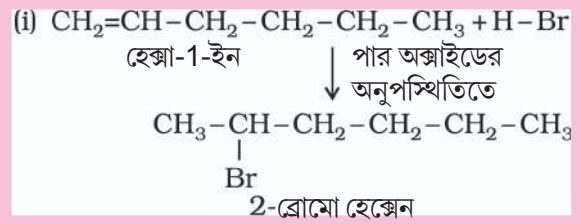
উপরের বিক্রিয়ার ক্রিয়াকৌশল (খাপ III) থেকে উৎপন্ন সেকেণ্ডারী মুক্ত মূলক প্রাইমারী মুক্ত মূলক অপেক্ষা অধিক স্থায়ী। এর থেকে বোঝা যায় উৎপন্ন 1-ব্রোমোপ্রোপেন মুখ্য যৌগ। এটা মনে রাখতে হবে যে পারঅক্সাইড প্রভাব HCl বেং HI যুক্ত হওয়ার ক্ষেত্রে দেখা যায় না। এর প্রধান কারণ হল H-Cl বন্ধনটির শক্তি (430.5 কিলোজুল/মোল) HBr বন্ধনের এর শক্তি (363.7 কিলোজুল/মোল) থেকে বেশি বলে মুক্ত মূলক দ্বারা বিভাজিত হয় না। আবার H-I বন্ধনের শক্তি (296.8 কিলোজুল/মোল) দুর্বল হওয়ায় আয়োডিন মুক্ত মূলক দ্বিবন্ধনে যুক্ত না হয়ে নিজেদের মধ্যে যুক্ত হয়ে আয়োডিন অণু উৎপন্ন করে।

সমস্যা : 13.12 হেক্স-1-ইনের সাথে HBr এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগ সমূহের IUPAC পদ্ধতিতে নামাকরণ কর।

(i) পারঅক্সাইডের অনুপস্থিতিতে।

(ii) পারঅক্সাইডের উপস্থিতিতে।

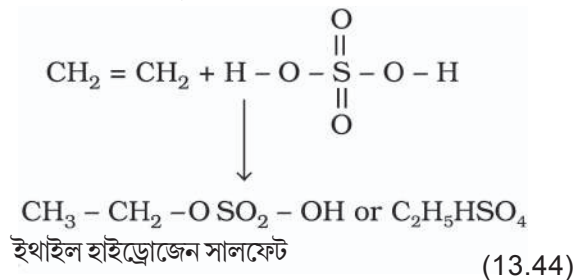
সমাধান :

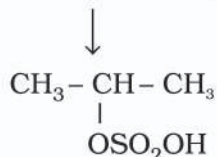


4. সালফিউরিক অ্যাসিডের সংযোজন

(Addition of sulphuric acid)

শীতল গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড অ্যালকিনে যোগ করলে মারকোভিকোভের নিয়ম অনুসারে ইলেকট্রোফিলিক যুত বিক্রিয়ার দ্বারা অ্যালকিন হাইড্রোজেন সালফেট উৎপন্ন হয়।



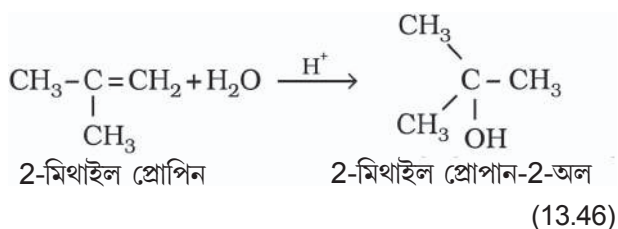


প্রোপাইল হাইড্রোজেন সালফেট

(13.45)

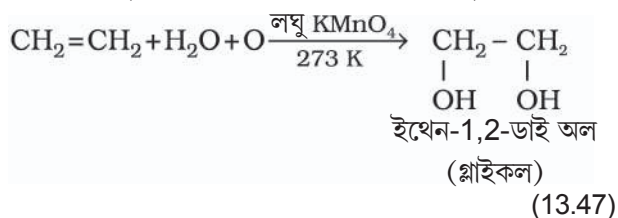
5. জলের সংযোজন (Addition of Water)

কয়েক ঘণ্টা গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে অ্যালকিনের সাথে জলের বিক্রিয়ায় অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়াটিও মারকোনিকোভের নিয়ম মেনে চলে।

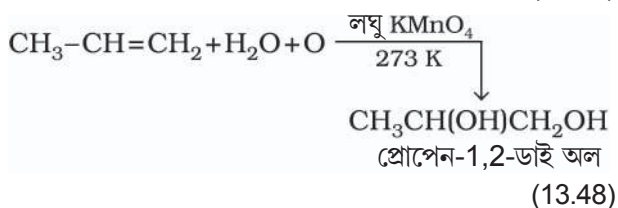


(13.46)

6. জারণ (Oxidation) : (a) অ্যালকিনের সাথে শীতল লঘু পটাশিয়াম পারমেঙ্গানেট দ্রবণ (বায়ার বিকারক) এর বিক্রিয়ায় ভিসিন্যাল গ্লাইকল উৎপন্ন হয়। KMnO_4 দ্রবণ বর্ণহীন হওয়ায় এটি অসম্পৃক্ততা প্রমাণের পরীক্ষা হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

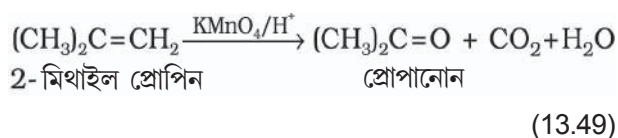


(13.47)

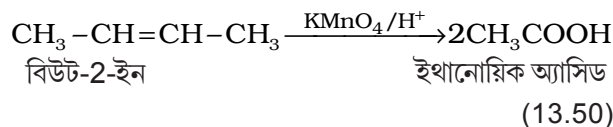


(13.48)

(b) আল্লিক পটাশিয়াম পারমেঙ্গানেট অথবা আল্লিক পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট অ্যালকিনের প্রকৃতি এবং পরীক্ষাধীন শর্তের উপর ভিত্তি করে অ্যালকিনকে কিটোন অথবা অ্যাসিডে জারিত করে।



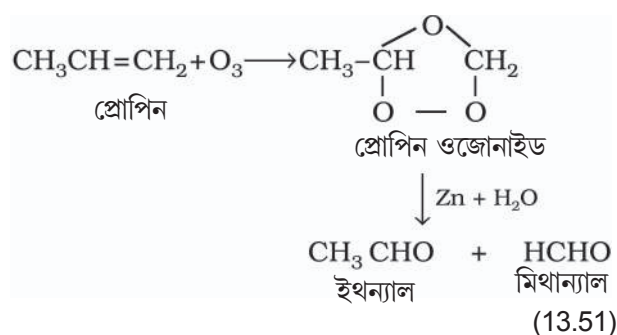
(13.49)



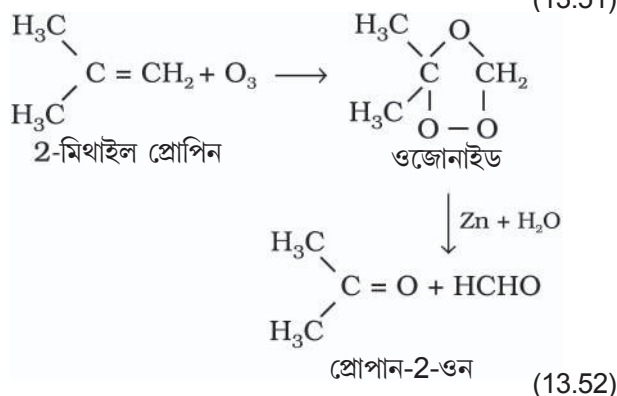
(13.50)

7. ওজোন বিশ্লেষণ বিক্রিয়া বা ওজোনোলিসিস (Ozonolysis)

অ্যালকিনের ওজোনোলিসিস বিক্রিয়ায় অ্যালকিন, ওজোন অণুর সাথে যুক্ত হয়ে ওজোনাইড গঠন করে এবং $\text{Zn-H}_2\text{O}$ দ্বারা বিভাজিত হয়ে ক্ষুদ্র অণুতে রূপান্তরিত হয়। এটি অ্যালকিন অথবা অন্যান্য অসম্পৃক্ত যৌগের মধ্যে দ্বি-বন্ধনের অবস্থান নির্ণয় করার জন্য অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ একটি বিক্রিয়া।



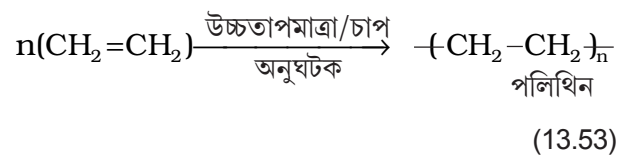
(13.51)



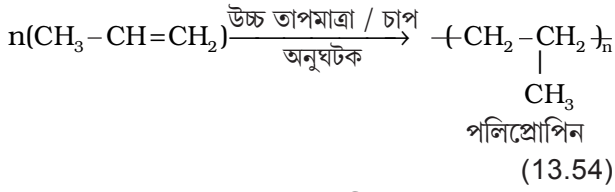
(13.52)

8. বহুলীভবন বিক্রিয়া (Polymerisation)

তোমরা পলিথিন ব্যাগ এবং পলিথিন চাদর বা সিটের সাথে পরিচিত। উচ্চ তাপমাত্রা, উচ্চচাপ এবং অনুঘটকের উপস্থিতিতে বিশাল সংখ্যক ইথিন অণু পরস্পর যুক্ত হয়ে পলিথিন উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়ায় উৎপন্ন বৃহৎ অণুকে পলিমার বলে এবং এই বিক্রিয়াটিকে পলিমারাইজেশন বিক্রিয়া বলে। যে সরল যৌগগুলো থেকে পলিমার গঠিত হয় তাদের মনোমার বলে। অন্যান্য অ্যালকিনগুলোও পলিমারাইজেশন বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে।



(13.53)



পলিমারগুলো প্লাস্টিক ব্যাগ, সংকোচনশীল বোতল, রিফ্রিজারেটরের ডিস, খেলনা, পাইপ, রেডিও এবং টিভির কেবিনেট প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। পলিপ্রোপিন দুধের পেকেট, প্লাসটিকের বালতি এবং অন্যান্য ঢালাই সামগ্রী প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। সুতরাং এই সমস্ত বস্তুগুলো এখন বিশেষ পরিচিত। পলিথিন এবং পলিপ্রোপিলিনের অত্যধিক ব্যবহার আমাদের সকলের জন্য অত্যন্ত উদ্বেগের বিষয়।

13.4 অ্যালকাইন (Alkynes) :

অ্যালকিনের মতই অ্যালকাইন গুলোও একটি অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন। এদের মধ্যে দুটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে অন্তত পক্ষে একটি ত্রিবন্ধন বর্তমান থাকে। অ্যালকাইনে হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা অ্যালকিন এবং অ্যালকেন থেকে কম থাকে। এদের সাধারণ সংকেত হল $\text{C}_n \text{H}_{2n-2}$

অ্যালকাইন শ্রেণির প্রথম স্থায়ী সদস্যটি হল ইথাইন যা অ্যাসিটিলিন নামে বিশেষ পরিচিত। অ্যাসিটিলিনকে অক্সিঅ্যাসিটিলিন শিখা হিসাবে ঝালাই করার কাজে ব্যবহার করা হয়, অ্যাসিটিলিন গ্যাসকে অক্সিজেন গ্যাসের সাথে মিশ্রণ করলে এটি পাওয়া যায়। অ্যালকাইন বহু সংখ্যক জৈবযৌগের প্রস্তুতিতে প্রারম্ভিক যৌগ হিসাবে ব্যবহৃত হয়। তাই জৈবযৌগের এই শ্রেণিটির অধ্যয়ন ভীষণ মজাদার।

13.4.1 নামাকরণ এবং সমাংশতা বা সমবায়বতা (Nomenclature and Isomerism)

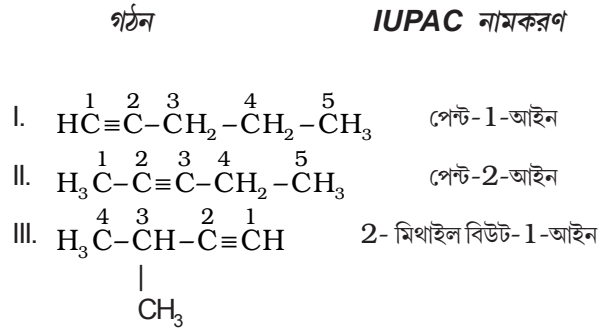
সাধারণ পদ্ধতিতে, অ্যালকাইনের নামাকরণ করা হয় অ্যাসিটিলিনের জাতক হিসাবে। IUPAC পদ্ধতিতে এদের নামাকরণ করার সময়ও এদের সংশ্লিষ্ট অ্যালকেনের জাতক হিসাবে ধরা হয় এবং অ্যালকেনের 'এন' অংশটির পরিবর্তে 'আইন' প্রত্যয় ব্যবহার করা হয়। ত্রিবন্ধনের অবস্থা নির্ণয় করা হয় প্রথম ত্রিবন্ধনে যুক্ত কার্বন পরমাণু থেকে। অ্যালকাইন শ্রেণির কয়েকটি সদস্যদের সাধারণ নাম এবং IUPAC পদ্ধতিতে নাম নিচের সারণি 13.2তে দেওয়া হল।

সারণি 13.2 অ্যালকাইনের ($\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$) সাধারণ এবং IUPAC নামাকরণ

n এর নাম	সংকেত	গঠন	সাধারণ নাম	IUPAC নাম
2	C_2H_2	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{CH}$	অ্যাসিটিলিন	ইথাইন
3	C_3H_4	$\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{CH}$	মিথাইল অ্যাসিটিলিন	প্রোপাইন
4	C_4H_6	$\text{CH}_3\text{CH}_2-\text{C}\equiv\text{CH}$	ইথাইল অ্যাসিটিলিন	বিউট-1-আইন
4	C_4H_6	$\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$	ডাইমিথাইল অ্যাসিটিলিন	বিউট-2-আইন

তোমরা আগেই পড়েছ যে ইথাইন এবং প্রোপাইনের কেবল একটি মাত্র গঠন থাকে কিন্তু বিউটাইনের জন্য সম্ভাব্য গঠন আকৃতি দুটি হল (I) বিউট-1-আইন (II) বিউট-2-আইন। ত্রিবন্ধনের অবস্থান ভিন্ন ভিন্ন অবস্থানে থাকার জন্যই এই দুটি যৌগের গঠনাকৃতি ভিন্ন হয়। ত্রিবন্ধনের অবস্থায় ভিন্ন হওয়ার জন্য যৌগ দুটির গঠনাকৃতি ভিন্ন হয় বলে, এদের অবস্থান গঠিত সমাংশ বলে। তোমরা কতরকমভাবে পরবর্তী সমগন অর্থাৎ পরবর্তী অ্যালকাইন যার আণবিক সংকেত C_5H_8 তার গঠন তৈরি করতে পারবে? চল আমরা পেন্টাইনের পাঁচটি কার্বন পরমাণুকে সরল শৃঙ্খলে এবং শাখা শৃঙ্খলে সাজানোর চেষ্টা করি।

সম্ভাব্য গঠনগুলো হবে নিম্নরূপ -



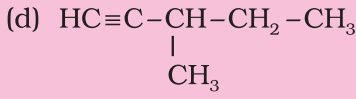
I এবং II গঠন সংকেত বিশিষ্ট যৌগগুলো অবস্থান ঘটিত সমাংশ এবং I এবং III অথবা II এবং III শৃঙ্খল গঠিত সমাংশ।

সমস্যা : 13.13

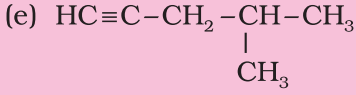
অ্যালকাইন শ্রেণির পঞ্চম (5^{th}) সদস্যের বিভিন্ন সমাংশগুলোর গঠন আকৃতি লেখো। সেই সাথে সমাংশগুলোর IUPAC পদ্ধতিতে নামাকরণ কর। বিভিন্ন যুগল গুলোর মধ্যে কী ধরণের সমবায়বতা পরিলক্ষিত হয়?

সমাধান : অ্যালকাইন শ্রেণির পঞ্চম (5^{th}) সদস্যটির আণবিক সংকেত C_6H_{10} সম্ভাব্য সমাংশগুলো হলো -

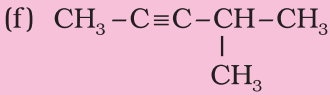
- (a) $\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
হেক্স-1-আইন
- (b) $\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
হেক্স-2-আইন
- (c) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
হেক্স-3-আইন



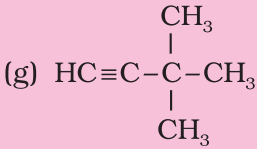
3- মিথাইল পেন্ট -1- আইন



4- মিথাইল পেন্ট -1- আইন

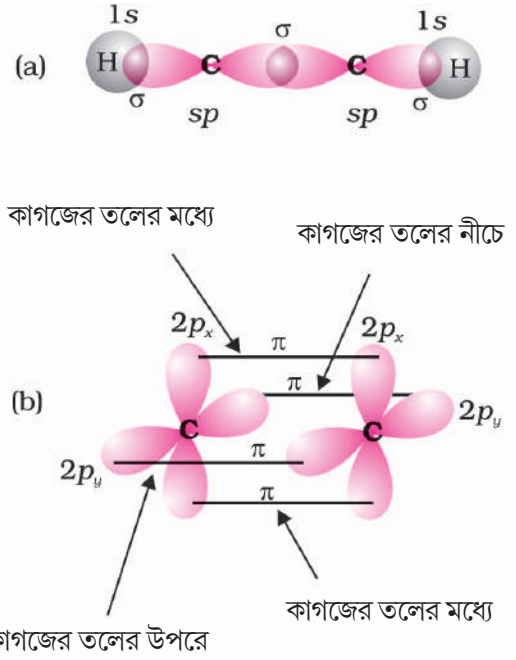


4- মিথাইল পেন্ট -2- আইন



3,3- ডাই মিথাইল বিউট -1- আইন

অবস্থান এবং শৃঙ্খল গঠিত সমবায়তা ভিন্ন ভিন্ন যুগল জোড়গুলো দ্বারা প্রদর্শিত হল।



চিত্র 13.6 ইথাইনের কক্ষক বিন্যাস চিত্রের মাধ্যমে প্রদর্শিত
(a) সিগমা অভিলেপন (b) পাই অভিলেপন।

13.4.2 ত্রিবন্ধনের গঠন

(Structure of Triple Bond)

অ্যালকাইন শ্রেণির সরলতম অণুটি হল ইথাইন। ইথাইনের গঠন নিম্নে চিত্র 13.6 তে দেখানো হল।

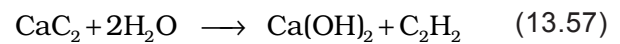
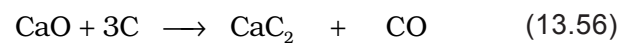
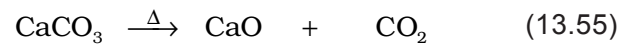
ইথাইনের প্রতিটি কার্বন পরমাণুতে দুটি করে sp সংকর কক্ষক বর্তমান। দুটি কার্বন পরমাণুর দুটি sp সংকর কক্ষকের মুখোমুখি অভিলেপনে কার্বন কার্বন সিগমা (σ) বন্ধন উৎপন্ন হয়। প্রতিটি কার্বন পরমাণুর অবশিষ্ট দুটি sp সংকর কক্ষক এবং দুটি হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রতিটি $1s$ উপকক্ষকের মধ্যে আন্তঃনিউক্লিয়ার অক্ষ (internuclear axis) বরাবর অভিলেপন দ্বারা দুটি C-H সিগমা বন্ধন গঠিত হয়। H-C-C বন্ধন কোণের মান 180° । প্রতিটি কার্বন পরমাণুর দুটি অসংকরায়িত p উপকক্ষক পরস্পর এবং C-C সিগমা বন্ধন তলের সাথে লম্বভাবে অবস্থিত।

একটি কার্বন পরমাণুর $2p$ উপকক্ষগুলো অপর কার্বন পরমাণুর $2p$ উপকক্ষের সাথে সমান্তরালে অবস্থিত এবং তাদের পাশাপাশি অভিলেপনের মাধ্যমে দুটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে দুটি পাই (π) বন্ধন গঠিত হয়। তাই ইথাইন অণুটিতে একটি C-C সিগমা বন্ধন, দুটি C-H সিগমা বন্ধন এবং দুটি C-C পাই (π) বন্ধন বর্তমান। $\text{C}\equiv\text{C}$ বন্ধনের শক্তি (বন্ধন এনথ্যালপি 823 কিলোজুল/মোল), $\text{C}=\text{C}$

বন্ধন (বন্ধন এনথ্যালপি 681 কিলোজুল/মোল) এবং C-C বন্ধন (বন্ধন এনথ্যালপি 384 কিলোজুল/মোল) অপেক্ষা বেশি। $\text{C}\equiv\text{C}$ বন্ধন দূরত্ব (120pm), $\text{C}=\text{C}$ বন্ধন দূরত্ব (133pm) এবং C-C বন্ধন দূরত্ব (154pm) অপেক্ষা ছোটো। দুটি কার্বন পরমাণুর মধ্যবর্তী ইলেকট্রন মেঘটি আন্তঃনিউক্লিয়ার অক্ষ বরাবর চোঙের মত প্রতিসম ভাবে বণ্ডিত। তাই ইথাইন হল একটি সরল রৈখিক অণু।

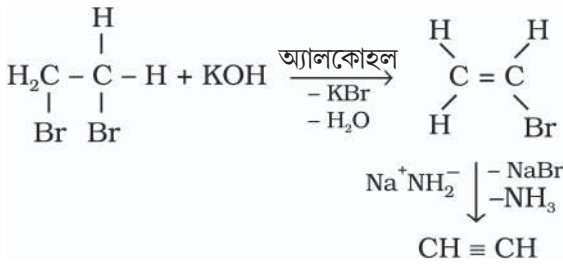
13.4.3 প্রস্তুতি (Preparation)

1. ক্যালসিয়াম কার্বাইড থেকে (From Calcium Carbide): শিল্পক্ষেত্রে ক্যালসিয়াম কার্বাইডের সাথে জলের বিক্রিয়ায় ইথাইন প্রস্তুত করা হয়। পোড়া চুন (CaO) এবং কোকের মিশ্রণকে উত্তপ্ত করে ক্যালসিয়াম কার্বাইড প্রস্তুত করা হয়। চূনাপাথরকে উত্তপ্ত করে পোড়াচুন পাওয়া যায়। বিক্রিয়াগুলো নিচে দেখানো হল।



2. ভিসিন্যাল ডাইহ্যালাইড থেকে (From Vicinal dihalides)

ভিসিন্যাল ডাই হ্যালাইডকে অ্যালকোহলীয় পটাশিয়াম হাইড্রোক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করলে ডিহাইড্রো হ্যালোজেনেশন সংঘটিত হয়। এক অণু হাইড্রোজেন হ্যালাইড অপসারিত হয়ে অ্যালকিনিয়াল হ্যালাইড গঠন করে থাকে সোডামাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করলে অ্যালকাইন উৎপন্ন হয়।



13.4.4 ধর্মাবলি (properties)

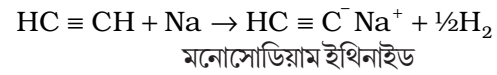
ভৌত ধর্মাবলি : অ্যালকাইনের ভৌত ধর্মাবলি অ্যালকিন এবং অ্যালকেনের মত একই প্রবণতা অনুসরণ করে। প্রথম তিনটি সদস্য গ্যাসীয়, পরবর্তী আটটি সদস্য হল তরল এবং উচ্চতর অ্যালকাইনগুলো কঠিন। সমস্ত অ্যালকাইনগুলো বর্ণহীন, ইথাইনের বিশেষ গন্ধ রয়েছে। অন্যান্য সদস্যরা গন্ধহীন, অ্যালকাইন মৃদু ধ্রুবীয় প্রকৃতির, এরা জল অপেক্ষায় হালকা এবং জলের সঙ্গে মিশ্রিত হয় না। কিন্তু জৈব দ্রাবক যেমন ইথার, কার্বনটেটাক্লোরাইড এবং বেক্সিনে দ্রাব্য। এদের গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক এবং ঘনত্ব আণবিক ভর বৃদ্ধির সাথে সাথে বৃদ্ধি পায়।

রাসায়নিক ধর্মাবলি (Chemical Properties) :

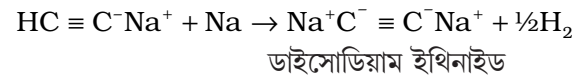
অ্যালকাইন আম্লিক ধর্ম, যুত বিক্রিয়া এবং পলিমারাইজেশন বিক্রিয়া দেখায় যা নিম্নবূপ।

A. অ্যালকাইনের আম্লিক ধর্ম (Acidic Character of Alkyne): সোডিয়াম ধাতু এবং সোডামাইড (NaNH_2) হল শক্তিশালী ক্ষার। এরা ইথাইনের সাথে বিক্রিয়ায় সোডিয়াম অ্যাসিটাইল হাইড্রাইড উৎপন্ন করে এবং সেইসাথে ডাই হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত করে। এই বিক্রিয়াগুলো ইথিন এবং ইথেনের ক্ষেত্রে দেখা যায় না তাই এটি নির্দেশ করে যে ইথিন এবং ইথেনের তুলনায় ইথাইন বেশি আম্লিক। কেন এমন হয়? তাদের গঠন এবং সংকারণের সাথে কি এর কিছু সম্পর্ক আছে? তোমরা পড়েছ যে ইথাইনের হাইড্রোজেন পরমাণুগুলো sp সংকরায়িত কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত থাকে, যেখানে ইথিনের ক্ষেত্রে sp^2 সংকরায়িত কার্বন পরমাণু এবং ইথেনের ক্ষেত্রে sp^3 সংকরায়িত কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত থাকে। শতকরা সর্বাধিক s চরিত্রের (50%) ফলে ইথাইন

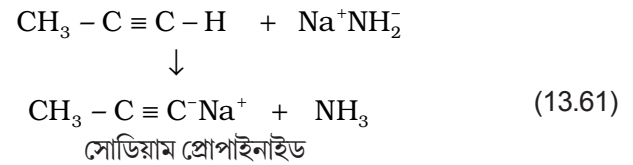
অণুর কার্বন পরমাণুগুলো সবচেয়ে বেশি তড়িৎ ঋণাত্মক। তাই এরা ইথাইনের C-H বন্ধনের ইলেকট্রন যুগল (Shared Electron Pair) ইথিনের কার্বন পরমাণুর sp^2 সংকর কক্ষক এবং ইথেনের কার্বন পরমাণুর sp^3 সংকর কক্ষকের তুলনায় বেশি পরিমাণে আকর্ষণ করে। তাই ইথাইনের মধ্যে হাইড্রোজেন পরমাণুগুলো, ইথিন এবং ইথেন অপেক্ষা অধিক সহজে প্রোটন রূপে নির্গত হতে পারে। সুতরাং ইথাইনের ত্রিবন্ধনের কার্বন পরমাণুর সাথে যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণুগুলো আম্লিক চরিত্রের। তোমরা মনে রাখতে পার যে ত্রিবন্ধনের কার্বন পরমাণুগুলোর সাথে যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণুগুলো আম্লিক কিন্তু অ্যালকাইনের সমস্ত হাইড্রোজেন পরমাণুগুলো আম্লিক নয়।



(13.59)



(13.60)

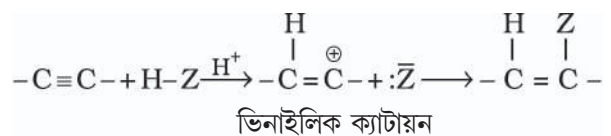


এই সমস্ত বিক্রিয়াগুলো অ্যালকিন এবং অ্যালকেন প্রদর্শন করে না, তাই অ্যালকাইন, অ্যালকিন এবং অ্যালকেনের পার্থক্য করতে ব্যবহৃত হয়। বিউট-1-আইন এবং বিউট-2-আইন উপরের বিক্রিয়াগুলো সংঘটিত করবে কি? অ্যালকেন, অ্যালকিন এবং অ্যালকাইনের আম্লিক চরিত্রের প্রবণতার ক্রমগুলো হল-

- $\text{HC} \equiv \text{CH} > \text{H}_2\text{C} = \text{CH}_2 > \text{CH}_3 - \text{CH}_3$
- $\text{HC} \equiv \text{CH} > \text{CH}_3 - \text{C} \equiv \text{CH} \gg \text{CH}_3 - \text{C} = \text{C} - \text{CH}_3$

B. যুত বিক্রিয়া সমূহ (Addition Reaction) :

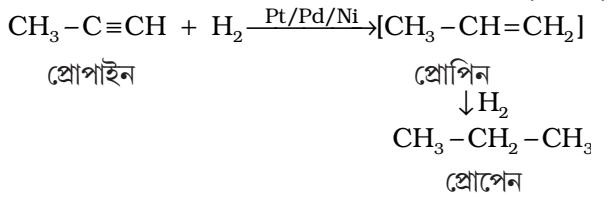
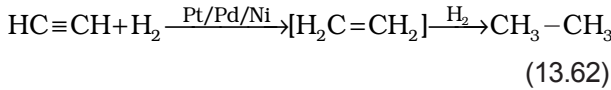
অ্যালকাইন একটি ত্রিবন্ধন বর্তমান থাকে বলে, এরা দুই অণু ডাই হাইড্রোজেন, হ্যালোজেন, হাইড্রোজেন হ্যালাইড ইত্যাদির সাথে যুক্ত হয়। নিম্নলিখিত ধাপগুলো অনুসরণ করে যুত যৌগগুলো উৎপন্ন হয়।



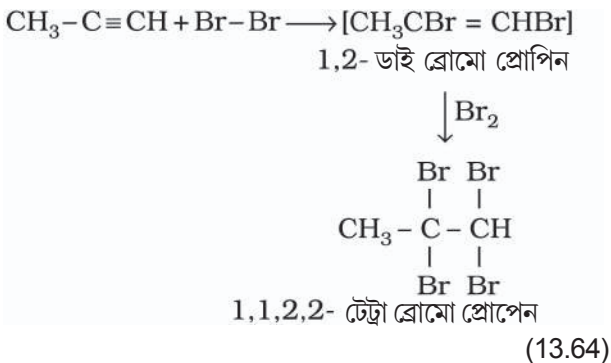
হাইড্রোকার্বনসমূহ

উৎপন্ন যুত যৌগটির অস্তিত্ব ভিনাইল ক্যাটায়নের স্থায়ীত্বের উপর নির্ভর করে। অপ্রতিসম অ্যালকাইনের যুত বিক্রিয়া মারকনিকোভের নিয়ম মেনে চলে। অ্যালকাইনের অধিকাংশ বিক্রিয়া ইলেকট্রোফিলিক যুত বিক্রিয়ার উদাহরণ, এমন কয়েকটি যুত বিক্রিয়া নিম্নে দেওয়া হল।

i) ডাই হাইড্রোজেনের যুত বিক্রিয়া :



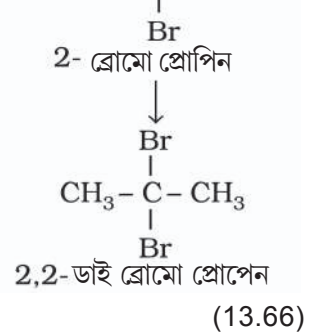
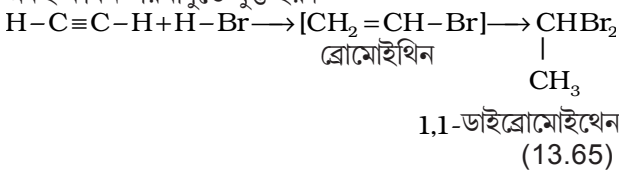
ii) হ্যালোজেনের সংযোজন (Addition of halogens) :



কার্বন ট্রেটাক্লোরাইডে দ্রাবীভূত লালচে কমলা বর্ণের ব্রোমিন দ্রবণ বর্ণহীন হয়। এটি অসম্পৃক্ততা প্রমানের একটি পরীক্ষা হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

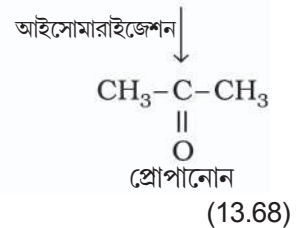
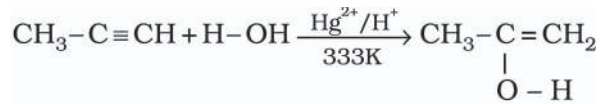
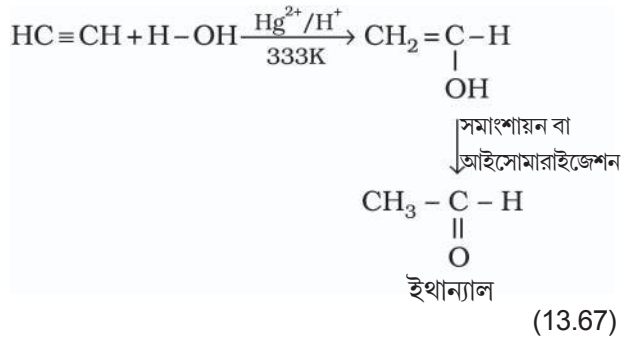
iii) হাইড্রোজেন হ্যালাইডের সংযোজন (Addition of hydrogen halides) :

দুই অণু হাইড্রোজেন হ্যালাইড (HCl, HBr, HI) অ্যালকাইনে যুক্ত হয়ে জ্যাম ডাইহ্যালাইড উৎপন্ন করে। যেখানে দুটো হ্যালোজেন একই কার্বন পরমাণুতে যুক্ত হয়।



iv) জলের সংযোজন (Addition of water) :

অ্যালকেন এবং অ্যালকিনের মতো অ্যালকাইনগুলোও জলের সাথে মিশ্রিত হয় না এবং জলের সাথে বিক্রিয়া করে না। যদিও মারকিউরিক সালফেট এবং লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে অ্যালকাইনকে এক অণু জলসহ 333K তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে কার্বনিল যৌগ উৎপন্ন হয়।



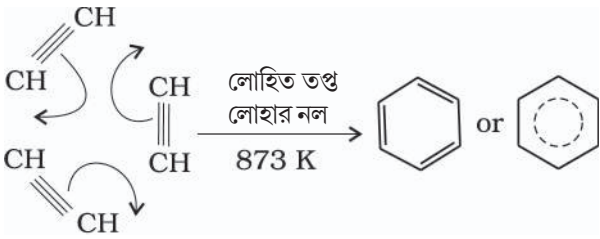
(v) পলিমারাইজেশন বা বহুলীভবন বিক্রিয়া (Polymerisation)

(a) সরলরৈখিক পলিমারাইজেশন : উপযুক্ত শর্তে, ইথাইনের সরলরৈখিক পলিমারাইজেশনের দ্বারা পলিঅ্যাসিটিলিন অথবা পলিইথাইন উৎপন্ন হয়, যা হল উচ্চ আণবিক গুরুত্ব বিশিষ্ট একটি পলিথিন এবং $(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH})_n$ পুনরাবৃত্তি একক যুক্ত। একে $(\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH})_n$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

বিশেষ শর্তে এই পলিমারটি তড়িৎ পরিবহন করতে পারে। পলিঅ্যাসিটিলিনের পাতলা স্তর ব্যাটারীর তড়িৎ দ্বার রূপে ব্যবহৃত হয়। এই পাতলা স্তরটি ধাতব পরিবাহির তুলনায় উত্তম সুপরিবাহী, হাল্কা এবং দামে সস্তা।

(b) বন্ধ শৃঙ্খল পলিমারাইজেশন : (Cyclic polymerisation)

873K উষ্ণতায় ইথাইনকে লোহিত তপ্ত লোহার নলের মধ্য দিয়ে চালনা করলে বন্ধশৃঙ্খল পলিমারাইজেশন বিক্রিয়া সংঘটিত হয়। তিনটি অণুর পলিমারাইজেশনে বেঞ্জিন গঠিত হয় যা বিভিন্ন বেঞ্জিনের জাতক, রঞ্জক (ডাই), ঔষধ এবং অন্যান্য অসংখ্য জৈবযৌগ প্রস্তুতিতে প্রারম্ভিক যৌগ হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

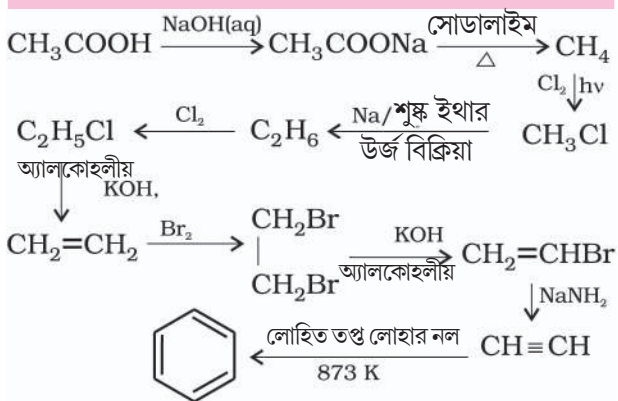


(13.69)

সমস্যা : 13.14

কীভাবে তোমরা ইথানোয়িক অ্যাসিডকে বেঞ্জিনে রূপান্তরিত করবে?

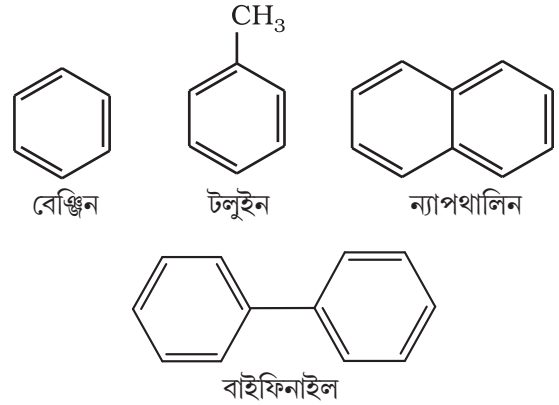
সমাধান :



13.5 অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন (Aromatic Hydrocarbon)

এই সমস্ত হাইড্রোকার্বনগুলো অ্যারিন নামেও পরিচিত। যেহেতু বেশিরভাগই সুমিষ্ট গন্ধ যুক্ত (গ্রিক ভাষায় অ্যারোমা (Aroma)

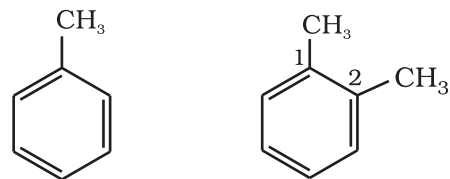
শব্দটির অর্থ হল সুমিষ্টগন্ধ) তাই এই শ্রেণির যৌগগুলোকে বলা হয় অ্যারোমেটিক যৌগ। এই ধরনের বেশিরভাগ যৌগ গুলোতেই বেঞ্জিন বলয় পাওয়া যায়। বেঞ্জিন বলয় খুবই অসম্পৃক্ত কিন্তু বেশিরভাগ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রেই অ্যারোমেটিক যৌগে, বেঞ্জিন বলয়ের অসম্পৃক্ততা বজায় থাকে। যদিও অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনের এমন উদাহরণও রয়েছে যেখানে বেঞ্জিন বলয় অনুপস্থিত কিন্তু তার পরিবর্তে অন্য অত্যন্ত অসম্পৃক্ত বলয় বর্তমান। সে সমস্ত অ্যারোমেটিক যৌগে বেঞ্জিন বলয় উপস্থিত থাকে তাকে বেঞ্জিনোয়েড এবং যাদের মধ্যে বেঞ্জিন বলয় অনুপস্থিত থাকে তাদের নন-বেঞ্জিনোয়েড বলে। কয়েকটি অ্যারিনের উদাহরণ নিম্নে দেওয়া হল।



13.5.1 নামাকরণ এবং সমাংশতা

(Nomenclature and Isomerism)

অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনের নামাকরণ এবং সমাংশতা দ্বাদশ অধ্যায়ের মধ্যে আগেই আলোচনা করা হয়েছে। বেঞ্জিনের ছয়টি হাইড্রোজেন পরমাণুই সমধর্মী। সুতরাং এটি একটি এবং কেবল একই ধরনের একপ্রতিস্থাপিত যৌগ উৎপন্ন করে। যখন বেঞ্জিনের দুটি হাইড্রোজেন পরমাণু দুটি একই ধরনের অথবা ভিন্ন ধরনের পরমাণু বা মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত তখন তিন ধরনের অবস্থান গঠিত সমাংশ সম্ভব। 1,2 বা 1,6, অর্থাৎ, 1,3 বা 1,5 মেটা এবং 1,4 প্যারা দ্বি প্রতিস্থাপিত যৌগ হিসাবে পরিচিত। বেঞ্জিনের কয়েকটি যৌগ উদাহরণ হিসাবে নিম্নে দেওয়া হল।



মিথাইল বেঞ্জিন
(টলুইন)

1,2- ডাই মিথাইল বেঞ্জিন
(o-জাইলিন)

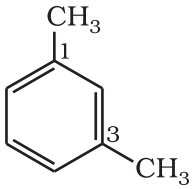
জার্মানি রসায়নবিদ ফ্রেডরিক আগস্ট কেকুলে 1829 খ্রিস্টাব্দে জার্মানীর ডার্মস্টেড (Darmsdt) শহরে জন্ম গ্রহণ করেন। তিনি 1856 খ্রিস্টাব্দে প্রফেসর পদে আসীন হন এবং 1858 খ্রিস্টাব্দে রয়াল সোসাইটির ফেলো নির্বাচিত হন। জৈব রসায়নিক পদার্থের গঠন সংক্রান্ত রসায়নের ক্ষেত্রে তার অবদানের গুরুত্ব ছিল অপরিসীম। 1858 খ্রিস্টাব্দে তিনিই প্রথম বলেছিলেন যে কার্বন পরমাণুগুলো একে অপরের সাথে যুক্ত হয়ে শৃঙ্খল গঠন করতে পারে এবং পরবর্তী কালে 1865 খ্রিস্টাব্দে বেঞ্জিনের গঠন আকৃতি সম্পর্কিত জটিল সমস্যার উত্তর খুঁজে পেয়েছিলেন এবং বলেছিলেন যে কার্বন-কার্বন শৃঙ্খলগুলো যুক্ত হয়ে বন্ধশৃঙ্খল বলয় গঠন করতে পারে। বেঞ্জিনের আধুনিক ইলেকট্রনীয় গঠনটির ভিত্তি উনার প্রদত্ত বেঞ্জিনের সচল বা গতিশীল গঠন সংকেতের ওপর ভিত্তি করেই তৈরি হয়েছে। বেঞ্জিনের গঠন আবিষ্কারের কাহিনিটিকে পরবর্তীকালে তিনি এভাবে বর্ণনা করেছিলেন :

“আমি চেয়ারে বসে আমার পাঠ্যপুস্তকে কিছু লিখছিলাম, কিন্তু লেখার কাজ কিছুতেই এগুচ্ছিল না। আমার চিন্তা অন্য কোথাও নিবন্ধ ছিল। আমি আমার চেয়ারটিকে আগুনের দিকে ঘুরিয়ে দিলাম এবং তন্দ্রাচ্ছন্ন হয়ে পরলাম। তখন পরমাণুগুলো আবার আমার চোখের সামনে নাচনাচি করতে শুরু করল। এবার ক্ষুদ্রতর মূলকগুলোকে পশ্চাৎদিকে খুব স্থিরভাবে দেখতে পেলাম। বারবার এধরনের দৃশ্য দেখতে দেখতে আমার মনের দৃষ্টি এমন তীব্রতর হচ্ছিল যে এবার আমি নানাবিধ কনফারমেশনের বৃহত্তর গঠনগুলোকে সনাক্ত করতে পারছিলাম, — লম্বা সারি, কখনো কখনো ঘনিষ্ঠভাবে যুক্ত সারি— সকলেই সূতোর মতো পাক খাচ্ছিল এবং সর্পিলা গতিতে ঘুরছিল। কিন্তু তাকিয়ে দেখ ? ওটা কী ছিল ? সাপগুলোর একটি নিজের লেজকে জড়িয়ে ধরছিল এবং এই মজাদার গঠন শৈলী বারবার আমার চোখের সামনে ভেসে উঠছিল। বিদ্যুতের ঝলকানি দেখে আমি যেমন জেগে উঠি, অনেকটা সেভাবেই আমি জেগে উঠলাম ... আমি আমার প্রস্তাবনার পরিণতি নির্ণয়ের কাজ করতে করতে বাকি রাতটা কাটিয়ে দিলাম। চলো আমরা স্বপ্ন দেখতে শিখি, মহোদয় তবেই বোধহয় আমরা সত্যটাকে জানতে পারব, কিন্তু স্বপ্নটাকে জনসমক্ষে আনার পূর্বে লক্ষ্য রাখতে হবে, সচেতন চিন্তাও যেন স্বপ্নটিকে সমর্থন করে।” (1890)

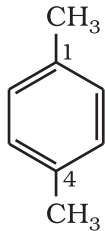
একশ বছর পর কেকুলের শতবার্ষিকী উৎযাপন অনুষ্ঠানে পলিবেঞ্জিনয়েড গঠনযুক্ত একটি যৌগের শ্রেণির নাম দেয়া হয় ‘কেকুলিনস’ (Kekulenes).



FRIEDRICH
AUGUST KEKULÉ
(7th September
1829–13th July
1896)



1,2 ডাই মিথাইল বেঞ্জিন
(m-জাইলিন)

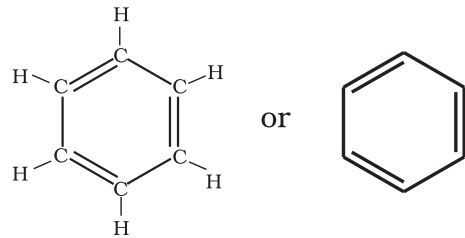


1,4- ডাই মিথাইল বেঞ্জিন
(p-জাইলিন)

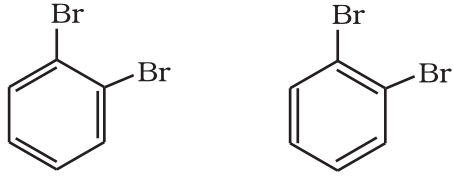
13.5.2 বেঞ্জিনের গঠন আকৃতি (Structure of Benzene)

মাইকেল ফ্যারাডে 1825 খ্রীষ্টাব্দে বেঞ্জিন নিষ্কাশন করেছিলেন। বেঞ্জিনের আণবিক সংকেত C_6H_6 যা নির্দেশ করে এটি একটি উচ্চমাত্রার অসম্পৃক্ত যৌগ। এই আণবিক সংকেত অনুবূপ অ্যালকেন, অ্যালকিন এবং অ্যালকাইনগুলোর সাথে কোন সম্পর্ক রক্ষা করে না যা তোমরা এই অধ্যায়ে আগেই পড়েছ। এর সম্ভাব্য গঠন সম্পর্কে তোমাদের ধারণাটি কী? এর নিজস্ব ধর্মাবলী এবং অস্বাভাবিক স্থায়িত্বের কারণে এর গঠন আকৃতি নির্ণয়ে বহু বছর কেটে গেছে। বেঞ্জিনকে একটি সুস্থিত অণু রূপে পাওয়া গিয়েছিল এবং এর ট্রাই ওজোনাইড গঠন করা, নির্দেশ করে যে এর মধ্যে তিনটি দ্বিবন্ধন উপস্থিত। আরও দেখা গিয়েছিল যে বেঞ্জিন এক এবং কেবল

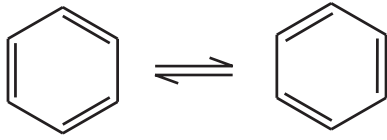
একটিমাত্র একপ্রতিস্থাপিত (monosubstituted) যৌগ উৎপন্ন করে যা নির্দেশ করে যে বেঞ্জিনের ছয়টি কার্বন পরমাণু এবং ছয়টি হাইড্রোজেন পরমাণু সমধর্মী। এই পর্যবেক্ষণের ওপর ভিত্তি করে আগস্ট কেকুলে (August Kekule) 1865 খ্রিস্টাব্দে বেঞ্জিনের বন্ধ শৃঙ্খল গঠন আকৃতির প্রস্তাব করেন যেখানে ছয়টি কার্বন পরমাণু পর্যায়ক্রমে এক বন্ধন এবং দ্বি বন্ধন দ্বারা যুক্ত এবং প্রতিটি কার্বন পরমাণুতে একটি করে হাইড্রোজেন যুক্ত রয়েছে।



কেকুলের গঠন আকৃতিটি ইঙ্গিত দেয় যে 1,2 ডাইব্রোমো বেঞ্জিনের দুটি আটসোমারিক গঠন সম্ভব। একটি সমাংশের মধ্যে ব্রোমিন পরমাণু দুটি দ্বি বন্ধনে আবদ্ধ কার্বন পরমাণুগুলোর সাথে যুক্ত এবং অন্য সমাংশটিতে তারা এক বন্ধনে আবদ্ধ কার্বন পরমাণু গুলোর সাথে যুক্ত থাকে।



যদিও, বেঞ্জিনের কেবলমাত্র একই ধরনের দ্বি প্রতিস্থাপিত অর্থো যৌগ পাওয়া গিয়েছিল। এই সমস্যা দূরীকরণের জন্য কেবলে বেঞ্জিন দ্বি বন্ধন গুলোর স্পন্দন (Oscillating) প্রকৃতির ধারণা দেন।

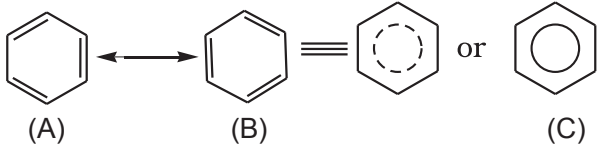


এরূপ পরিবর্তন সত্ত্বেও, বেঞ্জিনের কেবলে গঠন আকৃতি, এর অস্বাভাবিক স্থায়িত্ব এবং যুত বিক্রিয়ার তুলনায় প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার অগ্রাধিকার ব্যাখ্যা করতে সমর্থ হয়নি, যা পরে সংস্পন্দনের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা হবে।

সংস্পন্দন এবং বেঞ্জিনের স্থায়িত্ব

(Resonance and stability of benzene)

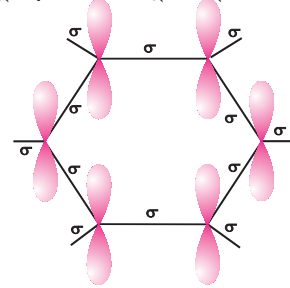
যোজ্যতা বন্ধন তত্ত্ব (Valence bond theory) অনুসারে বেঞ্জিনে স্পন্দনশীল দ্বি বন্ধনের উপস্থিতির ধারণাটি, বর্তমানে সংস্পন্দনের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা হয়। বেঞ্জিন হল অসংখ্য সংস্পন্দন গঠন আকৃতির সমন্বয়। কেবলে প্রদর্শিত A এবং B গঠনগুলোই প্রধান গঠন আকৃতি। সংকর গঠন আকৃতিটি যড়ভূজের ভেতরে বৃত্ত বা ডটেড (dotted) বৃত্তের মাধ্যমে প্রকাশ করা হয় যা চিত্র C-তে দেখানো হল। যড়ভূজের বৃত্তটি নির্দেশ করে যে ছয়টি ইলেকট্রন বেঞ্জিন বলয়ের ছয়টি কার্বন পরমাণুতে সঞ্চারিত (delocalised) হয়।



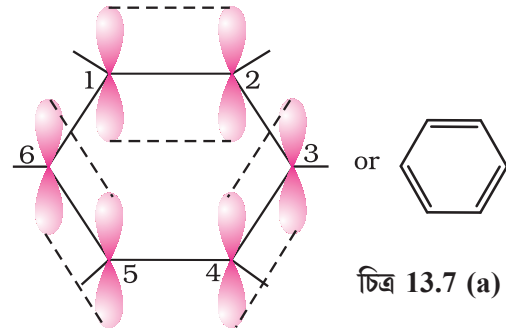
উপকক্ষের অভিলেপন বেঞ্জিনের গঠন আকৃতি সম্পর্কে স্পষ্ট ধারণা দেয়। বেঞ্জিনের ছয়টি কার্বন পরমাণু sp^2 সংকরায়নে আবদ্ধ। প্রতিটি কার্বন পরমাণুর দুটি sp^2 সংকর কক্ষক পার্শ্ববর্তী কার্বন পরমাণুগুলোর sp^2 সংকর কক্ষকের সাথে অভিলেপনের ফলে ছয়টি C-C সিগমা বন্ধন তৈরি করে যা একটি যড়ভূজাকার তলে অবস্থিত। কার্বন পরমাণুর অবশিষ্ট sp^2 সংকর কক্ষকগুলো হাইড্রোজেন পরমাণুর s উপকক্ষের সাথে অভিলেপনে ছয়টি C-H সিগমা বন্ধন

গঠন করে। প্রতিটি কার্বন পরমাণুতে অবশিষ্ট একটি করে বিশুদ্ধ p উপকক্ষ বলয়ের তলের সাথে লম্বভাবে অবস্থান করে।

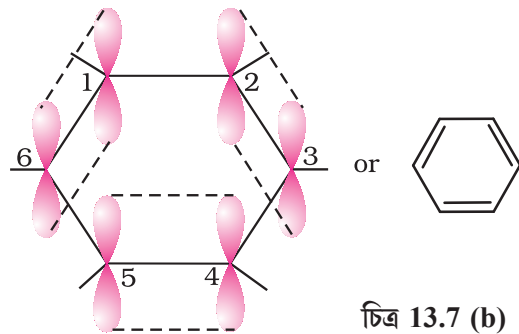
কার্বন পরমাণুর বিশুদ্ধ p উপকক্ষগুলো খুব কাছাকাছি অবস্থান



করে বলে পাশাপাশি অভিলেপনের (lateral overlap) ফলে পাই বন্ধন গঠন করে। কার্বন পরমাণু গুলোর C_1-C_2 , C_3-C_4 , C_5-C_6 অথবা C_2-C_3 , C_4-C_5 , C_6-C_1 , p উপকক্ষের অভিলেপন দ্বারা তিনটি পাই (π) বন্ধন গঠনের দুটি সমান সম্ভাবনা রয়েছে, যা নিচের চিত্রে প্রদর্শিত হল-



চিত্র 13.7 (a)



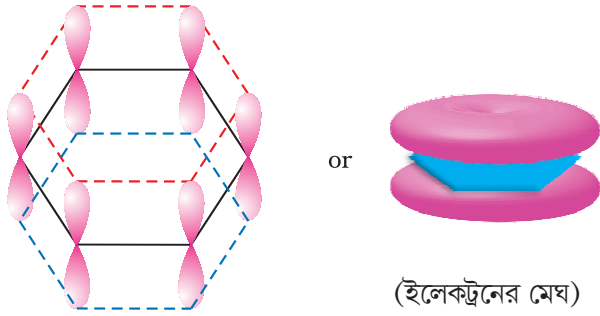
চিত্র 13.7 (b)

উপরের প্রদর্শিত চিত্র 13.7 (a) এবং (b) তে কেবলের গঠন আকৃতি দুটি পাই (π) বন্ধনগুলো স্থির। X- রশ্মির বিচ্ছুরন দ্বারা নির্ণয় করা হয়েছে যে বেঞ্জিন বলয়ের সমস্ত কার্বন পরমাণুগুলোর আন্তনিউক্লিয়ার দূরত্ব সমান।

প্রতিটি কার্বন পরমাণুর p উপকক্ষের পার্শ্ববর্তী কার্বন পরমাণুর p উপকক্ষগুলোর সাথে অভিলেপনের সমান সম্ভাবনা রয়েছে। [চিত্র 13.7 (c)]। একে দুটি বিন্দু যুক্ত ইলেকট্রন মেঘের বলয়

হাইড্রোকার্বনসমূহ

[চিত্র 13.7(d)] দ্বারা প্রদর্শন করা যায়, যাদের একটি ষড়ভুজ বলয়ের তলের উপরে এবং অপরটি তলের নীচে থাকে।



চিত্র 13.7 (c)

ফলে ছয়টি পাই (π) ইলেকট্রনই সঞ্চারশীল থাকে এবং চিত্র 13.6 (a) অথবা 13.6(b)তে প্রদর্শিত দুটি কার্বন নিউক্লিয়াসের পরিবর্তে ছয়টি কার্বন নিউক্লিয়াসেই মুক্তভাবে ঘুড়তে পারে। দুটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে আবদ্ধ স্থির ইলেকট্রন মেঘের তুলনায় সঞ্চারশীল π ইলেকট্রন মেঘ কার্বন পরমাণুর কেন্দ্রক দ্বারা অধিকমাত্রায় আকৃষ্ট হয়। সুতরাং সঞ্চারশীল π ইলেকট্রনের উপস্থিতির জন্যই বেঞ্জিনের স্থায়িত্ব সাইক্লোহেক্সাট্রাই-ইন থেকে বেশি হয়।

X- রশ্মি বিচ্ছুরণ পরীক্ষার প্রাপ্ত তথ্য থেকে জানা গেছে যে বেঞ্জিন সমতলীয় অণু, বেঞ্জিনের উপরের গঠন আকৃতি (A অথবা B) এর মধ্যে যে কোনো একটি গঠনও যদি সঠিক হতো তবে দুই ধরনের C-C বন্ধন দৈর্ঘ্য পাওয়া যেত। যদিও X- রশ্মি বিচ্ছুরণ পরীক্ষার প্রাপ্ত তথ্য থেকে জানা গেছে যে ছয়টি C-C বন্ধন দৈর্ঘ্যই সমান মাপের (139pm) যা C-C এক বন্ধন (154pm) এবং C-C দ্বি বন্ধনের (133pm) দূরত্বের মধ্যবর্তী মানের। বেঞ্জিনে বিশুদ্ধ দ্বি বন্ধনের অনুপস্থিতির জন্য বেঞ্জিন স্বাভাবিক অবস্থায় যুত বিক্রিয়া প্রদর্শন করে না। এই ভাবে বেঞ্জিনের অস্বাভাবিক আচরণকে ব্যাখ্যা করা যায়।

13.5.3 অ্যারোমেটিকিটি (Aromaticity) :

বেঞ্জিনকে অ্যারোমেটিক যৌগের আদি বা মূল যৌগ হিসাবে গণ্য করা হত। এখন এই নামটি প্রয়োগ করা হয় সমস্ত ধরনের বন্ধশৃঙ্খল যৌগের ক্ষেত্রে, যাদের মধ্যে বেঞ্জিন বলয় থাকতেও পারে অথবা নাও থাকতে পারে, কিন্তু যৌগগুলোতে নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্যগুলো থাকতে হবে।

i) সমতলীয়।

ii) সমস্ত বলয়ের মধ্যে π ইলেকট্রনের সঞ্চারন।

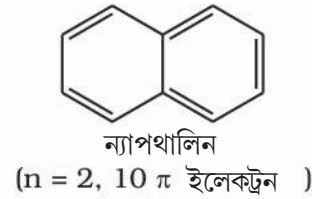
iii) বলয়ের মধ্যে $(4n+2)\pi$ ইলেকট্রনের উপস্থিতি। যেখানে $n=0, 1, 2, 3, \dots$ (পূর্ণসংখ্যা)

একে হুকেলের নিয়ম (Huckel Rule) বলা হয়।

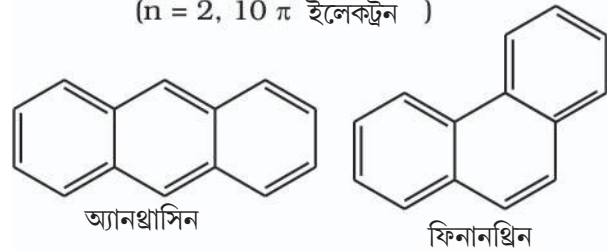
অ্যারোমেটিক যৌগের কয়েকটি উদাহরণ নিচে দেওয়া হল।



বেঞ্জিন

সাইক্লোপেন্টাডাইন্যা
অন্যান্যসাইক্লোপেন্টাডাইন্যা
ক্যাটায়ন($n=1, 6\pi$ ইলেকট্রন)

ন্যাপথালিন

($n=2, 10\pi$ ইলেকট্রন)

অ্যানথ্রাসিন

ফিনানথ্রিন

($n=3, 14\pi$ ইলেকট্রন)

13.5.4 বেঞ্জিনের প্রস্তুতি

(Preparation of Benzene)

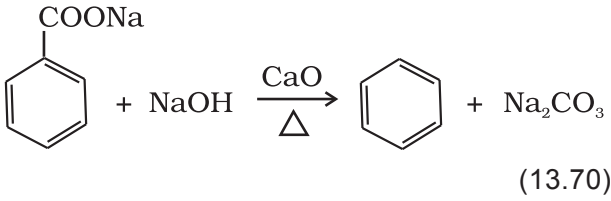
বাণিজ্যিকভাবে বেঞ্জিনকে আলকাতরা থেকে সংগ্রহ করা হয়। যদিও একে নিম্নলিখিত পদ্ধতির মাধ্যমে পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা যায়।

(i) ইথাইনের বন্ধশৃঙ্খল পলিমারাইজেশন : (অধ্যায় 13.4.4)

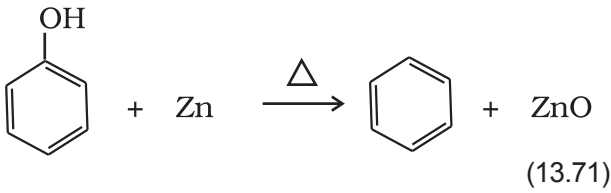
(ii) অ্যারোমেটিক অ্যাসিডের ডি কার্বোক্সিলেশন দ্বারা :

(Decarboxylation of aromatic acids)

বেঞ্জোয়িক অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণকে সোডালাইম সহ উত্তপ্ত করলে বেঞ্জিন পাওয়া যায়।



(iii) ফেনলের বিজারণ দ্বারা (Reduction of Phenol) :
উত্তপ্ত জিংক চূর্ণের উপর দিয়ে ফেনলের বাষ্পকে চালনা করলে এটি বেঞ্জিনে বিজারিত হয়।



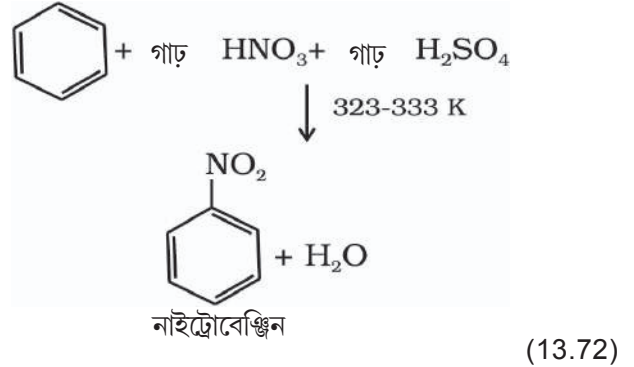
13.5.5 ধর্মাবলি (Properties) :

ভৌতধর্মাবলি (Physical Properties) : অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনগুলো অধুবীয় অণু এবং সাধারণত বর্ণহীন তরল অথবা কঠিন, সেই সাথে বিশেষ সুমিষ্ট গন্ধ যুক্ত। তোমরা ন্যাপথালিন বলের সাথে পরিচিত যা টয়লেটে এবং কাপড় সংরক্ষণে ব্যবহৃত হয় কারণ যৌগটির বিশেষ গন্ধ ও কীটপতঙ্গকে দূরে সরানোর ধর্ম রয়েছে। অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বনগুলো জলের সাথে অমিশ্রণীয় কিন্তু এরা সহজে জৈবদ্রাবকগুলোর সাথে মিশ্রিত হয়। এরা কালো শিখাসহ জ্বলে।

রাসায়নিক ধর্ম (Chemical properties) : অ্যারিনগুলো সাধারণত ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া সংঘটিত করে কিন্তু বিশেষ অবস্থায় এরা যুত বিক্রিয়া এবং জারণ বিক্রিয়াও সংঘটিত করে।

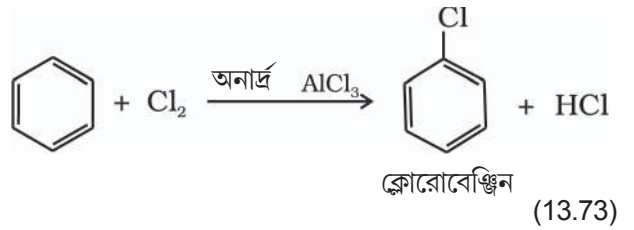
ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (Electrophilic substitution Reaction) : অ্যারিনের সাধারণ ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়াগুলো হল নাইট্রেশন, হ্যালোজেনেশন, সালফোনেশন, ফ্রিডেলক্র্যাফট অ্যালকাইলেশন এবং অ্যাসাইলেশন। যেখানে অংশগ্রহণকারী বিকারকটি হল ইলেকট্রোফাইল (E^+).

(i) **নাইট্রেশন (Nitration) :** বেঞ্জিনকে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ (নাইট্রেটিং মিশ্রণ) সহ উত্তপ্ত করলে বেঞ্জিন বলয়ে একটি নাইট্রোমূলক প্রবেশ করে।



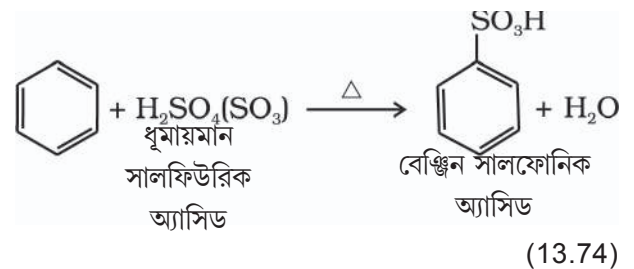
(ii) হ্যালোজেনেশন (Halogenation) :

অ্যারিনগুলো লুইস অ্যাসিড যেমন অনার্দ্র FeCl_3 , FeBr_3 অথবা AlCl_3 এর উপস্থিতিতে হ্যালোজেনের সাথে বিক্রিয়ায় হ্যালোঅ্যারিন উৎপন্ন করে।



(iii) সালফোনেশন (Sulphonation) :

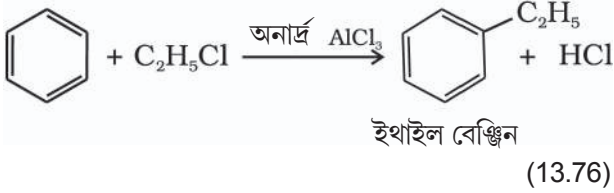
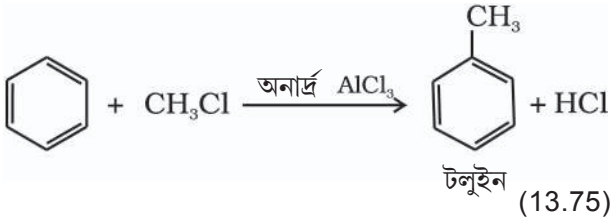
সালফোনিক অ্যাসিডমূলক দ্বারা বেঞ্জিনবলয়ের একটি হাইড্রোজেন পরমাণুকে প্রতিস্থাপিত করাকে সালফোনেশন বলে। বেঞ্জিনের সাথে ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিডকে (ওলিয়াম) উত্তপ্ত করে বিক্রিয়াটি সম্পন্ন করা হয়।



(iv) ফ্রিডেল ক্র্যাফটস্ অ্যালকাইলেশন বিক্রিয়া

(Friedel crafts alkylation reaction) :

অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে বেঞ্জিন এবং অ্যালকিল হ্যালাইডের বিক্রিয়ায় অ্যালকিল বেঞ্জিন উৎপন্ন হয়।

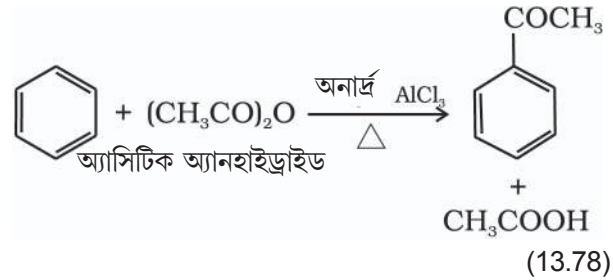
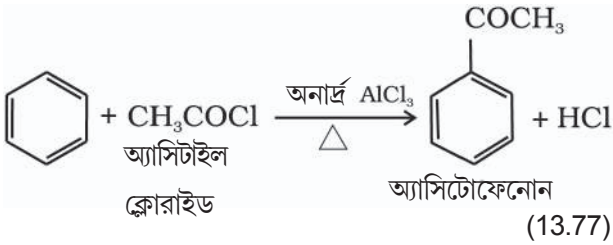


বেঞ্জিনকে 1 ক্লোরোপ্রোপেনের সাথে বিক্রিয়া করলে আমরা n প্রোপাইল বেঞ্জিনের পরিবর্তে আইসোপ্রোপাইল বেঞ্জিন পাই কেন?

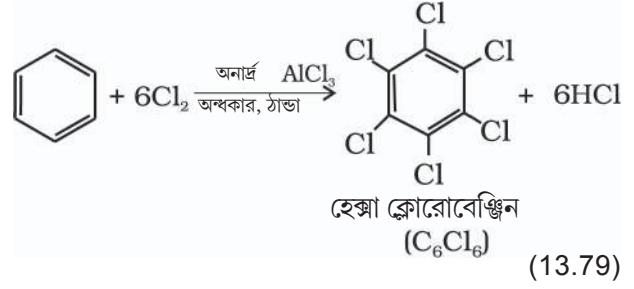
(v) ফ্রিডেল ক্র্যাফটস অ্যাসাইলেশন বিক্রিয়া

(Friedel crafts acylation reaction) :

লুইস অ্যাসিডের (AlCl₃) উপস্থিতিতে বেঞ্জিনের সাথে অ্যাসাইল হ্যালাইড অথবা অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইডের বিক্রিয়ায় অ্যাসাইল বেঞ্জিন উৎপন্ন হয়।



যদি অতিরিক্ত ইলেকট্রোফিলিক বিকারক ব্যবহৃত হয় তবে পুনরায় প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া সংঘটিত হয় এবং বেঞ্জিন বলয়ের অন্যান্য হাইড্রোজেন পরমাণুগুলো পর্যায়ক্রমে ইলেকট্রোফাইল দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। উদাহরণস্বরূপ অনার্দ্র AlCl₃ এর উপস্থিতিতে বেঞ্জিন এবং অতিরিক্ত ক্লোরিনের সাথে বিক্রিয়ায় ক্লোরিনেশন দ্বারা হেক্সাক্লোরো-বেঞ্জিন (C₆Cl₆) প্রস্তুত করা যায়।



ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় ক্রিয়াকৌশল (Mechanism of Electrophilic substitution Reaction) :

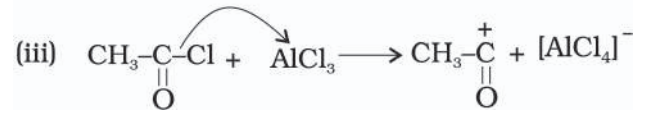
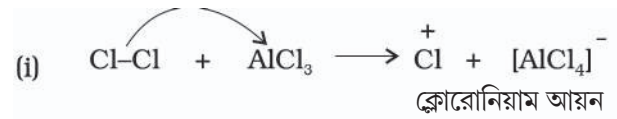
পরীক্ষার ফলাফলের ভিত্তিতে ধারণা করা হয় SE (S=Substitution, E= electrophilic) বিক্রিয়াগুলো নিম্নলিখিত তিনটি ধাপে সম্পন্ন হয়।

a) ইলেকট্রোফাইল তৈরি-

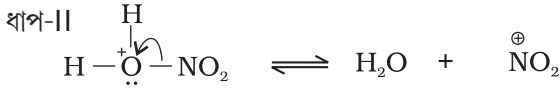
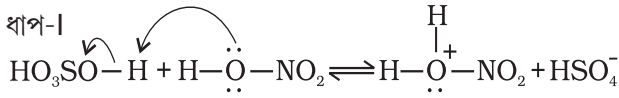
b) অর্ন্তবর্তী কার্বোক্যাটায়ন গঠন -

c) কার্বোক্যাটায়ন থেকে প্রোটন অপসারণ -

a) ইলেকট্রোফাইল E⁺ তৈরি : (Generation of electrophile E⁺) : বেঞ্জিনের ক্লোরিনেশন, অ্যালকাইলেশন এবং অ্যাসাইলেশনের ক্ষেত্রে, অনার্দ্র AlCl₃ হচ্ছে একটি লুইস অ্যাসিড যা অংশগ্রহণকারী বিকারকের সাথে যুক্ত হয়ে যথাক্রমে Cl⁺, R⁺, RCO⁺ (অ্যাসিলিয়াম আয়ন) ইলেকট্রোফাইল উৎপাদন সাহায্য করে।



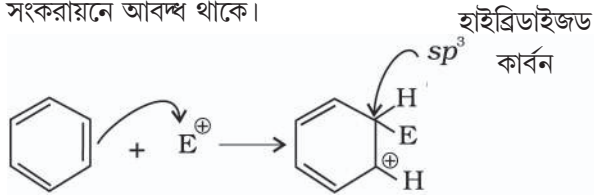
নাইট্রেশনের ক্ষেত্রে, সালফিউরিক অ্যাসিড থেকে একটি প্রোটন নাইট্রিক অ্যাসিডে নিম্নলিখিত উপায়ে স্থানান্তরিত হয়ে নাইট্রোনিয়াম আয়ন NO₂⁺ ইলেকট্রোফাইলটি উৎপন্ন হয়।



মজার বিষয় হল নাইট্রোনিয়াম আয়ন প্রস্তুতির বিক্রিয়ায় সালফিউরিক অ্যাসিড অ্যাসিডরূপে এবং নাইট্রিক অ্যাসিড ক্ষারকরূপে আচরণ করে, তাই এটি একটি সাধারণ অ্যাসিড-ক্ষারক সাম্যাবস্থা।

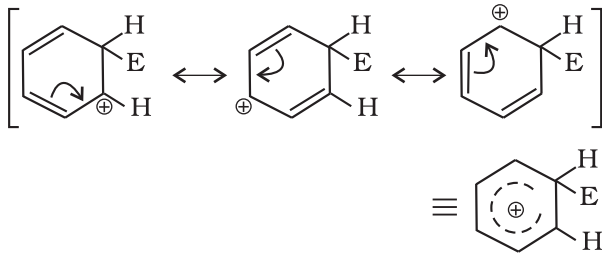
(b) কার্বক্যাটারনের গঠন প্রক্রিয়া (অ্যারিনিয়াম আয়ন) (arenium ion) (Formation of carbocation) :

ইলেকট্রোফাইলের সংযুক্তিকরণের ফলে সিগমা (σ) জটিল আয়ন বা অ্যারিনিয়াম আয়ন গঠিত হয় যার একটি কার্বন পরমাণু sp^3 সংকরায়নে আবদ্ধ থাকে।



সিগমা (σ) জটিল আয়ন (অ্যারিনিয়াম আয়ন)

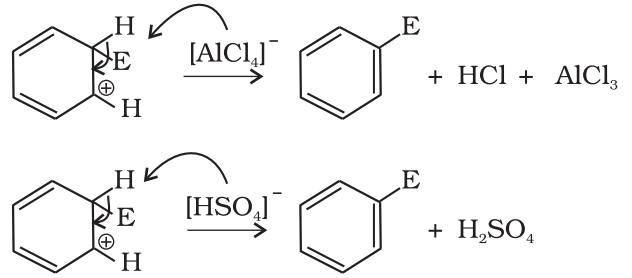
সংস্পন্দনের দ্বারা অ্যারিনিয়াম আয়নটি স্থায়িত্ব লাভ করে।



ইলেকট্রনের স্থানান্তর sp^3 সংকরায়নে আবদ্ধ কার্বনে এসে বন্ধ হয়ে যায় বলে সিগমা জটিল আয়ন বা অ্যারিনিয়াম আয়ন তার অ্যারোমেটিক চরিত্র হারায়।

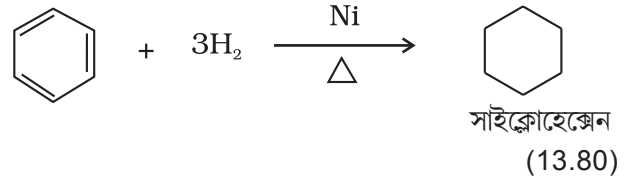
(c) প্রোটন অপসারণ (Removal of proton) :

অ্যারোমেটিক চরিত্র পুনরুদ্ধারের জন্য সিগমা জটিল আয়নটি, (AlCl_4^-) (হ্যালোজেনেশন, অ্যালকাইনেশন এবং অ্যাসাইলেশনের ক্ষেত্রে) এবং (HSO_4^-) (নাইট্রেশনের ক্ষেত্রে) আয়নকে sp^3 সংকরায়নে আবদ্ধ কার্বন পরমাণু থেকে প্রোটন দান করে।

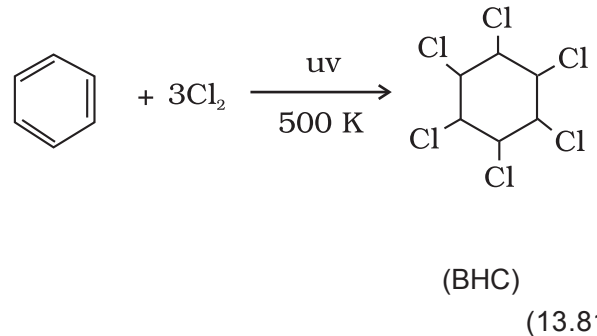


যুতবিক্রিয়া সমূহ (Addition Reaction) :

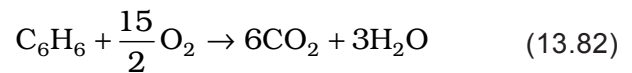
কঠোর শর্তের অধীনে অর্থাৎ উচ্চ তাপমাত্রা এবং উচ্চ চাপে নিকেল চূর্ণ অনুঘটকের উপস্থিতিতে বেঞ্জিনের হাইড্রোজেনেশন বিক্রিয়ায় সাইক্লোহেক্সেন উৎপন্ন হয়।



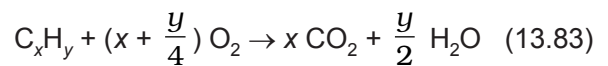
অতি বেগুনি রশ্মির উপস্থিতিতে, তিনটি ক্লোরিন অণু বেঞ্জিনের সাথে যুক্ত হয়ে বেঞ্জিন হেক্সাক্লোরাইড, $\text{C}_6\text{H}_6\text{Cl}_6$ উৎপন্ন করে। যা গামাক্সিন নামেও পরিচিত।



দহন (Combustion) : বেঞ্জিনকে বায়ুতে উত্তপ্ত করলে এটি কালো শিখা সহ প্রজ্জ্বলিত হয়ে CO_2 এবং H_2O উৎপন্ন করে।



যেকোনো হাইড্রোকার্বনের জন্য সাধারণ দহন বিক্রিয়ার রাসায়নিক সমীকরণটি নিচে দেওয়া হল -



13.5.6 এক প্রতিস্থাপিত বেঞ্জিনের ওপর কার্যকরী মূলকের নির্দেশজনিত প্রভাব (Directive influence of a

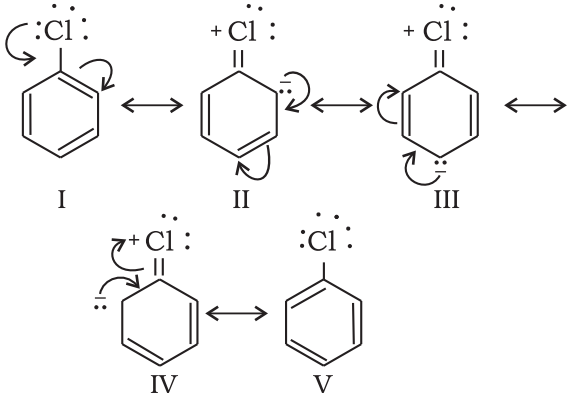
হাইড্রোকার্বনসমূহ

Functional group in monosubstituted benzene)

এক প্রতিস্থাপিত বেঞ্জিনকে পুনরায় প্রতিস্থাপন করলে তিন ধরনের দ্বি প্রতিস্থাপিত যৌগ সমপরিমাণে উৎপন্ন হয় না। দুই ধরনের আচরণ পরিলক্ষিত হয়। হয়তো অর্থো এবং প্যারা যৌগ নয়তো বা মেটা যৌগ বেশি পরিমাণে উৎপন্ন হয়। আরও লক্ষ্য করা গেছে যে এইরূপ আচরণ বেঞ্জিন বলয়ে আগে থেকে যে মূলকটি ছিল তার উপরে নির্ভর করে, কিন্তু যে মূলকটি প্রবেশ করবে তার উপর নির্ভর করে না। একেই মূলকটির নির্দেশজনিত প্রভাব বলে। মূলকগুলো অর্থো প্যারা অথবা মেটা নির্দেশজনিত কারণ নীচে আলোচনা করা হল -

অর্থো এবং প্যারা নির্দেশকমূলক সমূহ (Ortho and para directing groups)

যে সকল মূলক আগন্তুক বা প্রবেশমান মূলকের অর্থো এবং প্যারা অবস্থানে সংযুক্তিকরণকে নির্দেশ করে তাদের অর্থো এবং প্যারা নির্দেশকমূলক বলে। উদাহরণস্বরূপ চল আমরা ফেনলিক (OH) মূলকের নির্দেশজনিত প্রভাব আলোচনা করি। নিম্নলিখিত গঠন আকৃতি গুলো হল ফেনলের সংস্পন্দন বা রেজোনেন্স হাইব্রিড। উপরের সংস্পন্দন গঠন আকৃতিগুলো থেকে স্পষ্ট যে অর্থো এবং প্যারা অবস্থানে ইলেকট্রনের গাঢ়ত্ব সর্বাধিক। তাই প্রতিস্থাপন সাধারণত এই সকল অবস্থানে ঘটে। আরো লক্ষ্য করা যায় যে -



OH মূলকের -I প্রভাব ক্রিয়াশীল থাকার কারণে বেঞ্জিন বলয়ের অর্থো এবং প্যারা অবস্থানের ইলেকট্রন গাঢ়ত্ব কিছুটা হ্রাস পায়। কিন্তু সংস্পন্দনের কারণে বলয়ের এই সকল স্থানে মোট ইলেকট্রন গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি পায়। সুতরাং -OH মূলক ইলেকট্রোফাইল সংযুক্তিকরণের জন্য বেঞ্জিন বলয়কে সক্রিয় করে তোলে। অন্যান্য সক্রিয়কারী মূলকগুলোর উদাহরণ হল -NH₂, -NHR, -NHCOCH₃, -OCH₃, -CH₃, -C₂H₅ ইত্যাদি।

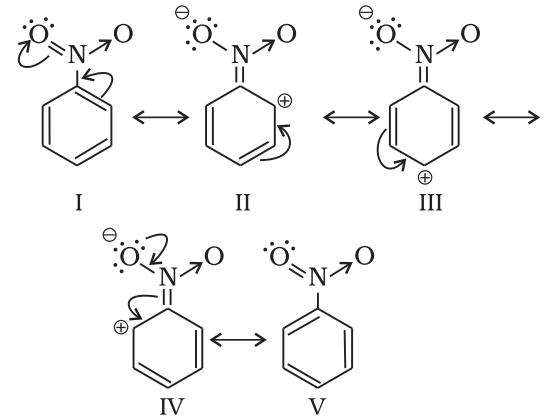
অ্যারাইল হ্যালাইডগুলোর ক্ষেত্রে, হ্যালোজেনগুলো হল সক্রিয়তা হ্রাসকারী ধর্মযুক্ত। শক্তিশালী -I প্রভাবের ফলে বেঞ্জিন বলয়ের ইলেকট্রন গাঢ়ত্ব হ্রাস পায়। তাই পরবর্তী প্রতিস্থাপন ঘটানো কষ্টকর হয়। তথাপিও সংস্পন্দনের কারণে অর্থো এবং প্যারা অবস্থানের ইলেকট্রন গাঢ়ত্ব মেটা অবস্থানের ইলেকট্রন গাঢ়ত্ব থেকে বেশি হয় তাই এরাও অর্থো এবং প্যারা নির্দেশকমূলক।

মেটা নির্দেশক মূলক সমূহ (metadirecting group) :

যে সকল মূলক আগন্তুক বা প্রবেশমান মূলকদের মেটা অবস্থানে সংযুক্তিকরণকে নির্দেশ করে, তাদের মেটা নির্দেশক মূলক বলে। মেটা নির্দেশক মূলকগুলোর কয়েকটি উদাহরণ হল -NO₂, -CN, -CHO, -COR, -COOH, -COOR, -SO₃H ইত্যাদি

চল আমরা নাইট্রোমূলকটিকে উদাহরণ হিসেবে নেই। নাইট্রো মূলকটির শক্তিশালী -I প্রভাব বেঞ্জিন বলয়ের ইলেকট্রন গাঢ়ত্ব হ্রাস করে। নিম্নলিখিত গঠন আকৃতিগুলো হল নাইট্রোবেঞ্জিনের সংস্পন্দন বা রেজোনেন্স হাইব্রিড।

এই ক্ষেত্রে বলয়ের ইলেকট্রন গাঢ়ত্ব হ্রাস পায় যা পরবর্তী পর্যায়ে

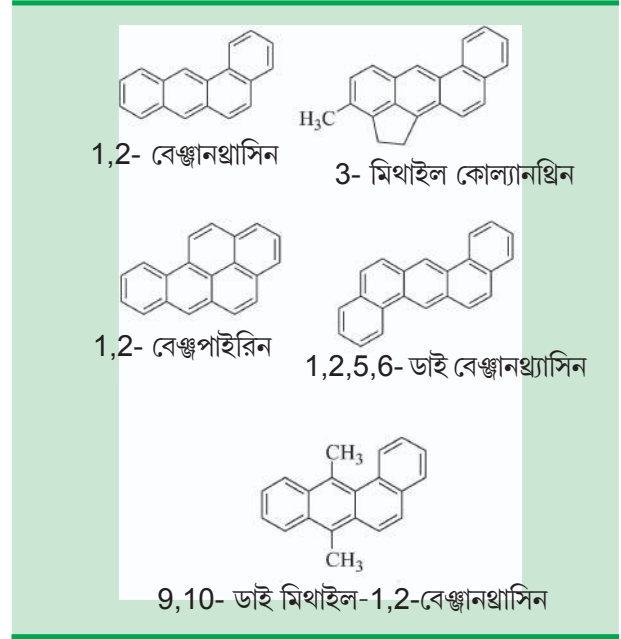


প্রতিস্থাপনের ক্ষেত্রে কষ্টকর। এই সমস্ত মূলকগুলোকে সক্রিয়তা হ্রাসকারী মূলক (deactivating) বলে। অর্থো এবং প্যারা অবস্থানের ইলেকট্রন গাঢ়ত্ব তুলনামূলকভাবে মেটা অবস্থানের থেকে কম। সুতরাং ইলেকট্রোফিলিক সংযুক্তিকরণ ইলেকট্রন আধিক্য যুক্ত মেটা অবস্থানে ঘটে এবং মেটা প্রতিস্থাপন সংঘটিত হয়।

13.6 বিষাক্ততা এবং ক্যান্সারজননশীলতা

(Toxicity and Carcinogenicity)

বেঞ্জিন এবং দুইয়ের বেশি বেঞ্জিন বলয় যুক্ত পলিনিউক্লিয়ার হাইড্রোকার্বনগুলো বিষাক্ত এবং ক্যান্সার সৃষ্টিকারী (ক্যান্সারজনক) ধর্ম যুক্ত। এই সমস্ত পলিনিউক্লিয়ার হাইড্রোকার্বনগুলো তামাক, কয়লা এবং পেট্রোলিয়াম জাতীয় জৈবযৌগের অসম্পূর্ণ দহনের ফলে উৎপন্ন হয়। এরা মানুষের দেহে প্রবেশ করে বিভিন্ন জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত করে এবং অবশেষে DNAকে ধ্বংস করে এবং ক্যান্সার সৃষ্টি হয়। কয়েকটি ক্যান্সার জনক হাইড্রোকার্বন নীচে দেওয়া হল।



সারসংক্ষেপ

হাইড্রোকার্বনগুলো কেবল মাত্র হাইড্রোজেন এবং কার্বনের যৌগ। হাইড্রোকার্বন সমূহ প্রধানত কয়লা এবং পেট্রোলিয়াম থেকে পাওয়া যায়, যারা শক্তির প্রধান উৎস। পেট্রোকেমিক্যালগুলো বাণিজ্যিক ভাবে গুরুত্বপূর্ণ বিপুল সংখ্যক পণ্য প্রস্তুতিতে বিশেষ প্রারম্ভিক উপকরণ হিসাবে ব্যবহৃত হয়। LPG (Liquefied petroleum gas) এবং CNG (Compressed natural gas) হল গার্হস্থ্য জ্বালানীর এবং মোটর গাড়ির শিল্পে শক্তির প্রধান উৎস যেগুলো পেট্রোলিয়াম থেকে পাওয়া যায়। হাইড্রোকার্বনকে এদের গঠন আকৃতির উপর নির্ভর করে মুক্ত শৃঙ্খল সম্পৃক্ত (অ্যালকেন) এবং অসম্পৃক্ত (অ্যালকিন এবং অ্যালকাইন), বন্ধ শৃঙ্খল (অ্যালিসাইক্লিক) এবং অ্যারোমেটিক এই বিভিন্ন ভাগে ভাগ করা যায়।

অ্যালকেনের গুরুত্বপূর্ণ বিক্রিয়াগুলো হল মুক্ত মূলক গঠিত প্রতিস্থাপন, দহন, জারণ এবং অ্যারোমাটাইজেশন। অ্যালকিন এবং অ্যালকাইন যুতবিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে, যেগুলো মূলত ইলেকট্রোফিলিক যুত বিক্রিয়া। অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন অসম্পৃক্ত হওয়া সত্ত্বেও প্রধানত ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। কেবলমাত্র বিশেষ শর্তে এরা যুত বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।

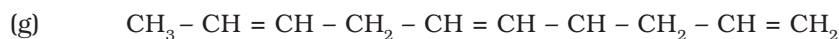
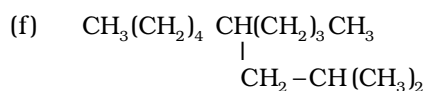
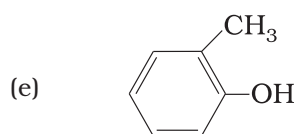
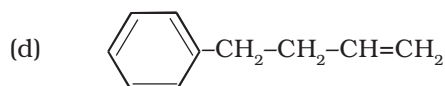
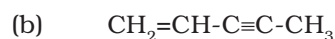
অ্যালকেনে C-C সিগমা বন্ধন বরাবর মুক্ত ঘূর্ণনের ফলে অ্যালকেন কনফরমেশন্যাল বা ঘূর্ণনবর্তী সমাংশতা দেখায়। ইথেনের স্ট্যাগার্ড (Staggered) এবং ইক্লিপস (Eclipsed) কনফরমেশনের মধ্যে স্ট্যাগার্ড কনফরমেশনটি অধিক স্থায়ী কারণ হাইড্রোজেন পরমাণুগুলো দূরবর্তী স্থানে থাকে। কার্বন কার্বন দ্বিবন্ধনের চারদিকে সীমাবদ্ধ ঘূর্ণনের ফলে অ্যালকিন জ্যামিতিক (সিস/ট্রান্স) সমবায়তা দেখায়।

বেঞ্জিন এবং বেঞ্জিন গঠিত যৌগসমূহ অ্যারোমেটিক চরিত্রের। যেসকল যৌগের বিশেষ ইলেকট্রনীয় গঠনটিতে হুকেলের ইলেকট্রন নিয়ম অনুযায়ী $(4n+2)\pi$ ইলেকট্রন উপস্থিত থাকে, তাদের মধ্যে অ্যারোমেটিক ধর্ম অর্থাৎ অ্যারোমেটিসিটি বর্তমান। বেঞ্জিন বলয়ে যুক্ত মূলকগুলোর প্রকৃতিই বলয়ে পুনরায় ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার প্রতি বেঞ্জিনের সক্রিয়তা বা নিষ্ক্রিয়তা এবং প্রবেশমান মূলকগুলোর অবস্থানের জন্য দায়ী। বেঞ্জিন বলয়যুক্ত কিছু সংখ্যক পলিনিউক্লিয়ার হাইড্রোকার্বন ক্যান্সারজনক বা ক্যান্সার সৃষ্টিকারী।

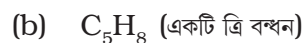
অনুশীলনী

13.1 মিথেনের ক্লোরিনেশনের দ্বারা কীভাবে ইথেন প্রস্তুত করবে ব্যাখ্যা কর।

13.2 নীচের যৌগগুলোর IUPAC পদ্ধতিতে নামাকরণ কর -



13.3 নীচের যৌগগুলোর উল্লেখিত দ্বিবন্ধন এবং ত্রিবন্ধনযুক্ত সমস্ত সম্ভাব্য সমাংশগুলোর গঠন সংকেত এবং IUPAC পদ্ধতিতে নামাকরণ করো।



13.4 নিম্নলিখিত যৌগগুলোর ওজোন বিশ্লেষণ বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগগুলোর IUPAC পদ্ধতিতে নাম লেখো।

(i) পেন্ট-2-ইন (ii) 3, 4 ডাইমিথাইল হেপ্ট -3-ইন (iii) 2 ইথাইল বিউট -1-ইন (iv) 1- ফিনাইল বিউট -1-ইন

13.5 একটি অ্যালকিন A ওজোন বিশ্লেষণ বিক্রিয়ায় ইথান্যাল এবং পেন্টান -3-ওন এর মিশ্রণ উৎপন্ন করে। A এর গঠন সংকেত লেখো এবং IUPAC পদ্ধতিতে নামাকরণ করো।

13.6 একটি অ্যালকিন A এর মধ্যে তিনটি C-C (σ) বন্ধন, আটটি C-H (σ) বন্ধন এবং একটি C-C π বন্ধন বর্তমান। A ওজোন বিশ্লেষণ বিক্রিয়ায় 44 U আণবিক গুরুত্ব (ভর) বিশিষ্ট দুই মোল অ্যালডিহাইড উৎপন্ন করে। IUPAC পদ্ধতিতে A এর নামাকরণ করো।

13.7 কোন্ অ্যালকিনকে ওজোন দ্বারা বিশ্লেষিত করলে প্রোপান্যাল এবং পেন্টান-3-ওন উৎপন্ন হবে?

13.8 নিম্নলিখিত হাইড্রোকার্বনগুলোর দহন বিক্রিয়ার সমীকরণ গুলো লেখো।

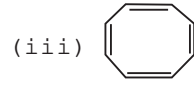
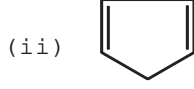
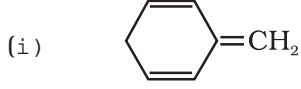
(ক) বিউটেন (খ) পেন্টিন (গ) হেক্সাইন (ঘ) টলুইন।

13.9 হেক্স-2-ইনের সিস এবং ট্রান্স গঠন আকৃতি গুলো আঁকো। কোন সমাংশটি উচ্চ স্ফুটনাংক বিশিষ্ট এবং কেন?

13.10 তিনটি দ্বি বন্ধন থাকা সত্ত্বেও বেঞ্জিন অতিমাত্রায় স্থায়ী কেন?

13.11 কোনো সিস্টেমের অ্যারোমেটিক হওয়ার প্রয়োজনীয় শর্তগুলো কী কী?

13.12 নিম্নলিখিত সিস্টেমগুলো অ্যারোমেটিক নয় কেন ব্যাখ্যা করো ?



13.13 বেঞ্জিনকে কীভাবে রূপান্তরিত করবে -

i) P-নাইট্রোব্রোমো বেঞ্জিন ii) m-নাইট্রো ক্লোরোবেঞ্জিন

iii) P-নাইট্রো টলুইন iv) অ্যাসিটোফিনোন

13.14 $H_3C - CH_2 - C(CH_3)_2 - CH_2 - CH(CH_3)_2$ অ্যালকেন যৌগটিতে 1^0 , 2^0 , 3^0 কার্বন পরমাণুগুলোকে নির্দেশ করো এবং এদের প্রত্যেকটির সাথে যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা উল্লেখ করো।

13.15 অ্যালকেনের স্ফুটনাংকের উপর এর শাখা শৃঙ্খলের প্রভাব কী ?

13.16 প্রোপিন যৌগে HBr যোগ করলে 2- ব্রোমোপ্রোপেন উৎপন্ন করে, অথচ বেঞ্জাইল পার অক্সাইড এর উপস্থিতিতে উপরোক্ত বিক্রিয়া ঘটলে 1- ব্রোমো প্রোপেন উৎপন্ন হয়। ব্যাখ্যা করো এবং বিক্রিয়ার ক্রিয়াকৌশলটি লেখো।

13.17 1,2 ডাইমিথাইল বেঞ্জিন (o-জাইলিন) এর ওজোন বিশ্লেষণ বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগগুলো লেখো। এই ফলাফল কীভাবে বেঞ্জিনের কেবুলে গঠন আকৃতিকে সমর্থন করে ?

13.18. বেঞ্জিন, n-হেক্সেন এবং ইথাইনকে আল্লিক ধর্মের নিম্নক্রম অনুসারে সাজাও। এই আচরণের কারণ উল্লেখ কর।

13.19 কেন বেঞ্জিনে সহজে ইলেকট্রোফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া হয় এবং নিউক্লিওফিলিক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া সহজে হয় না ?

13.20 নিম্নলিখিত যৌগগুলোকে কীভাবে বেঞ্জিনে রূপান্তরিত করবে ?

(ক) ইথাইন (খ) ইথিন (গ) হেক্সেন।

13.21 সমস্ত অ্যালকিন সমূহের গঠন সংকেত লেখো যারা হাইড্রোজেনেশন বিক্রিয়ায় -2-মিথাইল বিউটেন উৎপন্ন করে।

13.22 নিম্নলিখিত যৌগের সেটগুলোকে ইলেকট্রোফাইল E^+ এর সাথে রাসায়নিক সক্রিয়তার ক্রমত্বসমান মান অনুসারে সাজাও

(a) ক্লোরোবেঞ্জিন, 2,4-ডাই নাইট্রো ক্লোরোবেঞ্জিন, P-নাইট্রো ক্লোরোবেঞ্জিন।

(b) টলুইন, $p-H_3C - C_6H_4 - NO_2$, $p-O_2N - C_6H_4 - NO_2$.

13.23 বেঞ্জিন, m-ডাইনাইট্রোবেঞ্জিন এবং টলুইনের মধ্যে কোন্টি সহজে নাইট্রেশন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে এবং কেন ?

13.24 অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ছাড়া অপর একটি লুইস অ্যাসিডের নাম কর যা বেঞ্জিনের ইথাইলেশনে ব্যবহৃত হয়।

13.25 বিজোড় সংখ্যক কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট অ্যালকেন প্রস্তুতির জন্য কেন উর্জ বিক্রিয়া ব্যবহার করা হয় না ? একটি উদাহরণ সহ তোমার উত্তরের স্বপক্ষে যুক্তি দাও।

পরিবেশ রসায়ন (ENVIRONMENTAL CHEMISTRY)

উদ্দেশ্য

এই অধ্যায়টি অধ্যয়নের পর তোমরা সক্ষম হবে

- পরিবেশ রসায়নের অর্থ বুঝতে।
- বায়ুমণ্ডলীয় দূষণ ব্যাখ্যা করতে, বিশ্ব উন্ময়ন, গ্রিনহাউস প্রভাব এবং অ্যাসিড বৃষ্টির কারণগুলোর তালিকা প্রকাশ করতে।
- ওজোন স্তরের ক্ষয় প্রাপ্তির কারণগুলো এবং তার প্রভাব চিহ্নিত করতে।
- জল দূষণের কারণগুলো বর্ণনা করতে, এবং পানীয় জলের আন্তর্জাতিক মান সম্পর্কে জানতে।
- মাটি দূষণের কারণগুলো বর্ণনা করতে।
- পরিবেশ দূষণ নিয়ন্ত্রণের পরিকল্পনা রচনা এবং গ্রহণ করতে।
- দৈনন্দিন জীবনে সবুজ রসায়নের গুরুত্ব উপলব্ধি করতে।

“বিশ্ব জ্ঞানহীন প্রতিভা ও বিবেকহীন ক্ষমতা অর্জন করেছে। আমাদের বিশ্ব পারমাণবিক শক্তির দিক থেকে দৈত্য এবং নৈতিক দিক থেকে শিশুর মতো।”

তোমরা পূর্ববর্তী শ্রেণিতে পরিবেশ সম্পর্কে অধ্যয়ন করেছ। পরিবেশগত অধ্যয়নে পরিবেশের সাথে সম্পর্ক কত আমাদের চারপাশের সামাজিক, অর্থনৈতিক, জৈবিক, ভৌতিক এবং রাসায়নিক এই পারস্পরিক বিষয়গুলো নিয়ে অধ্যয়ন করা হয়। এই অধ্যায়ে আমরা পরিবেশ রসায়নের উপর মনোনিবেশ করবো। পরিবেশগত রসায়নে বায়ুমণ্ডলে কোনও রাসায়নিক পদার্থের উৎপত্তি, পরিবহণ, বিক্রিয়া, প্রভাব এবং পরিণতি নিয়ে অধ্যয়ন করা হয়। চল আমরা পরিবেশ রসায়নের কিছু গুরুত্বপূর্ণ দিক নিয়ে আলোচনা করি।

14.1 পরিবেশ দূষণ (ENVIRONMENTAL POLLUTION) :

পরিবেশ দূষণ হল আমাদের আশেপাশের অবাঞ্ছিত পরিবর্তন যার ক্ষতিকারক প্রভাব উদ্ভিদ, প্রাণী এবং মানুষের উপর রয়েছে। একটি পদার্থ যেটি দূষণ ঘটায় সেটি দূষক নামে পরিচিত। দূষকগুলো কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় পদার্থ হতে পারে। এদের গাঢ়ত্ব প্রাকৃতিক প্রাচুর্যের তুলনায় বেশি থাকে এবং মানুষের কার্যকলাপে বা প্রাকৃতিক ঘটনার কারণে উৎপন্ন হয়। তুমি জানো কি একজন সাধারণ মানুষের খাদ্যের চেয়ে প্রায় 12-15 গুণ বেশি বায়ুর প্রয়োজন হয়। তাই বায়ুতে উপস্থিত সামান্য পরিমাণ দূষক খাদ্যে উপস্থিত সমপরিমাণ দূষকের তুলনায় তাৎপর্যপূর্ণ হয়ে উঠে। পরিত্যক্ত সজির মতো দূষকগুলোও প্রাকৃতিক উপায়ে দ্রুত বিয়োজিত হয়ে ভেঙে যেতে পারে। অন্যদিকে যে সকল দূষক ধীরে ধীরে বিয়োজিত হয় সেগুলো পরিবেশে অনেক দশক ধরে অপরিবর্তিতরূপে থেকে যায়।

উদাহরণস্বরূপ ডাইক্লোরো ডাইফিনাইল ট্রাই ক্লোরো ইথেন (DDT), প্লাস্টিক, ভারী ধাতু, অনেক রাসায়নিক দ্রব্য, নিউক্লিয়ার বর্জ্য, প্রভৃতি পদার্থ একবার পরিবেশে নির্গত হলে তাদের পরিবেশ থেকে অপসারণ করা কঠিন হয়ে পড়ে। এ দূষকগুলোকে প্রাকৃতিক পদ্ধতিতে বিয়োজিত করা যায় না এবং সজীব বস্তু সমূহের জন্য ক্ষতিকর।

পরিবেশ দূষণের এই পদ্ধতিতে দূষকগুলো উৎস থেকে উৎপন্ন হয় এবং বায়ু বা জল দ্বারা পরিবাহিত হয় বা মাটিতে মানুষের দ্বারা প্রবেশ করে।

14.2 বায়ুমণ্ডলীয় দূষণ (ATMOSPHERIC POLLUTION)

পৃথিবীকে ঘিরে বায়ুমণ্ডলের পুরুত্ব সকল উচ্চতায় সমান হয় না। বায়ুর সমকেন্দ্রিক স্তর বা অঞ্চল রয়েছে এবং প্রতিটি স্তরের ঘনত্ব আলাদা। বায়ুমণ্ডলের সর্বনিম্ন অঞ্চল যেখানে মানুষের সঙ্গে অন্যান্য জীব বাস করে তাকে ট্রোপোস্ফিয়ার বলে। এটি সমুদ্র পৃষ্ঠ থেকে 10 কিমি উচ্চতা পর্যন্ত বিস্তৃত থাকে। ট্রোপোস্ফিয়ারের উপরে, সমুদ্র পৃষ্ঠ থেকে 10 কিমি থেকে 50 কিমি এর মধ্যে স্ট্র্যাটোস্ফিয়ার অবস্থিত। ট্রোপোস্ফিয়ার হলো একটি ধূলিপূর্ণ অশান্ত অঞ্চল যেখানে বায়ু, প্রচুর পরিমাণে জলীয় বাষ্প এবং মেঘ থাকে। এ অঞ্চলে বায়ু চলাচল তীব্র হয় এবং মেঘ গঠিত হয়। অপরদিকে, স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে রয়েছে ডাইনাইট্রোজেন, ডাই অক্সিজেন, ওজোন এবং কিছু জলীয়বাষ্প।

বায়ুমণ্ডলীয় দূষণ সাধারণত ট্রোপোস্ফিয়ার এবং স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারগত দূষণ হিসাবে অধ্যয়ন করা হয়। স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে বর্তমান ওজোন সূর্য থেকে আগত ক্ষতিকারক অতিবেগুনি রশ্মির (UV) 99.5 শতাংশ শোষণ করে পৃথিবী পৃষ্ঠে পৌঁছতে দেয় না। ফলে মানবজাতি এবং অন্যান্য প্রাণীদের এর ক্ষতিকারক প্রভাব থেকে রক্ষা করে।

14.2.1 ট্রোপোস্ফিয়ার দূষণ (Tropospheric Pollution)

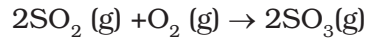
বায়ুতে বর্তমান অবাঞ্ছিত কঠিন বা গ্যাসীয় কণিকার উপস্থিতির ফলে ট্রোপোস্ফিয়ারিক দূষণ সংগঠিত হয়। নিম্নলিখিত গ্যাসীয় ও কণাধর্মী মুখ্য দূষকগুলো ট্রোপোস্ফিয়ারে উপস্থিত থাকে:

1. গ্যাসীয় বায়ুদূষক : এগুলো হল সালফার, নাইট্রোজেন এবং কার্বনের অক্সাইড সমূহ, হাইড্রোজেন সালফাইড, হাইড্রোকার্বন, ওজোন এবং অন্যান্য জারক দ্রব্য সমূহ।
2. কণাধর্মী দূষক : এগুলো হল ধূলা, কুয়াশা, ধোঁয়া, ধূম (smoke) এবং ধোঁয়াশা প্রভৃতি।

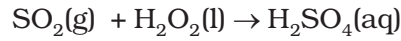
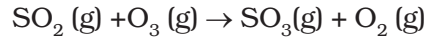
1. গ্যাসীয় বায়ু দূষক (Gaseous air pollutants)

a) সালফারের অক্সাইড সমূহ (Oxides of Sulphur) : যখন সালফারযুক্ত জীবাশ্ম জ্বালানী পোড়ানো হয় তখন সালফারের অক্সাইড উৎপন্ন হয়। সব থেকে সাধারণ বিভিন্ন সালফার ডাই অক্সাইডটি একটি গ্যাস যা প্রাণী এবং উদ্ভিদ উভয়ের জন্য বিষাক্ত। এটি এখন জানা গেছে যে, খুব কম ঘনত্বের সালফার ডাই অক্সাইডও শ্বাস প্রশ্বাস জনিত বিভিন্ন রোগের কারণ যেমন এজমা, ব্রংকাইটিস,

মানব ফুসফুসের পচন বা এমফিসেমা ইত্যাদি। সালফার ডাই অক্সাইড চোখে জ্বালার সৃষ্টি করে ফলে চোখ দিয়ে জল পড়ে এবং চোখ লাল হয়ে যায়। উচ্চ গাঢ়ত্বের সালফার ডাই অক্সাইড ফুলের কুঁড়ি শক্ত করে দেয় যা অবশেষে গাছ থেকে ঝরে যায়। অনুঘটকের অনুপস্থিতিতে সালফার ডাই অক্সাইডের জারণ মন্থর হয়। কিন্তু দূষিত বায়ুতে উপস্থিত বস্তুকণার উপস্থিতি সালফার ডাই অক্সাইড থেকে সালফার ট্রাই অক্সাইডের জারণ বিক্রিয়াটিকে ত্বরান্বিত করে।

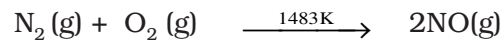


এ বিক্রিয়াটি ওজোন এবং হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্বারাও ত্বরান্বিত করা যায়।

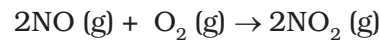


b) নাইট্রোজেনের অক্সাইড সমূহ (Oxides of Nitrogen):

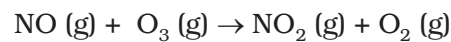
ডাইনাইট্রোজেন এবং ডাই অক্সিজেন হলো বায়ুর প্রধান উপাদান। সাধারণ উষ্ণতায় এই গ্যাস গুলো পরস্পরের সঙ্গে কোনো বিক্রিয়া করে না। অতি উচ্চতায় বজ্রপাতের সময়, এরা পরস্পর যুক্ত হয়ে নাইট্রোজেনের অক্সাইড গঠন করে। পরে নাইট্রোজেন ডাই অক্সাইড (NO_2), নাইট্রেট (NO_3) আয়নে জারিত হয়। যা বৃষ্টির জলের সঙ্গে মাটিতে মিশে গিয়ে সার রূপে কাজ করে। একটি মোটর ইঞ্জিনে, (উচ্চ উষ্ণতায়) যখন জীবাশ্ম জ্বালানী পোড়ানো হয়, তখন ডাইনাইট্রোজেন এবং ডাই অক্সিজেন যুক্ত হয়ে উল্লেখযোগ্য পরিমাণ নাইট্রিক অক্সাইড (NO) এবং নাইট্রোজেন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন হয়, যা নীচে দেওয়া হল :



NO তৎক্ষণাৎ অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে NO_2 উৎপন্ন করে।



নাইট্রোজেন ডাই অক্সাইডের উৎপাদনের হার অধিকতর দ্রুত হয় যখন স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে নাইট্রিক অক্সাইড ওজোনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে।



নাইট্রোজেনের অক্সাইডের উপস্থিতির কারণে, ট্রাফিক এবং ঘনবসতিপূর্ণ জায়গায় জ্বালানী লাল ঝাপসা উৎপন্ন হয়।

বায়ুমণ্ডলে নাইট্রোজেন ডাই অক্সাইডের (NO_2) উচ্চ গাঢ়ত্ব উদ্ভিদের পাতার ক্ষতি করে এবং সালোক সংশ্লেষ প্রক্রিয়ার গতি হ্রাস করে। নাইট্রোজেন ডাই অক্সাইড ফুসফুসে যন্ত্রণা সৃষ্টি করে যা শিশুদের শ্বাসপ্রশ্বাসের জটিল রোগের সৃষ্টি করতে পারে।

এটি জীবিত কোশের জন্যও বিষাক্ত। এছাড়াও নাইট্রোজেন ডাই অক্সাইড বিভিন্ন ধরনের কাপড়ের সুতো এবং ধাতুর ক্ষেত্রেও ক্ষতিকারক।

c) হাইড্রোকার্বন সমূহ (Hydrocarbons) : হাইড্রোকার্বন কেবলমাত্র হাইড্রোজেন এবং কার্বন নিয়ে গঠিত এবং অটোমোবাইলে ব্যবহৃত জ্বালানীর অসম্পূর্ণ দহনের ফলে ইহা উৎপন্ন হয়। হাইড্রোকার্বনগুলো কারসিনোজেনিক অর্থাৎ এরা ক্যানসারের কারণ। এগুলো দ্রুত বার্ষিক্য, কোশ কলার ভাঙন এবং পাতা, ফুল ও পল্লবের ঝরে পড়া ইত্যাদি ঘটনায় উদ্ভিদের ক্ষতিসাধন করে।

d) কার্বনের অক্সাইড সমূহ (Oxides of Carbon) :

i) কার্বন মনোক্সাইড : কার্বন মনোক্সাইড (CO) হল একটি খুবই মারাত্মক বায়ু দূষক। এটি বর্ণহীন এবং গন্ধহীন গ্যাস। এটি জীবন্ত প্রাণীর ক্ষেত্রে খুবই বিষাক্ত কারণ এটি বিভিন্ন অঙ্গে এবং কোশ কলায় অক্সিজেনের চলাচল বন্ধ করে দিতে পারে। এটি কার্বনের অসম্পূর্ণ দহনের ফলে উৎপন্ন হয়। কার্বন মনোক্সাইড মূলত অটোমোবাইলের ধোঁয়া থেকে বায়ুতে নির্গত হয়। কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হওয়ায় অন্য উৎসগুলো হল- কয়লা, কাঠকয়লা, পেট্রোল প্রভৃতির অসম্পূর্ণ দহন। সারা বিশ্বজুড়ে যানবাহনের সংখ্যা প্রতি বৎসরই বৃদ্ধি পেয়ে চলেছে। অনেক যানবাহনের দুর্বল ভাবে রক্ষণাবেক্ষণ করা হয় এবং অনেকগুলোতে অপরিষ্কার দূষণ নিয়ন্ত্রণ সরঞ্জাম ব্যবস্থা থাকে যার ফলে বেশি পরিমাণে কার্বন মনোক্সাইড এবং অন্যান্য দূষকারী গ্যাস সমূহ নির্গত হয়। তুমি কি জানো, কেন কার্বন মনোক্সাইড বিষাক্ত? এটি হিমোগ্লোবিনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে কার্বক্সিহিমোগ্লোবিন গঠন করে যা অক্সিজেন হিমোগ্লোবিন জটিল যৌগের চেয়ে প্রায় 300 গুণ বেশি সুস্থিত। রক্তের মধ্যে যখন কার্বক্সিহিমোগ্লোবিনের গাঢ়ত্ব প্রায় 3-4% এ পৌঁছায়, তখন রক্তের অক্সিজেন পরিবহন ক্ষমতা খুবই কমে যায়। অক্সিজেনের এইরকম অভাবের কারণে মাথাব্যথা, দুর্বল দৃষ্টিশক্তি, স্নায়ুদুর্বলতা এবং হৃদরোগ হয়। এই কারণেই লোকদের ধূমপান না করতে উপদেশ দেওয়া হয়। গর্ভবতী নারী, যাদের ধূমপান করার অভ্যাস আছে, তাদের রক্তে কার্বন মনোক্সাইড বৃদ্ধির ফলে, অকালজন্ম, স্বতঃস্ফূর্ত গর্ভপাত এবং বিকৃত শিশুর জন্ম হয়।

ii) কার্বন ডাই অক্সাইড (Carbon dioxide) :

শ্বসনের ফলে, শক্তির জন্য জীবাশ্ম জ্বালানীর দহন এবং সিমেন্ট উৎপাদনের সময় চুনাপাথরের বিয়োজনের ফলে বায়ুমণ্ডলে কার্বন ডাই অক্সাইড নির্গত হয়। এটি আগ্নেয়গিরির অগ্নুতপাতের সময়ও নির্গত হয়। কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস ট্রোপোস্ফিয়ারের মধ্যেই অবরুদ্ধ থাকে। সাধারণত: এটি আয়তন হিসাবে বায়ুমণ্ডলের 0.03%

গঠন করে। জীবাশ্ম জ্বালানীর ব্যবহার বৃদ্ধির ফলে, খুব বেশি পরিমাণে কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস বায়ুমণ্ডলে নির্গত হয়। বায়ুতে বর্তমান অতিরিক্ত কার্বন ডাই অক্সাইড সবুজ উদ্ভিদ দ্বারা অপসারিত হয় এবং এটি বায়ুমণ্ডলে CO₂ এর মাত্রাকে সঠিকভাবে বজায় রাখে। সবুজ উদ্ভিদের সালোকসংশ্লেষ প্রক্রিয়ার জন্য CO₂ এর প্রয়োজন হয় এবং পরিবর্তে এরা অক্সিজেন নির্গত করে, এভাবে সূক্ষ্ম ভারসাম্যটি বজায় থাকে। তুমি জানো যে বন ধ্বংস এবং জীবাশ্ম জ্বালানীর দহনের ফলে CO₂ এর পরিমাণ বৃদ্ধি পায় এবং বায়ুমণ্ডলের ভারসাম্য বিঘ্নিত হয়। বায়ুতে CO₂ এর পরিমাণের বৃদ্ধিই মূলত গ্লোবাল ওয়ার্মিং এর জন্য দায়ী।

বিশ্ব উন্মায়ন এবং গ্রিন হাউস প্রভাব (Global Warming and Greenhouse effect) :

পৃথিবীতে আসা সৌরশক্তির প্রায় 75% ভূ-পৃষ্ঠ দ্বারা শোষিত হয় যেটি পৃথিবীর উন্মত্ততা বৃদ্ধি করে। তাপের বাকী অংশ বিকিরিত হয়ে বায়ুমণ্ডলে ফিরে আসে। তাপের কিছু অংশ বায়ুমণ্ডলে উপস্থিত গ্যাস সমূহ যেমন কার্বন ডাই অক্সাইড, মিথেন, ওজোন, ক্লোরোফ্লোরো কার্বন যৌগসমূহ (CFCs) এবং জলীয়বাষ্প দ্বারা শোষিত হয়। এভাবে এরা বায়ুমণ্ডল উত্তপ্ত হওয়ার প্রক্রিয়াটি বাড়িয়ে দেয়। এর কারণে বিশ্ব উন্মায়ন ঘটে।

আমরা সকলেই জানি যে, শীতপ্রধান অঞ্চলে কাচ আবৃত ক্ষেত্রে ফুল, শাকসব্জি এবং ফল উৎপাদন করা হয়, যাকে গ্রিনহাউস বলে। তুমি কি জান আমরা মানুষেরাও গ্রিনহাউসের মধ্যে বাস করি? অবশ্যই আমরা কাচ দিয়ে ঘেরা থাকি না কিন্তু বায়ুর চাদর দিয়ে ঘেরা থাকি, যাকে বায়ুমণ্ডল বলে, যেটি বহু শতাব্দী ধরে পৃথিবীর উন্মত্ততাকে স্থির রেখেছে। কিন্তু বর্তমানে খুব ধীরে ধীরে এটির পরিবর্তন হচ্ছে। ঠিক যেন গ্রিনহাউসের অভ্যন্তরে কাচ সূর্যের তাপকে ধরে রাখে, তেমনি বায়ুমণ্ডলও পৃথিবী পৃষ্ঠের কাছে সূর্যের তাপকে আটকে রাখে এবং একে উন্মত্ত রাখে। একে প্রাকৃতিক গ্রীণহাউস প্রভাব বলে। কারণ এটি উন্মত্ততাকে বজায় রাখে এবং পৃথিবীকে জীবনধারণের উপযুক্ত করে তোলে। গ্রিনহাউসে, সৌর বিকিরণ স্বচ্ছ কাচের মধ্য দিয়ে প্রবেশ করে এবং মাটি ও উদ্ভিদকে উত্তপ্ত করে। উত্তপ্ত মাটি এবং উদ্ভিদ অবলোহিত বিকিরণ নির্গত করে। যেহেতু কাচ অবলোহিত বিকিরণের (তাপীয় অঞ্চলের মধ্যে) জন্য একটি অসচ্ছ মাধ্যমকেই কাচ এই অবলোহিত বিকিরণের কিছু অংশ প্রতিফলিত করে এবং কিছু অংশ শোষণ করে। এই ক্রিয়া কৌশল দ্বারা গ্রীণহাউসে সৌরশক্তি আবদ্ধ থাকে। এভাবে কার্বন ডাই অক্সাইডের অণুগুলো তাপকে আটকে রেখে দেয় যেহেতু এরা সূর্যরশ্মির প্রতি স্বচ্ছ কিন্তু তাপীয় বিকিরণের প্রতি নয়। যদি

কার্বন ডাই অক্সাইডের পরিমাণ 0.03 শতাংশের সুক্ষ্ম অনুপাত অতিক্রম করে, তবে প্রাকৃতিক গ্রিনহাউসের ভারসাম্য বিঘ্নিত হতে পারে। বিশ্ব উন্নয়নের জন্য কার্বন ডাই অক্সাইড হল বড়ো অংশীদার।

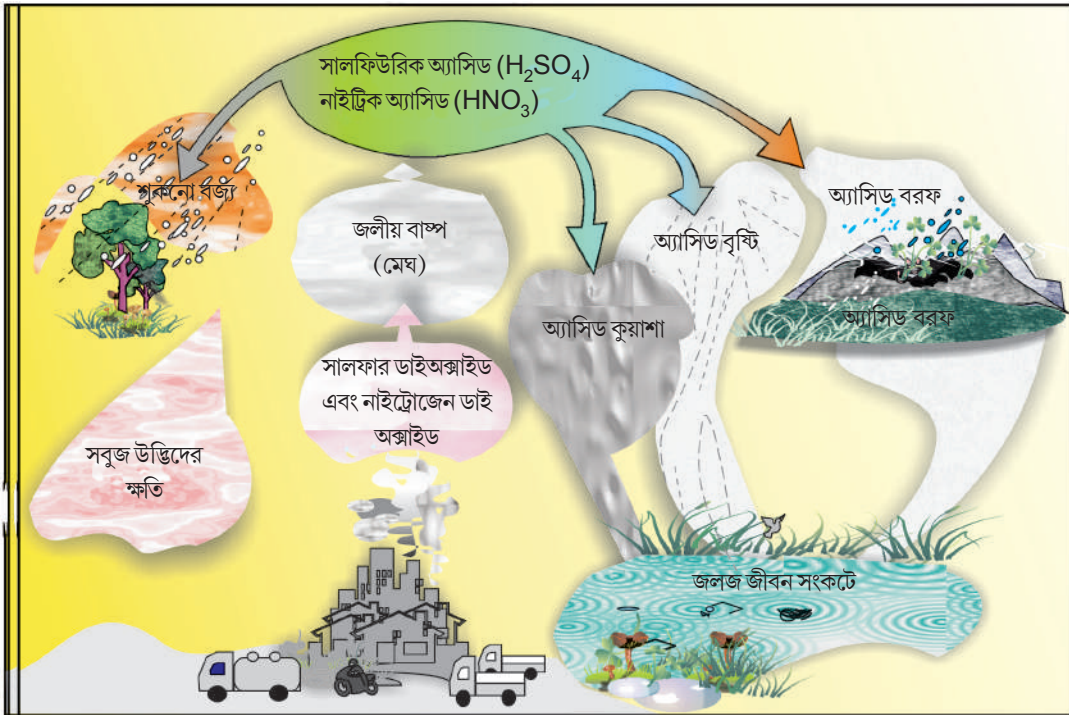
কার্বন ডাই অক্সাইডের পাশাপাশি অন্যান্য গ্রিনহাউস গ্যাসগুলো হল মিথেন, জলীয় বাষ্প, নাইট্রাস অক্সাইড, ক্লোরোফ্লুরোকার্বন (CFC) এবং ওজোন।

যখন গাছপালা পোড়ানো হয় বা অক্সিজেনের অনুপস্থিতিতে পচে যায় তখন প্রকৃতিতে মিথেন উৎপন্ন হয়। ধানক্ষেত, কয়লাখনি, স্তূপিকৃত পচনশীল আবর্জনা এবং জীবাশ্ম জ্বালানী থেকে প্রচুর পরিমাণে মিথেন গ্যাস নির্গত হয়। মনুষ্যসৃষ্ট শিল্পজাত রাসায়নিক পদার্থ হল ক্লোরোফ্লুরোকার্বন যেটি বাতানুকূলে ব্যবহৃত হয়। ক্লোরোফ্লুরোকার্বনসমূহ ওজোন স্তরের যন্ত্রে ক্ষতি সাধন করছে (অনুচ্ছেদ 14.2.2)। নাইট্রাস অক্সাইড পরিবেশের মধ্যেই পাওয়া যায়। সাম্প্রতিক কালে জীবাশ্ম জ্বালানীর দহন এবং রাসায়নিক সার ব্যবহারের ফলে তাদের পরিমাণ উল্লেখযোগ্যভাবে বৃদ্ধি পাচ্ছে। এ প্রবণতা চলতে থাকলে পৃথিবীর উষ্ণতা বৃদ্ধি পেয়ে এমন মাত্রায় পৌঁছবে, যার ফলে মেবু অঞ্চলের হিমশেল গলে যেতে পারে এবং পৃথিবীর সমস্ত নিম্নাঞ্চল প্লাবিত হতে পারে। পৃথিবীর উষ্ণতা বাড়তে

ভেবে দেখো :

বিশ্ব উন্নয়নের হার হ্রাস করতে আমরা কী করতে পারি ?

জীবাশ্মজ্বালানীর দহন, জঙ্গল এবং গাছ কাটার ফলে যেহেতু বায়ুমণ্ডলে গ্রিনহাউস গ্যাসের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়। সুতরাং আমাদের অবশ্যই দক্ষতা এবং বিচক্ষণতার সঙ্গে এদের ব্যবহার করার উপায় বের করতে হবে। বিশ্ব উন্নয়নকে হ্রাস করার উপায়গুলোর মধ্যে একটি সহজ উপায় হল যানবাহনের ব্যবহার হ্রাস করা। পরিস্থিতির উপর নির্ভর করে আমরা বাইসাইকেল, গণপরিবহণ পদ্ধতি বা কারপুল (Carpool) ব্যবহার করতে পারি। আমাদের অধিক পরিমাণে গাছ লাগানো উচিত যাতে সবুজায়ন বৃদ্ধি পায়। শুকনো পাতা, কাঠ ইত্যাদি না পোড়ানোই উচিত। সর্বসাধারণের উন্মুক্ত স্থান (Public Place) এবং কর্মক্ষেত্রে ধূমপান করা অবৈধ কারণ এটি যে শুধুমাত্র ধূমপায়ীদের জন্য ক্ষতিকারক তা নয়, আমাদের জন্যও ক্ষতিকারক এবং সেজন্য আমাদের এটি বর্জন করা উচিত। অনেক মানুষই গ্রিনহাউস প্রভাব এবং বিশ্ব উন্নয়ন বুঝতে পারে না। আমরা তথ্য আদান প্রদান করে তাদেরকে সাহায্য করতে পারি।

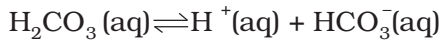
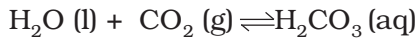


চিত্র 14.1 অ্যাসিড সঞ্চার

থাকলে সংক্রামক রোগগুলো যেমন ডেঙ্গু, ম্যালেরিয়া, পীতজ্বর, নিদ্রারোগ ইত্যাদির প্রকোপ বাড়তে পারে।

অম্ল বৃষ্টি (Acid Rain) :

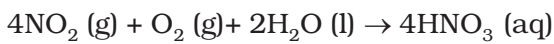
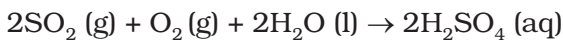
আমরা জানি যে, বৃষ্টির জলের সঙ্গে বায়ুমণ্ডলে উপস্থিত কার্বন ডাই অক্সাইডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হাইড্রোজেন আয়নের (H^+) উপস্থিতির জন্য বৃষ্টির জলের p^H সাধারণত 5.6 হয়।



বৃষ্টির জলের P^H এর মান যখন 5.6 এর নীচে নেমে আসে, তখন একে অম্ল বৃষ্টি বলে।

বায়ুমণ্ডল থেকে যে উপায়ে অম্ল ভূপৃষ্ঠে চলে আসে সেটাই অ্যাসিড বৃষ্টি। বায়ুমণ্ডলে উপস্থিত কঠিন কণা সমূহের সঙ্গে নাইট্রোজেন এবং সালফারের আয়নিক প্রকৃতির অক্সাইড সমূহ বাতাসের সাহায্যে প্রবাহিত হয় এবং সর্বশেষে ভূপৃষ্ঠে শুষ্করূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় (Dry Deposition) বা জলে, কুয়াশা এবং তুষারে আর্দ্ররূপে অধঃক্ষিপ্ত (Wet Deposition) হয়। (চিত্র- 14.1)।

মানুষের বিভিন্ন ক্রিয়াকলাপের ফলে বায়ুমণ্ডলে যে সালফার এবং নাইট্রোজেনের অক্সাইডের নির্গমন ঘটে এর উপজাত দ্রব্য হিসাবে অম্ল বৃষ্টি তৈরি হয়। পূর্বে যেভাবে উল্লেখ করা হয়েছে, শক্তিকেন্দ্র বা চুল্লীতে জীবাশ্ম জ্বালানী (যাতে সালফার এবং নাইট্রোজেন গঠিত পদার্থ থাকে) যেমন কয়লা এবং তেলের দহনে বা মোটর ইঞ্জিনে পেট্রোল বা ডিজেলের দহনে সালফার ডাই অক্সাইড এবং নাইট্রোজেনের অক্সাইড তৈরি হয়। সালফার ডাই অক্সাইড ও নাইট্রোজেন ডাই অক্সাইড জারিত হওয়ার পর উৎপন্ন পদার্থ বৃষ্টির জলে দ্রবীভূত হয় এবং অম্ল বৃষ্টি গঠনে মুখ্য অংশীদার হয় কারণ দূষিত বায়ুতে উপস্থিত বস্তুকণাটিকে জারণ প্রক্রিয়াকে ত্বরান্বিত করে।



অ্যামোনিয়াম লবণও গঠিত হয় এবং বায়ুমণ্ডলীয় আবছায়া হিসাবে দেখা যায় (সূক্ষ্ম বস্তুকণার এরোসেল)। বৃষ্টির ফোটাতে অক্সাইড বা অ্যামোনিয়াম লবণের এরোসেল কণাগুলো আর্দ্র অধক্ষেপনের সৃষ্টি করে। SO_2 কঠিন এবং তরল উভয় অবস্থায় ভূ-পৃষ্ঠতলের মধ্যে সরাসরি শোষিত হয় এবং এভাবে শুষ্কভাবে অধঃক্ষিপ্ত হয়। কৃষি, গাছপালা এবং উদ্ভিদের জন্য অ্যাসিড বৃষ্টি ক্ষতিকারক কারণ এটি তাদের বৃষ্টির জন্য প্রয়োজনীয় পরিপোষকগুলোকে দ্রবীভূত করে এবং ধুয়ে নিয়ে যায়। এটি মানুষ এবং প্রাণীদের

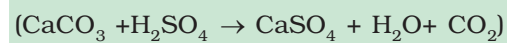
কাজ-১

তোমার নিকটবর্তী স্থানগুলো থেকে জলের নমুনা সংগ্রহ করো এবং এদের p^H এর মান লিপিবদ্ধ করো। শ্রেণিকক্ষে প্রাপ্ত ফলাফল নিয়ে আলোচনা করো। কীভাবে অম্লবৃষ্টির সৃষ্টি কমানো যায় চলো আমরা আলোচনা করি।

বায়ুমণ্ডলে সালফার ডাইঅক্সাইড এবং নাইট্রোজেন-ডাই-অক্সাইডের নির্গমন হ্রাস করে এটি করা যেতে পারে। আমাদের উচিত জীবাশ্ম জ্বালানী দ্বারা চালিত যানবাহন কম ব্যবহার করা। শক্তিকেন্দ্র (Power plant) এবং শিল্পের জন্য কমপরিমাণের সালফার যুক্ত জীবাশ্ম জ্বালানী ব্যবহার করা। আমাদের উচিত প্রাকৃতিক গ্যাস ব্যবহার করা যেটি কয়লা থেকে উদ্ভূত জ্বালানী অথবা কমপরিমাণের সালফার যুক্ত কয়লা জ্বালানীরূপে ব্যবহার করা। বায়ুমণ্ডলে ধোঁয়া নিষ্কাশনের প্রভাব কমাতে গাড়িতে রূপান্তরকারী অনুঘটক কক্ষ অবশ্যই ব্যবহার করা উচিত। অনুঘটক কক্ষের প্রধান উপাদানটি হল মৌচাক আকৃতি বিশিষ্ট টিনামাটির পাত্র যাতে বহুমূল্য ধাতু Pd, Pt, এবং Rh-এর প্রলেপ দেওয়া থাকে। নির্গত গ্যাসগুলোর মধ্যে অদগ্ধ জ্বালানী, CO এবং NOx বর্তমান থাকে। এই গ্যাসগুলো 573K উষ্ণতায় কনভার্টারের বা পরিবর্তকের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়ে CO_2 এবং N_2 এ পরিবর্তিত হয়। মাটির অম্লতা হ্রাস করার জন্য চূনাপাথরের চূর্ণ মিশিয়ে আমরা মাটির অম্লতা প্রশমিত করতে পারি। অম্লবৃষ্টি এবং এর ক্ষতিকারক প্রভাব সম্পর্কে অনেক মানুষ অবহিত নয়। আমরা এই তথ্যগুলো আদান প্রদান করে তাদেরকে সচেতন করতে পারি এবং প্রকৃতিকে রক্ষা করতে পারি।

তাজমহল এবং অম্লবৃষ্টি

আগ্রা শহর যেখানে তাজমহল অবস্থিত, তার চারপাশের বায়ুতে মোটামুটি উচ্চমাত্রায় সালফার এবং নাইট্রোজেনের অক্সাইড রয়েছে। এই অঞ্চলটিতে প্রচুর সংখ্যক শিল্পকেন্দ্র এবং শক্তিকেন্দ্র থাকাটাই এর মূল কারণ। গৃহস্থালির উদ্দেশ্যে ব্যবহৃত নিম্নমানের কয়লা, কেরোসিন এবং জ্বালানী কাঠ এই সমস্যাকে আরোও বৃদ্ধি করছে। তাজমহলের মার্বেলের ($CaCO_3$) সঙ্গে অম্লবৃষ্টির বিক্রিয়ার ফলে,



এই বিস্ময়কর স্মৃতিসৌধ যা সারা বিশ্বের মানুষকে আকৃষ্ট করে ক্ষতিগ্রস্ত হচ্ছে। এর ফলে স্মৃতিসৌধটির ধীরে ধীরে সৌন্দর্য হচ্ছে এবং মার্বেল বর্ণহীন এবং ম্লান হয়ে যাচ্ছে। এই ঐতিহাসিক স্মৃতিসৌধকে বিকৃতি থেকে রক্ষা করার জন্য ভারত সরকার 1995 খ্রীস্টাব্দে সালে একটি কর্মপরিকল্পনা ঘোষণা করেছিল। মথুরা শোধনাগারটি এর মধ্যেই বিষাক্ত গ্যাসের নির্গমন বন্ধ করার জন্য উপযুক্ত ব্যবস্থা গ্রহণ করেছে।

এই পরিকল্পনাটির লক্ষ্য হল আগ্রা, ফিরোজাবাদ, মথুরা এবং ভরতপুর এই শহরগুলো নিয়ে গঠিত তাজ ট্রাপিজিয়াম অঞ্চলের বায়ু পরিষ্কার করা। এই পরিকল্পনার অন্তর্গত ট্রাপিজিয়াম অঞ্চলে অবস্থিত 2000টিরও বেশি দূষণকারী শিল্পগুলো কয়লা ও তেলের পরিবর্তে প্রাকৃতিক গ্যাস বা তরল পেট্রোলিয়াম গ্যাসকে জ্বালানী হিসাবে ব্যবহার করছে। একটি নতুন পাইপ লাইনের এই এলাকায় প্রতিদিন অর্ধ মিলিয়ন কিউবিক মিটারেরও বেশি পরিমাণ প্রাকৃতিক গ্যাস সরবরাহ করা হবে। এই শহরে বসবাসকারী জনগণকে কয়লা, কেরোসিন বা জ্বালানী কাঠের পরিবর্তে তরল পেট্রোলিয়াম গ্যাস ব্যবহার করার জন্য উৎসাহিত করা হবে। তাজের পাশ্চাত্য অঞ্চলের রাজপথে চলাচলকারী যানবাহনগুলোকে কম সালফারযুক্ত ডিজেল ব্যবহার করার জন্য উৎসাহিত করা হবে।

শ্বাস প্রশ্বাসজনিত রোগের সৃষ্টি করে। যখন অল্প বৃষ্টি হয় এবং প্রবাহিত হয়ে নদী, হ্রদ ইত্যাদিতে পৌঁছায়, এটি জলজ বাস্তুতন্ত্রের অন্তর্গত উদ্ভিদ ও প্রাণীর জীবনকে ক্ষতিগ্রস্ত করে। এটি জলের পাইপকে ক্ষয় করে, ফলে ভারী ধাতু যেমন লোহা, সীসা এবং তামা ইত্যাদি ক্ষরিত হয়ে পানীয় জলের সঙ্গে মিশে যায়। অ্যাসিড বৃষ্টি পাথর বা ধাতু দিয়ে তৈরি ইমারত এবং অন্যান্য কাঠামোকেও ক্ষতিগ্রস্ত করে। ভারতবর্ষের তাজমহল অল্পবৃষ্টি দ্বারা ক্ষতিগ্রস্ত হয়েছে।

2. দূষণকারী বস্তুকণা (Particulate Pollutants) :

বায়ুর মধ্যে উপস্থিত সূক্ষ্ম কঠিন বস্তুকণা অথবা তরল বিন্দু কণাকে দূষণকারী বস্তুকণা বলে। এগুলো যানবাহনের নির্গত ধোয়াতে, আগুন থেকে নির্গত ধোঁয়াকণাতে, কলকারখানা থেকে নির্গত ধুলোকণা এবং ছাই এ রয়েছে। বায়ুমণ্ডলে উপস্থিত বস্তুকণাগুলো স্থিতিশীল হতে পারে আবার নাও হতে পারে। স্থিতিশীল বস্তুকণাগুলো যেমন, ব্যাকটেরিয়া, ছত্রাক, মোল্ড (moulds), শেওলা ইত্যাদি সূক্ষ্ম সজীব বস্তুগুলো বায়ুমণ্ডলে ছড়িয়ে থাকে। বায়ুতে কিছু ছত্রাক পাওয়া যায় যার থেকে মানুষের এলার্জি হয়ে থাকে। তাদের কারণে উদ্ভিদেরও রোগ হয়ে থাকে।

অস্থিতিশীল (non-viable) বস্তুকণাগুলোকে তাদের প্রকৃতি এবং আকার অনুযায়ী নিম্নরূপে শ্রেণিবিভাগ করা যায়।

a) ধোঁয়ার বস্তুকণাগুলোর মধ্যে কঠিন অথবা কঠিন ও তরল কণার মিশ্রণ থাকে, যা জৈব পদার্থগুলোর দহনের ফলে উৎপন্ন হয়। যেমন-সিগারেটের ধোঁয়া, জীবাশ্ম জ্বালানীর দহনের ফলে উৎপন্ন ধোঁয়া, আবর্জনা, শুকনো পাতা, তেলের ধোঁয়া ইত্যাদি।

b) ধূলিকণার মধ্যে সূক্ষ্ম কঠিন কণা (ব্যাস $1 \mu\text{m}$ এর উপরে) আছে, যা কঠিন পদার্থকে চূর্ণ করে, পিষে এবং আরোপনের মাধ্যমে গঠিত হয়। বালির ধোঁয়াশা থেকে বালি, কাঠের কাজ থেকে উৎপন্ন করাতে ধূলিকণা, বিচূর্ণ কয়লা, সিমেন্টের বিচূর্ণ এবং কারখানা থেকে উড়ে যাওয়া ছাই, ধুলির বাড় ইত্যাদি হল এই ধরনের বস্তুকণার নির্গমণ জাতীয় কিছু বিশেষ উদাহরণ।

c) স্প্রে করা তরলে কণাগুলোর এবং বায়ুর মধ্যে বাষ্পের ঘনীভবনের ফলে শিশির উৎপন্ন হয়। উদাহরণস্বরূপ সালফিউরিক অ্যাসিডের বাষ্প এবং আগাছানাশক ও কীটনাশক যেগুলি স্প্রে করার সময় লক্ষ্যস্ট হয়ে বায়ুতে চলাচল করতে থাকে এবং ঘনীভূত হয়ে কুয়াশা গঠন করে।

d) ধোঁয়া সাধারণত উর্ধ্বপাতন, পাতন, স্ফুটন এবং অন্যান্য বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন বাষ্পের ঘনীভবনের ফলে সৃষ্টি হয়। সাধারণত জৈব দ্রাবক, ধাতু এবং ধাতব অক্সাইড ধোঁয়ার কণাগুলোকে গঠন করে।

দূষণকারী বস্তুকণার প্রভাব মূলত কণার আকারের উপর নির্ভর করে। বায়ুবাহিত কণা যেমন - ধূলিকণা, ধোঁয়া, কুয়াশা ইত্যাদি মানুষের স্বাস্থ্যের জন্য ক্ষতিকারক। 5 মাইক্রন থেকে বড়ো দূষণকারী বস্তুকণা নাসিকারন্ধ্রের মধ্যে জমা হয়, কিন্তু প্রায় 1.0 মাইক্রনের বস্তুকণা ফুসফুসে অনায়াসে প্রবেশ করতে পারে।

যানবাহন থেকে নির্গত সীসা একটি মুখ্য বায়ু দূষক ছিল। লেডযুক্ত পেট্রোল ভারতের শহরগুলোর মধ্যে বায়ুবাহিত লেড নির্গমণের প্রাথমিক উৎস ছিল। ভারতের অধিকাংশ শহরগুলোতে লেডবিহীন পেট্রোল ব্যবহার করে, এই সমস্যাকে দূর করা হয়েছে। লোহিত রক্তকণিকার (red blood cells) বিকাশ এবং পূর্ণতা প্রাপ্তির প্রক্রিয়াকে লেড বাধা দান করে।

ধোঁয়াশা (Smog): ধোঁয়াশা শব্দটি ধোঁয়া এবং কুয়াশা মিলে উদ্ভূত হয়েছে। বিশ্বের অনেক শহরে দূষণের একটি সাধারণ উদাহরণ হল ধোঁয়াশা। এটি দুই প্রকারের হয়।

a) ঠাণ্ডা আর্দ্র আবহাওয়াতে সাধারণ ধোঁয়াশা (Classical smog) গঠিত হয়। এটি ধোঁয়া, কুয়াশা এবং সালফার ডাই অক্সাইডের মিশ্রণ। রাসায়নিকভাবে এটি হল বিজারক মিশ্রণ এবং তাই একে বিজারক কুয়াশাও বলা হয়।

b) গরম, শুষ্ক এবং রৌদ্রজ্বল আবহাওয়াতে আলোক রাসায়নিক ধোঁয়াশা গঠিত হয়। মোটরগাড়ি এবং কারখানাতে উৎপন্ন অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন এবং নাইট্রোজেন অক্সাইডের উপর সূর্যালোকের ক্রিয়ার ফলে আলোক রাসায়নিক ধোঁয়াশার মুখ্য উপাদানগুলো গঠিত হয়।

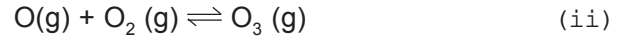
আলোক রাসায়নিক ধোঁয়াশায় উচ্চ গাঢ়ত্বের জারক দ্রব্য থাকে, তাই একে জারক ধোঁয়াশাও বলা হয়।

আলোক রাসায়নিক ধোঁয়াশার সৃষ্টি (Formation of Photochemical smog) :

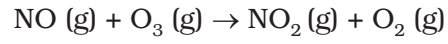
যখন জীবাশ্ম জ্বালানীর দহন হয়, তখন পৃথিবীর ট্রপোস্ফিয়ারের মধ্যে বিভিন্ন রকমের দূষক নির্গত হয়। নির্গত দূষকগুলোর মধ্যে দুটি দূষক হল হাইড্রোক্যার্বন (অদগ্ধ জ্বালানী) এবং নাইট্রিক অক্সাইড। যখন এই দূষকগুলো যথেষ্ট পরিমাণে বৃদ্ধি পায়, তখন সূর্যালোকের সঙ্গে এদের মিথস্ক্রিয়ার ফলে শৃঙ্খল বিক্রিয়া ঘটে, যেখানে NO নাইট্রোজেন ডাই অক্সাইডে (NO₂) পরিবর্তিত হয়, এই NO₂, সূর্যালোক থেকে শক্তি শোষণ করে এবং ভেঙে গিয়ে নাইট্রিক অক্সাইডে এবং মুক্ত অক্সিজেন পরিমাণতে পরিণত হয়। (চিত্র - 14.2)।



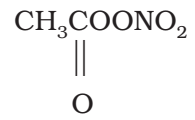
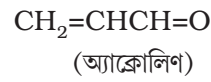
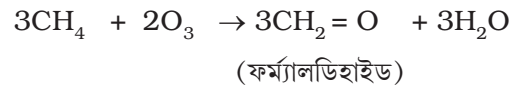
অক্সিজেন পরমাণু অত্যধিক ক্রিয়াশীল হওয়ায় বায়ুতে O₂ এর সঙ্গে যুক্ত হয়ে ওজোন উৎপন্ন করে।



উপরোক্ত বিক্রিয়ায় (ii) উৎপন্ন ওজোন(i) নং বিক্রিয়ায় উৎপন্ন NO (g) এর সঙ্গে দ্রুত বিক্রিয়া করে পুনরায় NO₂ উৎপন্ন করে। NO₂ একটি বাদামি বর্ণের গ্যাস এবং যথেষ্ট উষ্ণতায় আবছায়া বা কুয়াশার কারণ হতে পারে।



(iii) ওজোন হল একটি বিষাক্ত গ্যাস। NO₂ এবং NO₂ উভয়ই তীব্র জারক দ্রব্য এবং এই কারণে দূষিত বায়ুর মধ্যে উপস্থিত অদগ্ধ হাইড্রোক্যার্বনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় রাসায়নিক পদার্থ যেমন ফরম্যালডিহাইড, অ্যাক্রোলিন এবং পারঅক্সি অ্যাসিটাইল নাইট্রেট (PAN) ইত্যাদি উৎপন্ন করে।



(পারঅক্সিঅ্যাসিটাইল নাইট্রেট) (PAN)



চিত্র : 14.2 - আলোক রাসায়নিক ধোঁয়াশা গঠিত হয় যেখানে যানবাহনের দূষণকারী বস্তুর উপর সূর্যালোক ক্রিয়া করে।

আলোক রাসায়নিক ধোঁয়াশার প্রভাব (Effects of Photochemical Smog) :

আলোক রাসায়নিক ধোঁয়াশার সাধারণ উপাদানগুলো হল ওজোন, নাইট্রিক অক্সাইড, অ্যাক্রোলিন, ফরম্যালিডাইড এবং পার অক্সিঅ্যাসিটাইল নাইট্রেট (PAN)। আলোক রাসায়নিক ধোঁয়াশা গুরুতর স্বাস্থ্যজনিত সমস্যা সৃষ্টি করে। ওজোন এবং PAN উভয়ই চোখের জন্য খুবই যন্ত্রণাদায়ক। ওজোন এবং নাইট্রিক অক্সাইড নাক এবং গলায় জ্বালায় সৃষ্টি করে এবং তাদের উচ্চ ঘনত্বের কারণে মাথাব্যথা, বুক ব্যথা, গলার শুল্কতা, কাশি এবং শ্বাসক্রিয়ার সমস্যা দেখা দেয়। আলোক রাসায়নিক ধোঁয়াশা রাবারের ক্র্যাকিং এবং উদ্ভিদ জগতের ব্যাপক ক্ষতিসাধন করতে প্রধান ভূমিকা পালন করে। এটি ধাতু, পাথর, ভবন নির্মাণের সামগ্রী, রাবার এবং রঙিন বস্তুর উপরিতলেরও (painted Surface) ক্ষয় করে। (ছবি-14.2)

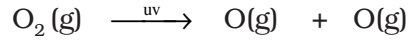
আলোক রাসায়নিক ধোঁয়াশাকে কীভাবে নিয়ন্ত্রণ করবে?

আলোক রাসায়নিক ধোঁয়াশার উপাদানকে কমানো বা নিয়ন্ত্রণ করার জন্য অনেক রকম কৌশল ব্যবহার করা হয়। যদি আমরা আলোক রাসায়নিক ধোঁয়াশার প্রাথমিক উপাদান (Precursors) যেমন NO₂ এবং হাইড্রোকার্বনকে এবং গৌণ উপাদানগুলো যেমন ওজোন এবং PAN কে নিয়ন্ত্রণ করতে পারি তবে আলোক রাসায়নিক ধোঁয়াশা স্বতঃস্ফূর্তভাবে কমে যাবে। মোটরগাড়িতে বৃপাস্তরকারী অনুঘটক কক্ষ ব্যবহার করা হয়, যেটি বায়ুমন্ডলে নাইট্রোজেনের অক্সাইড এবং হাইড্রোকার্বনের নিগর্মনকে বাধা দেয়। কিছু উদ্ভিদ যেমন পিনাস (Pinus), জুনিপেরাস (Juniperus), কুইয়ারকাস (Quercus), পিরাস (Pyrus) এবং ভাইটিস (Vitis) ইত্যাদি নাইট্রোজেনের অক্সাইডগুলোকে বিপাকে (Metabolise) ব্যবহার করে এবং এগুলোর চাষ এই বিষয়ে সাহায্য করতে পারে।

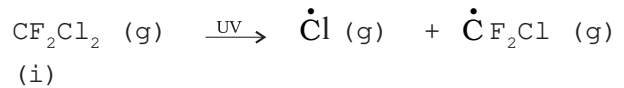
14.2.2 স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারগত দূষণ / ওজোনের উৎপত্তি এবং বিয়োজন (Stratospheric Pollution / Formation and Breakdown of Ozone) :

স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারের উপরের স্তরে যথেষ্ট পরিমাণে ওজোন (O₃) থাকে, যা সূর্য থেকে আগত ক্ষতিকারক অতিবেগুনি রশ্মির (UV) বিকিরণ (λ 255 nm) থেকে আমাদেরকে রক্ষা করে। এই বিকিরণের কারণে মানুষের ত্বকে ক্যান্সার (মেলোনোমা) হয়ে থাকে। সুতরাং ওজোনের আন্তরণটিকে রক্ষা করা খুবই গুরুত্বপূর্ণ।

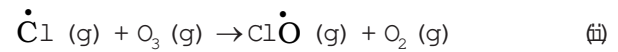
ডাই অক্সিজেনের (O₂) অণুর উপর অতিবেগুনি রশ্মির ক্রিয়ার ফলে স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারের মধ্যে ওজোন অণু তৈরি হয়। অতিবেগুনি রশ্মির বিকিরণ আণবিক অক্সিজেনকে মুক্ত অক্সিজেন পরমাণুতে (O) বিভক্ত করে দেয়। এই অক্সিজেন পরমাণুগুলো আণবিক অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে ওজোন গঠন করে।



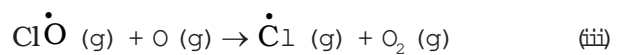
ওজোন সহজেই তাপের প্রভাবে আণবিক অক্সিজেন বিয়োজিত হয়। ওজোন অণুর উৎপাদন এবং বিয়োজনের মধ্যে একটি গতিশীল ভারসাম্য বজায় থাকে। সাম্প্রতিককালে, স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে নির্দিষ্ট রাসায়নিক পদার্থের উপস্থিতির কারণে সুরক্ষাকারী ওজোনস্তরের অবক্ষয়ের খবর জানা গেছে। ক্লোরোফ্লুরো কার্বন (CFC) যৌগের নিগর্নিত হওয়াকে ওজোন স্তরের অবক্ষয়ের মূল কারণ হিসাবে ধরা হয়েছে, যাকে ফ্রিওনও বলা হয়। এই যৌগগুলো নিষ্ক্রিয়, অদাহ্য, অবিষাক্ত জৈব অণু এবং তাই শীততাপ নিয়ন্ত্রকে, রেফ্রিজারেটরে প্লাস্টিকের ফেনা উৎপাদনে এবং ইলেকট্রনিক শিল্পে কম্পিউটার যন্ত্রাংশ পরিষ্কারে ব্যবহার করা হয়। ক্লোরোফ্লুরো কার্বন গুলো একবার বায়ুমন্ডলে নিগর্নিত হলে সাধারণত বায়ুমণ্ডলীয় গ্যাসের সঙ্গে মিশ্রিত হয় এবং অবশেষে স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে গিয়ে পৌঁছায়। স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারের মধ্যে এরা শক্তিশালী, UV রশ্মি বিকিরণের দ্বারা ভেঙে ক্লোরিন মুক্ত মূলক উৎপন্ন করে।



ক্লোরিনমুক্ত মূলক এরপর স্ট্র্যাটোস্ফিরিক ওজোনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ক্লোরিন মনোক্সাইডমুক্ত মূলক এবং আণবিক অক্সিজেন উৎপন্ন করে।



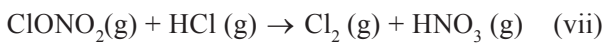
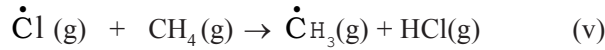
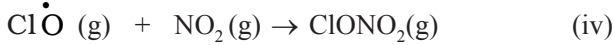
ক্লোরিন মনোক্সাইডমুক্ত মূলক পারমাণবিক অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অধিক পরিমাণে ক্লোরিনমুক্ত মূলক উৎপন্ন করে।



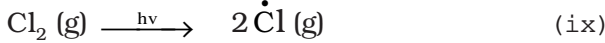
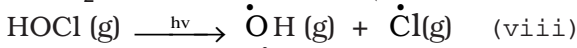
এই ক্লোরিনমুক্ত মূলক অনবরত পুনর্জাত হতে থাকে এবং ওজোন অণুকে ভাঙতে থাকে। এভাবে CFC স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে ক্রমাগত ক্লোরিনমুক্ত মূলক উৎপাদনের জন্য অনুঘটক রূপে কাজ করে এবং ওজোনস্তরকে ক্ষতিগ্রস্ত করে।

ওজোন গহ্বর (The Ozone Hole) :

এন্টার্কটিকাতে গবেষণারত পরিবেশ বিজ্ঞানীরা 1980 খ্রিস্টাব্দে দক্ষিণ মেবুর উপর ওজোন স্তরে ক্ষয় লক্ষ করেন যেটি ওজোন গহ্বর হিসাবে পরিচিত। এটা লক্ষ করা গেছে যে ওজোন গহ্বরের বিশেষ জন্য কিছু সৃষ্টির শর্ত দায়ী। গ্রীষ্মকালে, নাইট্রোজেন ডাই অক্সাইড এবং মিথেন, ক্লোরিন মনোক্সাইড (বিক্রিয়া-iv) এবং ক্লোরিন পরমাণুর (বিক্রিয়া-v) সঙ্গে বিক্রিয়া করে ক্লোরিন আধার উৎপন্ন করে, যা ওজোনের বেশি পরিমাণ ক্ষয়কে রোধ করে। অপরপক্ষে, শীতকালে, এন্টার্কটিকা অঞ্চলে এক বিশেষ ধরনের মেঘ গঠিত হয়, যাকে ধূবীয় স্ট্রেটোস্ফিয়ারগত মেঘ বলে। এই ধূবীয় স্ট্রেটোস্ফিয়ারগত মেঘগুলোর পৃষ্ঠতলের উপর ক্লোরিন নাইট্রেট গঠিত হয় (বিক্রিয়া-v) যা আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে হাইপোক্লোরাস অ্যাসিডে (বিক্রিয়া-vi) পরিণত হয়। এটি হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সঙ্গেও বিক্রিয়া করে বিক্রিয়া (v) অনুযায়ী আণবিক ক্লোরিন উৎপন্ন করে।



বসন্তকালে আন্টার্কটিকায় যখন সূর্যালোক ফিরে আসে তখন সূর্যরশ্মির তাপ মেঘগুলোকে ভেঙে দেয় এবং সূর্যালোকের প্রভাবে HOCl এবং Cl₂, বিক্রিয়া (viii) এবং (ix) অনুযায়ী বিশ্লেষিত হয়।



উৎপন্ন ক্লোরিনমুক্ত মূলক ওজোন স্তরের ক্ষয়ের জন্য শৃঙ্খলাবদ্ধ বিক্রিয়াটির সূচনা করে, যা পূর্বেই উল্লেখ করা হয়েছে।

ওজোন স্তরের ক্ষয়ের প্রভাব (Effect of Depletion of the Ozonolayer) :

ওজোন স্তরের ক্ষয়ের ফলে অধিক UV রশ্মির বিকিরণ ট্রপোস্ফিয়ারকে ভেদ করে চলে আসে। UV বিকিরণ ত্বকের জীর্ণতা, ছানি, রোদে পোড়া, ত্বকের ক্যান্সার, অনেক ফাইটো প্লাঙ্কটনের মৃত্যু, মৎস্য উৎপাদনের ক্ষতিসাধনে মুখ্য ভূমিকা পালন করে। এও দেখা গেছে যে, উদ্ভিদের প্রোটিনগুলো UV বিকিরণ দ্বারা সহজেই প্রভাবিত হয় যার ফলে কোষের ক্ষতিকারক পরিবর্তন হতে পারে। এটি পাতার রশ্মের দ্বারা জলের বাষ্পীভবনের মাত্রা বৃদ্ধি করে এবং মাটির আর্দ্রতা কম করে। বর্ধিত UV বিকিরণ রং এবং তন্তুরও ক্ষতিসাধন করে, যার কারণে রং খুব তাড়াতাড়ি ম্লান হয়ে যায়।

14.3. জলদূষণ (Water Pollution) :

জীবনের জন্য জল অপরিহার্য। জল ছাড়া জীবন হয় না। আমরা জলকে সাধারণত বিশুদ্ধ বলেই মেনে নেই, কিন্তু আমাদের জলের গুণমান সুনিশ্চিত করতে হবে। জলের দূষণ মানুষের কার্যকলাপের জন্য সৃষ্টি হয়। বিভিন্ন উপায়ে দূষণ ভূ-পৃষ্ঠস্থ বা ভূ-গর্ভস্থ জলে এসে পৌঁছায়। সহজে শনাক্ত করা যায় এমন দূষকের উৎস অথবা স্থানকে উৎস স্থল (Point source) বলে। উদাহরণস্বরূপ পৌর এলাকা এবং শিল্প কারখানার নির্গম নল যেখানে দূষণকারী বস্তু জলের উৎসে প্রবেশ করে। দূষণের বিন্দু হীন (non-point) উৎস আছে যেখানে দূষণের উৎসকে সহজে শনাক্ত করা যায় না, উদাহরণস্বরূপ কৃষিজ বর্জ্য পদার্থ (খামার, প্রাণী এবং শস্য ক্ষেত্র থেকে), অল্পবৃষ্টি, বাড়-বৃষ্টিজলের নিকাশী ব্যবস্থা (রাস্তা, পার্কিং স্থল এবং লন্ থেকে) ইত্যাদি। 14.1 সারণিতে মুখ্য জল দূষক এবং তাদের উৎসের তালিকা দেওয়া হয়েছে।

সারণি 14.1 মুখ্য জলদূষক

দূষক	উৎস
আণুবীক্ষণিক জীব	গার্হস্থ্য বর্জ্য
জৈব বর্জ্য	গার্হস্থ্য বর্জ্য, প্রাণীর মল এবং বর্জ্য, ক্ষীয়মান প্রাণী উদ্ভিদ, খাদ্য প্রক্রিয়াকরণ, কারখানা থেকে নির্গত পদার্থ
উদ্ভিদের পরিপোষক	রাসায়নিক সার
বিষাক্ত ভারী ধাতু	শিল্প এবং রাসায়নিক কারখানা
পলি	কৃষি এবং উন্মুক্ত খনন দ্বারা মাটির ক্ষয়
কীটনাশক	কীটপতঙ্গ, ছত্রাক এবং আগাছাকে নষ্ট করার জন্য ব্যবহৃত রাসায়নিক পদার্থসমূহ
তেজস্ক্রিয় পদার্থ	ইউরেনিয়ামযুক্ত খনিজের খনন
তাপ	শিল্প কারখানায় শীতল করার জন্য ব্যবহৃত জল।

14.3.1 জল দূষণের কারণসমূহ (Causes of water pollution) :

(i) **প্যাথোজেন** : রোগ সৃষ্টিকারী সবচেয়ে মারাত্মক ক্ষতিকারক জল দূষক উপাদানগুলোকে প্যাথোজেনস্ বলা হয়। ব্যাকটেরিয়া এবং অন্যান্য অনুজীব যা গার্হস্থ্য বর্জ্য এবং প্রাণীর মলমূত্রের সঙ্গে জলের মধ্যে প্রবেশ করে এরা প্যাথোজেনের অন্তর্ভুক্ত। মানুষের মলমূত্রের মধ্যে এস্কেরিসিয়া কোলি (*Escherichia coli*) এবং স্ট্রেপ্টোকোক্কাস ফেকেলিস (*Streptococcus faecalis*) নামক ব্যাকটেরিয়া থাকে, এবং এরাই গ্যাসট্রোইনটেসটিনিয়াল (gastrointestinal) রোগের কারণ হয়ে থাকে।

(ii) জৈব বর্জ্য (Organic wastes) :

অন্যান্য মুখ্য জল-দূষকগুলো হল জৈব পদার্থ যেমন-পাতা, ঘাস, আবর্জনা ইত্যাদি। জলে নিষ্ক্ষিপ্ত হওয়ার কারণে এগুলো জলকে দূষিত করে। জলের মধ্যে অত্যাধিক ফাইটোপ্ল্যাঙ্কটনের বৃদ্ধিও জল দূষণের একটি কারণ। এই বর্জ্যগুলো হল জৈব বিয়োজ্য (bio-degradable)।

বহু সংখ্যক ব্যাকটেরিয়া জলে বর্তমান জৈব পদার্থকে বিয়োজিত করে। এই পদ্ধতিতে জলে দ্রবীভূত অক্সিজেন বহুলাংশে ব্যবহৃত হয়। জল সীমিত পরিমাণ অক্সিজেনকে দ্রবণে ধরে রাখতে পারে। ঠান্ডা জলের মধ্যে দ্রবীভূত অক্সিজেনের (D.O.) গাঢ়ত্ব 10 ppm (parts per million) পর্যন্ত হয়, যেখানে বায়ুর মধ্যে প্রায় 200,000ppm অক্সিজেন থাকে, এই কারণে হলেও জলে পরিমিত পরিমাণে জৈব পদার্থ বিয়োজিত দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ হ্রাস পেতে পারে। জলে দ্রবীভূত অক্সিজেনের গাঢ়ত্ব জলজ জীবদের জন্য খুবই গুরুত্বপূর্ণ। যদি জলে দ্রবীভূত অক্সিজেনের গাঢ়ত্ব 6 ppm এর নীচে নেমে যায়, তবে মাছের বৃদ্ধি বিঘ্নিত হয়। অক্সিজেন বায়ুমণ্ডলের মাধ্যমে অথবা দিনের আলোয় জলজ সবুজ উদ্ভিদের সালোক-সংশ্লেষ প্রক্রিয়ার মাধ্যমে জলের মধ্যে পৌঁছায়। যাইহোক, রাত্রিবেলায় সালোকসংশ্লেষ বন্ধ থাকে কিন্তু উদ্ভিদেরা অনবরত শ্বাস-প্রশ্বাস নিতে থাকে, ফলে দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ হ্রাস পায়। আণুবীক্ষণিক জীব দ্বারা জৈব পদার্থের জারণের জন্যও ব্যবহৃত হয়।

যদি অধিক পরিমাণে জৈব পদার্থ জলে মিশ্রিত করা হয়, তখন সমস্ত লভ্য অক্সিজেন শেষ হয়ে যায়। এই কারণে অক্সিজেন নির্ভর জলজ জীবের মৃত্যু হয়। এভাবে অস্বাসনকারী ব্যাকটেরিয়া (যাদের অক্সিজেন প্রয়োজন হয় না) জৈব বর্জ্য ভেঙে দিতে শুরু করে এবং একটি ক্ষতিকারক দুর্গন্ধযুক্ত রাসায়নিক পদার্থ উৎপন্ন করে। সবাত স্বাসনকারী ব্যাকটেরিয়া (যাদের অক্সিজেন প্রয়োজন) এই জৈব বর্জ্যগুলোকে বিয়োজিত করে এবং জলে দ্রবীভূত অক্সিজেনের

পরিমাণ হ্রাস করে।

এভাবে, নির্দিষ্ট আয়তনের জলের নমুনায় বর্তমান জৈব পদার্থকে ব্যাকটেরিয়া দ্বারা বিয়োজনে প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের পরিমাণকে বায়োকেমিকেল অক্সিজেন ডিমান্ড (BOD) বলে। জলে বর্তমান জৈব পদার্থকে জৈবিক প্রক্রিয়ার মাধ্যমে বিয়োজনে যে পরিমাণ অক্সিজেনের প্রয়োজন হবে BOD তারই পরিমাপ করতে ব্যবহার করা হয়। পরিষ্কার জলে BOD এর মান 5 ppm এর কম হয় অপর পক্ষে অতিমাত্রায় অবিশুদ্ধ জলে BOD এর মান 17 ppm বা এর অধিক হতে পারে।

iii) রাসায়নিক দূষক সমূহ (Chemical Pollutants) :

আমরা জানি যে, জল একটি উত্তম দ্রাবক। জলে দ্রাব্য অজৈব রাসায়নিক পদার্থ যার মধ্যে ভারী ধাতু যেমন ক্যাডমিয়াম, পারদ, নিকেল ইত্যাদি থাকে এরা একটি গুরুত্বপূর্ণ দূষক শ্রেণির অন্তর্ভুক্ত। এই সকল ধাতুগুলো মানুষের জন্য বিপজ্জনক, কারণ আমাদের শরীর এদের নিঃসৃত করতে পারে না। সময়ের সাথে সাথে, এরা সহনশীলতার সীমা অতিক্রম করে। এই ধাতুগুলো কিডনি, কেন্দ্রীয় স্নায়ুতন্ত্র, লিভার প্রভৃতির ক্ষতি করতে পারে। খনির নিষ্কাশনী ব্যবস্থা থেকে নিষ্কাশিত অ্যাসিড (সালফিউরিক অ্যাসিডের মতো) এবং বিভিন্ন উৎস থেকে প্রাপ্ত লবণ যা ঠান্ডা আবহাওয়াতে তুষার এবং বরফকে গলানোর জন্য (সোডিয়াম এবং ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড) ব্যবহৃত হয়, এরা হল জলে দ্রবণীয় রাসায়নিক দূষক।

জৈব রাসায়নিক পদার্থগুলো হল অন্য শ্রেণির পদার্থ যা দূষিত জলে পাওয়া যায়। পেট্রোলিয়ামজাত পণ্য জলের বিভিন্ন উৎসকে দূষিত করে যেমন মহাসাগরের মধ্যে বিশাল পরিমাণে উপচে পড়া তেল। অন্যান্য জৈব পদার্থগুলো যারা মারাত্মক ক্ষতিসাধন করে সেগুলো হল কীটনাশক যা স্প্রে যন্ত্র থেকে বা জমি থেকে জলের প্রবাহের মাধ্যমে চলে আসে। পলিক্লোরিনেটেড বাই ফিনাইলের (PCBs) মতো বিভিন্ন শিল্পজাত রাসায়নিক দ্রব্য যেগুলো পরিষ্কারকারী দ্রাবক, ডিটারজেন্ট এবং সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়, তারাও জল দূষকারীর তালিকাভুক্ত। PCB গুলোকে কারসিনোজেনিক রূপে সন্দেহ করা হয়। আজকাল সহজলভ্য ডিটারজেন্টের বেশিরভাগই জীবাণু বিয়োজ্য। তাসত্ত্বেও এদের ব্যবহার অন্যান্য সমস্যার সৃষ্টি করতে পারে। জীবাণু বিয়োজ্য ডিটারজেন্টগুলোর বিয়োজনের জন্য যেসকল ব্যাকটেরিয়া দায়ী তারা ডিটারজেন্টকে ভোজন হিসাবে গ্রহণ করে এবং দ্রুত বিস্তার লাভ করে। এরা জলে দ্রবীভূত সমস্ত অক্সিজেন শেষ করে দিতে পারে। অক্সিজেনের অভাবে মাছ এবং উদ্ভিদের মতো অন্যান্য সকল ধরনের জলজ জীব ধ্বংস হয়। সারের মধ্যে ফসফেট

সংযোজক রূপে বর্তমান থাকে। জলের মধ্যে ফসফেট যোগ করলে শেওলাগুলোর বিস্তার ত্বরান্বিত হয়। শেওলাগুলোর এধরনের অপরিমিত বিস্তারের ফলে জলের উপরিতল আবৃত হয়ে পড়ে এবং জলের মধ্যে অক্সিজেনের গাঢ়ত্ব হ্রাস পায়। এর ফলে অবাত পরিস্থিতির সৃষ্টি হয় সাথে অপ্রীতিকর ক্ষয়বৃষ্টি পায় এবং প্রাণীর মৃত্যু ঘটে। এভাবে শেওলা বিস্তারের ফলে জলে অন্যান্য জীবদের বিকাশ বাধা পায়। এই পদ্ধতি যাতে পরিপোষক সমৃদ্ধ জলাধারগুলো ঘন উদ্ভিদকুলের বৃষ্টিতে সহযোগী হয়, যা অক্সিজেনের অভাব সৃষ্টি করে প্রাণীর জীবন বিপন্ন করে তোলে এবং জৈব বৈচিত্র্যের ক্ষতিসাধন করে তাকে ইউট্রিফিকেশন বলে।

14.3.2 পানীয় জলের আন্তর্জাতিক মান (International Standards for Drinking Water) :

পানীয় জলের জন্য আন্তর্জাতিক মান নীচে দেওয়া হল এবং এদের অনুসরণ করা আবশ্যিক।

ফ্লুরাইড (Fluoride) :

পান করার জন্য জলে ফ্লুরাইড আয়নের গাঢ়ত্ব পরীক্ষা করা উচিত। পানীয় জলে এর অভাব মানুষের পক্ষে ক্ষতিকর এবং দাঁত ক্ষয় প্রভৃতি রোগের কারণ হতে পারে। পানীয়জলে দ্রবণীয় ফ্লুরাইড প্রায়ই মেশানো হয় যাতে এর গাঢ়ত্ব 1 ppm বা 1mgdm³ পর্যন্ত হয়। ফ্লুরাইড আয়ন দাঁতের পৃষ্ঠতলের এনামেল হাইড্রোক্সি এপাটাইট

কার্যকলাপ-২

তোমরা স্থানীয় জলের উৎসগুলো পরিদর্শন করে, লক্ষ্য করো বা জলের P^H পরীক্ষা করে দেখো —
নদী/হ্রদ/কুয়ো/পুকুর এর-জল বিশুদ্ধ/সামান্য দূষিত/ মাঝারী দূষিত বা সম্পূর্ণ দূষিত কিনা। নদী এবং তার নিকটবর্তী শহর বা শিল্প এলাকা যেখান থেকে দূষণ সৃষ্টি হচ্ছে তার নাম নথিভুক্ত করো। দূষণের মাত্রা পরিমাপের জন্য সরকার কর্তৃক যে দূষণ নিয়ন্ত্রণ পরিষদ গঠন করা হয়েছে তাকে বিষয়টি জানাও। উপযুক্ত ব্যবস্থা গ্রহণ করা হয়েছে কিনা তা নিশ্চিত করো। তুমি প্রেসকেও এ বিষয়ে লেখতে পারো। একটি বাড়ির আশেপাশে বা কলকারখানার ড্রেনের মধ্যে বর্জ্য জমা করবে না সেটি থেকে সহজেই কোন জলাধার যেমন নদী, পুকুর, প্রবাহ (ক্ষুদ্রনদী) বা হ্রদে সরাসরি প্রবেশ করে যেতে পারে। বাগানের মধ্যে রাসায়নিক সারের পরিবর্তে জৈব সার ব্যবহার করো। বাড়িতে ডি ডি টি, ম্যালথিয়ান ইত্যাদি কীটনাশকের ব্যবহার এড়াতে হবে এবং কীটপতঙ্গ দূরে রাখার জন্য শুল্ক নিমপাতা ব্যবহার করতে চেষ্টা করো। তোমার বাড়িতে জলের ট্যাঙ্ক পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট বা ব্লিচিং পাউডারের কিছু স্ফটিক যোগ করো।

[3(Ca₃(PO₄)₂.Ca(OH)₂], কে ফ্লুরোরপাটাইট [3(Ca₃(PO₄)₂.CaF₂)] এ রূপান্তরিত করে ক্রমাগত শক্ত করে তুলে। অধিকন্তু ফ্লুরাইড আয়নের গাঢ়ত্ব 2ppm এর বেশি হলে দাঁতে বাদামি বর্ণের বিচিত্র দাগ পড়ে। রাজস্থানের কিছু অঞ্চল থেকে প্রাপ্ত তথ্য অনুযায়ী, অতিরিক্ত ফ্লুরাইড (10ppm এর বেশি) হাঁড় এবং দাঁতের ক্ষতি করে।

লেড (Lead) :

লেড পাইপগুলো জল পরিবহনে ব্যবহৃত হলে পানীয় জল লেড দ্বারা দূষিত হয়। পানীয় জলে লেডের গাঢ়ত্বের নির্ধারিত উর্ধ্বসীমা প্রায় 50ppb. লেড কিডনি, লিভার, প্রজনন তন্ত্র প্রভৃতির ক্ষতি করতে পারে।

সালফেট (Sulphate) :

পানীয় জলে অত্যধিক সালফেট (>500ppm) রেচক প্রভাব (laxative effect) এর কারণ, অন্যথায় পরিমিত স্তরে এর ক্ষতিকারক প্রভাব নেই।

নাইট্রেট (Nitrate) :

পানীয় জলে নাইট্রেটের সর্বোচ্চ সীমা হল 50ppm। অত্যধিক নাইট্রেট পানীয় জলে থাকলে, যেমন মিথেমোগ্লোবাইনমিয়া (ব্লু-বেবি-লক্ষণ) রোগ হতে পারে।

অন্য ধাতু সমূহ (Other metals) :

পানীয় জলে উপস্থিত কিছু পরিচিত ধাতুর গাঢ়ত্বের গ্রহণযোগ্য উর্ধ্বসীমা সারণি 14.2 এর মধ্যে দেওয়া হল।

সারণি 14.2 : পানীয় জলের মধ্যে কিছু ধাতুর সর্বোচ্চ নির্ধারিত গাঢ়ত্ব।

ধাতু	সর্বোচ্চ গাঢ়ত্ব (ppm or mg dm ⁻³)
Fe	0.2
Mn	0.05
Al	0.2
Cu	3.0
Zn	5.0
Cd	0.005

14.4.1 মৃত্তিকা দূষণ (Soil Pollution) :

ভারতবর্ষ যেহেতু কৃষিভিত্তিক অর্থনৈতিক দেশ, সেজন্য কৃষি, মৎস্য চাষ ও পশু সম্পদ উন্নয়নের উপর অধিক অগ্রাধিকার দেওয়া হয়। উদ্বৃত্ত উৎপাদন সরকারি এবং বেসরকারি সংস্থাগুলো দ্বারা শূখা মরশুমের জন্য সংরক্ষণ করা হয়। সংরক্ষণের সময় খাদ্যদ্রব্যের

অপচয়কে বিশেষ মনযোগ সহকারে দেখা প্রয়োজন। তুমি কি কখন ও ফসল বা খাদ্যদ্রব্যকে কীটপতঙ্গ, ইঁদুর, আগাছা এবং ফসলের রোগ ইত্যাদির দ্বারা নষ্ট হতে দেখেছ? আমরা কীভাবে ফসলকে রক্ষা করবো? ফসলকে রক্ষণাবেক্ষণের জন্য ব্যবহৃত কিছু কীটনাশক এবং পেস্টনাশক সম্পর্কে তোমরা পরিচিত। এই কীটনাশক, পেস্টনাশক, আগাছা নাশকগুলো মাটির দূষণ সৃষ্টি করে। তাই যুক্তিযুক্ত ভাবে এদের ব্যবহার করতে হবে।



ছবি- 14.3 প্রতি ট্রপিক স্তরে, দূষক গাঢ়ত্ব 10গুণ বৃদ্ধি পায়।

14.4.1 পেস্টনাশক (Pesticides) :

দ্বিতীয় বিশ্বযুদ্ধের পূর্বে, নিকোটিনের (শস্য ক্ষেত্রে তামাক গাছ লাগানোর মাধ্যমে) মতো প্রকৃতি থেকে প্রাপ্ত অনেক রাসায়নিক পদার্থ পেস্ট নিয়ন্ত্রণকারী দ্রব্য হিসাবে মুখ্য ফসলের জন্য কৃষিক্ষেত্রে ব্যবহার করা হতো। দ্বিতীয় বিশ্বযুদ্ধের সময়, ম্যালেরিয়া এবং অন্যান্য পতঙ্গবাহিত রোগ নিয়ন্ত্রণে ব্যাপকভাবে ডিডিটি ব্যবহার করা হতো। তাই যুদ্ধের পর, কীটপতঙ্গ, ইঁদুর, আগাছা এবং ফসলের বিভিন্ন রোগের কারণে সৃষ্ট ক্ষতির নিয়ন্ত্রণে কৃষিক্ষেত্রে ডিডিটি ব্যবহার করা হতো। ক্ষতিকারক প্রভাবের কারণে, ভারতে এর ব্যবহার নিষিদ্ধ করা হয়েছে। পেস্টনাশক গুলো সাধারণত মনুষ্যসৃষ্ট বিষাক্ত রাসায়নিক দ্রব্য, যা বাস্তুতন্ত্রের উপর ক্ষতিকারক প্রতিক্রিয়া সৃষ্টি করে। একই বা অনুরূপ পেস্টনাশকের পুনঃপুনঃ ব্যবহারের ফলে, এমন পেস্টদের আবির্ভাব ঘটে যারা ঐ শ্রেণির পেস্টনাশকদের প্রতিরোধ করতে পারে ফলে ঐ পেস্টনাশকগুলো অক্ষম হয়ে পড়ে। তাই ডিডিটির

প্রতি পোকামাকড়ের প্রতিরোধ ক্ষমতা বৃদ্ধি পাওয়ায় কীটনাশক উৎপাদনকারী শিল্প থেকে জৈব বিষাক্ত পদার্থ যেমন অ্যালার্ড্রিন এবং ডাই অ্যালার্ড্রিনকে বাজারজাত করা হয়েছে। অধিকাংশ জৈব বিষাক্ত পদার্থগুলো জলে অদ্রবণীয় এবং জৈব অবিয়োজ্য। এই উচ্চস্থায়ী বিষাক্ত পদার্থ খাদ্য শৃঙ্খলের মাধ্যমে নিম্নট্রপিক স্তর থেকে উচ্চট্রপিক স্তরে স্থানান্তরিত হয় (ছবি-14.3)। সময়ের সাথে সাথে উচ্চস্তরের প্রাণীগুলোতে বিষাক্ত পদার্থের গাঢ়ত্ব এমন একটি মাত্রায় পৌঁছায় যার ফলে গুরুতর বিপাকীয় রোগ এবং মানসিক ভারসাম্যহীনতার সৃষ্টি করে।

ক্লোরিনযুক্ত জৈব বিষাক্তগুলোর উচ্চ স্থায়িত্বের কারণে বিকল্পরূপে জৈব ফসফেট এবং কার্বামেট নামক অপেক্ষাকৃত কম স্থায়ী এবং অধিক জৈব বিভাজ্য পদার্থ বাজারজাত করা হয়েছে। কিন্তু এই রাসায়নিকগুলো স্নায়ুর জন্য খুবই বিষাক্তকর এবং সেজন্য মানুষের জন্য অধিকতর ক্ষতিকর। ফলস্বরূপ, কৃষিক্ষেত্রের শ্রমিকদের মধ্যে পেস্টনাশক সম্পর্কিত মৃত্যুর কিছু তথ্য রয়েছে। কীটপতঙ্গগুলো এ ধরনের কীটনাশকগুলোর প্রতিরোধী হয়ে উঠেছে। কীটনাশক শিল্প এখন নতুন শ্রেণির কীটনাশক তৈরিতে মনোনিবেশ করছে। কিন্তু আমাদের ভাবতে হবে পতঙ্গ ভীতি থেকে রক্ষা পাওয়ার এটি কি একমাত্র সমাধান? বর্তমানে কীটনাশক শিল্প সোডিয়াম ক্লোরেট (NaClO_3), সোডিয়াম আর্সেনাইট (Na_3AsO_3) এবং আরো অনেক ধরনের আগাছানাশক উৎপাদনে মনোনিবেশ করেছে। বিগত শতাব্দীর প্রথমার্ধে যান্ত্রিক পদ্ধতি থেকে রাসায়নিক পদ্ধতিতে আগাছা নিয়ন্ত্রণ ব্যবস্থার পরিবর্তনের ফলে এ শিল্পের অর্থনৈতিক বাজার খুবই প্রসার লাভ করে। কিন্তু মনে রাখতে হবে এগুলো আবার পরিবেশবান্ধব নয়।

বেশিরভাগ আগাছানাশকগুলো স্তন্যপায়ীদের জন্য বিষাক্ত কিন্তু জৈব ক্লোরাইডের মতো স্থায়ী হয় না। এই রাসায়নিকগুলো কয়েক মাসের মধ্যেই বিয়োজিত হয়। জৈব ক্লোরাইডের মতো এগুলো সহজেই খাদ্য শৃঙ্খলে প্রবেশ করে ঘনীভূত হয়ে যায়। কিছু আগাছানাশক জন্মগত ত্রুটির কারণ হয়। গবেষণায় দেখা গেছে যে আগাছানাশক স্প্রে করা ভূট্টা ক্ষেত্রে পোকামাকড়ের আক্রমণ এবং উদ্ভিদের রোগ হাতের সাহায্যে আগাছামুক্ত করা ক্ষেতের তুলনায় বেশি হয়।

কীটনাশক এবং আগাছানাশকগুলো ব্যাপকভাবে ঘটিত রাসায়নিক দূষণের একটি ছোট অংশ মাত্র। রাসায়নিক এবং শিল্পপ্রক্রিয়াগুলোতে উৎপাদনের জন্য নিয়মিত ভাবে ব্যবহৃত অন্যান্য যৌগগুলোর একটি বড় অংশ অবশেষে বায়ুমণ্ডলে একটি রূপে বা বিভিন্নরূপে নির্গত হয়।

14.5 শিল্পবর্জ্য (Industrial Waste) :

শিল্পজাত কঠিন বর্জ্যগুলোকে জীবাণু বিয়োজ্য এবং জীবাণু অবিয়োজ্য বর্জ্য রূপে আলাদা করা হয়। জীবাণু বিয়োজ্য বর্জ্যগুলো তুলো মিল,

তুমি কি বর্জ্য পুনর্ব্যবহার সম্পর্কে জানো ? (Do you know about waste recycling)

- * প্লাস্টিক বর্জ্য থেকে প্রাপ্ত জ্বালানীর অক্টেন রেটিং উঁচুমানের হয়। এর মধ্যে লেড থাকে না এবং এটি 'সবুজ জ্বালানী' নামে পরিচিত।
- * সাম্প্রতিককালে রাসায়নিক এবং স্ট্রেক্টাইল শিল্পের বিকাশের কারণে প্লাস্টিক বর্জ্যকে পুনর্ব্যবহার করে কাপড় তৈরি করা যাবে। এগুলো অতিশীঘ্রই বিশ্বের বস্ত্র বাজারে পাওয়া যাবে।
- * ভারতে, আমাদের নগর ও শহরগুলোতে দীর্ঘসময়ব্যাপী বিদ্যুৎ পরিবাহী ব্যবস্থা বন্ধের সম্মুখীন হতে হয়। আমরা এখানে সেখানে স্ফূপীকৃত পচনশীল আবর্জনা দেখতে পাই। একটি ভাল সংবাদ হল যে আমরা একই সঙ্গে উভয় প্রকার সমস্যা থেকে পরিত্রাণ পেতে পারি। আবর্জনা থেকে বিদ্যুৎ উৎপাদনের উন্নত প্রযুক্তি আবিষ্কার করা হয়েছে। একটি পাইলট প্ল্যান্ট স্থাপন করা হয়েছে, যেখানে লৌহঘটিত ধাতু, প্লাস্টিক, গ্লাস, কাগজ প্রভৃতিকে বর্জ্য থেকে অপসারণের পর বর্জ্যকে জলে মিশ্রিত করা হয়। তারপর মিথেন উৎপাদনের জন্য এটিকে ব্যাকটেরিয়ার দ্বারা কালচার করা হয়, যা সাধারণত বায়োগ্যাস নামে পরিচিত। অবশিষ্ট পণ্য সার হিসাবে ব্যবহৃত হয় এবং বায়োগ্যাস বিদ্যুৎ উৎপাদনে ব্যবহার করা হয়।

খাদ্য প্রক্রিয়াকরণ ইউনিট, কাগজের মিল এবং স্ট্রেক্টাইল কারখানায় উৎপন্ন হয়।

তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্র যেগুলো থেকে ফ্লাই অ্যাশ (Flyash) তৈরি হয়; সমন্বিত লোহা (integrated iron) এবং স্টীল উৎপাদন কেন্দ্র যা থেকে মারুৎচুল্লীর ধাতুমল এবং ইস্পাত গলানোর ফলে ধাতুমল ইত্যাদি জৈব অবিয়োজ্য বর্জ্য তৈরি করে। অ্যালুমিনিয়াম, দস্তা এবং কপার উৎপাদনকারী কারখানাতে কাঁদা এবং জঁজাল (tailings) উৎপন্ন হয়। সার উৎপাদন কেন্দ্রগুলো থেকে জিপসাম উৎপন্ন হয়। যে সকল শিল্পকারখানা গুলোতে ধাতু, রাসায়নিক দ্রব্যাদি, ড্রাগ, ঔষধ, রঞ্জক, কীটনাশক, রাবারের জিনিস ইত্যাদি তৈরি হয় সেখান থেকে বিপদজনক বর্জ্য যেমন দাহ্য পদার্থ, যৌগিক বিস্ফোরক বা অত্যন্ত সক্রিয় পদার্থ সৃষ্টি হয়।

অবিয়োজ্য শিল্পজাত কঠিন বর্জ্যগুলোর নিষ্কাশনে, যদি সঠিক ও উপযুক্ত পদ্ধতি ব্যবহার না করা হয় তবে সেটি পরিবেশের জন্য বিপদজনক হতে পারে। নতুন আবিষ্কারের মাধ্যমে বর্জ্য পদার্থগুলোকে অন্যভাবে ব্যবহার করা সম্ভব হয়েছে। আজকাল ইস্পাত শিল্প থেকে প্রাপ্ত ফ্লাই অ্যাশ এবং ধাতুমল সিমেন্ট শিল্পে ব্যবহার করা হয়। বেশি পরিমাণে উৎপন্ন বিষাক্ত বর্জ্যগুলোর নিয়ন্ত্রিত ভস্মীকরণ দ্বারা ধ্বংস করা হয়, আর কম পরিমাণে উৎপন্ন বিষাক্ত বর্জ্যগুলোকে খোলা জায়গায় কলকারখানার বর্জ্যের সঙ্গে পুড়িয়ে



(এক কদম স্বচ্ছতা কী ওর)

ফেলা হয়। কিন্তু কঠিন বর্জ্যগুলোকে যদি সঠিকভাবে তদারকি না করা হয় তবে সেগুলো পরিবেশের বিভিন্ন উপাদানের ক্ষতি করে।

14.6 পরিবেশ দূষণ নিয়ন্ত্রণের কৌশল (Strategies to control Environmental Pollution) :

এই অধ্যায়ে বায়ু, জল, মাটি এবং শিল্প বর্জ্যের দূষণ অধ্যয়নের পর, এখন তুমি নিশ্চয়ই পরিবেশ দূষণ নিয়ন্ত্রণের প্রয়োজন অনুভব করতে শুরু করেছ। কীভাবে তুমি তোমার আশেপাশের পরিবেশকে সংরক্ষণ করতে পারবে? তুমি তোমার আশে পাশে বায়ু, জল, মাটি এবং শিল্প বর্জ্য দূষণ নিয়ন্ত্রণের জন্য যে সমস্ত ব্যবস্থা বা কাজগুলো করতে চাও সেগুলো সম্পর্কে চিন্তা করো। এখানে বর্জ্য ব্যবস্থাপনার কৌশল সম্পর্কে একটি ধারণা দেওয়া হল।

14.6.1 বর্জ্য ব্যবস্থাপনা (Waste Management) :

তোমার বাড়িতে আবর্জনা বাঞ্ছা যে কঠিন বর্জ্য তোমরা দেখতে পাও সেটিই একমাত্র বর্জ্য নয়। বাড়িঘরের আবর্জনা ছাড়াও চিকিৎসা, কৃষি, শিল্প ও খনির বর্জ্যও আছে। বর্জ্যের সঠিকভাবে অপসারণ না হওয়া পরিবেশ দূষণের একটি প্রধান কারণ। তাই বর্জ্য ব্যবস্থাপনা একটি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ বিষয়।

সংগ্রহ এবং বন্দোবস্ত (Collection and Disposal) :

গৃহস্থালী বর্জ্য ছোটো পাত্রে সংগ্রহ করা হয় যা তারপর বেসরকারি বা পৌরকর্মচারীদের দ্বারা ময়লা রাখার নির্দিষ্ট স্থানে জমা করা হয়। এরপর উপরোক্ত স্থান থেকে এদের সংগ্রহ করে নিষ্পত্তিযোগ্য স্থানে বহন করে নিয়ে যাওয়া হয়। এই স্থানে বর্জ্য পদার্থকে জৈববিয়োজ্য এবং জৈব অবিয়োজ্য পদার্থে পৃথক করা হয়। জৈব

অবিয়োজ্য পদার্থ যেমন প্লাস্টিক, কাচ, ধাতুর স্ক্র্যাপ প্রভৃতিকে পুনঃব্যবহার যোগ্যের জন্য পাঠানো হয়। জৈব বিয়োজ্য বর্জ্য গুলো জমি ভরাটের জন্য জমা করা হয় এবং জৈবসারে রূপান্তরিত করা হয়।

যদি বর্জ্য আবর্জনার পাত্র সংগ্রহ না করা হয়, এটি নর্দমায় চলে যায়। এদের মধ্যে কিছু গবাদি পশুরা খেয়ে ফেলে। পলিথিন ব্যাগ, ধাতুর স্ক্র্যাপ প্রভৃতির মতো জৈব অবিয়োজ্য বর্জ্যগুলো নর্দমাতে অবরুদ্ধ করে এবং অসুবিধার কারণ হয়। গবাদি পশু পলিথিন ব্যাগ গিলে ফেললে এমনকি তাদের জীবনও বিপন্ন হতে পারে।

তাই স্বাভাবিকভাবেই, সমস্ত গার্হস্থ্য বর্জ্য সঠিকভাবে সংগ্রহ করা এবং অপসারণ করা উচিত। দুর্বল বর্জ্য ব্যবস্থাপনার কারণে ভূগর্ভস্থ জল দূষিত হয় যার কারণে ভৌম্য জলের দূষণে স্বাস্থ্য সমস্যা সৃষ্টি হয় যা মহামারির রূপও নিতে পারে। এটি বিশেষভাবে বিপদজনক তাদের জন্য যারা সরাসরি বর্জ্যের সংস্পর্শে আসে যেমন যারা আবর্জনা তুলে এবং বর্জ্য অপসারণে জড়িত কর্মীরা, যারা প্রতিরক্ষামূলক যন্ত্র যেমন গ্লাভস বা জল নিরোধক জুতো এবং

গ্যাস মাস্ক ছাড়াই বর্জ্য অপসারণ করে। তুমি তাদের জন্য কি করতে পারো?

14.7 সবুজ রসায়ন (Green Chemistry) :

14.7.1 ভূমিকা (Introduction) :

এটি সকলের জানা যে বিংশ শতাব্দীর শেষের দিকে ভারতবর্ষ সার, কীটনাশক এবং উন্নত কৃষি পদ্ধতির প্রয়োগ, উন্নতমানের বীজ, জলসেচ প্রভৃতি ব্যবহার করে খাদ্যে স্বয়ংসম্পূর্ণতা অর্জন করেছে। কিন্তু মাটির অত্যধিক প্রয়োগ এবং সার ও কীটনাশকের অত্যধিক ব্যবহারের ফলস্বরূপ মাটি, জল এবং বায়ুর দূষণ ঘটছে।

উন্নয়নশীল প্রক্রিয়ার ধারাকে বন্ধ করে এই সমস্যার সমাধান সম্ভব নয়। কিন্তু বিভিন্ন পদ্ধতির আবিষ্কার, পরিবেশ দূষণের হারকে কমিয়ে আনতে সাহায্য করবে। রসায়ন বিজ্ঞানের বর্তমান জ্ঞান ও নীতি এবং বিজ্ঞানের অন্যান্য জ্ঞানকে ব্যবহার করে পরিবেশের উপর ক্ষতিকারক প্রভাবকে কমিয়ে আনার বিশেষ চিন্তাভাবনাই হল সবুজ রসায়ন। সবুজ রসায়ন একটি উৎপাদন প্রক্রিয়া যা পরিবেশকে সর্বনিম্ন মাত্রায় দূষিত করবে বা ক্ষয় করবে। একটি প্রক্রিয়াকরণের সময় উৎপাদিত উপজাতগুলো যদি লাভজনক

নোবেল পুরস্কার প্রাপক সবুজ রসায়নবিদগণ



যেজ চাউবিন
Yves Chauvin



রবার্ট এইচ গ্রুবস
Robert H. Grubbs



রিচার্ড আর স্ক্রোক
Richard R. Schrock

যেজ চাউবিন (Yves Chauvin), ইনস্টিটিউট ফ্রাঙ্কোইজ ডি পেট্রল; রুহিল মালমাসন, ফ্রান্স; রবার্ট এইচ গ্রুবস (Robert H. Grubbs), ক্যালিফোর্নিয়া প্রযুক্তি প্রতিষ্ঠান (ক্যালটেক); পাসাডেনা (Pasadena) সিএ (CA), ইউ এস এ (USA) এবং রিচার্ড আর স্ক্রোক (Richard R. Schrock) ম্যাসাচুসেটস প্রযুক্তি প্রতিষ্ঠান (এম আই টি), কেমব্রিজ, এম এ (MA), ইউ এস এ (USA) বিজ্ঞানীগণ বিপদজনক বর্জ্য কমিয়ে নতুন রাসায়নিক পদার্থ সৃষ্টি বিষয়ক গবেষণার জন্য 2005 খ্রিস্টাব্দে রসায়নে নোবেল পুরস্কার লাভ করেছিলেন। এই তিন বিজ্ঞানী জৈব সংশ্লেষণের মেটাথেসিস পদ্ধতির উন্নতির জন্য, যা ন্যূনতম দম্পতিদের সঙ্গী পরিবর্তনের ঘটনা, দেখে রাজকীয় সুইডিস বিজ্ঞান একাডেমির খুব পছন্দ হয়েছিল, তেমনি একটি অণুর মধ্যে তার পরমাণুগুলোর পুনর্বিন্যাস সম্পর্কিত একটি পদ্ধতি। মেটাথেসিস পদ্ধতিটির ফার্মাসিউটিক্যালস, জৈবপ্রযুক্তি এবং খাদ্য উৎপাদন শিল্পে অসাধারণ সম্ভাবনা রয়েছে। যুগান্তকারী পরিবেশ বান্দব পলিমারগুলোর উন্নতিসাধনেও এটি ব্যবহৃত হয়।

বিশালসংখ্যক বিপদজনক বর্জ্যপদার্থের উৎপাদন কমিয়ে এটি 'সবুজ রসায়নের' জন্য গঠিত পদক্ষেপ গঠন করে। মেটাথেসিস মানুষ, সমাজ এবং পরিবেশের উপকারে মৌলিক বিজ্ঞানে কতটা গুরুত্বপূর্ণ তা একটি উদাহরণ।

ভাবে ব্যবহৃত না হয় তাহলে পরিবেশ দূষণের কারণ হয়। এ ধরনের প্রক্রিয়া শুধু পরিবেশে পরিপন্থিই নয়, অর্থনৈতিক দিক থেকেও ফলপ্রসূ নয়। বর্জ্য উৎপাদন এবং অপসারণ উভয়ই অর্থনৈতিক দিক থেকে লাভজনক নয়। উন্নয়নের কর্মসূচির সাথে সাথে রাসায়নিক বিপদ সমূহকে হ্রাস করার জন্য বর্তমান জ্ঞানের ব্যবহার সবুজ রসায়নের মূল ভিত্তি। তুমি কি সবুজ রসায়নের ধারণাটি বুঝতে পেরেছ? এটি ভালোভাবে জানা আছে যে জৈব দ্রাবক যেমন বেনজিন, টলুইন, কার্বন টেট্রা ক্লোরাইড প্রকৃতির খুবই বিষাক্ত। এদের ব্যবহার করার সময় সতর্কতা অবলম্বন করা উচিত।

তুমি জান একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হতে বিক্রিয়ক, ক্রিয়াশীল বিকারক এবং বিক্রিয়া মাধ্যম যার মধ্যে বিক্রিয়াটি ঘটে তার প্রয়োজন। কোনো বিক্রিয়ার সম্পূর্ণতা ভৌত শর্ত যেমন উষ্ণতা, চাপ এবং ব্যবহৃত অনুঘটকের উপর নির্ভর করে। পরিবেশ বাস্তব মাধ্যমের মধ্যে কোন একটি বিক্রিয়ার দ্বারা যদি সমস্ত বিক্রিয়ক পদার্থকে পরিবেশ বাস্তব বিক্রিয়াজাত পদার্থে পরিণত করা যায়, তবে পরিবেশে কোন রাসায়নিক দূষক প্রবেশ করতে পারবে না। সংশ্লেষণের সময় প্রারম্ভিক উপকরণ নির্বাচনে সতর্ক থাকা দরকার, যাতে এটি প্রায় ১০০ শতাংশ হারে উৎপাদিত পণ্যে রূপান্তরিত হয়। সংশ্লেষণের সময় সর্বোত্তম শর্তের প্রয়োগের দ্বারা এটি অর্জন করা যেতে পারে। কারণ জলের আপেক্ষিক তাপের মান বেশি এবং এটি কম উদ্বায়ী বলে জলীয় মাধ্যমে সংশ্লেষণ বিক্রিয়াগুলোকে সম্পন্ন করা হয়। জল অপেক্ষাকৃত সস্তা, অদাহ্য এবং এর কোনো ক্যান্সার সৃষ্টিকারী ধর্ম নেই।

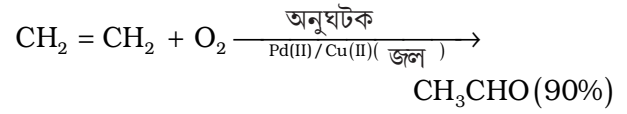
14.7.2 দৈনন্দিন জীবনে সবুজ রসায়ন (Green Chemistry in day-to-day life) :

i) পোশাক পরিচ্ছদের ড্রাই ওয়াশের জন্য (Dry cleaning of clothes) টেট্রাক্লোরোইথিন ($Cl_2C=CCl_2$) পূর্বে ড্রাই ওয়াশের জন্য দ্রাবক হিসাবে ব্যবহার করা হত। এই পদার্থটি ভূগর্ভস্থজলকে দূষিত করে এবং এর ক্যান্সার সৃষ্টিকারী ধর্ম রয়েছে বলে অনুমান করা হয়। বর্তমানে এই যৌগ ব্যবহার করার পদ্ধতিটি অন্য একটি পদ্ধতির দ্বারা পরিবর্তিত হয়েছে যেখানে তরলীকৃত কার্বন ডাই অক্সাইডের সঙ্গে উপযুক্ত ডিটারজেন্ট ব্যবহার করা হয়। তরল কার্বন ডাই অক্সাইড দ্বারা হ্যালোজেন যুক্ত দ্রাবকের অপসারণের ফলে ভূগর্ভস্থ জলের দূষণ কম হবে। আজকাল লব্ধিতে কাপড় চোপড় বিরঞ্জিত করার জন্য হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড (H_2O_2) ব্যবহৃত হয়। যা ভাল ফল দেয় এবং কম পরিমাণ জল ব্যবহৃত হয়।

ii) কাগজের বিরঞ্জন (Bleaching of Paper) :

পূর্বে কাগজের বিরঞ্জনের জন্য ক্লোরিং গ্যাস ব্যবহার করা হত। আজকাল হাইড্রোজেন পার অক্সাইডের সঙ্গে উপযুক্ত অনুঘটক ব্যবহার করা হয়, যা হাইড্রোজেন পার অক্সাইডের বিরঞ্জন ক্ষমতা বৃদ্ধি করে।

iii) রাসায়নিক দ্রব্যের সংশ্লেষণ (Synthesis of Chemicals) : বর্তমানে বাণিজ্যিকভাবে ইথিনকে জলীয় দ্রবণে আয়নীয় অণুঘটকের উপস্থিতিতে একটি ধাপে জারিত করে ইথান্যাল (CH_3CHO) প্রস্তুত করা হয় যেখানে উৎপাদনের পরিমাণ 90% হয়।



সংক্ষেপে, সবুজ রসায়ন হলো, অর্থনৈতিক দিক থেকে একটি শাস্ত্রীয় পদক্ষেপ যেখানে কম পদার্থের ব্যবহার, শক্তির কম শোষণ এবং কম পরিমাণ বর্জ্য উৎপন্ন হয়।

ভেবে দেখো

মনুষ্যজাতি হিসাবে পরিবেশ রক্ষা করার জন্য আমাদের কর্তব্য কী?

আমরা প্রত্যেকেই যদি পরিবেশ সংক্রান্ত কিছু সাধারণ জ্ঞান অনুসরণ করি, তবে সেটি আমাদের পরিবেশ এবং মানব জীবনের মান উন্নতিতে সাহায্য করবে। সব সময় তোমার বাগানে বা তোমার বাড়ির অন্য কোন স্থানে একটি গর্ত করে তার মধ্যে একটি টিন রাখবে এবং একে জৈব সার উৎপাদনের জন্য ব্যবহার করবে যাতে তোমার গাছপালার জন্য রাসায়নিক সারের ব্যবহার কমানো যায়। যখন তুমি মুদিখানার জিনিসপত্র, শাকসবজি বা অন্য কোন জিনিস কিনবে, তখন প্লাস্টিক ব্যাগ বর্জন করে কাপড়ের ব্যাগ ব্যবহার করো। তোমার এলাকার সকল খবরের কাগজ, কাচ, অ্যালুমিনিয়াম এবং অন্য জিনিসপত্রের যাতে পুনঃ ব্যবহার করা যায় সেই দিকে লক্ষ্য রাখো। আমাদের সেই রকম বিক্রেতাকে সনাক্ত করতে কিছু কষ্ট সহ্য করতে হবে। আমাদের অবশ্যই বুঝতে হবে যে প্রত্যেক সমস্যার সমাধান আমাদের কাছে নেই কিন্তু আমরা বিষয়গুলোর উপর মনোযোগ দিতে পারি, যা আমরা গভীরভাবে অনুভব করি এবং এর সম্পর্কে কিছু করতে পারি। আমাদের সতর্ক থাকতে হবে যাতে আমাদের ভাবনাচিন্তা এবং আচারের সঙ্গে বাস্তব আচরণের মিল থাকে। সর্বদা মনে রাখবে যে পরিবেশ সুরক্ষা আমাদের দিয়েই শুরু হবে।

সারসংক্ষেপ

পরিবেশ রসায়ন পরিবেশে একটি বিশেষ ভূমিকা পালন করে। পরিবেশে উপস্থিত রাসায়নিক পদার্থগুলো প্রাকৃতিক ভাবে বা মানুষের ক্রিয়াকলাপের ফলে সৃষ্টি। পরিবেশ দূষণ হলো আমাদের চারপাশের উপর অনভিপ্রেত পরিবর্তনের প্রভাব যা উদ্ভিদ, প্রাণী এবং মানুষের উপর খুব ক্ষতিকর প্রভাব সৃষ্টি করে। দূষকগুলো পদার্থের তিন অবস্থাতেই বর্তমান। আমরা শুধুমাত্র সেইসব দূষকের কথা আলোচনা করেছি, যা মানুষের ক্রিয়াকলাপের ফলে সৃষ্টি হয় এবং যাকে নিয়ন্ত্রিত করা যায়। বায়ুমণ্ডলীয় দূষণ সাধারণত ট্রোপোস্ফিয়ারিক, এবং স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারের দূষণরূপে অধ্যয়ন করা হয়। ট্রোপোস্ফিয়ার হল বায়ুমণ্ডলের সর্বনিম্নস্তর (~10km) যার মধ্যে মানুষের সঙ্গে উদ্ভিদসহ অন্যান্য জীবজন্তু বাস করে। অপরপক্ষে স্ট্র্যাটোস্ফিয়ার, ট্রোপোস্ফিয়ারের উপরে সমুদ্র পৃষ্ঠ থেকে প্রায় 50 কিলোমিটার উপর পর্যন্ত বিস্তৃত। ওজোন স্তর হলো স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারের একটি গুরুত্বপূর্ণ উপাদান। ট্রোপোস্ফিয়ারের দূষণ সাধারণত সালফার, নাইট্রোজেন, কার্বন, হ্যালোজেনের বিভিন্ন অক্সাইডের কারণে এবং এছাড়াও কণাধর্মী দূষকের কারণে হয়। গ্যাসীয় দূষণকারী উপাদানগুলো অল্পবৃষ্টিরূপে পৃথিবীতে নেমে আসে। পৃথিবীতে আসা সৌরশক্তির 75% পৃথিবী পৃষ্ঠ দ্বারা শোষিত হয় এবং বাকী অংশ বিকিরিত হয়ে বায়ুমণ্ডলে দিকে যায়। উপরে উল্লেখিত গ্যাসগুলো এই তাপকে ধরে রাখে ফলে গ্লোবাল ওয়ার্মিং বা বিশ্ব উন্মায়ন সৃষ্টি হয়। এটি উপলব্ধি করা খুবই গুরুত্বপূর্ণ যে এই গ্যাসগুলোই পৃথিবীতে জীবন ধারণের জন্য দায়ী কারণ এরা প্রয়োজনীয় পরিমাণ সৌরশক্তি শোষণ করে জীবনের অস্তিত্ব বজায় রাখে। গ্রিনহাউস গ্যাসগুলোর বৃদ্ধির ফলে পৃথিবীর বায়ুমণ্ডলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় যা নিয়ন্ত্রণ না করলে সম্ভবত মেরু অঞ্চলের বরফগুলো গলে যাবে এবং ফলস্বরূপ উপকূলীয় অঞ্চল ডুবে যাবে। মানুষের বিভিন্ন ক্রিয়াকলাপের ফলে রাসায়নিক পদার্থ সৃষ্টি হয়, যা স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারের ওজোনস্তরের অবক্ষয়ের জন্য দায়ী যার ফলে ওজোন গহ্বরের সৃষ্টি হয়। ওজোন ছিদ্র বা ওজোন গহ্বরের মধ্য দিয়ে অতিবেগুনি রশ্মি পৃথিবীর বায়ুমণ্ডলে প্রবেশ করতে পারে এবং জিনের পরিবর্তন ঘটাতে পারে। জলই জীবনের রসায়ন কিন্তু একই জল, যদি প্যাথোজেন, জৈব অপদ্রব্য, বিষাক্ত ভারী ধাতুসমূহ, পেস্টনাশক প্রভৃতি দ্বারা দূষিত হয়, তবে এটি বিষে পরিণত হবে। তাই পানীয় জলের বিশুদ্ধতার মাত্রা বজায় রাখার জন্য জলের আন্তর্জাতিক মান অনুসরণ করা আমাদের উচিত। শিল্প বর্জ্য এবং কীটনাশকগুলোর অত্যধিক ব্যবহারের ফলস্বরূপ জমি এবং জলের উৎসগুলো দূষিত হয়। কৃষিকার্যের জন্য প্রয়োজনীয় রাসায়নিক দ্রব্যগুলোর যথাযথ ব্যবহারের মাধ্যমে সুস্থায়ী উন্নয়ন সম্ভব। পরিবেশ দূষণ নিয়ন্ত্রণের জন্য কৌশলগুলো হলো —

- i) বর্জ্য ব্যবস্থাপনা অর্থাৎ বর্জ্য পদার্থের পরিমাণ হ্রাস করা এবং সঠিক নিষ্পত্তি, পদার্থ এবং শক্তির পুনর্ব্যবহার।
- ii) দৈনন্দিন জীবনে এমন পদ্ধতি গ্রহণ, যা পরিবেশ দূষণ হ্রাসে সাহায্য করে। দ্বিতীয় পদ্ধতি হলো রসায়নের একটি নতুন শাখা, যা বর্তমানে শৈশব অবস্থায় আছে যেটি সবুজ রসায়ন হিসাবে পরিচিত। এটি বর্তমান জ্ঞান এবং চর্চাগুলো ব্যবহার করে, দূষকের উৎপাদন হ্রাস করে।

অনুশীলনী

- 14.1 পরিবেশ রসায়নের সংজ্ঞা দাও।
- 14.2 100 শব্দের মধ্যে ট্রোপোস্ফিয়ারিক দূষণ ব্যাখ্যা করো।
- 14.3 কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাসের চেয়ে অধিক ক্ষতিকর কেন?
- 14.4 গ্রিনহাউস প্রভাবের জন্য দায়ী গ্যাসগুলোর নাম তালিকাবদ্ধ করো।
- 14.5 ভারতে ভাস্কর্য শিল্প এবং স্মৃতিস্তম্ভগুলো অল্পবৃষ্টি দ্বারা প্রভাবিত হয় - কীভাবে?
- 14.6 ধোঁয়াশা কী? কিভাবে সাধারণ ধোঁয়াশা, আলোক রাসায়নিক ধোঁয়াশা থেকে পৃথক?

- 14.7 আলোক রাসায়নিক খোঁয়াশা সৃষ্টির জন্য যে সকল রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হয় সেগুলি লেখো।
- 14.8 আলোক রাসায়নিক খোঁয়াশার ক্ষতিকারক প্রভাবগুলো কী কী? কীভাবে এদের নিয়ন্ত্রণ করবে?
- 14.9 স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে ওজোন স্তরের অবক্ষয়ের জন্য সংঘটিত বিক্রিয়াগুলো কী কী?
- 14.10 ওজোন গহ্বর বলতে কী বোঝ? এর ফলাফলগুলো কী কী?
- 14.11 জল দূষণের প্রধান কারণগুলো কী কী? ব্যাখ্যা করো।
- 14.12 তুমি কি কখনো তোমার এলাকায় জল দূষণ পর্যবেক্ষণ করেছ? এটি নিয়ন্ত্রণে তুমি কী ব্যবস্থা সুপারিশ করবে?
- 14.13 বায়োক্যামিক্যাল অক্সিজেন ডিম্যান্ড (B.O.D) বলতে কী বোঝ?
- 14.14 তুমি কি তোমার আশপাশে মৃত্তিকা দূষণ লক্ষ্য করেছ? তুমি মৃত্তিকা দূষণ নিয়ন্ত্রণে কী উদ্যোগ নেবে?
- 14.15 পেস্টিসাইড এবং আগাছা নাশক কী? উদাহরণসহ ব্যাখ্যা করো।
- 14.16 সবুজ রসায়ন বলতে কী বোঝ? এটি কীভাবে পরিবেশ দূষণ হ্রাসে সাহায্য করবে?
- 14.17 যদি পরিবেশের মধ্যে গ্রিনহাউস গ্যাসগুলো সম্পূর্ণরূপে অনুপস্থিত থাকে তখন কী ঘটবে? আলোচনা করো।
- 14.18 একটি হ্রদে হঠাৎ করে অনেকগুলো মৃত মাছ ভাসতে দেখা গেল। বিষাক্ত পদার্থের উপস্থিতির কোনো প্রমাণ পাওয়া গেলো না। কিন্তু প্রচুর পরিমাণে ফাইটোপ্লাঙ্কটনের অস্তিত্ব পাওয়া গেলো। মাছের মৃত্যুর একটি কারণ উল্লেখ করো।
- 14.19 গার্হস্থ্য বর্জ্য কিভাবে জৈব সার হিসাবে ব্যবহার করা যাবে?
- 14.20 তোমার কৃষিক্ষেত্র বা বাগানের জন্য তুমি একটি কম্পোস্ট পীট তৈরি কর। উত্তম উৎপাদনের জন্য দুর্গন্ধ, পোকামাকড়ের উপস্থিতি এবং বর্জ্য পদার্থের পূর্ণ ব্যবহারের আলোকে প্রক্রিয়াটি আলোচনা করো।

কিছু সংখ্যক নির্বাচিত সমস্যাবলীর উত্তরমালা

অষ্টম অধ্যায়

8.25 15 g

দ্বাদশ অধ্যায়

12.32 উৎপন্ন কার্বন ডাই অক্সাইডের ওজন = 0.505 g

উৎপন্ন জলের ওজন = 0.0864 g

12.33 নাইট্রোজেনের শতকরা পরিমাণ = 56

12.34 ক্লোরিনের শতকরা পরিমাণ = 37.57

12.35 সালফারের শতকরা পরিমাণ = 19.66

ত্রয়োদশ অধ্যায়

13.1 সমাপ্তিকরণ ধাপে পার্শ্ব বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন দুটি C_2H_3 মুক্ত মূলকের যুক্ত হওয়ার মাধ্যমে।

13.2 (a) 2-মিথাইল-বিউট-2-ইন

(b) পেন্ট-1-ইন-3-আইন

(c) বিউটা-1, 3-ডাইইন

(d) 4-ফিনাইল বিউট-1-ইন

(e) 2-মিথাইল ফেনল

(f) 5-(2-মিথাইল প্রোপাইল)-ডেকেন

(g) 4-ইথাইল ডেকা-1,5,8-ট্রাইইন

13.3 (a) (i) $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

বিউট-1-ইন

(ii) $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3$

বিউট-2-ইন

(iii) $\text{CH}_2 = \text{C} - \text{CH}_3$

2-মিথাইল প্রোপিন

(b) (i) $\text{HC} \equiv \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

পেন্ট-1-আইন

(ii) $\text{CH}_3 - \text{C} \equiv \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

পেন্ট-2-আইন

(iii) $\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{C} \equiv \text{CH}$

3-মিথাইল বিউট-1-আইন



13.4 (i) ইথান্যাল এবং প্রোপান্যাল

(ii) বিউটান-2-ওন এবং পেন্টান-2-ওন

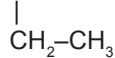
(iii) মিথান্যাল এবং পেন্টান-3-ওন

(iv) প্রোপান্যাল এবং বেঞ্জালডিহাইড

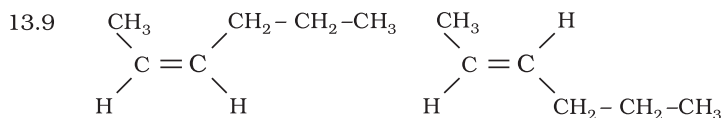
13.5 3-ইথাইন পেন্ট-2-ইন

13.6 বিউট-2-ইন

13.7 4-ইথাইল হেক্স-3-ইন

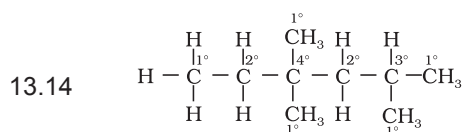
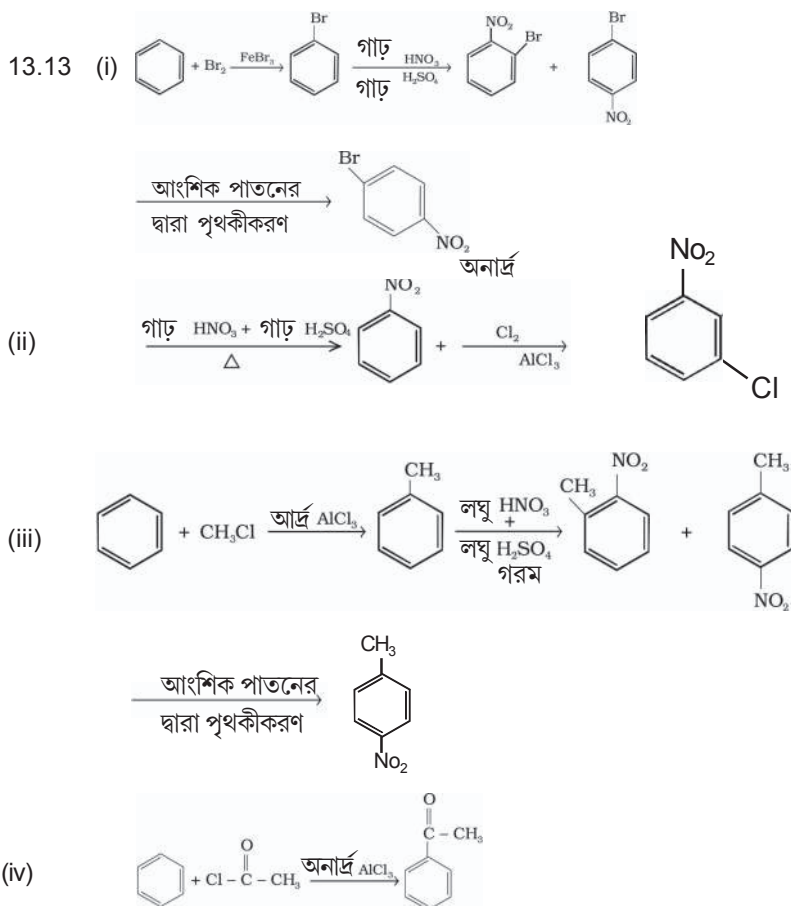
 $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ 

- 13.8 (a) $C_4H_{10}(g) + 13/2 O_2(g) \Delta \rightarrow 4CO_2(g) + 5H_2O(g)$
 (b) $C_3H_{10}(g) + 15/2 O_2(g) \Delta \rightarrow 5CO_2(g) + 5H_2O(g)$
 (c) $C_6H_{10}(g) + 17/2 O_2(g) \Delta \rightarrow 6CO_2(g) + 5H_2O(g)$
 (d) $C_7H_8(g) + 9 O_2(g) \Delta \rightarrow 7CO_2(g) + 4H_2O(g)$



সিস সমাংশটি অধিক ধ্রুবীয় প্রকৃতির হওয়ার কারণে এবং শক্তিশালি আন্তঃআণবিক ডাই পোল-ডাইপোল আকর্ষণ বল থাকার ফলে এর স্ফুটনাংক বেশি। তাই এদের পৃথক করতে অধিক শক্তির প্রয়োজন।

- 13.10 সম্পন্দনের কারণে।
 13.11 সমতলীয়, কনজুগেটেড বন্ড সিস্টেম, যেখানে $(4n+2) \pi$ ইলেকট্রনগুলো সঞ্চারিত হয়। যেখানে n হল অখণ্ড সংখ্যা।
 13.12 বন্ড সিস্টেমগুলোতে $(4n+2) \pi$ ইলেকট্রনগুলোর সঞ্চারিত না হওয়ার কারণে।



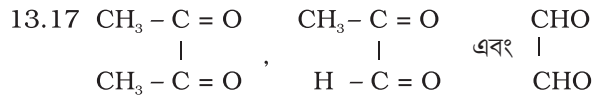
15টি H 1° কার্বন পরমাণুর সহিত যুক্ত।

4টি H 2° কার্বন পরমাণুর সহিত যুক্ত।

1টি H 3° কার্বন পরমাণুর সহিত যুক্ত।

13.15 অ্যালকেনের শাখাশৃঙ্খল বৃদ্ধি পেলে এর স্ফুটনাঙ্ক হ্রাস পায়।

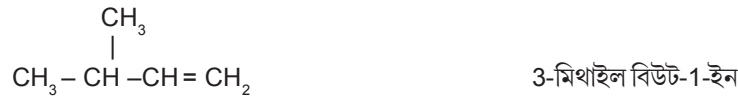
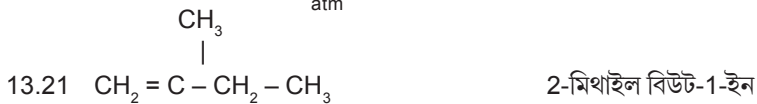
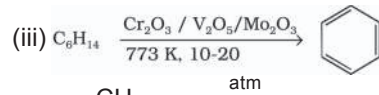
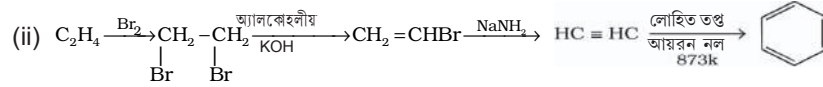
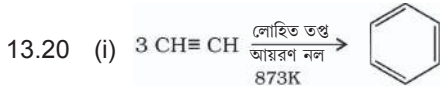
13.16 অসম্পৃক্ত অ্যালকিনের সহিত HBr এর যুত বিক্রিয়ার পাঠটি দেখো।



উপরের এই তিনটি বিক্রিয়াজাত পদার্থ কেকুলের কোন একটি গঠন আকৃতি থেকে পাওয়া যায় না। ইহা থেকে বোঝা যায় যে, বেঞ্জিন দুটি সংস্পন্দন গঠন চিত্রের সংস্পন্দন সংকর।

13.18 $\text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H} > \text{C}_6\text{H}_6 > \text{C}_6\text{H}_{14}$ - বেঞ্জিনে শতকরা 33 ভাগ এবং n-হেক্সেনে শতকরা 25 ভাগ s কক্ষক চরিত্রের তুলনায় ইথাইনের s কক্ষক চরিত্র (শতকরা 50 ভাগ) সর্বাধিক হওয়ার ফলে।

13.19 বেঞ্জিনে ছয়টি π ইলেকট্রনের উপস্থিতির ফলে ইহা ইলেকট্রনের উৎস রূপে আচরণ করে। তাই সহজে ইলেকট্রন ঘাটতি যুক্ত বিকারক বেঞ্জিনে আক্রমণ করে।



13.22 (a) ক্লোরোবেঞ্জিন > p-নাইট্রোক্লোরোবেঞ্জিন > 2,4-ডাইনাইট্রোক্লোরোবেঞ্জিন

(b) টলুইন > p-CH₃-C₆H₄-NO₂ > p-O₂N-C₆H₄-NO₂

13.23 টলুইন সহজে নাইট্রেশন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে কারণ মিথাইল মূলকের ইলেকট্রন দান করার প্রবণতার জন্য।

13.24 FeCl₃

13.25 বিক্রিয়ায় উপজাত পদার্থ উৎপন্ন হওয়ার কারণে। উদাহরণস্বরূপ 1-ব্রোমোপ্রোপেন এবং 1-ব্রোমোবিউটেনের বিক্রিয়ায় হেপ্টেনের পাশাপাশি হেক্সেন এবং অক্টেন উপজাত পদার্থ রূপে উৎপন্ন হয়।