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, এতদ্দ্বারা 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).

বিজ্ঞান

নবম শ্রেণির পাঠ্যবই

প্রস্তুতকরণ

জাতীয় শিক্ষা গবেষণা ও প্রশিক্ষণ পর্ষদ, নতুন দিল্লি

অনুবাদ ও অভিযোজন

রাজ্য শিক্ষা গবেষণা ও প্রশিক্ষণ পর্ষদ

ত্রিপুরা সরকার।

এন সি ই আর টি
অনুমোদিত
প্রথম বাংলা সংস্করণ

প্রথম প্রকাশ :
ডিসেম্বর, ২০১৮
পুনর্মুদ্রণ :
মার্চ, ২০20

©
এন সি ই আর টি কতৃক সর্বস্বত্ব সংরক্ষিত

বিজ্ঞান

নবম শ্রেণির পাঠ্যবই

(এন সি ই আর টি-র বিজ্ঞান পাঠ্যবইয়ের
২০১৭ সালের অনূদিত সংস্করণ)

প্রকাশক : রাজ্য শিক্ষা গবেষণা ও প্রশিক্ষণ পর্ষদ
ত্রিপুরা

প্রচ্ছদ : অরূপ চৌধুরী
প্রসাদ স্বরূপ রায়

মূল্য : **150**.০০ টাকা

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

অক্ষর বিন্যাস
লক্ষণ দেবনাথ
মরন চন্দ্র শীল
প্রসাদ স্বরূপ রায়

ভূমিকা

২০০৬ সাল থেকে রাজ্য শিক্ষা গবেষণা ও প্রশিক্ষণ পর্ষদ 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 পর্ষদের (এন সি ই আর টি) পাঠ্যপুস্তকসমূহ গ্রহণ করার সিদ্ধান্ত নেওয়া হয়।

বাংলা বিষয় ছাড়া অন্যান্য বিষয়গুলোর জন্য জাতীয় শিক্ষা গবেষণা ও প্রশিক্ষণ পর্ষদের 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 পর্ষদের 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 পর্ষদ 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 পর্ষদ
ত্রিপুরা

উপদেষ্টা

ড. অর্ণব সেন, সহঅধ্যাপক, এন ই আর আই ই, শিলং
ড. অরূপ কুমার সাহা, সহঅধ্যাপক, আর আই ই, ভুবনেশ্বর

অনুবাদক

শ্রী শৈবাল রায়, শিক্ষক
শ্রী সুভাষ চন্দ্র দাস, শিক্ষক
শ্রী বিশ্বজিৎ চৌধুরী, শিক্ষক
শ্রী গৌতম রায়বর্মণ, শিক্ষক
শ্রী নন্দদুলাল চৌধুরী, শিক্ষক
শ্রী নেপাল চন্দ্র ভৌমিক, সহ প্রধানশিক্ষক
শ্রী দেবপ্রিয় চক্রবর্ত্তী, শিক্ষক
শ্রীমতি শীলা গণ চৌধুরী, শিক্ষিকা

ড. গৌরব রায়, সহঅধ্যাপক
শ্রীমতি পান্না চক্রবর্তী, প্রধানশিক্ষিকা
শ্রী অভিজিৎ চক্রবর্তী, শিক্ষক
শ্রীমতি পুর্বিতা সরকার, শিক্ষিকা
শ্রীমতি পৌলমী ভট্টাচার্য, শিক্ষিকা

শ্রী রণজিৎ কুমার দেবনাথ, (প্রাক্তন বিদ্যালয় শিক্ষা অধিকর্তা)
ড. অলক সতপথি, অধ্যাপক
শ্রী দিব্যেন্দু বিকাশ সেন, শিক্ষক
শ্রী স্বপন মজুমদার, শিক্ষক
শ্রী অমল চন্দ্র নাথ, শিক্ষক
শ্রী পংকজ কুমার দাশ, শিক্ষক
শ্রী মলয় ভৌমিক, প্রধান শিক্ষক
শ্রী সঞ্জয় দেবনাথ, শিক্ষক
শ্রী সবিতা ভৌমিক, শিক্ষিকা
শ্রী কাকলি দাশ, শিক্ষিকা

পরিমার্জনায়

শ্রী প্রবুদ্ধসুন্দর কর, শিক্ষক
শ্রী আশিস দেবনাথ, শিক্ষক
শ্রী সুপ্রিয় চক্রবর্তী, শিক্ষক

সার্বিক পর্যবেক্ষণ

শ্রী দীপক কুমার সিন্হা
শাখা সঞ্চালক, প্রকাশনা বিভাগ
এস সি ই আর টি, ত্রিপুরা।

প্রাক্‌কথন

জাতীয় পাঠ্যক্রমের রূপরেখা (NCF), 2005 সুপারিশ করে যে, শিশুদের স্কুল জীবনের সঙ্গে তাদের স্কুলের বাইরের জীবনের মধ্যে অবশ্যই সংযোগ থাকা প্রয়োজন। পরম্পরাগতভাবে চলে আসা পুথিগত শিক্ষা ব্যবস্থায় বিদ্যালয়, বাড়ি এবং সমাজের মধ্যে যে দূরত্ব তৈরি হয় তা থেকে বেরিয়ে আসতে এই নীতি উল্লেখ করে। মূলত এই ভাবনাকে বাস্তবে রূপদান করার লক্ষ্যে জাতীয় পাঠ্যক্রমের রূপরেখার উপর ভিত্তি করে পাঠ্যক্রম ও পাঠ্যবইয়ের উন্নতিসাধন করা হয়েছে। শিশুরা যাতে মুখস্থ না করে এবং বিভিন্ন বিষয়ের গণ্ডিতে আবদ্ধ না থাকে তারও উদ্যোগ নেওয়া হয়। আমরা আশা করি এই উদ্যোগ আমাদেরকে জাতীয় শিক্ষানীতি (১৯৮৬) রূপরেখায় উল্লিখিত শিশুকেন্দ্রিক শিক্ষার দিকে যথাযথভাবে নিয়ে যাবে।

তবে এই প্রচেষ্টার সাফল্য নির্ভর করে বিদ্যালয় প্রধান এবং অন্যান্য শিক্ষক/শিক্ষিকাদের উপর, যারা শিশুদের নিজস্ব কল্পনাগুলোকে প্রয়োগ করতে এবং প্রশ্ন করতে উৎসাহিত করবেন। আমাদের উপলব্ধি করতে হবে, শিশুদেরকে যদি স্থান, সময় ও স্বাধীনতা দেওয়া হয় তবে তারা বড়োদের থেকে প্রাপ্ত তথ্যের ভিত্তিতে নতুন জ্ঞানার্জন করতে পারবে। একমাত্র পাঠ্যবই হল পরীক্ষার মূল ভিত্তি — এই ধারণাই শিক্ষার অন্যান্য দিক্‌গুলো উপেক্ষিত হওয়ার অন্যতম একটি কারণ। শিশুদের মধ্যে সৃজনশীলতার বিকাশ এবং উদ্যোগ সম্ভবপর হবে যদি আমরা উপলব্ধি করি এবং ভাবি যে, শিশুরা শিখন প্রক্রিয়ায় শুধু জ্ঞানের গ্রহীতাই নয়, অংশীদারও।

এই লক্ষ্য পূরণ করতে গেলে বিদ্যালয়ের দৈনন্দিন ক্রিয়াকলাপ এবং ব্যবস্থাপনাকে পরিবর্তন করতে হবে। বিদ্যালয়ে দৈনন্দিন সময়সূচি যেমন নমনীয় হওয়া উচিত তেমনি বার্ষিক কর্মসূচিও এমনভাবে হওয়া উচিত যাতে প্রকৃত শিক্ষাদানের নির্ধারিত দিনগুলো শিক্ষাদানের কাজেই ব্যয়িত হয়। এই পাঠ্যক্রম চাপ ও একঘেয়েমির বদলে শিশুদের স্কুলজীবনকে কতটা আনন্দদায়ক করে তুলবে তা শিক্ষাদান পদ্ধতি ও মূল্যায়ন

পদ্ধতির উপরও নির্ভর করবে। শিক্ষাদানের প্রদত্ত সময় ও শিশুদের মানসিক বিকাশের কথা মাথায় রেখে প্রতিটি স্তরের পাঠ্যবইয়ের অন্তর্গত শিক্ষার বিষয়গুলোর এক নতুন দৃষ্টিভঙ্গি নিয়ে রূপান্তর যা পাঠ্যক্রমের বোঝার কথা মাথায় রেখে পাঠ্যক্রম পূনর্গঠন করেন। শিশুদের চিন্তাভাবনার সুযোগ সৃষ্টি করতে, ছোটো ছোটো দলে বিভক্ত হয়ে আলোচনার সুযোগ তৈরি করতে এবং হাতেকলমে শিক্ষার উপর অধিক গুরুত্ব দিতে পাঠ্যবই ভূমিকা নিতে পারে।

পাঠ্যবই উন্নয়নকল্পে দায়িত্বপ্রাপ্ত কমিটির সদস্যদেরকে তাদের কঠোর পরিশ্রমের জন্য জাতীয় শিক্ষা প্রশিক্ষণ পর্ষদ (NCERT) প্রশংসা করছে। এই কমিটির কার্যকলাপকে সঠিক পথে চলতে নির্দেশ দানের জন্য বিজ্ঞান ও গণিতের উপদেষ্টা কমিটির চেয়ারপার্সন অধ্যাপক জে ভি নারলিকার এবং এই পাঠ্যবইয়ের মূখ্য উপদেষ্টা অধ্যাপক রূপামাঞ্জরী ঘোষ, ভৌত বিজ্ঞান বিভাগ-জওহরলাল নেহেরু বিশ্ববিদ্যালয়, নিউ দিল্লিকে ধন্যবাদ জ্ঞাপন করছি। যে সকল শিক্ষক/শিক্ষিকা এই বইয়ের উন্নতিকল্পে সাহায্য করেছেন এবং তাঁদের বিদ্যালয় প্রধান - যাঁদের সাহায্যে কাজটি বাস্তবায়িত হয়েছে তাঁদের সকলের কাছে আমরা কৃতজ্ঞ। এই পাঠ্যবই তৈরির ক্ষেত্রে যেসকল প্রতিষ্ঠান এবং সংগঠন তাঁদের সম্পদ, উপাদান এবং লোকবল দিয়ে উদারহস্তে সাহায্য করেছেন তাঁদের কাছেও আমার ঋণী। মানব সম্পদ উন্নয়ন মন্ত্রকের চেয়ারপার্সন অধ্যাপক মৃণাল মিরি এবং অধ্যাপক জে পি দেশপান্ডের তত্ত্বাবধানে মাধ্যমিক ও উচ্চ-মাধ্যমিক শিক্ষা বিভাগ দ্বারা নিযুক্ত 'জাতীয় পর্যবেক্ষণ সমিতি-র সদস্যদের বহুমূল্য সময় প্রদান ও তাঁদের অবদানের জন্য আমরা বিশেষভাবে কৃতজ্ঞ। নিজেদের প্রকাশনা এবং গুণগত মান উন্নয়নের কাজে নিয়োজিত NCERT কর্তৃপক্ষ সর্বদা পাঠকদের মতামত ও পরামর্শকে স্বাগত জানায় যাতে ভবিষ্যতে পাঠ্যবই সংশোধনী প্রক্রিয়াগুলো সফলভাবে সম্পাদন হতে পারে।

নিউ দিল্লি
২০ ডিসেম্বর, ২০০৫

অধিকর্তা
জাতীয় শিক্ষা গবেষণা ও প্রশিক্ষণ পর্ষদ

Textbook Development Committee

Chairman, Advisory Group for textbooks in Science and Mathematics

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

Chief Advisor

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

Members

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

Anupam Pachauri, 1317, Sector 37, Faridabad, Haryana

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Uma Sudhir, Eklavya, Indore

Member-Coordinator

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

আমাদের জাতীয় সংগীত

জন-গণ-মন- অধিনায়ক, জয় হে
ভারত-ভাগ্য-বিধাতা!
পঞ্জাব-সিন্ধু-গুজরাট- মরাঠা
দ্রাবিড়-উৎকল-বঙ্গ
বিন্ধ্য-হিমাচল-যমুনা-গঙ্গা
উচ্ছল-জলধি-তরঙ্গ
তব শুভ নামে জাগে,
তব শুভ আশিস মাগে,
গাহে তব জয় গাথা।
জন-গণ-মঙ্গল-দায়ক জয় হে
ভারত-ভাগ্য-বিধাতা !
জয় হে, জয় হে, জয় হে,
জয় জয় জয়, জয় হে ॥

Our National Anthem, composed originally in Bangla by Rabindranath Tagore, was adopted in its Hindi version by the Constituent Assembly as the national anthem of India on 24 January 1950.

কৃতজ্ঞতা স্বীকার

পাঠ্যবই উন্নয়ন কমিটির সদস্যদের মধ্যে নবম শ্রেণির বিজ্ঞানের পাঠ্যবই উন্নয়নকল্পে নিম্নোক্ত যাঁরা অবদান রেখেছেন তাদেরকে জাতীয় শিক্ষা গবেষণা এবং প্রশিক্ষণ পর্ষদ (NCERT) কৃতজ্ঞতা জ্ঞাপন করছে। পাঠ্যবইটির অন্তিম রূপদানের জন্য পর্যালোচনা কর্মশালায় অংশগ্রহণকারী সদস্য/সদস্যাদেরও পর্ষদ কৃতজ্ঞতা জ্ঞাপন করছে। সদস্যরা হলেন : পি কে ভট্টাচার্য্য, DESM, NCERT; অনিতা জুলকা, Reader, DESM, NCERT; তৌসিফ আহমেদ, PGT, New Era Sr. Sec School, নিউ দিল্লি; সমরকেতু, PGT, পদার্থবিদ্যা, JNV, MESRA, রাঁচি; মীনাক্ষী শর্মা, PGT জীববিদ্যা, SVEM, আঙ্কেলেশ্বর, গুজরাট; রজি কামলাসানান, PGT জীববিদ্যা, DTEA SNSU School, আর কে পুরম, নিউ দিল্লি; মীনামবিকা মেনন, TGT বিজ্ঞান, কেমব্রিজ বিদ্যালয়, নয়ডা; ললিত গুপ্তা, TGT বিজ্ঞান, Govt. Boys Sr. Sec School, No.2, উত্তমনগর, নিউ দিল্লি; মনোজ কুমার গুপ্তা, রসায়ন বিদ্যার অধ্যাপক, Mukherji Memorial Sr. Sec. School, Shahdara, দিল্লি; বিজয় কুমার, সহকারী অধ্যক্ষ, Govt. Sarvodaya, Co. Edu. Sr. Sec School, আনন্দ বিহার, দিল্লি; কান্হাইয়া লাল, প্রাক্তন অধ্যক্ষ, শিক্ষাবিজ্ঞান, GNCT, দিল্লি; কে বি গুপ্তা, প্রাক্তন অধ্যাপক, NCERT, নিউ দিল্লি; কুলদীপ সিং, TGT বিজ্ঞান, JNV, মীরাট; আর এ গোয়েল, প্রাক্তন অধ্যক্ষ, দিল্লি; সুমিত কুমার ভাটনাগর, শিক্ষাবিভাগ, GNCT দিল্লি।

এম চন্দ্র, অধ্যাপক এবং বিজ্ঞান ও গণিত শিক্ষা বিভাগের প্রধান, NCERT, নিউ দিল্লি, অধ্যয়ন বিষয়ক ও প্রশাসনিক সহায়তা প্রদানের জন্য তাঁর প্রতি কৃতজ্ঞতা জ্ঞাপন করা হচ্ছে। DESM এর APC অফিস, DESM এর প্রশাসনিক বিভাগ, দীপক কাপুর (Incharge computer centre, DESM); সাইমা (DTP, Operator), মহম্মদ কুয়ামার টেবরেজ (Copy Editor) ম্যাথু জন এবং রণধীর ঠাকুর, (Proof Readers), এদের সহায়তা প্রদানের জন্য পরিষদ তাঁদেরকেও কৃতজ্ঞচিত্তে কৃতজ্ঞতা প্রকাশ করছে। NCERT -র প্রকাশনা সংস্থার অভূতপূর্ব প্রয়াস অবশ্যই প্রশংসনীয়।

সত্যানুসন্ধান

প্রকৃত শিক্ষা তাই যা আমাদেরকে আত্মা, আমাদের আত্মসততা, ঈশ্বর এবং সত্যকে জানতে সাহায্য করে। এই জ্ঞান অর্জন করতে কেউ কেউ সাহিত্য পাঠের প্রয়োজনীয়তা অনুভব করেন, কেউ শারীরবিজ্ঞান পাঠের প্রয়োজনীয়তা এবং কেউ কেউ কলা অধ্যয়নের প্রয়োজনীয়তা অনুভব করেন। কিন্তু জ্ঞানের প্রতিটি শাখার একটি নির্দ্দিষ্ট লক্ষ্য থাকা উচিত। আত্মজ্ঞান, যা আশ্রমে থাকে। এই লক্ষ্যে আমরা অজস্র তৎপরতা চালিয়ে যাই। এই সবই আমার দৃষ্টিতে সত্যিকারের শিক্ষা। আত্মজ্ঞানের লক্ষ্য ছাড়াও এইসব তৎপরতা চালিয়ে যাওয়া যেতে পারে। যখনই এইসব তৎপরতা চালিয়ে যাওয়া হয়, তা হয়তো জীবিকার অথবা অন্য কিছুর উপায় হিসাবে কাজ করতে পারে, কিন্তু তা শিক্ষা নয়। শিক্ষার মতো একটি কাজ চালিয়ে যাওয়ার ক্ষেত্রে তার যথাযথ অর্থ বোঝা, কর্তব্যের প্রতি নিষ্ঠা এবং কাজের উদ্যম প্রয়োজনীয়। প্রথমত যা আবশ্যিকভাবে প্রকাশ পায় তা বুদ্ধিসত্তার বিকাশ। যে-কোনো কাজ করতে গেলে, তা যতই ছোটো হোক না কেন, একটি পবিত্র লক্ষ্য দ্বারা আমাদের অনুপ্রাণিত হওয়া উচিত, কাজটি করার সময় আমাদের বোঝার চেষ্টা করা উচিত সেই উদ্দেশ্যকে যা এটি সাধন করবে এবং তার বৈজ্ঞানিক পদ্ধতিকেও বোঝা উচিত। প্রত্যেক কাজের ধরনের একটি বিজ্ঞান রয়েছে — তা রান্নাই হোক, পরিচ্ছন্নতাই হোক, ছুতোরের কাজই হোক বা চরকা কাটাই হোক। প্রত্যেকেই যে শিক্ষার্থীর দৃষ্টিভঙ্গি নিয়ে কাজ করে সে ওই কাজের বিজ্ঞান জানে অথবা এটিকে আবিষ্কার করে।

— গুজরাটি মাইক্রোফিল্ম থেকে নেওয়া।

MMV/II, 10 জুলাই 1932 (CW 50, P.182)

... সত্যের প্রতি আমাদের বন্ধন অনুভব করে আমরা মৃত্যুর মধ্যে বাস করছি। সম্ভবত তা এরকম যে আমাদের জীবনের প্রতিটি ক্ষেত্রেই আমরা যেন আমাদের অনিশ্চিত অস্তিত্বের এবং বিপদের জ্ঞান থাকা সত্ত্বেও সম্পূর্ণ জীবনের উৎসের প্রতি উদাসীনভাবে পারদর্শী হয়ে আছি শুধুমাত্র বিস্ময়কর দাম্ভিকতার দ্বারা।

... যে-কোনো আকারে হোক না কেন আমার বুদ্ধিমত্তা যে-কোনো জীবন ধ্বংসের বিরুদ্ধে বিদ্রোহ করে। কিন্তু ধ্বংসাত্মক হিসাবে প্রমাণিত এরকম সৃষ্টির প্রতি বন্ধুত্বপূর্ণ হতে আমার হৃদয় তত শক্তিশালী নয়। আস্থার বিশ্বাসের ভাষা, যা প্রকৃত অভিজ্ঞতা থেকে আসে তা আমাকে ব্যর্থ করে এবং এটি সেই দীর্ঘসময় পর্যন্ত চলতেই থাকে যতক্ষণ আমি কাপুরুষের মতো সাপ, বাঘ ইত্যাদি জীবজন্তুদের দ্বারা ভীত থাকি।

(YI, 17 জুলাই, 1927, P.222)

সূচিপত্র

অধ্যায় :	1	আমাদের চারপাশের পদার্থ	1 – 13
অধ্যায় :	2	আমাদের চারপাশের পদার্থ কি বিশুদ্ধ?	14 – 30
অধ্যায় :	3	পরমাণু ও অণু	31 – 45
অধ্যায় :	4	পরমাণুর গঠন	46 – 56
অধ্যায় :	5	জীবনের মৌলিক একক	57 – 67
অধ্যায় :	6	কলা	68 – 79
অধ্যায় :	7	জীবজগতে বৈচিত্র্য	80 – 97
অধ্যায় :	8	গতি	98 – 113
অধ্যায় :	9	বল এবং গতির সূত্রাবলি	114 – 130
অধ্যায় :	10	মহাকর্ষ	131 – 145
অধ্যায় :	11	কার্য এবং শক্তি	146 – 159
অধ্যায় :	12	শব্দ	160 – 175
অধ্যায় :	13	আমরা অসুস্থ হই কেন?	176 – 188
অধ্যায় :	14	প্রাকৃতিক সম্পদ	189 – 202
অধ্যায় :	15	খাদ্যসম্পদের উন্নতিসাধন	203 – 215
		উত্তরমালা	216 – 218

অধ্যায় 1

আমাদের চারপাশের পদার্থ
MATTER IN OUR SURROUNDINGS

আমরা যদি আমাদের চারপাশে তাকাই তাহলে বিভিন্ন রকমের জিনিস দেখতে পাই, যাদের আকার, আকৃতি এবং গঠন বিন্যাস ভিন্ন ভিন্ন। বিশ্বব্রহ্মাণ্ডের সমস্ত কিছুই কোনো না কোনো উপাদান দিয়ে তৈরি, বিজ্ঞানীরা যাদের নাম দিয়েছেন 'পদার্থ'। যে বাতাসে আমরা শ্বাসপ্রশ্বাস নেই, যে খাদ্য আমরা খাই, পাথর, মেঘ, নক্ষত্র, উদ্ভিদ, প্রাণী, এমনকি ক্ষুদ্র এক বিন্দু জল অথবা একটি বালিকণা সবকিছুই পদার্থ। আমরা এও দেখতে পাই যে, আমাদের চারপাশের যে সকল বস্তুর কথা উপরে বলা হয়েছে তারা প্রত্যেকেই জায়গা দখল করে থাকে এবং তাদের ভর আছে। অন্যভাবে বললে তাদের প্রত্যেকের ভর * এবং আয়তন ** দুইই আছে।

প্রাচীনকাল থেকেই মানুষ তার চারপাশকে জানার চেস্টা করে আসছে। প্রাচীন ভারতীয় দার্শনিকগণ পদার্থকে পাঁচটি মূল উপাদানে ভাগ করেছেন যাকে পঞ্চতত্ত্ব বলে। এগুলো হল — বায়ু, পৃথিবী, অগ্নি, আকাশ এবং জল। তাদের মতে সকল সজীব এবং জড় বস্তুই এই পাঁচটি মূল উপাদান দিয়ে তৈরি। প্রাচীন গ্রিক দার্শনিকগণও একইরকম ভাবে পদার্থের শ্রেণি বিভাগ করেছিলেন।

বর্তমানকালে বিজ্ঞানীরা পদার্থকে ভৌত ধর্ম এবং রাসায়নিক ধর্মের উপর ভিত্তি করে দুটি শ্রেণিতে ভাগ করেছেন।

এই অধ্যায়ে আমরা পদার্থকে তাদের ভৌত ধর্মের ভিত্তিতে জানবো। পদার্থের রাসায়নিক ধর্ম নিয়ে পরবর্তী অধ্যায়ে আলোচনা করা হবে।

1.1 পদার্থের ভৌত চরিত্র (PHYSICAL NATURE OF MATTER)

1.1.1. পদার্থ কণা দিয়ে তৈরি (MATTER IS MADE UP OF PARTICLES)

দীর্ঘকাল ধরে পদার্থের প্রকৃতি সম্পর্কে দুটো বিচারধারা চলে আসছে। একটি ধারা অনুযায়ী পদার্থ হলো কাঠের ব্লকের মতো নিরবিচ্ছিন্ন। অপর ধারা অনুযায়ী পদার্থ বালির মতো কণা দিয়ে তৈরি। পদার্থ কি নিরবিচ্ছিন্ন নাকি কণা দিয়ে তৈরি এই সিদ্ধান্ত নিতে চলো একটি পরীক্ষা করি।

কাজ _______________ *1.1*

- একটি 100 মিলিলিটার বিকার নাও।
- জল দিয়ে বিকারটিকে অর্ধেক ভর্তি করো এবং জলের উচ্চতা চিহ্নিত করো।
- কাচ দণ্ডের সাহায্যে এতে কিছু লবণ/চিনি দ্রবীভূত করো।
- জলের উচ্চতার কোনো পরিবর্তন হল কিনা লক্ষ করো।
- চিনি/লবণের কী হল? তুমি কী ভাবছ?
- এটি কোথায় হারিয়ে গেল?
- জলের উচ্চতার কোনো পরিবর্তন হল কি?

এই প্রশ্নগুলোর উত্তর পেতে হলে, পদার্থ কণা দিয়ে তৈরি এই ধারণাকে আমাদের কাজে লাগাতে হবে। চামচে চিনি বা লবণ যা ছিল তা জলের সর্বত্র ছড়িয়ে পড়েছে। চিত্র 1.1-এ তা দেখানো হয়েছে।

চিত্র নং ***1.1*** *: যখন আমরা জলে লবণ দ্রবীভূত করেছি, লবণের কণাগুলো জলের কণার ফাঁকে জায়গা করে নিয়েছে।*

1.1.2 পদার্থের কণাগুলো কতটা ক্ষুদ্র? (How small are these particles of matter?)

কাজ _______________ *1.2*

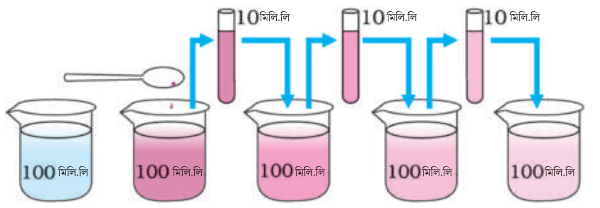
- পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের 2-3টি কেলাস নাও এবং 100 মিলিলিটার জলে দ্রবীভূত করো।

---

* ভরের SI একক হলো কিলোগ্রাম (Kilogram) বা kg

** আয়তনের SI একক হলো ঘনমিটার (Cubic meter)-m^3. সাধারণভাবে আয়তন মাপার একক হলো লিটার (L)। যেমন 1 লিটার = 1 ঘন ডেসিমিটার। 1 লিটার = 1000 মিলিলিটার। 1 মিলিলিটার = 1 ঘন সেমি।

- এই দ্রবণের প্রায় 10 মিলিলিটার তুলে নিয়ে তাতে 90 মিলিলিটার পরিষ্কার জলে ঢালো
- পুনরায় নতুন দ্রবণের 10 মিলিলিটার তুলে নিয়ে আবার 90 মিলিলিটার পরিষ্কার জলে ঢালো
- প্রক্রিয়াটি 5 থেকে 8 বার পুনরাবৃত্ত করে দ্রবণটিকে লঘু করতে থাকো।
- এখনও জল রঙিন আছে কি?



*চিত্র নং **1.2** ঃ পদার্থের কণাগুলো কত ক্ষুদ্র তা অনুমান করার পরীক্ষা। প্রতিবার লঘু করার পর রঙ হাল্কা হচ্ছিল তবুও দেখা যাচ্ছিল।*

এই পরীক্ষাটি থেকে বোঝা যাচ্ছে যে, পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের কিছু কেলাস বিশাল আয়তনের জলকেও (প্রায় 1000 লিটার) রঙিন করতে পারে। তাহলে আমরা এই সিদ্ধান্তে আসতে পারি যে, পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের ছোটো একটি কেলাসে পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের অসংখ্য কণা রয়েছে যারা দ্রবণে ক্ষুদ্র থেকে ক্ষুদ্রতর কণায় বিভাজিত হয়েছে।

এই পরীক্ষাটি পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের বদলে 2 মিলিলিটার ডেটল নিয়েও করা যেতে পারে। এতে প্রতিবার লঘুকরণের পরও দ্রবণে গন্ধ থেকে যাবে।

> পদার্থের কণাগুলো খুবই ক্ষুদ্র, আমরা যতটা ক্ষুদ্র কল্পনা করতে পারি, তার থেকেও ক্ষুদ্র!!!!

1.2. পদার্থের কণাগুলোর ধর্ম (Characteristics of Particles of Matter)

1.2.1 পদার্থের কণাগুলোর মধ্যে ফাঁকা স্থান বর্তমান Particles of matter have space between them)

কাজ — 1.1 এবং **1.2** -এ আমরা দেখেছি চিনি, লবণ, ডেটল বা পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট জলের মধ্যে সমানভাবে ছড়িয়ে পড়েছে। একইভাবে, যখন আমরা চা, কফি, লেবুর সরবত তৈরি করি তখনও একটি পদার্থের কণা অন্য পদার্থের কণাগুলোর ফাঁকে জায়গা করে নেয়। এতে বোঝা যায়, পদার্থের কণাগুলোর মধ্যে যথেষ্ট ফাঁকা স্থান রয়েছে।

1.2.2 পদার্থের কণাগুলো নিরবিচ্ছিন্নভাবে গতিশীল (Particles of matter are continuously moving)

কাজ ——— 1.3

- একটিধূপকাঠির শলাকা শ্রেণিকক্ষের এক কোণায় রাখো। এর গন্ধ পেতে হলে তোমাকে কতটা কাছে যেতে হবে?
- এবার ধূপকাঠির শলাকাটি জ্বালাও। কী ঘটল? দূরে বসেও তুমি এর গন্ধ পাচ্ছ কি?
- তোমার পর্যবেক্ষণগুলো লিপিবদ্ধ করো।

কাজ ——— 1.4

- জলপূর্ণ দুটো গ্লাস/বিকার নাও।
- প্রথম বিকারের গা বেয়ে ধীরে ধীরে সাবধানে এক ফোঁটা লাল বা নীল কালি ঢালো একইভাবে দ্বিতীয় বিকারে এক ফোঁটা মধু ঢালো।
- নাড়াচাড়া না করে বিকার দুটোকে তোমার ঘরের বা শ্রেণিকক্ষের এক কোণায় রেখে দাও।
- তোমার পর্যবেক্ষণগুলো লিপিবদ্ধ করো।
- কালির ফোঁটা ঢালার সাথে সাথে তুমি কী লক্ষ করলে?
- মধুর ফোঁটা ঢালার সাথে সাথে তুমি কী লক্ষ করলে?
- কালির রঙ জলের মধ্যে সমভাবে ছড়িয়ে পড়তে কত ঘণ্টা বা কতদিন সময় লাগলো?

কাজ ——— 1.5

- এক গ্লাস গরম জলে এবং এক গ্লাস ঠান্ডা জলে একটি করে কপার সালফেট (তুঁতে) অথবা পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের কেলাস যোগ করো। দ্রবণটিকে নাড়াবে না। কেলাসটিকে গ্লাসের তলায় স্থির হয়ে থাকতে দাও।
- গ্লাসের ভেতরে কেলাস সংলগ্ন জলে তুমি কী পরিবর্তন লক্ষ করছ?
- সময়ের সাথে সাথে কী ঘটছে?
- এই ঘটনাটি কঠিন এবং তরলের কণা সম্পর্কে কী বুঝতে সাহায্য করে?
- উষ্ণতা পরিবর্তনের সাথে মিশ্রিত হবার হার পরিবর্তিত হয় কি? কেন এবং কীভাবে?

উপরের তিনটি কাজ (1.3, 1.4, 1.5) থেকে আমরা নীচের সিদ্ধান্তগুলো নিতে পারি—

পদার্থের কণাগুলো অবিরাম গতিশীল অর্থাৎ এদের শক্তি রয়েছে যাকে আমরা গতিশক্তি বলি। উষ্ণতা বৃদ্ধির সাথে সাথে এদের গতি বৃদ্ধি পায়। তাই আমরা বলতে পারি উষ্ণতা বৃদ্ধি পেলে পদার্থের কণাগুলোর গতিশক্তিও বৃদ্ধি পায়।

উপরের তিনটি কাজ থেকে আমরা লক্ষ করি যে, পদার্থের কণাগুলো স্বতঃস্ফূর্ত ভাবে পরস্পরের সাথে মিশে যায়। এরকম হয় কারণ কণার মধ্যবর্তী ফাঁকা জায়গা এরা দখল করে নেয়। দুটো ভিন্ন পদার্থের কণাগুলোর এরকম নিজেদের মধ্যে স্বতঃস্ফূর্ত ভাবে মিশে যাওয়াকে ব্যাপন বলে। আমরা এটাও লক্ষ করলাম যে, তাপ প্রয়োগে ব্যাপন দ্রুত হয়। কেন এমন ঘটে?

1.2.3 পদার্থের কণাগুলো পরস্পর পরস্পরকে আকর্ষণ করে (Particles of matter attract each other)

কাজ ________ ***1.6***

- মাঠে এই খেলাটি খেলো— চারটি দল গঠন করে নির্দেশ অনুসারে মানব শৃঙ্খল তৈরি করো।
- প্রথম দলের সদস্যরা ইদু মিশমি (Idu-Mishmi) নৃত্য শিল্পীদের মতো একে অপরকে পেছন থেকে হাত দিয়ে ধরে থাকবে। (চিত্র 1.3)

*চিত্র নং - **1.3***

- দ্বিতীয় দলটি হাতে হাত ধরে মানব শৃঙ্খল তৈরি করবে।
- তৃতীয় দলটি একে অপরকে শুধুমাত্র আঙুল দিয়ে স্পর্শ করে শৃঙ্খল তৈরি করবে।
- চতুর্থ দলের ছাত্ররা দৌড়ে গিয়ে একে একে তিনটি মানব শৃঙ্খলকে যথাসম্ভব ছোটো ছোটো দলে ভাঙার চেষ্টা করবে।
- কোন্ দলটি ভাঙা সহজ হয়েছিল? কেন?

- যদি আমরা প্রত্যেক ছাত্রকে পদার্থের কণা হিসেবে ধরে নিই তবে কোন্ দলের কণাগুলো নিজেদের মধ্যে সর্বাধিক শক্তি নিয়ে ধরে রেখেছিল?

কাজ ________ ***1.7***

- একটি লোহার পেরেক, এক টুকরো চক ও একটি রাবার ব্যান্ড নাও।
- আঘাত করে, কেটে অথবা টেনে এদের ভাঙার চেষ্টা করো।
- উপরের তিনটি পদার্থের মধ্যে কোন্‌টির ক্ষেত্রে কণাগুলো নিজেদের মধ্যে অধিক শক্তি নিয়ে ধরে রেখেছে বলে তুমি মনে করো?

কাজ ________ ***1.8***

- একটি পাত্রে কিছু জল নাও। তোমার আঙুল দিয়ে জলের উপরের তলটি কাটার চেষ্টা করো।
- তুমি কি তলটি কাটতে পেরেছ?
- জলের তলটির একসাথে থাকার পেছনে কী কারণ থাকতে পারে?

উপরের তিনটি কাজ (1.6, 1.7, 1.8) এটাই বোঝায় যে, পদার্থের কণাগুলোর মধ্যে এক প্রকার বল কাজ করছে যা পদার্থের কণাগুলোকে একসাথে ধরে রাখতে সাহায্য করে। এই আকর্ষণ বলের মাত্রা পদার্থের প্রকার ভেদে এক এক রকম হয়।

প্রশ্নাবলি

1. *নীচের কোন্‌গুলো পদার্থ?*
   চেয়ার, বায়ু, ভালবাসা, গন্ধ, ঘৃণা, বাদাম, চিন্তা, ঠান্ডা, লেবু, জল, পারফিউমের গন্ধ।
2. *নীচের ঘটনাগুলোর কারণ দেখাওঃ*
   গরম রান্না করা খাবারের গন্ধ কয়েক মিটার দূর থেকে পাওয়া যায় কিন্তু ঠান্ডা খাবারের গন্ধ পেতে হলে কাছে যেতে হয়।
3. *সুইমিংপুলে একজন ডুবুরি জল কেটে ডুব দিতে পারে, ঘটনাটি পদার্থের কোন্ ধর্মকে প্রকাশ করে?*
4. *পদার্থের কণাগুলোর বৈশিষ্ট্য কী কী?*

1.3 পদার্থের বিভিন্ন অবস্থা (States of Matter)

তোমার চারপাশের বিভিন্ন রকমের পদার্থগুলোকে পর্যবেক্ষণ করো। তাদের বিভিন্ন অবস্থাগুলো কী কী? আমরা দেখতে পাই আমাদের চারপাশের পদার্থগুলো তিনটি অবস্থায় থাকে --- কঠিন, তরল এবং গ্যাসীয়। পদার্থের কণাগুলোর বৈশিষ্ট্যগত পার্থক্যের কারণে পদার্থের তিনটি অবস্থা সৃষ্টি হয়েছে।

এসো, এখন আমরা পদার্থের এই তিনটি অবস্থার ধর্মগুলো নিয়ে বিশদভাবে জানি।

1.3.1 কঠিন অবস্থা (Solid State)

কাজ 1.9

- 1টি করে কলম, বই, সূঁচ, কাঠের লাঠি সংগ্রহ করো।
- এগুলোকে খাতার উপর রেখে পেনসিল/কলম দিয়ে ঘুরিয়ে এদের আকৃতিগুলো আঁকো।
- এদের প্রত্যেকের নির্দিষ্ট আকৃতি, আয়তন এবং সীমারেখা আছে কি?
- এদের আঘাত করলে, টানলে অথবা ফেলে দিলে কী ঘটে?
- পাশাপাশি রাখলে এদের পরস্পরের মধ্যে ব্যাপন হয় কি?
- বল প্রয়োগ করে এদের সংকুচিত করার চেষ্টা করো। তুমি কি এদের সংকুচিত করতে পারছ?

উপরের সবগুলোই কঠিন পদার্থের উদাহরণ। আমরা লক্ষ করলাম যে, এদের প্রতিটির নির্দিষ্ট আকার, নির্দিষ্ট সীমারেখা এবং নির্দিষ্ট আয়তন রয়েছে। অর্থাৎ এদের সংকোচনশীলতা নগন্য। বাইরে থেকে বল প্রয়োগ করলেও কঠিন পদার্থগুলো নিজেদের আকৃতি বজায় রাখার প্রবণতা দেখায়। বল প্রয়োগ করে কঠিন পদার্থকে ভাঙা যেতে পারে কিন্তু তাদের আকৃতির পরিবর্তন করা কষ্টসাধ্য। সেজন্য কঠিন পদার্থগুলো দৃঢ় হয়।

নীচের বিষয়গুলো বিবেচনা করো ঃ

a) একটি রাবার ব্যান্ডকে টানলে এর আকৃতির পরির্তন হয়। তবে কি এটি কঠিন পদার্থ?

b) চিনি এবং লবণের বিষয়ে কী বলবে? বিভিন্ন জারে রাখলে তারা ঐ জারের আকার ধারণ করে। এরা কি কঠিন পদার্থ?

c) স্পঞ্জের বিষয়ে কী বলবে? যদিও স্পঞ্জকে আমরা সংকুচিত করতে পারি, এটি কি কঠিন পদার্থ? কেন?

উপরের পদার্থগুলো কঠিন। কারণ ঃ

- বল প্রয়োগে রাবার ব্যান্ডের আকৃতির পরিবর্তন হয় এবং বল সরিয়ে নিলে সে পুনরায় আগের আকৃতি ফিরে পায়। যদি অত্যধিক বল প্রয়োগ করা হয় তবে এটি ছিঁড়ে যায়।
- এক একটি লবণ ও চিনির কেলাসের আকৃতির কোনো পরিবর্তন হয় না যদি আমরা এদেরকে হাতে, প্লেটে অথবা জারে রাখি।
- স্পঞ্জের মধ্যে অসংখ্য সূক্ষ্ম ছিদ্র আছে যেগুলো বায়ু দ্বারা পূর্ণ থাকে। যখন স্পঞ্জে চাপ প্রয়োগ করি তখন বায়ু বেরিয়ে যায় এবং আমরা একে সংকুচিত করতে সমর্থ হই।

1.3.2 তরল অবস্থা (Liquid State)

কাজ 1.10

নিম্নলিখিত পদার্থগুলো সংগ্রহ করো ঃ

- (a) জল, রান্নার তেল, দুধ, ফলের রস, ঠান্ডা পানীয়।
- (b) বিভিন্ন আকৃতির পাত্র নাও। পরীক্ষাগার থেকে মাপনি চোঙ নিয়ে তার সাহায্যে পাত্রের গায়ে 50 মিলিলিটার দাগ কাটো।
- এই তরলগুলোকে মেঝেতে ছড়িয়ে দিলে কী হবে?
- কোন একটি তরলের 50 মিলিলিটার পরিমাপ করে একে ভিন্ন ভিন্ন পাত্রগুলোতে ঢালো। আয়তন কি একই থাকে?
- তরলগুলোর আকৃতি কি একই থাকে?
- তরলটিকে একপাত্র থেকে অন্যপাত্রে ঢালতে গেলে এটি সহজে প্রবাহিত হয় কি?

আমরা দেখলাম, তরলের নির্দিষ্ট আকার নেই, কিন্তু নির্দিষ্ট আয়তন রয়েছে। যে পাত্রে রাখা হয় তরল সেই পাত্রের আকার ধারণ করে। তরল পদার্থ প্রবাহিত হয় এবং আকারের পরিবর্তন হয়। তাই তরল দৃঢ় নয়। বরং এদের প্রবাহী (fluid) বলা যায়।

কাজ 1.4 এবং কাজ 1.5 -এ দেখেছি কঠিন বা তরল পদার্থগুলো কীভাবে তরল পদার্থে মিশে যায় (ব্যাপিত হয়)। বায়ুমণ্ডলের গ্যাসীয় উপাদানগুলো সহজেই জলে ব্যাপিত হয় এবং দ্রবীভূত হয়। এই দ্রবীভূত গ্যাসগুলোর মধ্যে বিশেষত অক্সিজেন এবং কার্বন ডাই অক্সাইড জলজ প্রাণী এবং উদ্ভিদগুলির বেঁচে থাকার জন্য বিশেষ প্রয়োজন।

প্রত্যেক সজীব বস্তু বেঁচে থাকার জন্য শ্বাসগ্রহণ করে। জলে অক্সিজেন দ্রবীভূত থাকার ফলে জলজ প্রাণীরা শ্বাস নিতে পারে। আমরা এই সিদ্ধান্তে উপনীত হতে পারি যে,

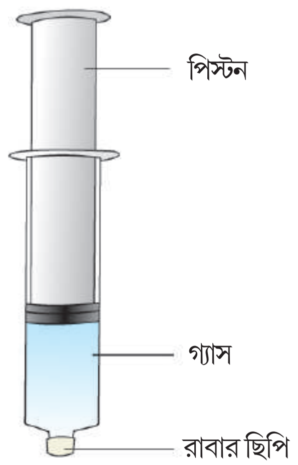
কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় পদার্থ সবই তরলে ব্যাপিত হতে পারে। কঠিনের তুলনায় তরলে ব্যাপনের হার বেশি। এর কারণ হলো কঠিন অবস্থার তুলনায় তরল অবস্থায় কণাগুলো সহজে চলাচল করতে পারে এবং কণাগুলোর মধ্যবর্তী ব্যবধানও কঠিন অবস্থার তুলনায় বেশি।

1.3.3 গ্যাসীয় অবস্থা (Gaseous State)

বেলুন বিক্রেতাকে একটি গ্যাসভর্তি সিলিন্ডার থেকে অনেকগুলো বেলুন ফোলাতে দেখেছ কি? একটি সিলিন্ডার থেকে কয়টি বেলুন ফোলাতে পারেন তার কাছ থেকে জেনে নাও। সিলিন্ডারে কী গ্যাস আছে উনাকে জিজ্ঞেস করো।

কাজ 1.11

- তিনটি 100 মিলিলিটারের সিরিঞ্জ নাও এবং রাবার ছিপি দিয়ে ছবির মতো (চিত্র 1.4) এদের মুখগুলো বন্ধ করো।
- প্রতিটি সিরিঞ্জ থেকে পিস্টনগুলিকে বের করে নাও।
- একটি সিরিঞ্জ বাদে দ্বিতীয়টি জল দিয়ে এবং তৃতীয়টি চকের গুঁড়ো দিয়ে ভর্তি করো।
- পিস্টনগুলোকে পুনরায় সিরিঞ্জে প্রবেশ করাও। সহজে চলাচল করার জন্য ঢোকানোর আগে পিস্টনগুলোতে সামান্য ভেসিলিন লাগিয়ে নিতে পারো।
- এখন প্রতিটি পিস্টনের উপর চাপ প্রয়োগ করে সিরিঞ্জের মধ্যকার পদার্থগুলোকে সংকুচিত করার চেষ্টা করো।



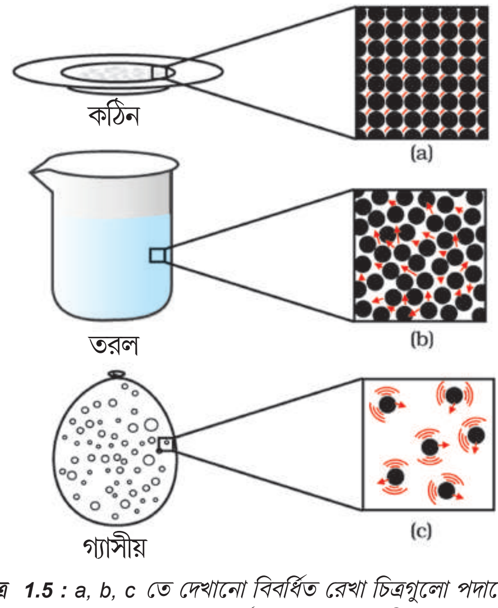
চিত্র 1.4

- তুমি কী দেখতে পেলে? কোন্ ক্ষেত্রে পিস্টনটিকে সহজে প্রবেশ করাতে পারলে?
- তোমার পর্যবেক্ষণ থেকে তুমি কী সিদ্ধান্তে উপনীত হলে?

আমরা দেখলাম যে, কঠিন এবং তরলের তুলনায় গ্যাসীয় পদার্থ অনেক বেশি সংকোচনশীল। বাড়িতে রান্না করার জন্য ব্যবহৃত তরলীকৃত পেট্রোলিয়াম গ্যাস (LPG) এবং হাসপাতালে সিলিন্ডারে করে সরবরাহকৃত অক্সিজেন গ্যাস উভয়ই সংকুচিত গ্যাস। সংকুচিত প্রাকৃতিক গ্যাস (CNG) আজকাল যানবাহনের জ্বালানি হিসেবে ব্যবহৃত হয়। অধিক সংকোচনশীলতার জন্য ছোটো আয়তনের সিলিন্ডারের মধ্যে অনেক বেশি আয়তনের গ্যাস রাখা যায় এবং সহজেই তা পরিবহণ করা যায়।

রান্নাঘরে প্রবেশ না করেও দূর থেকে কেবলমাত্র ঘ্রাণের সাহায্যে আমরা বলতে পারি কী রান্না হচ্ছে। কীভাবে এই গন্ধ আমাদের নাকে পৌঁছায়? খাদ্যের সুগন্ধি কণাগুলো বাতাসের কণাগুলোর সাথে মিশে রান্নাঘর থেকে আমাদের কাছে পৌঁছায়। এমনকি দূরেও ছড়িয়ে পড়ে। গরম খাদ্যের গন্ধ কয়েক সেকেন্ডের মধ্যে আমাদের কাছে পৌঁছায়; একে কঠিন ও তরলের ব্যাপনের হারের সাথে তুলনা করো। গ্যাসের কণাগুলোর দ্রুত গতির জন্য এবং কণাগুলোর মধ্যকার ফাঁক বেশি থাকার জন্য গ্যাসে গ্যাসে ব্যাপন খুব বেশি পরিলক্ষিত হয়।

গ্যাসীয় অবস্থায় পদার্থের কণাগুলো অতি দ্রুত গতিতে এলোমেলো ভাবে ছোটাছুটি করে। এই এলোমেলোভাবে ঘুরে বেড়ানোর জন্য কণাগুলো পরস্পর ধাক্কা খায় এবং পাত্রের দেওয়ালেও ধাক্কা দেয়। গ্যাসের কণাগুলো পাত্রের দেওয়ালে প্রতি একক ক্ষেত্রফলে যে বল প্রয়োগ করে তা থেকেই গ্যাসের চাপ সৃষ্টি হয়।



চিত্র 1.5 : a, b, c তে দেখানো বিবর্ধিত রেখা চিত্রগুলো পদার্থের তিন অবস্থাকে দেখাচ্ছে। পদার্থের কণাগুলোর গতি দেখা যেতে পারে এবং পদার্থের তিন অবস্থায় তাদের গতির তুলনা করা যেতে পারে।

প্রশ্নাবলি

1. *বস্তুর একক আয়তনের ভরকে ঘনত্ব বলে। (ঘনত্ব = ভর/আয়তন)*
নীচের পদার্থগুলোকে তাদের ঘনত্বের উর্দ্ধক্রমে সাজাও ঃ বায়ু, চিমনি থেকে নির্গত ধোঁয়া, মধু, জল, চক, তুলো এবং লোহা।
2. *(a) পদার্থের তিন অবস্থার পার্থক্যগুলোকে ছকের আকারে লিখো।*
(b) নীচের বিষয়গুলো সম্পর্কে তোমার মতামত দাওঃ দৃঢ়তা, সংকোচনশীলতা, প্রবাহমানতা, জারকে গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করা, আকৃতি, গতিশক্তি এবং ঘনত্ব।
3. *কারণ দর্শাও ঃ*
(a) একটি গ্যাসকে যে পাত্রে রাখা হয় সে পাত্রের সমস্ত অংশ জুড়ে থাকে।
(b) গ্যাস পাত্রের দেওয়ালগুলোতে চাপ প্রয়োগ করে।
(c) একটি কাঠের টেবিলকে অবশ্যই কঠিন বস্তু বলা হবে।
(d) আমরা বাতাসে সহজেই হাত নাড়াচাড়া করতে পারি কিন্তু একই কাজ কঠিন কাঠের ব্লকে করতে হলে ক্যারাটে বিশেষজ্ঞের প্রয়োজন হয়।
4. *সাধারণত তরলের ঘনত্ব কঠিনের তুলনায় কম হয়। তুমি অবশ্যই বরফকে জলে ভাসতে দেখেছ। এর কারণ খুঁজে দেখো।*

1.4 পদার্থ কি তার অবস্থার পরিবর্তন করে? (Can matter change its state?)

আমরা আমাদের পর্যবেক্ষণ থেকে জেনেছি যে, জল পদার্থের তিনটি অবস্থাতেই থাকতে পারে—

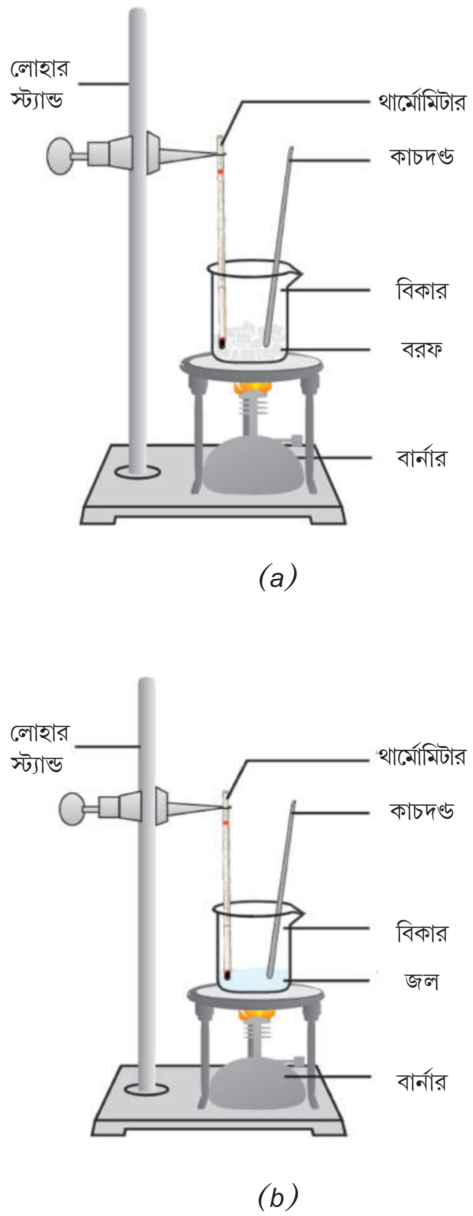
- কঠিন অবস্থায় বরফ।
- তরল অবস্থায় জল।
- গ্যাসীয় অবস্থায় জলীয় বাষ্প।

অবস্থার পরিবর্তনের সময় পদার্থের ভেতরে কী ঘটে? অবস্থার পরিবর্তনের সময় তার কণাগুলোর কী হয়? কীভাবে এই পরিবর্তন সংঘটিত হয়? আমাদের এই প্রশ্নগুলোর উত্তর জানা দরকার, তাই নয় কি?

1.4.1 উষ্ণতা পরিবর্তনের প্রভাব (Effect of change of temperature)

কাজ 1.12

- একটি বিকারে 150 গ্রাম ভরের এক টুকরো বরফ নাও। চিত্র 1.6 এর মতো পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত একটি থার্মোমিটার এমনভাবে ঝুলিয়ে রাখো যেন থার্মোমিটারের কুণ্ডলিটি বরফের গা স্পর্শ করে থাকে।



চিত্র 1.6 ঃ (a) বরফ থেকে জলে রূপান্তর (b) জল থেকে জলীয় বাষ্পে রূপান্তর।

- বিকারটিকে মৃদু শিখায় ধীরে ধীরে তাপ দিতে শুরু করো।
- যে উষ্ণতায় বরফ গলতে শুরু করল, তা লিপিবদ্ধ করো।
- যে উষ্ণতায় সমস্ত বরফ গলে জলে পরিণত হল তা লিপিবদ্ধ করো।
- কঠিন অবস্থা থেকে তরল অবস্থায় রূপান্তরের ক্ষেত্রে তোমার এই পর্যবেক্ষণগুলো নথিবদ্ধ করো।
- এখন বিকারের জলকে একটি কাচদণ্ড দিয়ে নাড়াতে নাড়াতে বিকারটিকে তাপ দিতে শুরু করো যতক্ষণ না জল ফুটতে শুরু করে।
- বিকারের বেশির ভাগ জল বাষ্পীভূত না হওয়া পর্যন্ত থার্মোমিটারের দিকে তীক্ষ্ণ নজর রাখো।
- তরল অবস্থা থেকে জলের বাষ্পীয় অবস্থায় রূপান্তরের ক্ষেত্রে তোমার এই পর্যবেক্ষণগুলি নথিবদ্ধ করো।

উষ্ণতা বৃদ্ধির সাথে কঠিন পদার্থের কণাগুলোর গতিশক্তি বৃদ্ধি পায়। গতিশক্তি বৃদ্ধি পায় বলে কণাগুলো আরও বেশি বেগে কাঁপতে থাকে। তাপ দ্বারা সরবরাহকৃত শক্তি কণাগুলোর মধ্যে যে আকর্ষণ বল থাকে তাকে অতিক্রম করে। কণাগুলি তাদের অবস্থান থেকে সরে যায় এবং মুক্ত অবস্থায় ঘোরাফেরা করতে শুরু করে। একটি অবস্থা আসে যখন কঠিন পদার্থটি গলতে শুরু করে এবং তরলে রূপান্তরিত হয়। বায়ুমণ্ডলীয় চাপে যে নিম্নতম উষ্ণতায় কোন কঠিন পদার্থ গলে তরলে পরিণত হয় তাকে ঐ কঠিন পদার্থের গলনাঙ্ক বলে।

কঠিন পদার্থের গলনাঙ্ক থেকে, কঠিন পদার্থটির অণুগুলোর মধ্যে যে আকর্ষণ বল থাকে, তার মাত্রা সম্পর্কে ধারণা পাওয়া যায়।

বরফের গলনাঙ্ক 273.15 K*। গলনের এই পদ্ধতিকে অর্থাৎ কঠিন অবস্থা থেকে তরল অবস্থায় রূপান্তরের এই পদ্ধতিকে গলন বলে। **কঠিন পদার্থ যখন গলতে শুরু করে তখন তার উষ্ণতা স্থির থাকে, তাহলে তাপশক্তি কোথায় যায়?**

গলনের এই পরীক্ষাটি করার সময় তুমি অবশ্যই পর্যবেক্ষণ করেছ যে গলনাঙ্কে পৌঁছানোর পর সমস্ত বরফ গলে জলে পরিণত না হওয়া পর্যন্ত সিস্টেমটির উষ্ণতার কোনো পরিবর্তন হয়নি। আমরা বিকারটিকে উত্তপ্ত করতে থাকলেও অর্থাৎ তাপ সরবরাহ করতে থাকলেও এমনটাই হয়। কণাগুলোর মধ্যকার আকর্ষণ বলকে অতিক্রম করে সুতরাং, অবস্থা পরিবর্তনের জন্য এই তাপ ব্যবহৃত হয়। যেহেতু এই তাপশক্তি বরফ দ্বারা শোষিত হয়, কিন্তু উষ্ণতার কোনো বৃদ্ধি পরিলক্ষিত হয় না, তাই ধরে নেওয়া হয় তাপ বিকারের উপাদানের মধ্যে লুক্কায়িত থাকে এবং এই তাপকেই লীন তাপ (লেটেন্ট হিট) বলে। 'লেটেন্ট' কথার অর্থ হল 'লুক্কায়িত'। বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 1 কেজি কঠিন পদার্থকে তার গলনাঙ্কে গলিয়ে তরল পদার্থে রূপান্তরিত করতে যে পরিমাণ তাপ শক্তির প্রয়োজন হয়, তাকে ঐ কঠিন পদার্থের গলনতাপ বলে। তাই 0^0C (273K) উষ্ণতায় জলের কণাগুলির মধ্যকার শক্তি সম উষ্ণতায় বরফের কণাগুলোর মধ্যকার শক্তির তুলনায় অনেক বেশি হয়।

যখন আমরা জলে তাপশক্তি সরবরাহ করি, কণাগুলো আরও দ্রুত গতিতে ঘোরাফেরা করতে শুরু করে। একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায়, এমন একটি অবস্থা আসে যখন কণাগুলো যথেষ্ট শক্তি অর্জন করে পরস্পরের মধ্যেকার আকর্ষণ বলকে অতিক্রম করে মুক্ত হয়। এই উষ্ণতায় তরল, গ্যাসে রূপান্তরিত হতে শুরু করে। বায়ুমণ্ডলীয় চাপে যে উষ্ণতায় কোনো তরল ফুটতে শুরু করে তাকে ঐ তরলের স্ফুটনাঙ্ক বলে। স্ফুটন সমগ্র তলব্যাপী (bulk) ঘটে। তরলের সমগ্র তল থেকে কণাগুলো যথেষ্ট শক্তি অর্জন করে বাষ্পীয় দশায় রূপান্তরিত হয়।

জলের ক্ষেত্রে এই উষ্ণতা 373 কেলভিন (100^0 C= 273+100=373 কেলভিন)

তুমি কি বাষ্পীভবনের লীনতাপকে সংজ্ঞায়িত করতে পারো? আমরা যেভাবে গলনের লীনতাপকে সংজ্ঞায়িত করেছি একইভাবে একেও সংজ্ঞায়িত করো। তপ্ত বাষ্পের কণাগুলোতে অর্থাৎ 373 কেলভিন (100^0C) উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পে, একই উষ্ণতার জল অপেক্ষা অধিক শক্তি থাকে। এর কারণ হচ্ছে তপ্ত বাষ্পের কণাগুলো বাষ্পীভবনের জন্য লীনতাপরূপে অতিরিক্ত শক্তি শোষণ করে।

আমরা সিদ্ধান্ত নিতে পারি যে পদার্থের এক অবস্থাকে উষ্ণতার সাহায্যে অন্য অবস্থায় রূপান্তরিত করা যায়।

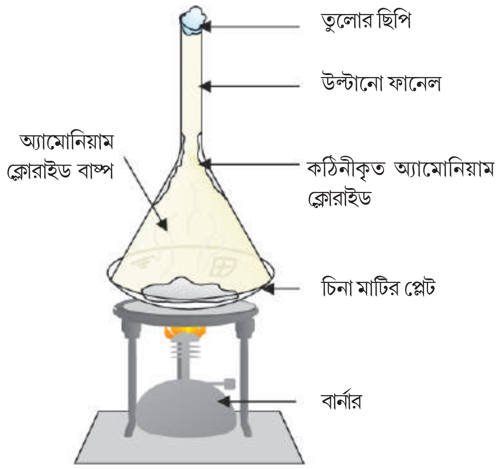
আমরা জানতে পারলাম তাপের সাহায্যে চারপাশের পদার্থ কঠিন অবস্থা থেকে তরল অবস্থা এবং তরল অবস্থা থেকে গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হয়।

* **দ্রষ্টব্য :** উষ্ণতার SI একক হল কেলভিন (K)। 0^0C=273.15K. সুবিধার জন্য দশমিক ভগ্নাংশকে নিকটতম পূর্ণ সংখ্যায় পরিণত করে 0^0C=273K হিসাবে ধরা হয়। কোনও উষ্ণতাকে কেলভিন স্কেল থেকে সেলসিয়াস স্কেলে রূপান্তরিত করতে প্রদত্ত উষ্ণতা থেকে 273 বিয়োগ করতে হবে এবং কোনো উষ্ণতাকে সেলসিয়াস স্কেল থেকে কেলভিন স্কেলে রূপান্তরিত করতে প্রদত্ত উষ্ণতার সঙ্গে 273 যোগ করতে হবে।

আবার এমন কিছু উদাহরণ আছে যেখানে তরল অবস্থায় রূপান্তরিত না হয়ে কঠিন অবস্থা থেকে সরাসরি গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হয় বা বিপরীত প্রক্রিয়াটিও ঘটে।

কাজ 1.13

- কিছু কর্পূর অথবা অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড নাও। একে গুঁড়ো করে একটি চিনামাটির প্লেটে রাখো।
- একটি ফানেলকে উল্টো করে চিনামাটির প্লেটে রাখো।
- চিত্র 1.7 এর মতো ফানেলের নলের মুখটি তুলো দিয়ে বন্ধ করো।



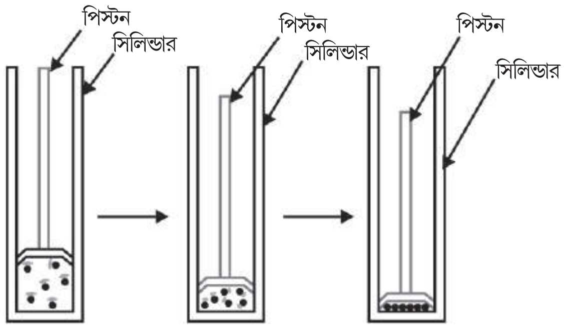
চিত্র নং 1.7 ঃ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের উর্ধপাতন

- ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করো এবং পর্যবেক্ষণ করো।
- উপরের কাজটি থেকে তুমি কী সিদ্ধান্তে উপনীত হলে?

তরলে রূপান্তরিত না হয়ে কঠিন থেকে সরাসরি গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরকে বলা হয় উর্ধপাতন এবং তরলে রূপান্তরিত না হয়ে গ্যাসীয় থেকে সরাসরি কঠিন অবস্থায় রূপান্তরকে বলে অবক্ষেপণ (Deposition)।

1.4.2 চাপ পরিবর্তনের প্রভাব (Effect of change of pressure)

আমরা ইতিমধ্যেই জেনেছি পদার্থের গঠনকারী কণাগুলোর মধ্যকার দূরত্বই হলো পদার্থের বিভিন্ন অবস্থার পার্থক্যের কারণ। যদি সিলিন্ডারে আবদ্ধ কোনো গ্যাসীয় পদার্থের উপর চাপ প্রয়োগ করে সংকুচিত করতে থাকি তখন কী ঘটবে? কণাগুলি কি কাছাকাছি চলে আসবে? তোমার কী মনে হয় চাপ বৃদ্ধি বা হ্রাস করে পদার্থের অবস্থার পরিবর্তন সম্ভব?

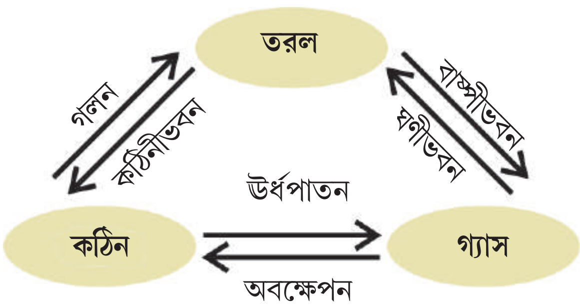


চিত্র নং 1.8 ঃ চাপ প্রয়োগ করে পদার্থের কণাগুলিকে পরস্পরের কাছে আনা সম্ভব।

চাপ প্রয়োগ করে এবং উষ্ণতা কমিয়ে গ্যাসীয় পদার্থকে তরলে পরিণত করা সম্ভব।

তুমি কি কখনও কঠিন কার্বন ডাই অক্সাইডের (CO_2) কথা শুনেছো? এটি উচ্চ চাপে সংরক্ষিত হয়। চাপ কমিয়ে 1 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে আনলে কঠিন কার্বন ডাই অক্সাইড তরল অবস্থায় না গিয়ে সরাসরি গ্যাসীয় কার্বন ডাই অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়। এই কারণে কঠিন কার্বন ডাই অক্সাইড 'শুষ্ক বরফ' নামেও পরিচিত।

তাই, আমরা বলতে পারি চাপ এবং তাপমাত্রা পদার্থের কঠিন, তরল এবং গ্যাসীয় অবস্থা নির্ধারণ করে।



চিত্র নং 1.9 ঃ পদার্থের তিনটি অবস্থার পারস্পরিক রূপান্তর

বায়ুমণ্ডলীয় চাপ (atm) হলো গ্যাস দ্বারা প্রযুক্ত চাপ পরিমাপের একক। চাপের একক হল পাস্কাল (pa) ঃ 1বায়ুমণ্ডলীয় চাপ = 1.01×10^5 পাস্কাল। বায়ুমণ্ডলে বায়ুর চাপকে বায়ুমণ্ডলীয় চাপ বলে। সমুদ্রপৃষ্ঠে বায়ুমণ্ডলীয় চাপ হল 1অ্যাটমস্ফীয়ার (atm) এবং তাকে স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলীয় চাপ হিসেবে ধরা হয়।

প্রশ্নাবলি

1. নীচের উষ্ণতাগুলোকে সেলসিয়াসে রূপান্তর করোঃ
   a. 300 K   b. 573 K.
2. নীচের উষ্ণতাগুলোতে জলের ভৌত অবস্থা কী হবে?
   a. 250ºC   b. 100ºC
3. যে-কোনো পদার্থের অবস্থার পরিবর্তনের সময় উষ্ণতা স্থির থাকে কেন?
4. বায়ুমণ্ডলীয় গ্যাসগুলোকে তরলীকৃত করার পদ্ধতি উল্লেখ করো।

1.5 বাষ্পায়ন (Evaporation)

পদার্থের অবস্থান্তরের জন্য কি সবসময় আমাদের তাপ ও চাপের পরিবর্তন প্রয়োজন হয়? দৈনন্দিন জীবন থেকে তুমি এমন কিছু উদাহরণ দিতে পারো কি যেখানে স্ফুটনাঙ্কে না পৌঁছেই কোনো তরল বাষ্পে পরিণত হচ্ছে? জল উন্মুক্ত রাখলে ধীরে ধীরে বাষ্পে পরিণত হয়। ভেজা কাপড় শুকিয়ে যায়। উপরের উদাহরণ দুটোতে জলের কী পরিবর্তন হয়?

আমরা জানি পদার্থের কণাগুলো সর্বদা গতিশীল এবং কখনোই স্থির থাকে না। একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় যে- কোনো গ্যাস, তরল বা কঠিন পদার্থে বিভিন্ন গতিশক্তি সম্পন্ন কণা থাকে। তরল পদার্থের ক্ষেত্রে উপরিতলে থাকা ক্ষুদ্র অংশের কণার গতিশক্তি বেশি হয় ফলে এরা অন্যান্য কণার আকর্ষণ বল কাটিয়ে সহজেই তরল থেকে বাষ্পে পরিণত হয়। স্ফুটনাঙ্কের নীচে যে-কোনো উষ্ণতায় তরলের বাষ্পে পরিণত হওয়ার ঘটনাকে বাষ্পায়ন বলে।

1.5.1 বাষ্পায়নকে প্রভাবিত করে এমন বিষয়সমূহ (Factors Affecting Evaporation)

চলো নীচের কাজটি থেকে বোঝার চেষ্টা করি।

কাজ 1.14

- একটি পরীক্ষানলে 5 মিলিলিটার জল নিয়ে একে খোলা জানালার কাছে বা চলন্ত পাখার নীচে রাখো।
- একটি ঢাকনাবিহীন চিনামাটির প্লেটে জল নিয়ে একে খোলা জানালার কাছে বা চলন্ত পাখার নীচে রাখো।
- একটি ঢাকনাবিহীন চিনা মাটির প্লেটে 5 মিলিলিটার জল নিয়ে একে তোমাদের শ্রেণিকক্ষের বন্ধ আলমিরাতে বা তাকের মধ্যে রাখো।
- ঘরের উষ্ণতা লিখে রাখো।
- বাষ্পায়ন সম্পূর্ণ হতে উপরের কোন্ ক্ষেত্রে কতটা সময় বা কতদিন লাগলো তা লিপিবদ্ধ করো।
- কোনো একটি বৃষ্টির দিনে উপরের তিনটি পরীক্ষা আবার করো এবং তোমার পর্যবেক্ষণ লিপিবদ্ধ করো।
- বাষ্পীভবনের উপর উষ্ণতা, পৃষ্ঠতল এবং বায়ুর বেগের (গতি) প্রভাব সম্পর্কে তুমি কী সিদ্ধান্তে উপনীত হলে?

তুমি নিশ্চয়ই লক্ষ করেছ যে, বাষ্পায়নের হার বৃদ্ধি পায়—

- পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি পেলে —
  আমরা জানি বাষ্পায়ন হল তরলের পৃষ্ঠতলীয় ঘটনা। পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি পেলে বাষ্পায়নের হার বৃদ্ধি পায়। উদাহরণ হিসেবে, ভেজা কাপড় তাড়াতাড়ি শুকানোর জন্য আমরা ছড়িয়ে দেই।
- উষ্ণতা বৃদ্ধি পেলে —
  উষ্ণতা বৃদ্ধির সাথে সাথে বেশি সংখ্যক কণা যথেষ্ট পরিমাণ গতিশক্তি প্রাপ্ত হয়ে বাষ্পে পরিণত হয়।
- আর্দ্রতা হ্রাস পেলে —
  বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের পরিমাণই হল আর্দ্রতা। একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় আমাদের চারপাশের বায়ু নির্দিষ্ট পরিমাণ জলীয় বাষ্পের বেশি ধারণ করতে পারে না। বায়ুতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ আগে থেকেই বেশি থাকলে, বাষ্পায়নের হার হ্রাস পায়।
- বাতাসের গতিবেগ বৃদ্ধি পেলে —
  এটা সাধারণভাবে লক্ষ করা যায় যে, যেদিন বাতাসের বেগ বেশি থাকে সেদিন ভেজা কাপড় তাড়াতাড়ি শুকোয়। বায়ুর গতিবেগ বৃদ্ধি পেলে জলীয় বাষ্পের কণাগুলো বাতাসের সাথে স্থানান্তরিত হয় ফলে আশেপাশের জলীয় বাষ্পের পরিমাণ হ্রাস পায়।

1.5.2 বাষ্পায়নে কীভাবে শৈত্যের (শীতলতার) সৃষ্টি হয়? (How does evaporation cause cooling?)

একটি খোলা পাত্রে রাখা তরল সর্বদাই বাষ্পীভূত হতে থাকে। বাষ্পায়নের সময় তরল যে শক্তি হারায় তা ফিরে পাবার জন্য তরলের কণাগুলো চারপাশ থেকে শক্তি শোষণ করে।

শক্তির এই শোষণের ফলে চারপাশ শীতল হয়।

তোমার হাতের তালুতে সামান্য অ্যাসিটোন (নখ পালিশ পরিষ্কারক) ঢাললে কী ঘটে? অ্যাসিটোনের কণাগুলো হাতের তালু ও চারপাশ থেকে তাপশক্তি সংগ্রহ করে এবং বাষ্পায়িত হয়। এতে হাতের তালুতে ঠান্ডা বোধ হয়।

একটি রৌদ্রকরোজ্জ্বল দিনের শেষে মানুষ বাড়ির ছাদে বা খোলা জায়গায় জল ছিটিয়ে দেয় কারণ বিশাল পরিমাণ বাষ্পীভবনের লীনতাপ উত্তপ্ত চারপাশকে ঠান্ডা করতে সাহায্য করে।

বাষ্পায়নের ফলে শৈত্যের সৃষ্টি হয়, আমাদের দৈনন্দিন জীবন থেকে এমন আরও কিছু উদাহরণ দিতে পারবে কি?

গ্রীষ্মকালে আমরা সুতির কাপড় পরিধান করি কেন?

গ্রীষ্মকালে আমাদের শরীরের শারীরবৃত্তীয় ক্রিয়া কৌশলের কারণে আমরা অতিরিক্ত ঘামি যার জন্য আমাদের শরীর ঠান্ডা থাকে। আমরা জানি বাষ্পায়নের সময় তরলের পৃষ্ঠতলের কণাগুলো পরিপার্শ্বিক থেকে এবং শরীরের পৃষ্ঠতল থেকে থেকে তাপশক্তি সংগ্রহ করে বাষ্পে পরিণত হয়। শরীর থেকে গৃহীত এই তাপশক্তির পরিমাণ বাষ্পায়নের জন্য প্রয়োজনীয় লীনতাপের সমান। ফলে শরীর ঠান্ডা হয়। সুতির কাপড় উত্তম জল শোষক বলে আমাদের শরীর থেকে ঘাম শুষে নেয় এবং সহজে বাষ্পায়নের জন্য একে বায়ুতে উন্মুক্ত করে।

বরফ শীতল জলপূর্ণ একটি গ্লাসের বাইরের দিকে বিন্দু বিন্দু জল দেখা যায় কেন?

চলো, একটি গ্লাসের মধ্যে আমরা কিছু বরফ শীতল জল নেই। কিছুক্ষণের মধ্যেই আমরা এর বাইরের দিকে বিন্দু বিন্দু জল দেখতে পাব। বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের কণাগুলো ঠান্ডা গ্লাসের সংস্পর্শে এসে শক্তি হারিয়ে গ্যাসীয় অবস্থা থেকে তরল অবস্থায় জল বিন্দুতে পরিণত হয় যাদের আমরা জলকণা রূপে দেখি।

প্রশ্নাবলি

1. *একটি মরু শীতলক (desert cooler) উষ্ণ এবং শুষ্ক দিনে ভালো কাজ করে কেন?*
2. *গ্রীষ্মকালে মাটির কলসিতে (মটকা) রাখা জল কীভাবে ঠান্ডা হয়?*
3. *আমাদের হাতের তালুতে সামান্য অ্যাসিটোন, পেট্রোল বা সুগন্ধি রাখলে ঠান্ডা বোধ হয় কেন?*
4. *গরম চা বা দুধ কাপের তুলনায় প্লেটে ঢেলে সহজে চুমুক দিয়ে পান করা যায় কেন?*
5. *গ্রীষ্মকালে আমাদের কী ধরনের পোশাক পরিধান করা উচিত?*

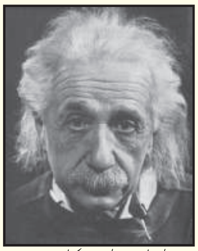
আরো জানো

বর্তমানকালে বৈজ্ঞানিকগণ পদার্থের পাঁচটি অবস্থার কথা বলেনঃ কঠিন, তরল, গ্যাসীয়, প্লাজমা এবং বোস-আইনস্টাইন কনডেনসেট।

প্লাজমা ঃ অত্যধিক শক্তিশালী এবং অত্যধিক উত্তেজিত কণা দিয়ে অবস্থাটি তৈরি। এই কণাগুলো আয়নিত গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে। প্রতিপ্রভ (Fluorescent) টিউব এবং নিয়ন বাল্বে প্লাজমা অবস্থা বর্তমান। নিয়ন বাল্বের ভেতরে নিয়ন গ্যাস এবং প্রতিপ্রভ (Fluorescent) বাল্বের ভেতর হিলিয়াম গ্যাস বা অন্য কোন গ্যাস থাকে। যখন বাল্বের ভেতর তড়িৎশক্তি প্রবাহিত হয় তখন গ্যাসগুলো আয়নিত হয় অর্থাৎ আহিত হয়। এভাবে আহিত হবার ফলে বাল্বের ভেতর প্লাজমা অবস্থা সৃষ্টি হয়। ফলে উজ্জ্বল আভা সৃষ্টি হয়। গ্যাসের প্রকৃতি অনুযায়ী প্লাজমা অবস্থা থেকে সৃষ্ট আভা বিভিন্ন রঙের হয়। প্লাজমা অবস্থার উপস্থিতিই সূর্য ও নক্ষত্রগুলোর উজ্জ্বতার কারণ। নক্ষত্রগুলোতে অতি উচ্চ উষ্ণতার জন্য প্লাজমা অবস্থার উৎপত্তি ঘটে।

বোস-আইনস্টাইন কনডেনসেট ঃ 1920 খ্রিস্টাব্দে ভারতীয় পদার্থবিদ সত্যেন্দ্রনাথ বসু পদার্থের পঞ্চম অবস্থা নিয়ে কিছু গণনা করেছিলেন। তাঁর গণনার উপর ভিত্তি করে অ্যালবার্ট আইনস্টাইন পদার্থের নতুন একটি অবস্থা সম্পর্কে ভবিষ্যৎবাণী করেছিলেন– যাকে বোস-আইনস্টাইন কনডেনসেট (BEC) বলে। আমেরিকান বিজ্ঞানী এরিক এ করনেল (Eric. A. Cornell), ওলফগ্যাঙ্গ কেটারলি (Wolfgang Ketterle) এবং কার্ল-ই উইমেন (Carl E. Wieman) বোস-আইস্টাইন অবস্থা সৃষ্টি করে দেখানোর জন্য 2001 খ্রিস্টাব্দে পদার্থবিদ্যায় নোবেল পুরস্কারে ভূষিত হন। সাধারণ বায়ুর ঘনত্বের এক লক্ষ ভাগের এক ভাগ ঘনত্ব বিশিষ্ট কোন গ্যাসকে অতি নিম্ন উষ্ণতায় শীতল করলে বোস-আইনস্টাইন কনডেনসেট অবস্থা পাওয়া যায়। www.chem4kids.com এ লগ অন করে পদার্থের চতুর্থ ও পঞ্চম অবস্থা সম্পর্কে বিশদভাবে জানতে পারবে।

এস. এন. বোস (1894-1974)


অ্যালবার্ট আইনস্টাইন (1879-1955)

তোমরা যা শিখলে

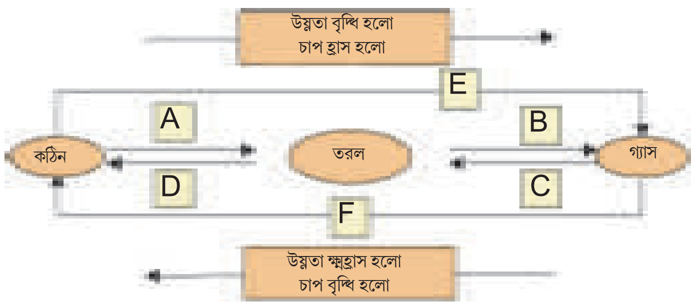
- পদার্থ ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণা দিয়ে তৈরি।
- আমাদের চারপাশের পদার্থগুলো তিন অবস্থায় থাকে — কঠিন, তরল এবং গ্যাসীয়।
- কঠিনে, কণাগুলোর মধ্যেকার আকর্ষণ বল সবচেয়ে বেশি, তরলে মাঝামাঝি এবং গ্যাসে সবচেয়ে কম।
- পদার্থের গঠনকারী কণাগুলোর মধ্যেকার ফাঁকা স্থান এবং গতিশক্তি কঠিনে সবচেয়ে কম, তরলে মাঝামাঝি ও গ্যাসে সবচেয়ে বেশি।
- কঠিন পদার্থের ক্ষেত্রে, কণাগুলোর সজ্জা সবচেয়ে বেশি সুবিন্যস্ত, তরল পদার্থের ক্ষেত্রে কণার স্তরগুলো পিছলে একে অপরের উপর দিয়ে গড়িয়ে যেতে পারে যেখানে গ্যাসের ক্ষেত্রে কণাগুলো শৃঙ্খলাবদ্ধ নয়, এলোমেলোভাবে ছুটে বেড়ায়।
- পদার্থের অবস্থাগুলো পরস্পর রূপান্তরযোগ্য। উষ্ণতা এবং চাপ পরিবর্তনের মাধ্যমে পদার্থের অবস্থার পরিবর্তন সম্ভব।
- তরল অবস্থার মধ্য দিয়ে না গিয়ে সরাসরি কঠিন থেকে গ্যাসীয় অবস্থায় পরিবর্তন হলো ঊর্ধ্বপাতন।
- তরল অবস্থার মধ্য দিয়ে না গিয়ে সরাসরি গ্যাসীয় থেকে কঠিন অবস্থায় পরিবর্তন হলো অবক্ষেপণ।
- স্ফুটন তরলের সমস্ত অংশ জুড়ে ঘটে, এমন একটি ঘটনা। যেখানে তরলের সমস্ত অংশের কণাগুলো গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হয়।
- বাষ্পায়ন তরলের পৃষ্ঠতলীয় একটি ঘটনা। তরলের পৃষ্ঠতলের কণাগুলো যথেষ্ট পরিমাণ শক্তি সংগ্রহ করে নিজেদের মধ্যেকার আকর্ষণ বলকে অতিক্রম করে গ্যাসীয় অবস্থায় পরিবর্তিত হয়।
- বাষ্পায়নের হার নির্ভর করে বায়ুমণ্ডলে উন্মুক্ত তরলের উপরিতলের ক্ষেত্রফল, উষ্ণতা, আর্দ্রতা ও বায়ুপ্রবাহের উপর।
- বাষ্পায়নে শীতলতার সৃষ্টি হয়।
- বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 1 কেজি কোন তরলের নির্দিষ্ট স্ফুটনাঙ্কে পৌঁছে বাষ্পে পরিণত হতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন তাকে ঐ তরলের বাষ্পীভবনের লীনতাপ বলে।
- বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 1 কেজি কোনো কঠিন নির্দিষ্ট গলনাঙ্কে তরলে পরিণত হতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন তাকে ঐ কঠিনের গলনের লীনতাপ বলে।

মনে রাখার জন্য পরিমাপযোগ্য কয়েকটি রাশি এবং তাদের একক ঃ

রাশি	একক	প্রতীক
উষ্ণতা	কেলভিন (Kelvin)	k
দৈর্ঘ্য	মিটার (Metre)	m
ভর	কিলোগ্রাম (Kilogram)	Kg
ওজন	নিউটন (Newton)	N
আয়তন	ঘনমিটার (Cubic Metre)	m^3
ঘনত্ব	কিলোগ্রাম প্রতি ঘনমিটার (Kilogram per cubic metre)	Kgm^{-3}
চাপ	পাস্কাল (Pascal)	Pa

অনুশীলনী

1. নীচের উষ্ণতাগুলোকে সেলসিয়াস স্কেলে পরিবর্তন করো ঃ
   a) 293 K   b) 470 K
2. নীচের উষ্ণতাগুলোকে কেলভিন স্কেলে পরিবর্তন করো ঃ
   a) 25^0C   b) 373^0C
3. নীচের ঘটনাগুলোর কারণ দর্শাও ঃ
   a) ন্যাপথালিনের গুটি উন্মুক্ত রাখলে সময়ের সাথে সাথে উবে যায়।
   b) বেশ কয়েক মিটার দূরে বসে থেকেও আমরা পারফিউমের গন্ধ পাই।
4. নিম্নলিখিত পদার্থগুলোকে তাদের কণাগুলোর মধ্যেকার আকর্ষণ বলের উর্দ্ধক্রমে সাজাওঃ
   জল, চিনি, অক্সিজেন
5. নীচের উষ্ণতাগুলোতে জলের ভৌত অবস্থা কী হবে —
   a) 25^0C   b) 0^0C   c) 100^0C?
6. যুক্তি সহ দুটি করে কারণ দর্শাও ঃ
   a) ঘরের উষ্ণতায় জল একটি তরল পদার্থ।
   b) ঘরের উষ্ণতায় লোহার আলমারি একটি কঠিন পদার্থ।
7. 293 K উষ্ণতায় বরফ এবং সমউষ্ণতার জলের মধ্যে শীতল করার কাজে বরফ অধিক কার্যকরী কেন?
8. ফুটন্ত জল এবং বাষ্পের মধ্যে কোন্‌টি বেশি পোড়াবে?
9. পদার্থের অবস্থান্তরের নীচের নকশাটি থেকে A, B, C, D, E এবং F এর নাম লেখো —



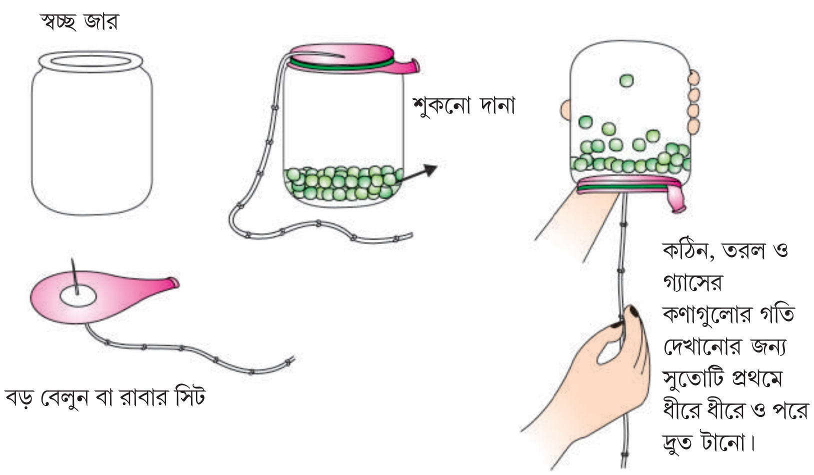
দলবদ্ধ কাজ

কঠিন, তরল এবং গ্যাসের কণাগুলোর গতি বোঝানোর জন্য একটি মডেল তৈরি করো।
মডেলটি তৈরি করার জন্য তোমার যা লাগবে —

- একটি স্বচ্ছ জার
- একটি বড়ো রাবারের বেলুন অথবা প্রসারিত করা যায় এমন এক টুকরো রাবারশিট
- একটা সুতো
- কয়েক দানা ছোলা বা কালো ডাল বা শুকনো সবুজ ছোলা নাও।

কীভাবে তৈরি করতে হবে —

- দানাগুলোকে জারে রাখো।
- সুতোটিকে রাবারশিটের ঠিক মাঝখানে সেলাই করে আটকে দাও এবং টেপ দিয়ে শক্ত করে এঁটে দাও।
- রাবারশিটটিকে টেনে জারের মুখে বাঁধো।
- তোমার মডেল তৈরি হয়ে গেল। আঙুল দিয়ে সুতোটিকে প্রথমে ধীরে ধীরে ও পরে দ্রুত টানতে থাকো।



চিত্র নং 1.10 ঃ কঠিন থেকে তরল এবং তরল থেকে গ্যাসে রূপান্তরের মডেল।

অধ্যায় 2

আমাদের চারপাশের পদার্থ কি বিশুদ্ধ ?

Is Matter Around Us Pure?

আমরা কীভাবে জানব যে, বাজার থেকে কেনা দুধ, ঘি, মাখন, লবণ, মশলা, জল বা জুস বিশুদ্ধ কিনা ?

*চিত্র **2.1**ঃ খাদ্যরূপে গৃহীত কিছু বস্তু*

তোমরা কি লক্ষ করেছো, খাদ্যরূপে গৃহীত এই সব বস্তুর প্যাকেটে 'বিশুদ্ধ' (pure) শব্দটি লেখা থাকে? সাধারণ মানুষের কাছে বিশুদ্ধ মানে হল যাতে কোন ভেজাল নেই। কিন্তু একজন বৈজ্ঞানিকের মতানুসারে এই সব বস্তুগুলো হল বিভিন্ন পদার্থের মিশ্রণ এবং সেজন্য বিশুদ্ধ নয়। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় দুধ হল জল, স্নেহ পদার্থ, প্রোটিন ইত্যাদির একটি মিশ্রণ। যখন একজন বৈজ্ঞানিক কোন পদার্থকে বিশুদ্ধ বলেন, এর তাৎপর্য হল ঐ পদার্থে উপস্থিত সকল উপাদান কণাগুলোর রাসায়নিক প্রকৃতি এক রকম। একটি বিশুদ্ধ বস্তু একই ধরনের কণা দিয়ে গঠিত। অন্যভাবে বলতে হলে একটি বিশুদ্ধ বস্তু একই ধরনের পদার্থ দিয়ে গঠিত।

আমরা যখন আমাদের চারপাশে লক্ষ করি, আমরা দেখতে পাই বেশিরভাগ পদার্থই দুই বা ততোধিক বিশুদ্ধ উপাদান নিয়ে গঠিত। যেমন সমুদ্রের জল, খনিজ পদার্থ, মাটি ইত্যাদি প্রতিটিই একেকটি মিশ্রণ।

2.1 মিশ্রণ কী ? (What is a Mixture)

একের অধিক বিশুদ্ধ পদার্থ মিশে মিশ্রণ তৈরি হয়। আমরা জানি দ্রবীভূত সোডিয়াম ক্লোরাইডকে বাষ্পায়ণের মতো ভৌত পদ্ধতির সাহায্যে জল থেকে পৃথক করা যায়। যদিও সোডিয়াম ক্লোরাইড নিজেই একটি বিশুদ্ধ পদার্থ এবং কেবলমাত্র ভৌত পদ্ধতির সাহায্যে একে এর গঠনকারী রাসায়নিক উপাদানগুলোতে পৃথক করা সম্ভব নয়। তেমনি চিনিও একই প্রকার বিশুদ্ধ পদার্থ দিয়ে তৈরি একটি বস্তু এবং এর গঠনকারী উপাদানগুলো একইভাবে বিন্যস্ত থাকে।

সরবত এবং মাটি একটি মাত্র বিশুদ্ধ পদার্থ নিয়ে গঠিত নয়। পদার্থের উৎস যা কিছুই হোক না কেন, তার বৈশিষ্ট্যসূচক ধর্মাবলী সর্বদা একই ধরনের হবে।

সেজন্য আমরা বলতে পারি মিশ্রণে একাধিক বিশুদ্ধ পদার্থ উপস্থিত থাকে।

2.1.1 মিশ্রণের প্রকারভেদ (Types of Mixtures)

মিশ্রণের গঠনকারী উপাদানের প্রকৃতি অনুসারে আমরা বিভিন্ন প্রকার মিশ্রণ পেতে পারি।

কাজ* _______________ *2.1

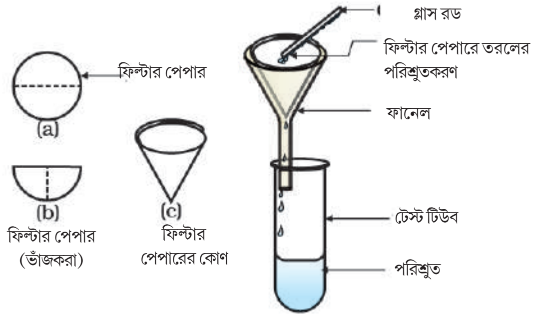
- চলো আমরা শ্রেণিকক্ষের ছাত্রছাত্রীদেরকে A, B, C এবং D এই চারটি দলে ভাগ করি।
- A দল একটি বিকারে 50 মিলি জল এবং এক চামচ কপার সালফেট পাউডার নিল। B দল বিকারে 50 মিলি জল এবং দুই চামচ কপার সালফেট পাউডার নিল।
- দল C এবং দল D বিভিন্ন পরিমাণ কপার সালফেট এবং পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট বা সাধারণ লবণ (সোডিয়াম ক্লোরাইড) নেবে এবং মিশ্রণ তৈরি করবে।
- মিশ্রণের রঙ এবং গঠন একইরকম কিনা তার একটি রিপোর্ট তৈরি করো।
- A ও B দল এমন একটি মিশ্রণ পাবে যেখানে সাংগঠনিক উপাদানগুলো সুষমভাবে বিন্যস্ত। এই ধরনের মিশ্রণকে সমসত্ত্ব মিশ্রণ বা দ্রবণ বলে। এই ধরনের মিশ্রণের আরও কয়েকটি উদাহরণ হল ঃ (i) জলে লবণের দ্রবণ এবং (ii) জলে চিনির দ্রবণ।

দুটি দলের দ্রবণের বর্ণগুলো তুলনা করো। যদিও দুটি দলই কপার সালফেট দ্রবণ পেয়েছে কিন্তু বর্ণের গাঢ়ত্ব দুটি দ্রবণের ক্ষেত্রে আলাদা। এর থেকে বোঝা যায় যে, সমসত্ত্ব মিশ্রণেরও বিভিন্ন প্রকার সংযুতি হতে পারে।

- C ও D দল যে মিশ্রণ পেয়েছে তাতে ভৌত উপাদান আলাদা আলাদা এবং উপাদানের সংযুতিও ভিন্ন রকম। এই ধরনের মিশ্রণকে অসমসত্ত্ব মিশ্রণ বলে। সোডিয়াম ক্লোরাইড ও লৌহ চূর্ণের মিশ্রণ, লবণ ও সালফারের মিশ্রণ এবং তেল ও জলের মিশ্রণ অসমসত্ত্ব মিশ্রণের উদাহরণ।

কাজ 2.2

- চলো আমাদের শ্রেণি কক্ষের ছাত্রছাত্রীদের আবার দল A, B, C ও D কে ভাগ করি।
- প্রত্যেক দলকে নিম্নে বর্ণিত নমুনাগুলো বিতরণ করি
  — A দলকে কিছু কপার সালফেট কেলাস
  — B দলকে এক চামচ কপার সালফেট
  — C দলকে চক্ পাউডার বা আটা
  — D দলকে কয়েক ফোঁটা দুধ বা কালি
- প্রত্যেক দল প্রদত্ত নমুনাগুলোকে জলে ঢালবে এবং কাচদণ্ড দিয়ে ভালোভাবে নাড়াবে। মিশ্রণের কণাগুলোকে দেখা যায় কি?
- এবার বিকারের দ্রবণটিতে চর্ট লাইটের আলো সোজাসাজি ফেলে মিশ্রণকে সামনে থেকে দেখ। আলোক রশ্মির গতিপথ দেখা যাচ্ছে কি?
- এখন মিশ্রণকে কিছু সময় স্থির ভাবে রেখে দাও। (এই সময়ের মধ্যে ছাঁকনি যন্ত্র জোগাড় করে নাও)। মিশ্রণটি স্থির হয়েছে কিনা নাকি কণাগুলো কিছুক্ষণ পর দ্রবণের নীচের দিকে থিতিয়ে পড়ছে?
- মিশ্রণটিকে ছেঁকে নাও। ফিল্টার পেপারে কোন অবশেষ রইল কি? ফলাফলকে আলোচনা করো এবং একটি মতামত তৈরি করো।
- A ও B দল একটি দ্রবণ পেয়েছে।
- C দল একটি প্রলম্বন পেয়েছে।
- D দল একটি কলয়েড দ্রবণ পেয়েছে।



চিত্র 2.2ঃ পরিশ্রুতকরণ

এখন আমরা নিম্নের অনুচ্ছেদে দ্রবণ, প্রলম্বন এবং কলয়েড দ্রবণ সম্পর্কে জানবো।

প্রশ্নাবলি

1) বস্তু বলতে কী বুঝ?

2) সমসত্ত্ব ও অসমসত্ত্ব মিশ্রণের মধ্যে কয়েকটি পার্থক্য উল্লেখ করো।

2.2 দ্রবণ কাকে বলে? (What is a Solution?)

দুই বা ততোধিক পদার্থের সমসত্ত্ব মিশ্রণকে দ্রবণ বলে। তোমরা প্রতিদিনই বিভিন্ন ধরনের দ্রবণ ব্যবহার করো। লেবুজল, সোডাজল ইত্যাদি দ্রবণের উদাহরণ। সাধারণত আমরা দ্রবণকে একটি তরল রূপে মনে করি যার মধ্যে কোন কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় পদার্থ দ্রবীভূত থাকে। কিন্তু কঠিনের দ্রবণ (সংকর ধাতু) এবং গ্যাসের দ্রবণের কথাও আমরা জানি। দ্রবণে কণাগুলো সুষমভাবে বিন্যস্ত থাকে। যেমন লেবুজলের স্বাদ সর্বত্র সমান। এর থেকে বোঝা যায় যে দ্রবণে চিনি বা লবণের কণাগুলো সমভাবে বিন্যস্ত।

আরো জানো

সংকর ধাতু ঃ সংকর ধাতু হল দুই বা ততোধিক ধাতুর বা একটি ধাতু এবং একটি অধাতুর মিশ্রণ যাকে ভৌত পদ্ধতির সাহায্যে গঠনকারী উপাদানগুলোতে পৃথক করা যায় না কিন্তু তারপরও সংকর ধাতুকে মিশ্রণই বলা হয় কারণ তাতে উপাদানগুলোর ধর্ম বজায় থাকে এবং উপাদানগুলোর সংযুতিও ভিন্ন ভিন্ন হয়। যেমন পিতল (ব্রাঁশ) হল প্রায় 30 শতাংশ জিঙ্ক এবং 70 শতাংশ কপার এর মিশ্রণ।

একটি দ্রবণে দ্রাবক এবং দ্রাব রূপে দুটি উপাদান বর্তমান। দ্রবণের যে উপাদানটি অন্য উপাদানকে দ্রবীভূত করে (সাধারণত দ্রবণে যেটি বেশি পরিমাণে থাকে) তাকে দ্রাবক (solvent) বলে। দ্রবণের যে উপাদানটি দ্রাবকে দ্রবীভূত হয় (যেটি দ্রবণে কম পরিমাণে থাকে) তাকে দ্রাব (Solute) বলে।

উদাহরণসমূহ ঃ

(i) জলে চিনির দ্রবণ হল তরলে কঠিনের দ্রবণ। এই দ্রবণে চিনি হল দ্রাব এবং জল হল দ্রাবক।

(ii) অ্যালকোহলে কঠিন আয়োডিনের দ্রবণ যা টিংচার অব্ আয়োডিন নামে পরিচিত, এতে আয়োডিন (কঠিন) হল দ্রাব এবং অ্যালকোহল (তরল) হল দ্রাবক।

(iii) বায়ুযুক্ত পানীয় যেমন সোডাজল ইত্যাদি হল তরলে গ্যাসের দ্রবণ। এতে কার্বনডাইঅক্সাইড (গ্যাস) হল দ্রাব এবং জল (তরল) হল দ্রাবক।

(iv) বায়ু হল গ্যাসে গ্যাসের মিশ্রণ। বায়ু হল বিভিন্ন গ্যাসের একটি সমসত্ত্ব মিশ্রণ। এতে দুটি মুখ্য উপাদান হল অক্সিজেন (21 শতাংশ) এবং নাইট্রোজেন (78 শতাংশ)। অন্যান্য গ্যাসগুলো খুব কম পরিমাণে থাকে।

দ্রবণের ধর্মাবলী ঃ

- দ্রবণ হল একটি সমসত্ত্ব মিশ্রণ।
- দ্রবণে দ্রাব কণাগুলোর ব্যাস 1 ন্যানোমিটার (10^{-9} মিটার) থেকেও কম। সেজন্য এদের খালি চোখে দেখা যায় না।
- দ্রবণের কণাগুলির আকার খুব ছোট বলে তারা দ্রবণের মধ্যে দিয়ে অতিক্রান্ত আলোক রশ্মিকে বিচ্ছুরিত করতে পারে না। সেজন্য আলোক রশ্মির গতিপথ দ্রবণে দৃশ্যমান হয় না।
- পরিস্রাবণ পদ্ধতির সাহায্যে দ্রবণে উপস্থিত দ্রাবের কণাগুলোকে দ্রবণ থেকে পৃথক করা যায় না। দ্রবণকে স্থির অবস্থায় রেখে দিলে দ্রাবের কণাগুলো থিতিয়ে পড়ে না। অর্থাৎ দ্রবণ হল সুস্থিত।

2.2.1 দ্রবণের গাঢ়ত্ব (Concentration of a solution)

কাজ 2.2 তে আমরা দেখেছি দল A ও দল B একই পদার্থের বিভিন্ন গাঢ়ত্বের বর্ণের দ্রবণ পেলো। তাই আমরা বুঝতে পারি যে দ্রবণে দ্রাব ও দ্রাবকের আপেক্ষিক পরিমাণ পরিবর্তনশীল। দ্রবণে উপস্থিত দ্রাবের পরিমাণের উপর নির্ভর করে দ্রবণকে লঘু, গাঢ় বা সম্পৃক্ত দ্রবণ বলা যায়। লঘু এবং গাঢ় হল তুলনামূলক শব্দ। কাজ 2.2 তে A দলের দ্রবণ, B দলের দ্রবণ অপেক্ষা লঘু।

কাজ 2.3

- দুটি পৃথক বিকারে প্রায় 50 মিলি করে জল নাও।
- একটি বিকারে লবণ এবং অন্য একটি বিকারে চিনি বা বেরিয়াম ক্লোরাইড যোগ করো এবং ক্রমাগত নাড়তে থাক।
- যখন জলে আর কোন দ্রাব দ্রবীভূত হয় না তখন বিকারে দ্রবণের উষ্ণতা 5^0C বৃদ্ধি করার জন্য তাপ দিতে থাকো।
- এবার দ্রবণে পুনরায় দ্রাব যোগ করতে থাকো। একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায়, জলে দ্রাব্য লবণ, চিনি বা বেরিয়াম ক্লোরাইডের পরিমাণ কি সমান?

একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় একটি দ্রবণে সর্বোচ্চ যত পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত হতে পারে সেই পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত হলে তাকে সম্পৃক্ত দ্রবণ বলে। অন্যভাবে বলতে গেলে যখন কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন দ্রবণে আর অতিরিক্ত কোন দ্রাব দ্রবীভূত করা যায় না তখন সেই উষ্ণতায় তাকে সম্পৃক্ত দ্রবণ বলে। সম্পৃক্ত দ্রবণে যে পরিমাণ দ্রাব ঐ উষ্ণতায় দ্রবীভূত থাকে তাকে ঐ নির্দিষ্ট উষ্ণতায় উক্ত দ্রাবের দ্রাব্যতা বলে।

যদি দ্রবণে দ্রবীভূত দ্রাবের পরিমাণ সম্পৃক্ত অবস্থার গাঢ়ত্ব থেকে কম হয়, তখন তাকে অসম্পৃক্ত দ্রবণ বলে।

একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় সম্পৃক্ত দ্রবণকে ধীরে ধীরে শীতল করতে থাকলে কী ঘটে?

উপরের কাজ থেকে আমরা এই সিদ্ধান্তে আসতে পারি যে, একটি নির্দিষ্ট দ্রাবকে একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় বিভিন্ন পদার্থের দ্রাব্যতা বিভিন্ন।

কোন দ্রবণের গাঢ়ত্ব হল একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রবণে (ভর বা আয়তন) উপস্থিত দ্রাবের পরিমাণ (ভর বা আয়তন)।

দ্রবণের গাঢ়ত্বকে প্রকাশ করার বিভিন্ন পদ্ধতি আছে কিন্তু আমরা এখানে মাত্র তিনটি পদ্ধতি শিখবো।

(i) ভরের অনুপাতের শতাংশ হারে গাঢ়ত্বের প্রকাশ (Mass by mass percentage of a solution)

$$= \frac{\text{দ্রাবের ভর}}{\text{দ্রবণের ভর}} \times 100$$

(ii) দ্রাবের ভর ও দ্রবণের আয়তনের অনুপাতের শতাংশ হারে গাঢ়ত্বের প্রকাশ—
(Mass by volume percentage of a solution)

$$= \frac{\text{দ্রাবের ভর}}{\text{দ্রবণের আয়তন}} \times 100$$

(iii) আয়তনের অনুপাতের শতাংশ হারে দ্রবণের গাঢ়ত্বের প্রকাশ —
(Volume by volume percentage of a solution)

$$= \frac{\text{দ্রাবের আয়তন}}{\text{দ্রবণের আয়তন}} \times 100$$

উদাহরণ 2.1. একটি দ্রবণে 40 গ্রাম সাধারণ লবণ 320 গ্রাম জলে দ্রবীভূত আছে। দ্রবণের গাঢ়ত্ব ভরের অনুপাতের শতকরা হারে গণনা কর।

সমাধান ঃ

দ্রাবের (লবণ) ভর = 40 গ্রাম
দ্রাবকের (জল) ভর = 320 গ্রাম

আমরা জানি,

দ্রবণের ভর = দ্রাবের ভর + দ্রাবকের ভর
= 40 গ্রাম + 320 গ্রাম
= 360 গ্রাম

দ্রবণের ভরের অনুপাতের শতাংশ

$$= \frac{\text{দ্রাবের ভর}}{\text{দ্রবণের ভর}} \times 100$$

$$= \frac{40 \text{ গ্রাম}}{360 \text{ গ্রাম}} \times 100 = 11.1\%$$

2.2.2 প্রলম্বন কী? (What is a Suspension)

কাজ **2.2** তে C দল যে অসমসত্ত্ব দ্রবণ পেয়েছে যেখানে কঠিন দ্রাব তরলে বিস্তৃত থাকে তাকে প্রলম্বন বলে। প্রলম্বন হল একটি অসমসত্ত্ব মিশ্রণ, যেখানে দ্রাবের কণাগুলো দ্রবীভূত না হয়ে মাধ্যমের সমস্ত অংশ জুড়ে বিস্তৃত থাকে। প্রলম্বনের কণাগুলো খালি চোখে দেখা যায়।

প্রলম্বনের ধর্ম (Properties of a Suspension) ঃ

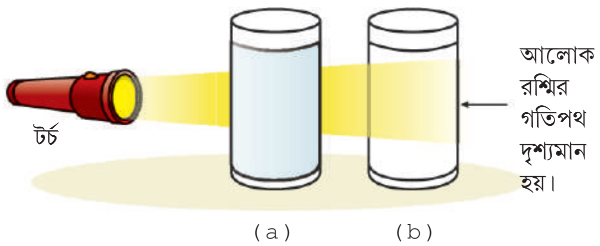
- প্রলম্বন হল অসমসত্ত্ব মিশ্রণ।
- প্রলম্বনের কণাগুলোকে খালি চোখে দেখা যায়।
- প্রলম্বনের কণাগুলো দ্রবণের মধ্য দিয়ে নির্গত আলোক রশ্মিকে বিচ্ছুরিত করে এবং আলোক রশ্মির গতিপথকে দৃশ্যমান করে।
- প্রলম্বনকে কিছুক্ষণ স্থির অবস্থায় রেখে দিলে প্রলম্বনে উপস্থিত দ্রাবের কণাগুলো থিতিয়ে পড়ে। অর্থাৎ প্রলম্বন হল দুঃস্থিত। পরিস্রাবণ পদ্ধতির সাহায্যে মিশ্রণ থেকে দ্রাবের কণাগুলিকে পৃথক করা যায়। কণাগুলি থিতিয়ে পড়লে প্রলম্বন অবস্থাটি নষ্ট হয়ে যায় এবং তখন এটি আর আলোকরশ্মি বিচ্ছুরিত করে না।

2.2.3 কলয়ডীয় দ্রবণ কী? (What is a Colloidal Solution)

কাজ 2.2 তে D দল যে মিশ্রণটি পেয়েছিল তাকে কলয়েড বা কলয়ডীয় দ্রবণ বলে। কলয়েড কণাগুলো দ্রবণে সুষমভাবে ছড়িয়ে থাকে। প্রলম্বনের কণাগুলোর তুলনায় কলয়েড কণাগুলোর আকার ছোট হওয়ায় মিশ্রণটিকে সমসত্ত্ব মিশ্রণ বলে মনে হয়। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে কলয়ডীয় দ্রবণ একটি অসমসত্ত্ব মিশ্রণ, যেমন দুধ।

কলয়ডীয় কণাগুলোর আকার ছোট হওয়ার জন্য আমরা খালি চোখে এদের দেখতে পাই না। কিন্তু এই কণাগুলো সহজে দৃশ্যমান আলোক রশ্মিকে বিচ্ছুরিত করতে পারে যেভাবে কাজ 2.2তে দেখানো হয়েছে। আলোক রশ্মির এই প্রকার বিচ্ছুরণকে বৈজ্ঞানিক টিনড্যাল, যিনি এই ঘটনা আবিষ্কার করেছিলেন তার নামানুসারে টিনড্যাল প্রভাব (Tyndall effect) বলে।

যখন কোন পরিষ্কার আলোক রশ্মি কোন সরু ছিদ্র দিয়ে ঘরে প্রবেশ করে তখনো টিনড্যাল প্রভাব লক্ষ করা যায়। বায়ুতে উপস্থিত ধোঁয়া এবং ধূলিকণার দ্বারা আলোক রশ্মির বিচ্ছুরণের জন্য এই ঘটনা ঘটে।



চিত্র 2.3 (a) কপার সালফেটের দ্রবণ টিনড্যাল প্রভাব প্রদর্শন করে না
(b) জল ও দুধের মিশ্রণ টিনড্যাল প্রভাব প্রদর্শন করে।

কোন ঘনবনের ছায়ার ভিতর দিয়ে যখন সূর্য-রশ্মি প্রবেশ করে তখন টিনড্যাল প্রভাব দেখা যায়। অরণ্যে কুয়াশাতে ছোট ছোট জলের কণা থাকে যারা বাতাসে ছড়িয়ে থাকা কলয়ডীয় কণা রূপে কাজ করে।

চিত্র 2.4 ঃ টিনড্যাল প্রভাব

কলয়েডের ধর্মাবলী

- কলয়েড হল একপ্রকার অসমসত্ত্ব মিশ্রণ।
- কলয়েড কণাগুলোর আকার এতই ছোট হয় যে খালি চোখে আলাদাভাবে দেখা যায় না।
- কলয়েড কণার আকার আলোক রশ্মির বিচ্ছুরণ ঘটানোর জন্য যথেষ্ট বড় হয়, যা কলয়েড দ্রবণের মধ্য দিয়ে নির্গত কোন রশ্মিকে বিচ্ছুরিত করে এবং আলোক রশ্মির গতিপথকে দৃশ্যমান করে।
- কলয়েড দ্রবণকে স্থিরভাবে রাখলেও কলয়েড কণাগুলো থিতিয়ে পড়ে না অর্থাৎ কলয়েড হল সুস্থিত।
- তাদেরকে মিশ্রণ থেকে পরিস্রাবণ পদ্ধতির সাহায্যে পৃথক করা যায় না।

কিন্তু পৃথকীকরণের একটি বিশেষ পদ্ধতি সেন্ট্রিফিউগেশন (কাজ 2.5) এর সাহায্যে কলয়ডীয় কণাগুলোকে পৃথক করা যায়।

কলয়ডীয় দ্রবণের দুটি উপাদান হল বিস্তৃতদশা এবং বিস্তার মাধ্যম। দ্রাবের কণার মতো উপাদানটি হল বিস্তৃত দশা (dispersed phase) এবং অন্য উপাদান যাতে এই বিস্তৃত দশা প্রলম্বিত (suspended) থাকে তাকে বিস্তার মাধ্যম (dispersing medium) বলে। কলয়েডকে বিস্তার মাধ্যমের অবস্থা (কঠিন, তরল বা গ্যাসীয়) এবং বিস্তৃত দশার অবস্থার উপর নির্ভর করে শ্রেণিভুক্ত করা হয়। কিছু উদাহরণ 2.1 সারণিতে দেওয়া হয়েছে। এই সারণিতে উল্লিখিত অনেক কলয়েড দ্রবণই আমরা দৈনন্দিন জীবনে দেখতে পাই।

প্রশ্নাবলি ঃ

- *সমসত্ত্ব ও অসমসত্ত্ব মিশ্রণের মধ্যে উদাহরণ সহ পার্থক্য করো।*
- *সল (sol), দ্রবণ এবং প্রলম্বন কীভাবে একে অপরের থেকে পৃথক?*
- *293কেলভিন উষ্ণতায় 36 গ্রাম সোডিয়াম ক্লোরাইডকে 100 গ্রাম জলে দ্রবীভূত করে সম্পৃক্ত দ্রবণ তৈরি করা হল। এই উষ্ণতায় দ্রবণটির গাঢ়ত্ব নির্ণয় করো।*

সারণি 2.1 ঃ কলয়েডের কিছু সাধারণ উদাহরণ

বিস্তৃত দশা	বিস্তার মাধ্যম	প্রকার নমুনা	উদাহরণ
তরল	গ্যাস	এরোসল	কুয়াশা, মেঘ, শিশির
কঠিন	গ্যাস	এরোসল	ধোঁয়া, অটোমোবাইলের নির্গত ধোঁয়া
গ্যাস	তরল	ফোম	সেভিং ক্রিম
তরল	তরল	ইমালসন	দুধ, ফেইস ক্রিম
কঠিন	তরল	সল	মিল্ক অব ম্যাগনেশিয়া, কাদা
গ্যাস	কঠিন	ফোম	ফোম, রাবার, স্পঞ্জ, ঝামা পাথর
তরল	কঠিন	জেল	জেলি, মাখন, পনির
কঠিন	কঠিন	কঠিন সল	রত্ন-পাথর, ঘোলাটে কাচ

2.3 মিশ্রণের উপাদানগুলোর পৃথকীকরণ (Separating the Components of a Mixture)

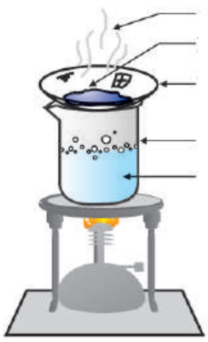
আমরা পড়েছি যে বেশির ভাগ প্রাকৃতিক পদার্থগুলোই রাসায়নিক ভাবে বিশুদ্ধ নয়। বিভিন্ন পৃথকীকরণের পদ্ধতি ব্যবহার করে উপাদানগুলোকে মিশ্রণ থেকে আলাদা করা যায়। পৃথীকরণের ফলে উপাদানগুলোকে আলাদাভাবে জানা ও ব্যবহার করা সম্ভব হয়।

অসমসত্ত্ব মিশ্রণকে সহজ ভৌত পদ্ধতি যেমন হাতের সাহায্যে আলাদা করে, ছাঁকনি দিয়ে ছেঁকে, পরিস্রাবণের সাহায্যে তাদের গঠনকারী উপাদানগুলোতে পৃথক করা যায় যেগুলো আমরা প্রতিদিনের জীবন যাত্রায় ব্যবহার করে থাকি। অনেক সময় বিশেষ পদ্ধতি ব্যবহার করে উপাদানগুলোকে মিশ্রণ থেকে পৃথক করা হয়।

2.3.1 আমরা কীভাবে নীল/কালো কালি থেকে রঙিন উপাদান (Dye) পেতে পারি?

কাজ ***2.4***

- একটি বিকারকে আর্ধেক জলদ্বারা পূর্ণ করো।
- বিকারের মুখে একটি ওয়াচ গ্লাস রাখো (চিত্র 2.5)
- ওয়াচ্ গ্লাসে কয়েক ফোঁটা কালি রাখো।
- এখন বিকারটিকে তাপ দিতে থাকো। কালিকে সরাসরি উত্তপ্ত না করাই আমাদের উদ্দেশ্য। তোমরা দেখতে পাবে যে ওয়াচ্‌গ্লাস থেকে বাষ্পায়ণ শুরু হয়েছে।
- যতক্ষণ পর্যন্ত বাষ্পায়ণ চলতে থাকে ততক্ষণ পর্যন্ত তাপ দিতে থাকো এবং যখন আর কোনো পরিবর্তন দেখা যায় না তখন তাপ দেওয়া বন্ধ করো।
- ভালো করে পর্যবেক্ষণ করে খাতায় লিখে রাখো।



চিত্র 2.5 : বাষ্পায়ণ

উত্তর দাও

- ওয়াচগ্লাস থেকে কি বাষ্পায়িত হয়েছে বলে তুমি মনে করো?
- ওয়াচগ্লাসে কি কোনো অবশেষ বাকী রইল?
- তোমরা কী মনে করো? কালি কি একই উপাদান দ্বারা গঠিত পদার্থ, না এটি একটি মিশ্রণ?

আমরা জানতে পারলাম কালি হল জলে ডাই (Dye) এর মিশ্রণ। সেজন্য আমরা এর উদ্বায়ী উপাদানটিকে (দ্রাবক) অনুদ্বায়ী উপাদান (দ্রাব) থেকে বাষ্পায়ণের সাহায্যে পৃথক করতে পারি।

2.3.2 দুধ থেকে কীভাবে ক্রীম আলাদা করবো?

আজকাল আমরা বাজারে সম্পূর্ণ ক্রিম, টোনড এবং ডাবল টোনড দুধ এর বিভিন্ন প্রকারের পলিপ্যাকেট বা টেট্রাপেকেট দেখতে পাই। এই ধরনের বিভিন্ন প্রকারের দুধে বিভিন্ন মাত্রায় স্নেহ (fat) পদার্থ উপস্থিত থাকে।

কাজ ***2.5***

- একটি পরীক্ষানলে কিছু সম্পূর্ণ ক্রিমযুক্ত দুধ নাও।
- দুই মিনিট ধরে একটি ঘূর্ণনযন্ত্রের (centrifuge) সাহায্যে ঘূর্ণন করো। যদি স্কুলে ঘূর্ণনযন্ত্র না থাকে, তুমি এই পরীক্ষাটি বাড়িতেও দুধ ফেটানো যন্ত্রের (milk churner) সাহায্যে করতে পারো।
- যদি তোমাদের বাড়ির কাছে দুধের ডায়েরী থাকে, সেখানে যাও এবং জিজ্ঞেস করো (i) উনারা কীভাবে দুধ থেকে ক্রিমকে পৃথক করেন (ii) উনারা কীভাবে দুধ থেকে পনির (cheese) তৈরি করেন।

উত্তর দাও

- দুধকে ফেটানো হলে (churning) তোমরা কী দেখতে পাও?
- দুধ থেকে কীভাবে ক্রিম পৃথক হয় বর্ণনা করো।

অনেক সময় তরলে উপস্থিত কঠিনের কণাগুলো খুব ক্ষুদ্র ছোটো থাকে এবং ফিল্টার পেপারের দিয়ে বেরিয়ে যায়। এই সমস্ত কণাগুলোর জন্য পরিস্রাবণ পদ্ধতি ব্যবহার করা যাবে না।

এই মিশ্রণগুলোকে ঘূর্ণনযন্ত্রের সাহায্যে পৃথক করা হয়। এর মূল নীতি হল যখন ঘূর্ণনযন্ত্র দ্রুত ঘোরানো হয়, ভারী কণাগুলো নীচে যেতে বাধ্য হয় এবং হাল্কা কণাগুলো উপরের দিকে থাকে।

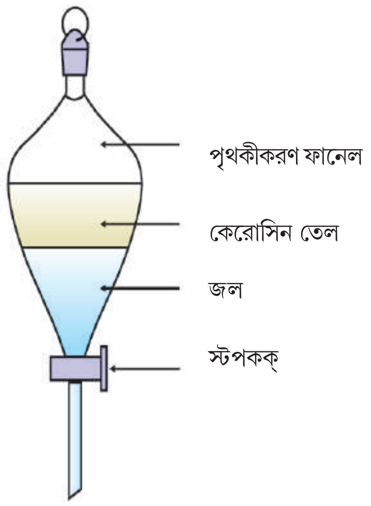
প্রয়োগ

- রোগ নিরূপণকারী পরীক্ষাগারগুলোতে রক্ত ও মূত্রের পরীক্ষায় ব্যবহৃত হয়।
- ডেয়ারী কিংবা বাড়িতে মাখন থেকে ক্রিমকে পৃথক করতে ব্যবহৃত হয়।
- ওয়াশিং মেশিনে ভিজা কাপড় থেকে নিংড়ে জল বের করার জন্য ব্যবহৃত হয়।

2.3.3 অমিশ্রণীয় দুটি তরলকে কীভাবে মিশ্রণ থেকে পৃথক করবো? (How can we separate a mixture of two immiscible liquids?)

কাজ 2.6

- চলো একটি পৃথকীকরণ ফানেলের সাহায্যে কেরোসিন তেলকে জল থেকে পৃথক করতে চেষ্টা করি।
- কেরোসিন তেল এবং জলের মিশ্রণকে পৃথকীকরণ ফানেলে ঢালি (চিত্র 2.6)
- চলো এই মিশ্রণটিকে ফানেলের মধ্যে কিছুক্ষণ স্থির অবস্থায় রাখি, যাতে তেল ও জলের— দুটি পৃথক স্তর তৈরি হয়।
- এখন পৃথকীকরণ ফানেলের স্টপকক্‌টি খুলে নিচের জলের স্তরটিকে সাবধানে বের করে নাও।
- যখন তেলের স্তরটি স্টপকক্‌কে পৌঁছায় তখন সাবধানে স্টপকক্‌টি বন্ধ করো।



চিত্র 2.6 ঃ অমিশ্রণীয় দুটি তরলের পৃথকীকরণ

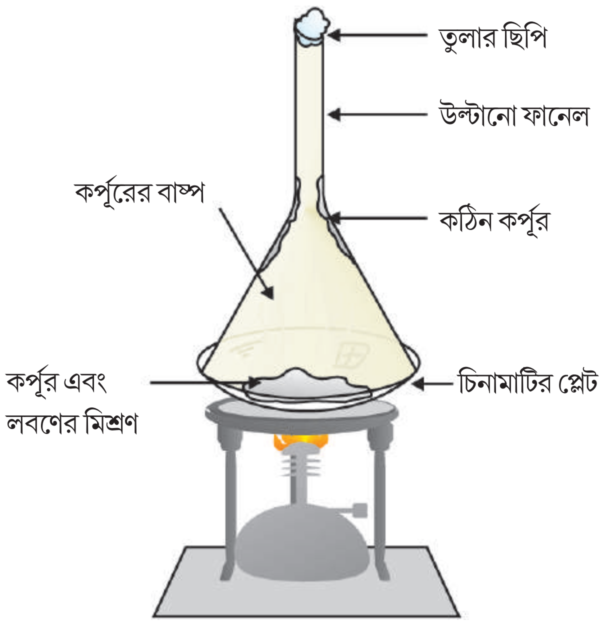
প্রয়োগ

- জল ও তেলের মিশ্রণকে পৃথক করতে।
- আকরিক থেকে লৌহকে পৃথক করতে, এই পদ্ধতির সাহায্যে হাল্কা ধাতুমলকে উপর থেকে পৃথক করা হয় এবং মারুৎচুল্লীর নীচে গলিত লৌহ থেকে যায়।

এটির মূলনীতি হল এই যে অমিশ্রণীয় তরলগুলো ঘনত্ব অনুসারে স্তরে স্তরে পৃথকভাবে আলাদা হয়।

2.3.4 লবণ এবং কর্পূরের মিশ্রণকে আমরা কীভাবে পৃথক করবো? (How can we separate a mixture of salt and camphor?)

প্রথম অধ্যায়ে আমরা জেনেছি যে, তাপ প্রয়োগে কর্পূর কঠিন থেকে সরাসরি গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হয়। সেজন্য উর্ধপাতনযোগ্য উদ্বায়ী উপাদানকে উর্ধপাতন অযোগ্য অশুদ্ধির মিশ্রণ থেকে উর্ধপাতন প্রক্রিয়ার সাহায্যে পৃথক করা যায় (চিত্র 2.7)। কিছু উর্ধপাতনশীল কঠিনের উদাহরণ হল অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড, নেপথ্যালিন এবং এনথ্রাসিন।

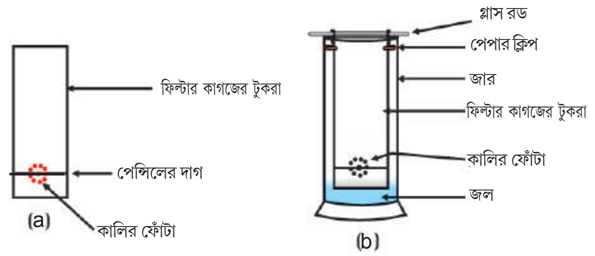


চিত্র 2.7 ঃ উর্ধপাতনের সাহায্যে কর্পূর এবং লবণের পৃথকীকরণ

2.3.5 কালো কালিতে উপস্থিত রঞ্জক কণা (ডাই) কি এক বর্ণের? (Is the dye in black ink a single colour?)

কাজ 2.7

- একটি পাতলা ফিল্টার কাগজ নাও।
- ফিল্টার কাগজের নীচের ধার থেকে 3 সেমি উপরে পেন্সিল ব্যবহার করে একটি রেখা টান চিত্রঃ 2.8 (a)।
- লাইনটির মধ্যবিন্দুতে একটি কালির ছোটো ফোঁটা দাও। (স্কেচপেন বা ফাউন্টেন পেন থেকে যা জলে দ্রবণীয়) একে শুকোতে দাও।
- টেস্টটিউবের মধ্যে জল নিয়ে ফিল্টার কাগজটিকে এমনভাবে রাখো যাতে কালির ফোঁটাটি জলতলের ঠিক উপরে থাকে, চিত্রঃ 2.8 (b) এর মতো এবং একে স্থির অবস্থায় রেখে দাও।
- ভালোভাবে লক্ষ্য করো ঃ ফিল্টার কাগজ বেয়ে জল ধীরে ধীরে উপরে উঠতে থাকবে। তোমার পর্যবেক্ষণ নথিভুক্ত করো।



চিত্র 2.8 ঃ ক্রোমাটোগ্রাফির সাহায্যে কালো কালিতে উপস্থিত ডাই-এর পৃথকীকরণ

উত্তর দাও

- ফিল্টার কাগজে জল উপরের দিকে উঠতে থাকলে তোমরা কী দেখতে পাও?
- তোমরা কী ফিল্টার কাগজে বিভিন্ন বর্ণ দেখতে পাও?
- তোমাদের মতে ফিল্টার কাগজে বর্ণের উপরে ওঠার কারণ কী হতে পারে?

আমরা যে কালি ব্যবহার করি তাতে জল দ্রাবকরূপে এবং রঞ্জক (dye) দ্রাব রূপে দ্রবীভূত থাকে। জলের সহিত রঞ্জক কণাগুলো ফিল্টার কাগজ বেয়ে ওপরের দিকে ওঠে। সাধারণত রঞ্জক দুই বা তাতোধিক বর্ণের মিশ্রণ। জলে অধিক দ্রবণীয় রঙিন উপাদানটি দ্রুত উপরের দিকে ওঠে এবং এভাবে বর্ণগুলো আলাদা হয়। এইভাবে মিশ্রণ থেকে রঞ্জক উপাদানগুলাকে পৃথক করার পদ্ধতিই হল ক্রোমাটোগ্রাফি। গ্রীক ভাষায় 'ক্রোমা' শব্দের অর্থ হল রঙ। এই কৌশলটি প্রথমে রঙের পৃথকীকরণের জন্য ব্যবহৃত হতো, সেজন্য এই নামটি দেওয়া হয়েছে। যে সমস্ত দ্রাব একই দ্রাবকে দ্রবীভূত হয় তাদের পৃথকীকরণে ক্রোমাটোগ্রাফি কৌশলটি ব্যবহৃত হয়। প্রযুক্তিবিদ্যার অগ্রগতির সাথে সাথে ক্রোমাটোগ্রাফির নতুন নতুন কৌশল উদ্ভাবিত হয়েছে। তোমরা ক্রোমাটোগ্রাফি সম্পর্কে উপরের শ্রেণিতে আরও জানতে পারবে।

প্রয়োগ

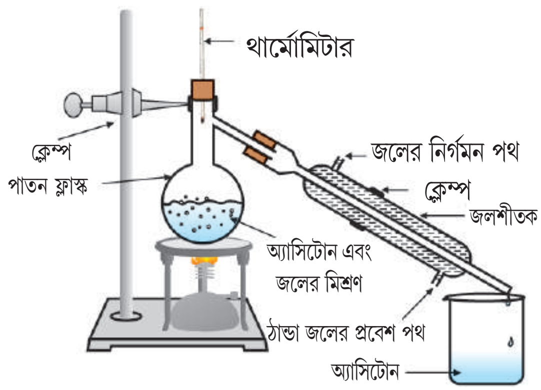
পৃথক করতে

- রঞ্জক-এর অন্তর্গত বর্ণগুলোকে
- প্রাকৃতিক রঙ থেকে রঞ্জক কণাগুলোকে
- রক্ত থেকে ড্রাগকে

2.3.6 মিশ্রণীয় দুটি তরলকে আমরা কীভাবে পৃথক করবো? (How can we separate a mixture of two miscible liquids?)

কাজ 2.8

- চলো আমরা অ্যাসিটোন ও জলের মিশ্রণ থেকে তাদের পৃথক করতে চেষ্টা করি।
- মিশ্রণটিকে একটি পাতন ফ্লাস্কে নাও। এবার তাতে একটি থার্মোমিটার কর্কের সাহায্যে লাগিয়ে নাও।
- যন্ত্রপাতিকে চিত্রের মত সাজিয়ে নাও। (চিত্র 2.9)
- এবার মিশ্রণটিকে ধীরে ধীরে তাপ দিতে থাকো এবং থার্মোমিটারের পাঠ যত্ন সহকারে লক্ষ করো।
- অ্যাসিটোন বাষ্পীভূত হবে, তারপর শীতক যন্ত্রে প্রবেশ করে ঘনীভূত হবে এবং শীতক যন্ত্রের নির্গম নল থেকে পুনরায় সংগ্রহ করা যাবে।
- জল পাতন ফ্লাস্কে পড়ে থাকে।



চিত্র 2.9 ঃ দুটি মিশ্রণীয় তরলের পাতনের সাহায্যে পৃথীককরণ।

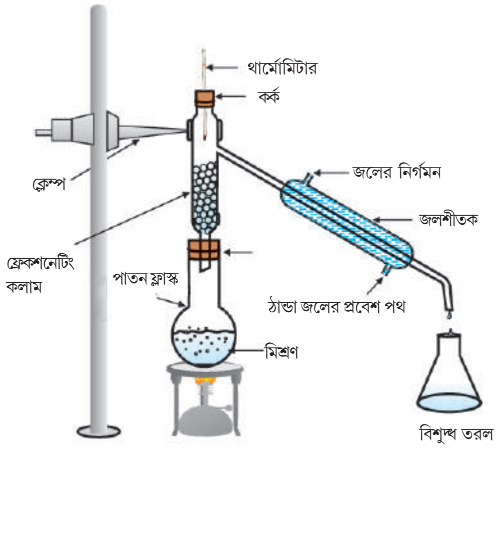
উত্তর দাও

- *যখন মিশ্রণটিকে তাপ দিতে শুরু করেছো তখন তুমি কি লক্ষ করলে?*
- *কোন্ উষ্ণতায় থার্মোমিটারের পাঠ কিছু সময়ের জন্য স্থির হয়?*
- *অ্যাসিটোনের স্ফুটনাঙ্ক কত?*
- *কেন দুটি উপাদান পৃথক হয়?*

এই পদ্ধতিটিকে পাতন প্রক্রিয়া বলে। দুটি মিশ্রণীয় তরল যাদের স্ফুটনাঙ্কের মধ্যে যথেষ্ট পার্থক্য বর্তমান এবং যেগুলো স্ফুটনাঙ্কে বিয়োজিত হয় না, সেগুলোর ক্ষেত্রে এই পদ্ধতিটি ব্যবহৃত হয়।

দুই বা ততোধিক মিশ্রণীয় তরল যেগুলোর স্ফুটনাঙ্কের পার্থক্য 25 কেলভিনের কম, তাদের পৃথক করতে আংশিক পাতন প্রক্রিয়া ব্যবহৃত হয়। যেমন বায়ুতে উপস্থিত বিভিন্ন গ্যাসীয় উপাদানকে পৃথক করতে এবং পেট্রোলিয়ামজাত পদার্থের বিভিন্ন উপাদানকে পৃথক করতে ব্যবহৃত হয়। যন্ত্রটি সাধারণ পাতন যন্ত্রের মতই, ব্যতিক্রমটি হল, পাতক এবং শীতক নলের মাঝখানে একটি আংশিক পাতন স্তম্ভ (Fractionating column) লাগানো থাকে।

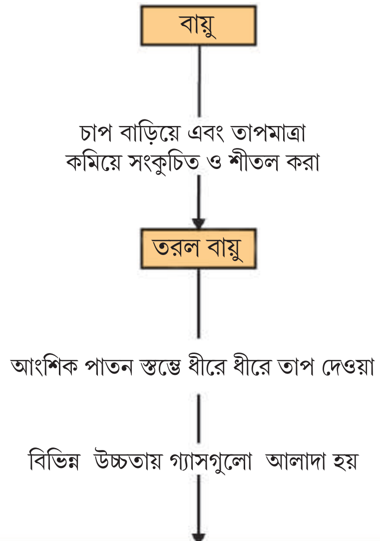
আংশিক পাতন স্তম্ভ হল একটি নল (Tube) যাতে কাচের গুঁটি (beads) থাকে। এই গুঁটিগুলোর পৃষ্ঠতল বাষ্পকে বার বার শীতল হতে ও ঘনীভূত হতে সাহায্য করে যা চিত্র 2.10 তে দেখানো হয়েছে।



চিত্র 2.10 ঃ আংশিক পাতন

2.3.7 বায়ুতে উপস্থিত বিভিন্ন গ্যাসকে কীভাবে পৃথক করবো? (How can we obtain different gases from air?)

বায়ু একটি সমসত্ত্ব মিশ্রণ এবং এর উপাদানগুলোকে আংশিক পাতন প্রক্রিয়ার সাহায্যে পৃথক করা যায়। নীচের রেখাচিত্রটি (চিত্র 2.11) এর বিভিন্ন ধাপগুলোকে দেখাচ্ছে।



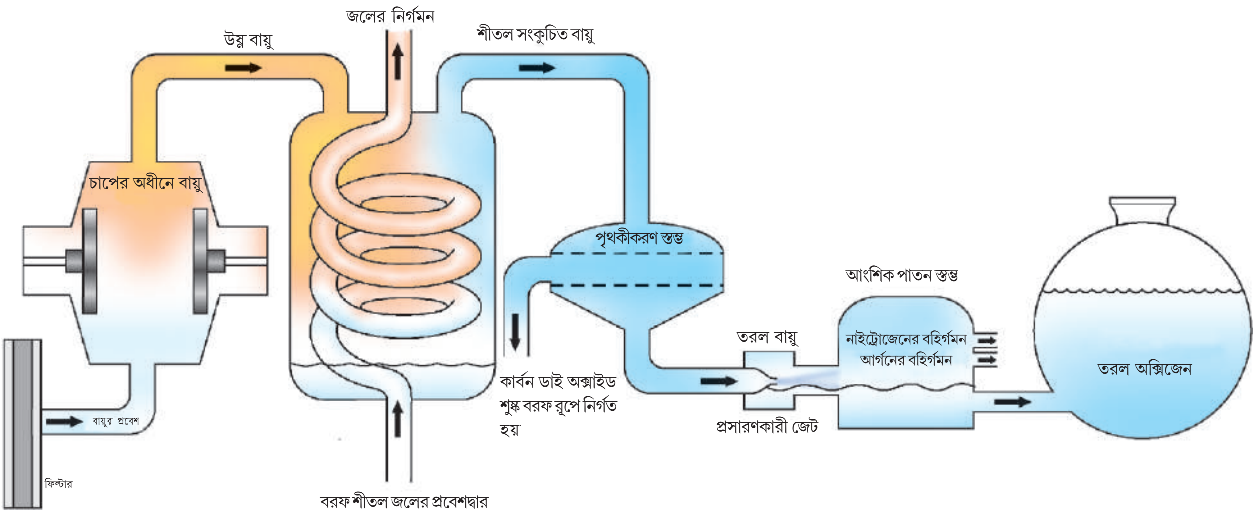
	অক্সিজেন	আরগন	নাইট্রোজেন
স্ফুটনাঙ্ক (°C)	-183	-186	-196
% বায়ু (আয়তন)	20.9	0.9	78.1

চিত্র 2.11 ঃ উপরের রেখাচিত্রটি বায়ু থেকে গ্যাসীয় উপাদানগুলোকে পৃথক করার পদ্ধতি দেখাচ্ছে।

আমরা যদি বায়ু থেকে অক্সিজেন গ্যাসকে পৃথক করতে চাই (চিত্র **2.11**) তবে বায়ু থেকে অন্যান্য গ্যাসগুলোকে পৃথক করতে হবে। চাপ বৃদ্ধি করে বায়ুকে সংকুচিত করার পর তাপমাত্রা কমিয়ে শীতল করে তরলে পরিণত করা হয়। তরল বায়ুকে তারপর ধীরে ধীরে আংশিক পাতন নলে গরম করা হয়। স্ফুটনাঙ্কের উপর নির্ভর করে গ্যাসগুলো বিভিন্ন উচ্চতায় পৃথক হয়।

নীচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও

- বায়ুতে উপস্থিত গ্যাসগুলোকে তাদের স্ফুটনাঙ্কের উর্দ্ধক্রম অনুসারে সাজাও।
- বায়ু শীতল করলে কোন্ গ্যাসটি প্রথমে তরলে পরিণত হয়?



চিত্র. 2.12 ঃ বায়ুর উপাদানগুলোর পৃথকীকরণ

2.3.8 আমরা কীভাবে অশুদ্ধ কপার সালফেটের নমুনা থেকে বিশুদ্ধ কপার সালফেট পৃথক পাবো? (How can we obtain pure copper sulphate from an impure sample?)

কাজ ***2.9***

- একটি চীনা মাটির পাত্রে (**china dish**) কিছু অশুদ্ধ কপার সালফেটের নমুনা (আনুমানিক 5 গ্রাম) নাও।
- একে ন্যূনতম পরিমাণ জলে দ্রবীভূত করো।
- পরিস্রাবণ করে এর অশুদ্ধিগুলো দূর করো।
- কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণকে বাষ্পীভূত করে কপার সালফেটের সম্পৃক্ত দ্রবণ তৈরি করো।
- এই দ্রবণটিকে এবার একটি ফিল্টার কাগজ দিয়ে ঢেকে ঘরের উষ্ণতায় ধীরে ধীরে শীতল হতে সারাদিনের জন্য স্থির ভাবে রেখে দাও।
- তোমরা চিনা মাটির পাত্রে কপার সালফেটের কেলাস পাবে।
- এই পদ্ধতিকে কেলাসন বলে।

উত্তর দাও

- চিনা মাটির পাত্রে তুমি কি পর্যবেক্ষণ করলে?
- কেলাসগুলো কি দেখতে একই রকম?
- চিনা মাটির পাত্রে কেলাসগুলোকে কীভাবে তরল থেকে পৃথক করবে?

কেলাসন পদ্ধতিটি কঠিনের বিশুদ্ধিকরণে ব্যবহৃত হয়। যেমন, সমুদ্র জল থেকে আমরা যে লবণ পাই তাতে বিভিন্ন অশুদ্ধি থাকতে পারে। এই অশুদ্ধিগুলোকে দূর করার জন্য কেলাসন পদ্ধতিটি ব্যবহৃত হয়। দ্রবণ থেকে কেলাস রূপে কোন বিশুদ্ধ কঠিন পদার্থকে পৃথক করার পদ্ধতিটিই হল কেলাসন। সাধারণ বাষ্পায়ন থেকে কেলাসন কৌশলটি অধিকতর উপযুক্ত কারণ—

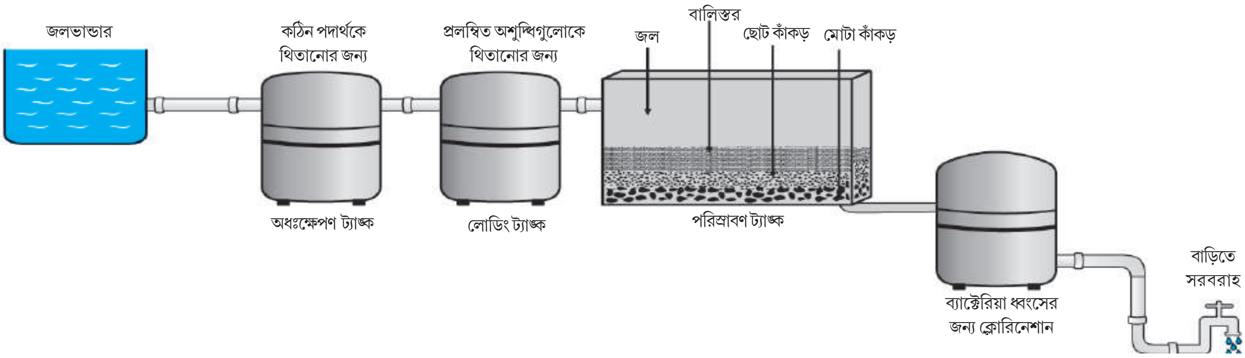
- তাপ প্রয়োগে শুকোতে গেলে কিছু কঠিন পদার্থ বিয়োজিত হয়ে যায় বা কোনো কোনো পদার্থ চিনির মতো পুড়ে কালো হয়ে যায়।
- পরিস্রাবণের পরেও কিছু অশুদ্ধি দ্রবণে দ্রবীভূত অবস্থায় থেকে যেতে পারে। বাষ্পীভবনে এগুলো কঠিনকে অশুদ্ধ করে।

প্রয়োগ

- সমুদ্রের জল থেকে প্রাপ্ত লবণের বিশুদ্ধিকরণে
- ফটকিরির (alum) অশুদ্ধ নমুনা থেকে বিশুদ্ধ কেলাসকে পৃথকীকরণে।

এইভাবে মিশ্রণের উপাদানের প্রকৃতি অনুসারে উপরের যে কোনো একটি উপযুক্ত পদ্ধতি গ্রহণ করে আমরা বিশুদ্ধ পদার্থ পেতে পারি। প্রযুক্তির অগ্রগতির সাথে সাথে পৃথকীকরণের আরও অনেক কৌশল উদ্ভাবিত হয়েছে।

শহরাঞ্চলে জল সরবরাহ প্রণালী থেকে পানীয় জল সরবরাহ করা হয়। 2.13 নং চিত্রে জল সরবরাহ প্রণালীর একটি প্রতীক প্রবাহ চিত্র দেখানো হয়েছে। পানীয় জল সরবরাহ প্রণালী থেকে তোমার বাড়ি পর্যন্ত জল সরবরাহের ক্ষেত্রে গৃহীত পদ্ধতিগুলো উপরের চিত্র 2.13-র সাহায্যে শ্রেণিকক্ষে আলোচনা করো এবং লিপিবদ্ধ করো।



চিত্র *2.13* ঃ জল সরবরাহ প্রণালীতে জল বিশুদ্ধিকরণ ব্যবস্থা

প্রশ্নাবলি

1. *দুটি মিশ্রণীয় তরল যেমন পেট্রোল ও কেরোসিনের মিশ্রণ (যাদের স্ফুটনাঙ্কের পার্থক্য 25°C এর বেশী) থেকে কিভাবে তাদের পৃথক করবে?*
2. *পৃথকীকরণের সাধারণ কৌশলগুলো উল্লেখ করো*
   i) দই থেকে মাখন
   ii) সমুদ্র জল থেকে লবণ
   iii) লবণ থেকে কর্পূর
3. *কেলাসন কৌশলের দ্বারা কি ধরনের মিশ্রণকে পৃথক করা হয়?*

2.4 ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তন (Physical and Chemical Changes)

পূর্ববর্তী অধ্যায়ে আমরা পদার্থের কিছু ভৌত ধর্ম সম্পর্কে জেনেছি। যে ধর্মগুলোকে পর্যবেক্ষণ ও নির্দিষ্ট করা যায় যেমন বর্ণ, কাঠিন্য, দৃঢ়তা, তারল্য, ঘনত্ব, গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক ইত্যাদি হলো ভৌত ধর্ম।

পদার্থের অবস্থার পরিবর্তন একটি ভৌত পরিবর্তন কারণ এই পরিবর্তনগুলো পদার্থের সংযুতি এবং রাসায়নিক প্রকৃতির কোন পরিবর্তন ছাড়াই ঘটে। বরফ, জল এবং জলীয় বাষ্প প্রত্যেকেই দেখতে ভিন্ন ভিন্ন এবং এগুলো বিভিন্ন ভৌত ধর্ম প্রদর্শন করে, কিন্তু এগুলো প্রতিটিই রাসায়নিকভাবে এক।

জল এবং রান্নার তেল উভয়েই তরল পদার্থ কিন্তু এগুলোর রাসায়নিক ধর্ম আলাদা। এগুলোর গন্ধ এবং দাহ্যতা ভিন্ন। আমরা জানি তেল বায়ুতে দাহ্য আর জল আগুন নিভায়। তেলের এই রাসায়নিক ধর্মই জল থেকে একে পৃথক করে। দহন একটি রাসায়নিক পরিবর্তন। এই প্রক্রিয়াতে একটি পদার্থ অন্য একটি পদার্থের সঙ্গে বিক্রিয়া করে রাসায়নিক সংযুতিতে পরিবর্তন ঘটায়। রাসায়নিক পরিবর্তনে পদার্থের রাসায়নিক ধর্মের পরিবর্তন ঘটে এবং আমরা নতুন পদার্থ পাই। রাসায়নিক পরিবর্তনকে রাসায়নিক বিক্রিয়াও বলা হয়।

মোমবাতির দহনে ভৌত এবং রাসায়নিক উভয় ধর্মের পরিবর্তন ঘটে। তোমরা কি এগুলোর মধ্যে পার্থক্য করতে পারো?

প্রশ্নাবলি

1. *নিম্নলিখিত ঘটনাগুলোকে ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তনে শ্রেণিভুক্ত করো—*
   - *গাছ কাটা*
   - *গরম কড়াইতে মাখনের গলন*
   - *আলমিরাতে মরিচা পড়া*
   - *জলের স্ফুটন ও বাষ্পায়ণ*
   - *জলের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করার ফলে জল হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনে বিয়োজিত হওয়া,*
   - *জলে সাধারণ লবণ দ্রবীভূত হওয়া*
   - *কাঁচা ফল দ্বারা স্যালাড্ তৈরি করা এবং*
   - *কাগজ এবং কাঠের দহন।*
2. *তোমার চারপাশের পদার্থগুলোকে বিশুদ্ধ পদার্থ এবং মিশ্রণরূপে চিহ্নিত করো।*

2.5 বিশুদ্ধ পদার্থ কত প্রকার? (What are the types of pure substances?)

রাসায়নিক সংযুতির উপর ভিত্তি করে পদার্থকে মৌলিক এবং যৌগিক এই দুই ভাগে শ্রেণিভুক্ত করা যায়।

2.5.1 মৌল (Elements)

- বিজ্ঞানী রবার্ট বয়েল (Robert Boyle) 1661 খ্রীষ্টাব্দে প্রথম মৌলিক শব্দটি ব্যবহার করেন। ফরাসি রসায়নবিদ অ্যান্টনি লরেন্ট লেভয়সিয়র (Antoine Laurent Lavoisier) (1743-94), সর্বপ্রথম পরীক্ষালব্ধ উপায়ে মৌলের সংজ্ঞা প্রদান করেন। তাঁর মতে মৌল হলো পদার্থের মূল রূপ যাকে রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাহায্যে সরলতর পদার্থে বিয়োজিত যায় না।

মৌলকে (Element) সাধারণত ধাতু, অধাতু এবং ধাতুকল্পে শ্রেণিভুক্ত করা যায়।

ধাতুগুলো সাধারণত নিম্নে উল্লেখিত ধর্মের কিছু বা সবগুলো ধর্ম প্রদর্শন করে ঃ

- ধাতুর উজ্জ্বলতা থাকে।
- ধাতু রূপালী ধূসর বা সোনালী হলুদ বর্ণের হয়
- ধাতু তাপ ও তড়িৎ সুপরিবাহী।
- ধাতু প্রসারণশীল (টেনে লম্বা তারে পরিণত করা যায়)
- ধাতু নমনীয় (হাতুড়ি দিয়ে আঘাত করে পাতলা পাতে পরিণত করা যায়)
- ধাতু উচ্চনাদ বিশিষ্ট হয় (আঘাত করলে ধ্বনি সৃষ্টি করে)

ধাতুর কিছু উদাহরণ হল সোনা, রূপা, তামা, লোহা, সোডিয়াম, পটাশিয়াম ইত্যাদি। পারদ একমাত্র ধাতু যেটি ঘরের উষ্ণতায় তরল।

অধাতু সাধারণত নিম্নে উল্লেখিত ধর্মের কিছু বা সবগুলো ধর্ম প্রদর্শন করে।

- অধাতু বিভিন্ন বর্ণের হয়।
- অধাতু তাপ ও তড়িতের কুপরিবাহী (poor conductor)
- অধাতুগুলো অনুজ্জ্বল। অধাতু উচ্চনাদী বা নমনীয় হয় না।

অধাতুর উদাহরণ হল হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, আয়োডিন, কার্বন (কয়লা, কোক), ব্রোমিন, ক্লোরিন ইত্যাদি। কিছু কিছু মৌলের মধ্যে ধাতু এবং অধাতুর মাঝামাঝি ধর্ম বর্তমান থাকে তাদেরকে ধাতুকল্প বলে। যেমন বোরন, সিলিকন, জার্মেনিয়াম ইত্যাদি।

আরো জানো

- এখনো পর্যন্ত 100টিরও বেশি মৌল জানা আছে। 92টি মৌল প্রকৃতিতে পাওয়া যায় এবং বাকিগুলো মনুষ্যসৃষ্ট।
- বেশির ভাগ মৌলই কঠিন।
- 11টি মৌল ঘরের উষ্ণতায় গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে।
- পারদ এবং ব্রোমিন মৌল দুটি ঘরের উষ্ণতায় তরল অবস্থায় থাকে।
- গ্যালিয়াম এবং সিজিয়াম মৌল দুটি ঘরের উষ্ণতাতে থেকে সামান্য অধিক উষ্ণতায় (303 কেলভিন) তরল অবস্থায় থাকে।

2.5.2 যৌগ (Compounds)

দুই বা ততোধিক মৌল পরস্পরের সহিত নির্দিষ্ট ওজনের অনুপাতে রাসায়নিক ভাবে যুক্ত হয়ে যে পদার্থ গঠন করে তাকে যৌগ বলে।

দুই বা ততোধিক মৌল সংযুক্ত হলে আমরা কী পাই?

কাজ 2.10

- চলো শ্রেণিকক্ষের ছাত্রছাত্রীদের দুই দলে ভাগ করে চিনা মাটির পাত্রে একটি দলকে 5 গ্রাম লৌহচূর্ণ এবং অপর দলকে 3 গ্রাম সালফার পাউডার দিই।

দল -I

- লৌহচূর্ণ এবং সালফার পাউডার চূর্ণ করে মিশ্রিত করো।

দল- II

- লৌহচূর্ণ এবং সালফার পাউডার চূর্ণ করে মিশ্রিত করো। মিশ্রণকে লোহিত তপ্ত না হওয়া পর্যন্ত তাপ দিতে থাকো। এবার তাপ সরিয়ে ঠান্ডা হতে দাও।

দল -I এবং দল -II

- এভাবে প্রাপ্ত পদার্থটির চুম্বকধর্ম পরীক্ষা করো। একটি চুম্বককে পদার্থটির কাছে এনে দেখো পদার্থটি চুম্বকটির প্রতি আকৃষ্ট হয় কিনা।
- দুটি দল দ্বারা প্রাপ্ত পদার্থের গঠনাকৃতি ও বর্ণের তুলনা করো।
- প্রাপ্ত পদার্থটির একটি অংশে কার্বন ডাই সালফাইড যোগ করো। ভালো করে নেড়ে ফিল্টার করো।
- প্রাপ্ত পদার্থটির অন্য অংশে লঘু সালফিউরিক

সারণি 2.2 ঃ মিশ্রণ এবং যৌগ

মিশ্রণ	যৌগ
1. মৌল বা যৌগ সাধারণভাবে মিশে মিশ্রণ তৈরি করে এবং কোন নতুন যৌগ তৈরি হয় না।	1. মৌলগুলো বিক্রিয়া করে নতুন যৌগ তৈরি করে।
2. মিশ্রণের সংযুতি বিভিন্ন হতে পারে।	2. উৎপন্ন নতুন প্রতিটি যৌগের সংযুতি সবসময় নির্দিষ্ট।
3. মিশ্রণে উপাদান পদার্থগুলোর ধর্ম বর্তমান থাকে।	3. উৎপন্ন নতুন পদার্থটির ধর্ম সম্পূর্ণ ভিন্ন হয়।
4. উপাদানগুলোকে সহজ ভৌত পদ্ধতির সাহায্যে পৃথক করা যায়।	4. উপাদানগুলোকে কেবল রাসায়নিক এবং তড়িৎ রাসায়নিক পদ্ধতির সাহায্যে পৃথক করা যায়।

অ্যাসিড বা লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করো *[দ্রষ্টব্যঃ এই কাজটি করার সময় শিক্ষকের নিরীক্ষণ (supervision) প্রয়োজন।]*

- দুটি মৌল (লৌহ ও সালফার) নিয়ে উপরের সকল ধাপগুলো সম্পূর্ণ করো।

উত্তর দাও

- দুটো দলের প্রাপ্ত পদার্থটি কি দেখতে একইরকম?
- কোন দলটি চুম্বক ধর্ম বিশিষ্ট পদার্থটি পেয়েছে?
- যে পদার্থটি পাওয়া গেলো তার উপাদানগুলোকে আমরা পৃথক করতে পারব কি?
- লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড বা লঘু হাইড্রোক্লোরিক যোগ করার পর দুটি দলই কি কোনো গ্যাস পেয়েছিল? দুটো ক্ষেত্রে প্রাপ্ত গ্যাসগুলোর গন্ধ কি একইরকম না আলাদা?

I নং দল যে বর্ণহীন, গন্ধহীন এবং দাহ্য গ্যাসটি পেয়েছে তা হল হাইড্রোজেন, শ্রেণি কক্ষে হাইড্রোজেন গ্যাসের দাহ্যতার পরীক্ষা করা অনুচিত। II নং দল যে গ্যাসটি পেয়েছে তা হল হাইড্রোজেন সালফাইড। এটি পঁচা ডিমের গন্ধযুক্ত একটি বর্ণহীন গ্যাস।

তোমরা নিশ্চয়ই লক্ষ করেছো যে দুটি দল যে পদার্থ পেয়েছে সেগুলো বিভিন্ন ধর্ম প্রদর্শন করে। যদিও বিক্রিয়ার শুরুতে একই পদার্থ ছিল। প্রথম দলের (দল-I) কাজের ফলে ভৌত পরিবর্তন ঘটেছে এবং দ্বিতীয় দলের (দল-II) কাজের ফলে রাসায়নিক পরিবর্তন (একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া) ঘটেছে।

- I নং দলের প্রাপ্ত পদার্থ হল দুটি পদার্থের মিশ্রণ। যে পদার্থগুলো দেওয়া হল তা হলো আয়রণ এবং সালফার মৌল।
- মিশ্রণের ধর্মগুলো গঠনকারী উপাদানগুলোর ধর্মের মতো।
- II নং দলের প্রাপ্ত পদার্থটি হল যৌগ।
- দুটি মৌলকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে আমরা একটি যৌগ পাই, যার ধর্ম গঠনকারী উপাদান মৌলগুলোর ধর্ম থেকে সম্পূর্ণ ভিন্ন।
- সমগ্র যৌগেই সংযুতি (Composition) একইরকম। আমরা এও দেখতে পাই যে, যৌগের গঠন বিন্যাস (Texture) এবং বর্ণ সমগ্র যৌগে একইরকম। সে জন্য আমরা পদার্থের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মকে নিম্নলিখিতভাবে রেখাচিত্রের মাধ্যমে সংক্ষেপে প্রকাশ করতে পারি।

- **পদার্থ** (কঠিন, তরল, গ্যাস)
  - **বিশুদ্ধ পদার্থ**
    - **মৌল সমূহ**: ভেঙে সরলতর পদার্থে পরিণত করা যায় না। উদাহরণস্বরূপ, তামা, অক্সিজেন, লৌহ, হাইড্রোজেন, পারদ ইত্যাদি
    - **যৌগ সমূহ**: নির্দিষ্ট সংযুতি বর্তমান, রাসায়নিক বা তড়িৎ রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে মৌলে বিভক্ত করা যায়। উদাহরণস্বরূপ জল, মিথেন, চিনি, লবণ ইত্যাদি
  - **মিশ্রণ** (নির্দিষ্ট সংযুতি নেই)
    - **সমসত্ত্ব**: অভিন্ন সংযুতি। উদাহরণস্বরূপ ঃ চিনির জলীয় দ্রবণ, লবণের জলীয় দ্রবণ, কার্বন ডাই সালফাইডে সালফারের দ্রবণ, অ্যালকোহলে জলের দ্রবণ ইত্যাদি
    - **অসমসত্ত্ব**: ভিন্ন সংযুতি। উদাহরণস্বরূপ ঃ বালি এবং লবণের মিশ্রণ, চিনি ও লবণের মিশ্রণ, তেল ও জলের মিশ্রণ

তোমরা যা শিখলে

- মিশ্রণে একের অধিক পদার্থ (মৌল বা যৌগ বা উভয়েই) যে কোনো অনুপাতে মিশ্রিত থাকে।
- উপযুক্ত পৃথকীকরণ পদ্ধতির মাধ্যমে মিশ্রণকে বিশুদ্ধ পদার্থে আলাদা করা যায়।
- দ্রবণ হল দুই বা ততোধিক পদার্থের সমসত্ত্ব মিশ্রণ। দ্রবণের মধ্যে বেশি পরিমাণে থাকা উপাদানটিকে দ্রাবক এবং কম পরিমাণে থাকা উপাদানটিকে দ্রাব বলে।
- দ্রবণ বা দ্রাবকের একক আয়তনে বা একক ভরে উপস্থিত দ্রাবের পরিমাণকে দ্রবণের ঘনত্ব বলে।
- যে সকল বস্তু (materials) দ্রাবকে দ্রবীভূত হয় না এবং কণাগুলোকে খালি চোখে দেখা যায়, তারা প্রলম্বন গঠন করে। প্রলম্বন হলো অসমসত্ত্ব মিশ্রণ।
- কলয়েড হল অসমসত্ত্ব মিশ্রণ যেখানে কণাগুলোর আকার এতই ছোট যে খালি চোখে এদের দেখা যায় না। কিন্তু কণাগুলো আলোর বিচ্ছুরণ ঘটানোর জন্য যথেষ্ট বড়ো। কলকারখানা এবং প্রাত্যহিক জীবনে কলয়েড ব্যবহৃত হয়। কলয়েড দ্রবণের কণাগুলোকে বলে বিস্তৃত দশা এবং যে মাধ্যমে কণাগুলো বিস্তৃত থাকে তাকে বিস্তার মাধ্যম বলে।
- বিশুদ্ধ পদার্থ মৌল বা যৌগ উভয়েই হতে পারে। মৌল হল পদার্থের এমন রূপ যাকে রাসায়নিক বিক্রিয়ার দ্বারা সরল পদার্থে ভাঙ্গা যায় না। যৌগ হল একটি পদার্থ যাতে দুই বা ততোধিক বিভিন্ন প্রকারের মৌলসমূহ রাসায়নিকভাবে একটি নির্দিষ্ট অনুপাতে যুক্ত থাকে।
- যৌগের ধর্ম এর উপাদান মৌলগুলোর ধর্ম থেকে ভিন্ন হয় কিন্তু মিশ্রণ-এ উপাদান মৌল বা যৌগগুলোর ধর্ম প্রদর্শন করে।

অনুশীলনী

1. নীচের মিশ্রণগুলোকে পৃথক করার জন্য পৃথকীকরণের কোন কৌশল প্রয়োগ করবে?
   (a) সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ থেকে সোডিয়াম ক্লোরাইড।
   (b) সোডিয়াম ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের মিশ্রণ থেকে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড।
   (c) গাড়ির ইঞ্জিন-অয়েল থেকে ছোটো ধাতুর টুকরোগুলো।
   (d) ফুলের পাপড়ি থেকে বিভিন্ন রঞ্জকগুলো।
   (e) দই থেকে মাখন।
   (f) জল থেকে তেল।
   (g) চা থেকে চাপাতা।
   (h) বালি থেকে লোহার পিন।
   (i) তুষ থেকে গমের দানা।
   (j) জলে প্রলম্বিত কাঁদামাটির কণাগুলো।
2. চা তৈরি করার জন্য তোমার ব্যবহৃত ধাপগুলো লেখো। এতে দ্রবণ, দ্রাব, দ্রাবক, দ্রবীভূত, দ্রবণীয়, অদ্রবণীয়, পরিশ্রুত এবং অবশেষ (residue) ইত্যাদি শব্দগুলো ব্যবহার করো।
3. প্রজ্ঞা বিভিন্ন উষ্ণতায় তিনটি বিভিন্ন পদার্থের দ্রাব্যতা পরীক্ষা করল এবং তার দ্বারা সংগৃহীত তথ্যগুলো নীচে দেওয়া হল। (নীচের সারণিতে প্রদত্ত ফলাফলগুলো হলো, একটি সম্পৃক্ত দ্রবণ তৈরিতে 100 গ্রাম জলে দ্রবীভূত পদার্থের গ্রামে প্রকাশিত ভর।)

দ্রবীভূত পদার্থ	কেলভিন (K) এককে উষ্ণতা				
	283	293	313	333	353
	দ্রাব্যতা				
পটাশিয়াম নাইট্রেট	21	32	62	106	167
সোডিয়াম ক্লোরাইড	36	36	36	37	37
পটাশিয়াম ক্লোরাইড	35	35	40	46	54
অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড	24	37	41	55	66

   (a) 313 কেলভিন উষ্ণতায় 50 গ্রাম জলে পটাসিয়াম নাইট্রেটের একটি সংপৃক্ত দ্রবণ তৈরি করতে কত ভরের পটাসিয়াম নাইট্রেট প্রয়োজন হবে?
   (b) প্রজ্ঞা 353 কেলভিন উষ্ণতায় জলে পটাসিয়াম ক্লোরাইডের একটি সংপৃক্ত দ্রবণ তৈরি করে দ্রবণটিকে ঘরের উষ্ণতায় ঠান্ডা হতে রেখে দিল। দ্রবণটি ঠান্ডা হলে সে কি পর্যবেক্ষণ করবে? ব্যাখ্যা করো।
   (c) 293 কেলভিন উষ্ণতায় প্রতিটি লবণের দ্রাব্যতা নির্ণয় করো। এই উষ্ণতায় কোন্ লবণটির দ্রাব্যতা সর্বাধিক?
   (d) একটি লবণের দ্রাব্যতার উপর উষ্ণতা পরিবর্তনের প্রভাব কী?

4. উদাহরণ সহ নীচের বিষয়গুলো ব্যাখ্যা করো
   (a) সম্পৃক্ত দ্রবণ
   (b) বিশুদ্ধ পদার্থ
   (c) কলয়েড
   (d) প্রলম্বন
5. নীচের পদার্থগুলোকে সমসত্ত্ব ও অসমসত্ত্ব মিশ্রণের ভিত্তিতে শ্রেণি বিভাগ করো—
   সোডা জল, কাঠ, বায়ু, মাটি, ভিনিগার, পরিশ্রুত চা।
6. তোমাকে একটি বর্ণহীন তরল দেওয়া হল। তুমি কীভাবে বুঝবে যে তরলটি জল।
7. নীচের পদার্থগুলোর মধ্যে কোনগুলো বিশুদ্ধ পদার্থের শ্রেণিতে পড়ে?
   (a) বরফ
   (b) দুধ
   (c) লোহা
   (d) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড
   (e) ক্যালসিয়াম অক্সাইড
   (f) পারদ
   (g) ইট
   (h) কাঠ
   (i) বায়ু
8. নীচের মিশ্রণগুলো থেকে দ্রবণগুলোকে সনাক্ত করো।
   (a) মাটি
   (b) সমুদ্রের জল
   (c) বাতাস
   (d) কয়লা
   (e) সোডা জল
9. নীচের কোনগুলো টিনডাল প্রভাব (Tindall effect) দেখায়?
   (a) লবণের দ্রবণ
   (b) দুধ
   (c) কপার সালফেট দ্রবণ
   (d) স্টার্চ দ্রবণ
10. নীচের পদার্থগুলোকে মৌলিক, যৌগিক ও মিশ্রণ হিসেবে শ্রেণিভুক্ত করো।
   (a) সোডিয়াম
   (b) মাটি
   (c) চিনির দ্রবণ
   (d) রূপা
   (e) ক্যালসিয়াম কার্বোনেট
   (f) টিন
   (g) সিলিকন

(h) কয়লা
(i) বায়ু
(j) সাবান
(k) মিথেন
(l) কার্বন ডাই অক্সাইড
(m) রক্ত

11. নীচের কোনগুলো রাসায়নিক পরিবর্তন?
(a) উদ্ভিদের বৃদ্ধি
(b) লোহায় মরচে পড়া
(c) বালি ও লোহার ক্ষুদ্র কণার মিশ্রণ
(d) রান্না করা খাদ্য
(e) খাদ্যের পাচন
(f) জলের কঠিনীভবন
(g) মোমবাতির দহন

দলবদ্ধ কাজ

একটি মাটির কলসীতে (মটকা) কিছু নুড়িপাথর ও বালি নাও। কর্দমাক্ত জলকে পরিষ্কার করার জন্য একটি ছোট আকারের পরিস্রাবণ ব্যবস্থা তৈরি করো।

অধ্যায় 3

পরমাণু ও অণু
ATOMS AND MOLECULES

প্রাচীনকালের ভারতীয় এবং গ্রিক দার্শনিক গণের মধ্যে পদার্থের অজানা এবং অদৃশ্য গঠন নিয়ে সবসময়ই কৌতূহল ছিল। প্রায় 500 খ্রিস্টপূর্বাব্দ থেকে পদার্থ বিভাজ্য এই ধারণাটি ভারতীয় বিজ্ঞানীদের মধ্যে ছিল। একজন ভারতীয় দার্শনিক মহাঋষি কণাদ এটা স্বীকার করে নিয়েছিলেন যে, যদি আমরা পদার্থকে ভাঙতে থাকি তবে আমরা পদার্থের ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণা পাব। এক সময় আমরা পদার্থের এমন এক ক্ষুদ্রতম কণা পাব আর যাকে ভাঙা যাবে না। তিনি এই ক্ষুদ্রতম কণার নাম দেন পরমাণু। অন্য একজন ভারতীয় দার্শনিক পকুধ কট্টয়ম এই ধারণাটির আরো প্রসার ঘটিয়েছিলেন এবং বলেছিলেন যে, এই কণাগুলো প্রকৃতপক্ষে সংযুক্ত অবস্থায় থাকে বলেই পদার্থকে আমরা ভিন্ন ভিন্ন রূপে পাই।

প্রায় একই শতকে প্রাচীন গ্রিক দার্শনিক ডেমোক্রিটাস (Democritus) এবং লিউসিপাস (Leucippus) বলেছিলেন যে, আমরা যদি পদার্থকে ভাঙতে থাকি তবে এমন একটি পর্যায় আসবে যখন প্রাপ্ত কণাগুলোকে আর বিভাজিত করা যাবে না। ডেমোক্রিটাস এই অবিভাজ্য কণাগুলোর নাম দেন পরমাণু (যার অর্থ হল অবিভাজ্য)। এই সবগুলোই ছিল দার্শনিক ধারণা। অষ্টাদশ শতাব্দী পর্যন্ত এই ধারণাগুলোর স্বপক্ষে কোনো ধরনের পরীক্ষামূলক কাজ সম্ভব হয়নি।

অষ্টাদশ শতকের শেষে বিজ্ঞানীগণ মৌলিক এবং যৌগিক পদার্থের মধ্যে পার্থক্য খুঁজে পান এবং মৌলগুলো কীভাবে এবং কেন পরস্পরের সাথে যুক্ত হয় এবং যুক্ত হলে কী ঘটে তা জানার ব্যাপারে আগ্রহী হন।

অ্যান্টনি এল ল্যাভয়সিয়র (Antoine L. Lavoisier) রাসায়নিক সংযুতিকরণের দুটি গুরুত্বপূর্ণ সূত্র প্রতিষ্ঠার মাধ্যমে রসায়ন বিজ্ঞানের সূচনা করেন।

3.1 রাসায়নিক সংযোগ সূত্রাবলি (Laws of Chemical Combination)

ল্যাভয়সিয়র এবং জোসেফ এল প্রাউস্টের (Joseph L. Proust) বিভিন্ন পরীক্ষা নিরীক্ষার ফলে নিম্নলিখিত রাসায়নিক সংযোগ সূত্র দুটো প্রতিষ্ঠা হয়—

3.1.1 ভরের নিত্যতা সূত্র (Law of Conservation of Mass)

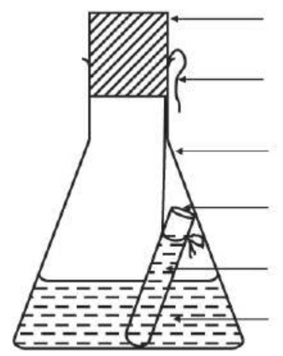
রাসায়নিক পরিবর্তনে (রাসায়নিক বিক্রিয়ায়) ভরের কোনো পরিবর্তন হয় কি?

কাজ 3.1

- নীচের রাসায়নিক পদার্থের X এবং Y সেট থেকে যে কোন একটি সেট বেছে নাও। —

X	Y
(i) কপার সালফেট 1.25 গ্রাম	(i) সোডিয়াম কার্বনেট 1.43 গ্রাম
(ii) বেরিয়াম ক্লোরাইড 1.22 গ্রাম	(ii) সোডিয়াম সালফেট 1.53 গ্রাম
(iii) লেড নাইট্রেট 2.07 গ্রাম	(iii) সোডিয়াম ক্লোরাইড 1.17 গ্রাম

- X এবং Y সেট থেকে যে-কোনো এক জোড়া পদার্থ নিয়ে 10 মিলিলিটার জলের মধ্যে আলাদা আলাদা ভাবে 5% দ্রবণ তৈরি করো।
- Y এর উপাদান নিয়ে তৈরি দ্রবণের কিছুটা কনিকেল ফ্লাস্কে এবং X এর উপাদান নিয়ে তৈরি দ্রবণের কিছুটা একটি দহন নলে নেওয়া হলো।
- দহন নলটিকে খুব সাবধানে ফ্লাস্কের ভেতর এমন ভাবে ঝোলানো হলো যেন দ্রবণটি একে অপরের সাথে না মেশে। ফ্লাস্কের মুখটি একটি কর্ক দিয়ে আটকানো হল। (চিত্র নং 3.1 দেখো)



চিত্র 3.1: Y সেট থেকে তৈরি দ্রবণ রাখা কনিকেল ফ্লাস্কে X সেট থেকে তৈরি দ্রবণ রাখা দহন নলটি ঝোলানো হল।

- সাবধানে উপাদানসহ ফ্লাস্কটির ওজন নেওয়া হল।
- এখন ফ্লাস্কটি কাত করানো হল ও ঝাঁকানো হল যেন X এবং Y এই দুই প্রকারের মিশ্রণ মিশে যায়।
- আবার ওজন নেওয়া হল।
- বিক্রিয়া ফ্লাস্কে কী ঘটবে?
- তোমার কি মনে হয় কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হয়েছে?
- ফ্লাস্কের মুখে আমরা একটি কর্ক লাগিয়ে ছিলাম কেন?
- উপাদানসহ ফ্লাস্কের ভরের কোনো পরিবর্তন হল কি?

ভরের নিত্যতা সূত্র অনুসারে কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ভরকে যেমন সৃষ্টি করা যায় না তেমনি ধ্বংসও করা যায় না।

3.1.2 স্থিরানুপাত সূত্র (Law of constant proportions)

অন্যান্য বিজ্ঞানীদের সাথে ল্যাভয়সিয়রও এটা লক্ষ করেছিলেন যে, একটি যৌগিক পদার্থ যে কোনো উৎস থেকেই সংগৃহীত হোক বা এটি যে কেউ তৈরি করুক, সেটি সর্বদাই দুটি বা তার বেশি নির্দিষ্ট মৌল দিয়ে তৈরি এবং ঐ যৌগিক পদার্থে ঐ মৌলগুলো একটি নির্দিষ্ট অনুপাতে থাকে।

যেমন, উৎস যাই হোক না কেন জল নামক যৌগিক পদার্থে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ভরের অনুপাত সবসময়ই 1:8 হবে।

তাই, 9 গ্রাম জলকে বিশ্লেষণ করলে সর্বদাই 1 গ্রাম হাইড্রোজেন এবং 8 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যাবে। তেমনি, যে কোনো পদ্ধতি বা যে কোনো উৎস থেকেই অ্যামোনিয়া সংগৃহীত হোক না কেন, নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের ভরের অনুপাত 14:3 হবে।

এই কারণেই স্থিরানুপাত সূত্রটি নির্দিষ্ট অনুপাতসূত্র হিসেবেও পরিচিত। বিজ্ঞানী প্রাউস্ট সূত্রটিকে এভাবে বিবৃত করেছেন যে, "একটি রাসায়নিক পদার্থে মৌলগুলো সর্বদা ভরের নির্দিষ্ট অনুপাতে উপস্থিত থাকে।"

পরবর্তীকালে বিজ্ঞানীগণ এই সূত্রগুলির সঠিক ব্যাখ্যা দিতে গিয়ে সমস্যার সম্মুখীন হন। ব্রিটিশ রসায়নবিদ জন ডালটন (John Dalton) পদার্থের প্রকৃতি নিয়ে একটি প্রাথমিক তত্ত্ব প্রকাশ করেন। ডালটনই সর্বপ্রথম পদার্থের বিভাজ্যতার ধারণাকে কাজে লাগান, এর আগ পর্যন্ত এটি ছিল নিছকই একটি তত্ত্ব। তিনি গ্রিকদের দেওয়া অ্যাটম্ শব্দটিকে পরমাণু নামে অভিহিত করেন এবং বলেন যে পরমাণু হল পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা। রাসায়নিক সংযোগ সূত্রাবলিই ছিল তাঁর মতবাদের ভিত্তি। ডালটনের পরমাণুবাদ ভরের নিত্যতা সূত্র এবং স্থিরানুপাত সূত্রের ব্যাখ্যা দিতে সমর্থ হয়।

জন ডালটন

1766 খ্রিস্টাব্দে জন ডালটন ইংল্যান্ডের এক দরিদ্র তাঁতির পরিবারে জন্মগ্রহণ করেন। বারো বছর বয়সে শিক্ষকতার মধ্য দিয়ে তিনি তাঁর কর্মজীবন শুরু করেন। এর সাত বছর পর তিনি একটি বিদ্যালয়ের অধ্যক্ষ হয়েছিলেন। 1793 খ্রিস্টাব্দে ডালটন গণিত, পদার্থবিদ্যা ও রসায়ন বিষয়ে শিক্ষাদানের জন্য ম্যাঞ্চেস্টার যান। শিক্ষকতা ও গবেষণার কাজে জীবনের বেশিরভাগ সময় তিনি সেখানে কাটান। 1808 খ্রিস্টাব্দে তিনি তাঁর পরমাণুবাদ তত্ত্ব প্রকাশ করেন যা পদার্থ সম্পর্কিত অধ্যয়নে একটি নতুন দিশার উন্মোচন করেছিল।

ডালটনের পরমাণুবাদ অনুযায়ী, সকল পদার্থ সেটি মৌলিক, যৌগিক বা মিশ্র যাই হোক না কেন পরমাণু নামে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণা দিয়ে তৈরি। তার পরমাণুবাদের স্বীকার্যগুলো নীচে বিবৃত করা হল—

(i) সকল পদার্থই পরমাণু নামক ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণা দিয়ে তৈরি যারা রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে।

(ii) পরমাণুগুলো অবিভাজ্য কণা, যাদের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সৃষ্টি বা ধ্বংস করা যায় না।

(iii) একটি নির্দিষ্ট মৌলিক পদার্থের সকল পরমাণুর ভর এবং রাসায়নিক ধর্ম একই হয়।

(iv) বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণুর ভর ও রাসায়নিক ধর্ম ভিন্ন ভিন্ন হয়।

(v) পরমাণুগুলো ক্ষুদ্র পূর্ণ সংখ্যার সরল অনুপাতে যুক্ত হয়ে যৌগ গঠন করে।

(vi) একটি নির্দিষ্ট যৌগে উপস্থিত পরমাণুগুলোর সংখ্যা ও প্রকৃতি নির্দিষ্ট থাকে।

পরবর্তী অধ্যায়ে তুমি জানবে যে, পরমাণু আরও অনেক ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণার সমন্বয়ে গঠিত।

প্রশ্নাবলি

1. *একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় 5.3 গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট 6 গ্রাম অ্যাসেটিক অ্যাসিডের সাথে বিক্রিয়া করে। উৎপন্ন পদার্থগুলো হল 2.2 গ্রাম কার্বন ডাই অক্সাইড, 0.9 গ্রাম জল এবং 8.2 গ্রাম সোডিয়াম অ্যাসিটেট।*

দেখাও যে, পর্যবেক্ষণগুলো ভরের নিত্যতা সূত্রের সাথে সঙ্গতিপূর্ণ।

সোডিয়াম কার্বনেট + অ্যাসিটিক অ্যাসিড → সোডিয়াম অ্যাসিটেট + কার্বন ডাই অক্সাইড + জল।

2. *হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন ভরের 1:8 অনুপাতে যুক্ত হয়ে জল গঠন করে। 3 গ্রাম হাইড্রোজেনের সাথে বিক্রিয়া সংঘটিত করতে কত ভরের অক্সিজেন প্রয়োজন হবে?*
3. *ডালটনের পরমাণুবাদের কোন্ স্বীকার্যটি থেকে ভরের নিত্যতা সূত্রটি পাওয়া যায়?*
4. *ডালটনের পরমাণুবাদের কোন্ স্বীকার্যটি স্থিরানুপাত সূত্রকে ব্যাখ্যা করতে পারে?*

3.2 পরমাণু কী ? (What is an Atom?)

তুমি কি কখনও একজন রাজমিস্ত্রিকে দেওয়াল, দেওয়াল থেকে কক্ষ, অনেকগুলো কক্ষ নিয়ে একটি অট্টালিকা তৈরি করতে দেখেছ? এই বিশাল অট্টালিকার নির্মাণ (গঠনগত) এককটি কী? একটি পিঁপড়ের ডিপির নির্মাণ এককটি কী? এটি হলো একটি ক্ষুদ্র বালির কণা। তেমনি পদার্থের গঠনগত নির্মাণ এককটি হল পরমাণু।

পরমাণু কত বড়ো ?(How big are Atoms?)

পরমাণুগুলো খুবই ক্ষুদ্র। আমরা তুলনা করতে পারি বা কল্পনা করতে পারি এমন কোন কিছু থেকেও এরা ক্ষুদ্র। লক্ষ লক্ষ পরমাণু স্তূপীকৃত হয়ে যে স্তর গঠন করে তা বড়োজোর এই কাগজের পাতার মতো পুরু হয়।

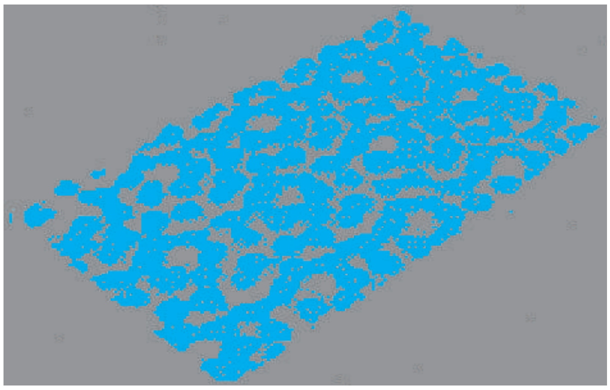
পরমাণুর ব্যাসার্ধ ন্যানোমিটার এককে পরিমাপ করা হয়।

$1 / 10^9$ মিটার = 1 ন্যানোমিটার

1 মিটার = 10^9 ন্যানোমিটার

তুলনামূলক আকার	
ব্যাসার্ধ (মিটার এককে)	উদাহরণ
10^{-10}	হাইড্রোজেন পরমাণু
10^{-9}	জলের অণু
10^{-8}	হিমোগ্লোবিন অণু
10^{-4}	বালির কণা
10^{-3}	পিঁপড়ে
10^{-1}	আপেল

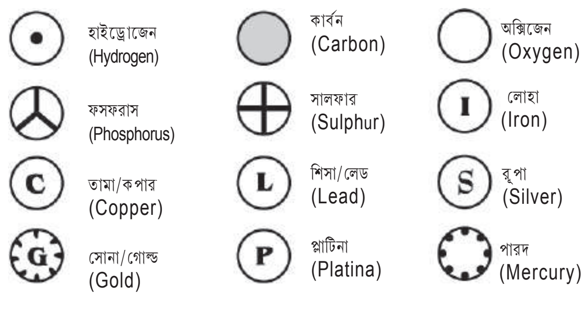
আমাদের এমনটা মনে হতেই পারে যে, পরমাণুর আকার যদি এতই ক্ষুদ্র হয় তবে পরমাণু নিয়ে আমরা এত ভাবছি কেন? তার কারণ হল আমাদের সমগ্র পৃথিবীই পরমাণু দ্বারা গঠিত। আমরা এদের দেখতে পাই না ঠিকই কিন্তু এদের অস্তিত্ব আছে এবং আমাদের সমস্ত কাজে এদের নিরন্তর প্রভাব রয়েছে। বর্তমানে আধুনিক প্রযুক্তিকে কাজে লাগিয়ে আমরা মৌলের পৃষ্ঠতলের পরমাণুর বিবর্ধিত চিত্র দেখতে পাই।



চিত্র 3.2 ঃ সিলিকনের পৃষ্ঠতলের চিত্র।

3.2.1 বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলোর আধুনিক চিহ্নগুলো কী কী? (What are the modern day symbols of atoms of different elements?)

ডালটন হচ্ছেন প্রথম বিজ্ঞানী যিনি অত্যন্ত নির্দিষ্ট অর্থে পরমাণুগুলোকে চিহ্নের সাহায্যে প্রকাশ করেছিলেন। যখন তিনি কোনো মৌলের চিহ্ন ব্যবহার করেছিলেন তখন তিনি ওই মৌলের একটি নির্দিষ্ট পরিমাণকেও বুঝিয়েছিলেন, অর্থাৎ ওই মৌলের একটি পরমাণুকে বুঝিয়েছেন। বার্জেলিয়াস মৌলের প্রতীককে তাদের নামের একটি বা দুটি বর্ণ দিয়ে প্রকাশ করার কথা বলেছিলেন।



চিত্র 3.3 : ডালটন প্রস্তাবিত কয়েকটি মৌলের চিহ্ন।

শুরুর দিকে মৌলগুলোকে সর্বপ্রথম যে জায়গায় পাওয়া যেত সে জায়গার নাম অনুসারে এদের নাম দেওয়া হত। উদাহরণ হিসেবে তামার (copper) নামকরণ করা হয়েছিল সাইপ্রাস (cyprus) থেকে। কিছু মৌলের নামকরণ হয়েছিল তাদের নির্দিষ্ট বর্ণ থেকে। উদাহরণ হিসেবে সোনা (gold) এর নামকরণ হয়েছে এমন একটি ইংরেজি শব্দ থেকে যার অর্থ হলুদ (yellow)। বর্তমানে IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) হলো আন্তর্জাতিক বিজ্ঞান সংস্থা যারা মৌলের নাম, চিহ্ন এবং একক স্থির করে। বেশিরভাগ মৌলের চিহ্নই তাদের ইংরেজি নামের প্রথম বর্ণ বা দুটো বর্ণ দ্বারা স্থির করা হয়। চিহ্নের প্রথম বর্ণটি বড়ো অক্ষর দ্বারা এবং দ্বিতীয় বর্ণটি ছোটো অক্ষর দ্বারা লেখা হয়।

উদাহরণস্বরূপ

i) হাইড্রোজেন (Hydrogen), H

ii) অ্যালুমিনিয়াম (Aluminium) Al কিন্তু AL নয়

iii) কোবাল্ট (Cobalt) Co কিন্তু CO নয়।

কিছু মৌলের চিহ্ন তাদের নামের প্রথম বর্ণের সাথে পরের অন্য কোন উপযুক্ত বর্ণ জুড়ে দিয়ে লেখা হয়। যেমন (i) ক্লোরিন (Chlorine), Cl (ii) দস্তা (Zinc), Zn, ইত্যাদি।

অবশিষ্ট মৌলগুলোর চিহ্ন ল্যাটিন, জার্মান বা গ্রিক নাম থেকে নেওয়া হয়েছে। উদাহরণ হিসেবে লোহার চিহ্ন Fe হয়েছে ল্যাটিন নাম ফেরাম (Ferrum) থেকে, সোডিয়ামের চিহ্ন Na নেওয়া হয়েছে ল্যাটিন নাম ন্যাট্রিয়াম (Natrium) থেকে, পটাসিয়ামের চিহ্ন K নেওয়া হয়েছে ল্যাটিন নাম ক্যালিয়াম (Kalium) থেকে। সুতরাং, প্রত্যেক মৌলের স্বতন্ত্র নাম এবং রাসায়নিক চিহ্ন রয়েছে, (মৌল সম্বন্ধে কিছু পড়ার সময় তুমি 3.1 সারণিটির সাহায্য নিতে পারো। একসাথে সবগুলো চিহ্ন মনে রাখার চেষ্টা করো না। সময়ের সাথে সাথে এবং বারবার ব্যবহারের মাধ্যমে তুমি নিজেই চিহ্নগুলো লিখতে পারবে।

3.2.2 পারমাণবিক ভর (Atomic Mass)

ডালটনের পরমাণুবাদের সবচেয়ে উল্লেখযোগ্য ধারণাটি হল পারমাণবিক ভর। তাঁর পরমাণুবাদ অনুসারে প্রত্যেক মৌলের একটি নিজস্ব পারমাণবিক ভর রয়েছে। তাঁর মতে, প্রত্যেক মৌলের নিজস্ব বৈশিষ্ট্যপূর্ণ পারমাণবিক ভর রয়েছে। এই তত্ত্বটি স্থিরানুপাত সূত্রের ব্যাখ্যা এত ভালোভাবে দিয়েছিল যে বিজ্ঞানীরা পরমাণুর পারমাণবিক ভর নির্ণয়ে তৎপর হয়েছিলেন। যেহেতু আলাদাভাবে কোনো মৌলের ভর নির্ণয় করা তুলনামূলকভাবে একটি কঠিন কাজ ছিল তাই রাসায়নিক সংযোগ সূত্রগুলো এবং গঠিত যৌগ ব্যবহার করে আপেক্ষিক পারমাণবিক ভর নির্ণয় করা হয়েছিল।

চলো, কার্বন মনোক্সাইড (CO) যৌগটিকে উদাহরণ হিসেবে নেওয়া যাক, যা কার্বন ও অক্সিজেন নিয়ে গঠিত। পরীক্ষা করে দেখা গেছে 3 গ্রাম কার্বন, 4 গ্রাম অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হয়ে কার্বন মনোক্সাইড গঠন করে। অন্যভাবে বললে কার্বন তার ভরের $\frac{4}{3}$ গুণ ভরের অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হয়। যদি আমরা পারমাণবিক ভর একককে (পূর্বে সংক্ষেপে 'amu' লেখা হতো। কিন্তু বর্তমানে সর্বশেষ IUPAC নির্দেশ অনুসারে একে 'u'— unified mass হিসেবে লেখা হয়)। একটি কার্বন পরমাণুর ভরের সমান ধরে নিই; তবে কার্বনের একটি পারমাণুর ভরকে 1.0 u এবং একটি অক্সিজেন

সারণি 3.1 কয়েকটি মৌলের চিহ্ন

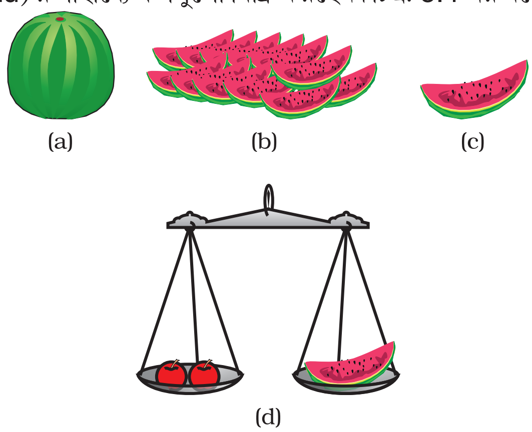
মৌলের নাম	চিহ্ন	মৌলের নাম	চিহ্ন	মৌলের নাম	চিহ্ন
অ্যালুমিনিয়াম	Al	কপার	Cu	নাইট্রোজেন	N
আর্গন	Ar	ফ্লোরিন	F	অক্সিজেন	O
বেরিয়াম	Ba	গোল্ড	Au	পটাশিয়াম	K
বোরন	B	হাইড্রোজেন	H	সিলিকন	Si
ব্রোমিন	Br	আয়োডিন	I	সিলভার	Ag
ক্যালসিয়াম	Ca	আয়রন	Fe	সোডিয়াম	Na
কার্বন	C	লেড	Pb	সালফার	S
ক্লোরিন	Cl	ম্যাগনেসিয়াম	Mg	ইউরেনিয়াম	U
কোবাল্ট	Co	নিয়ন	Ne	জিঙ্ক	Zn

পরমাণুর ভরকে 1.33 u হিসেবে ধরে নিতে পারি। তবে এই সংখ্যাগুলো পূর্ণ সংখ্যা বা যথাসম্ভব পূর্ণ সংখ্যার কাছাকাছি হলে আমাদের সুবিধা হয়। বিভিন্ন মৌলের পারমাণবিক ভর একক নির্ণয় করতে গিয়ে প্রাথমিক ভাবে বিজ্ঞানীগণ প্রকৃতিতে প্রাপ্ত অক্সিজেনের একটি পরমাণুর ভরের $\frac{1}{16}$ অংশকে একক হিসেবে গ্রহণ করেছিলেন। দুটো কারণের জন্য এটি প্রাসঙ্গিক বলে বিবেচনা করা হয়েছিলঃ

- অধিক সংখ্যক মৌলের সাথে অক্সিজেন বিক্রিয়া করে এবং যৌগ গঠন করে।
- এই পারমাণবিক ভর এককটি ব্যবহার করলে অধিক সংখ্যক মৌলের পারমাণবিক ভরের মান পূর্ণ সংখ্যা হয়।

তবে 1961 খ্রিস্টাব্দে পারমাণবিক ভর নির্ণয়ের জন্য কার্বন-12 সমস্থানিক-এর একটি পরমাণুর ভরকে প্রমাণ একক হিসেবে সার্বজনীন ভাবে গ্রহণ করা হয়েছিল। এক পারমাণবিক ভর একক হল একটি ভর একক যা কার্বন-12 এর একটি পরমাণুর প্রকৃত ভরের $\frac{1}{12}$ অংশের সমান। সব মৌলের আপেক্ষিক পারমাণবিক ভর একটি কার্বন-12 পরমাণুর প্রকৃত ভরের সাপেক্ষে নির্ণয় করা হয়।

কল্পনা করো একজন ফল বিক্রেতা প্রমাণ ভরের বাটখারা ছাড়াই ফল বিক্রি করছেন। তিনি একটি তরমুজ নিলেন এবং বললেন, “এর ভর 12 একক ভরের সমান”। (12 তরমুজ ভর একক বা 12 টি ফলের ভর একক)। তিনি তরমুজটিকে সমান 12 টি টুকরো করেন এবং একটি টুকরোর ভরের সাথে তুলনা করে তার প্রতিটি বিক্রয়যোগ্য ফলের ভর নির্ণয় করেন। অর্থাৎ তিনি আপেক্ষিক ফল ভর এককের (fmu) র সাহায্যে ফলগুলো বিক্রি করছেন। চিত্র. 3.4 এর মতো।



চিত্র 3.4 ঃ (a) তরমুজ, (b) তরমুজের 12 টি টুকরো, (c) তরমুজের $\frac{1}{12}$ অংশ, (d) ফল বিক্রেতা তরমুজের টুকরোগুলো কাজে লাগিয়ে যেভাবে ফলগুলো বিক্রি করছেন।

অনুরূপে একটি কার্বন-12 পরমাণুর ভরের $\frac{1}{12}$ অংশের তুলনায় কোন মৌলের একটি পরমাণুর যে গড় ভর পাওয়া যায় তাকেই ঐ মৌলটির আপেক্ষিক পারমাণবিক ভর হিসেবে সংজ্ঞায়িত করা হয়।

সারণি 3.2 : কয়েকটি মৌলের পারমাণবিক ভর

মৌল	পারমাণবিক ভর
হাইড্রোজেন	1
কার্বন	12
নাইট্রোজেন	14
অক্সিজেন	16
সোডিয়াম	23
ম্যাগনেসিয়াম	24
সালফার	32
ক্লোরিন	35.5
ক্যালসিয়াম	40

3.2.3 পরমাণুগুলো কীভাবে থাকে? (How do atoms exist?)

বেশিরভাগ মৌলের পরমাণুগুলো স্বাধীনভাবে থাকতে পারে না। পরমাণুগুলো অণু ও আয়ন গঠন করে। এই অণু বা আয়নগুলো বিশাল সংখ্যায় একত্রিত হয়ে যৌগ গঠন করে থাকে বলে আমরা দেখতে পাই, অনুভব করি বা স্পর্শ করতে পারি।

প্রশ্নাবলি

- *পারমাণবিক ভর এককের সংজ্ঞা দাও।*
- *খালি চোখে একটি পরমাণুকে দেখা সম্ভব নয় কেন?*

3.3 অণু কী? (What is a Molecule?)

সাধারণভাবে একটি অণুতে দুটি বা তার বেশি সংখ্যক পরমাণু রাসায়নিক বন্ধন দ্বারা যুক্ত থাকে অর্থাৎ আকর্ষণ বল দ্বারা একত্রে দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ থাকে। অণুকে এভাবে সংজ্ঞায়িত করা যায় যে, অণু হল মৌলের বা যৌগের ক্ষুদ্রতম কণা যার স্বাধীন সত্ত্বা আছে এবং যা পদার্থটির সমস্ত ধর্মকে প্রকাশ করে। একই মৌলিক পদার্থের বা বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলো যুক্ত হয়ে অনু গঠন করে।

3.3.1 মৌলিক অণু (Molecules of Elements)

একটি মৌলিক পদার্থের সব অণু একই প্রকারের পরমাণু দিয়ে গঠিত হয়। অনেক মৌলিক পদার্থের যেমন, আর্গন (Ar), হিলিয়াম (He) ইত্যাদির একটি অণু তাদের একটি পরমাণু দিয়ে গঠিত। কিন্তু এই ঘটনাটি বেশিরভাগ অধাতুর ক্ষেত্রে ঘটে না। যেমন, অক্সিজেনের একটি অণু এর দুটি পরমাণু নিয়ে গঠিত হয় তাই অক্সিজেন দ্বিপরমাণুক অণু (0_2) হিসেবে পরিচিত। যদি 2টির পরিবর্তে 3টি অক্সিজেন পরমাণু একত্রিত হয়ে একটি অণু গঠন করে তবে আমরা ওজোন (0_3) অণু পাই। অণু গঠন করার জন্য প্রয়োজনীয় পরমাণুর সংখ্যাকে পদার্থটির পারমাণবিকতা বলে।

ধাতুগুলো এবং অন্যান্য কিছু মৌল যেমন কার্বনের গঠন সরল নয়, বিশাল সংখ্যায় এবং অসংখ্য পরমাণু আবদ্ধ হয়ে এগুলো গঠিত হয়।

চলো, কিছু অধাতুর পারমাণবিকতা দেখা যাক।

সারণি 3.3 : কিছু মৌলের পারমাণবিকতা

মৌলের প্রকার	নাম	পারমাণবিকতা
অধাতু	আর্গন	এক-পারমাণবিক
	হিলিয়াম	এক-পারমাণবিক
	অক্সিজেন	দ্বি-পারমাণবিক
	হাইড্রোজেন	দ্বি-পারমাণবিক
	নাইট্রোজেন	দ্বি-পারমাণবিক
	ক্লোরিন	দ্বি-পারমাণবিক
	ফসফরাস	চতুঃ-পারমাণবিক
	সালফার	বহু-পারমাণবিক

3.3.2 যৌগিক অণু (Molecules of compounds)

বিভিন্ন মৌলের পরমাণু নির্দিষ্ট অনুপাতে পরস্পরের সাথে যুক্ত হয়ে যৌগিক অণু গঠন করে। সারণি নং 3.4-এ কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হল।

সারণি 3.4 : কয়েকটি যৌগিক অণু

যৌগ	সংযুক্ত মৌলগুলো	ভরের অনুপাত
জল	হাইড্রোজেন, অক্সিজেন	1:8
অ্যামোনিয়া	নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন	14:3
কার্বন ডাই অক্সাইড	কার্বন, অক্সিজেন	3:8

কাজ 3.2

- সারণি 3.4-এ দেওয়া একটি অণুতে উপস্থিত পরমাণুগুলোর ভরের অনুপাত এবং সারণি 3.2-এ দেওয়া পারমাণবিক ভরের সাহায্যে সারণি 3.4-এ দেওয়া যৌগিক অণুগুলোতে উপস্থিত মৌলগুলোর পরমাণু সংখ্যার অনুপাত নির্ণয় করো।
- জলের একটি অণুতে পরমাণুর সংখ্যার অনুপাত নীচের মতো নির্ণয় করা যেতে পারে।

মৌলিক পদার্থ	ভরের অনুপাত	পারমাণবিক ভর (u)	ভরের অনুপাত / পারমাণবিক ভর	সরল অনুপাত
হাইড্রোজেন (H)	1	1	$\frac{1}{1}=1$	2
অক্সিজেন (O)	8	16	$\frac{8}{16}=\frac{1}{2}$	1

- অর্থাৎ জলের অণুতে পরমাণু সংখ্যার অনুপাত হল H:O = 2:1

3.3.3 আয়ন কী ? (What is an Ion?)

ধাতু ও অধাতুর সমন্বয়ে গঠিত যৌগের মধ্যে তড়িৎগ্রস্ত কণা থাকে। এই তড়িৎগ্রস্ত কণাগুলো 'আয়ন' নামে পরিচিত। আয়নগুলো একক আধান যুক্ত পরমাণু হতে পারে অথবা সামগ্রিক আধানযুক্ত পরমাণু পুঞ্জের দ্বারাও গঠিত হতে পারে। একটি আয়ন ধনাত্মক এবং ঋনাত্মক তড়িৎগ্রস্ত হতে পারে। ঋনাত্মক তড়িৎগ্রস্ত আয়ণগুলোকে 'অ্যানায়ন' এবং ধনাত্মক তড়িৎগ্রস্ত আয়নগুলোকে 'ক্যাটায়ন' বলে। উদাহরণ হিসেবে, সোডিয়াম ক্লোরাইডের (NaCl) কথা ভাবা যাক। এর গঠনকারী কণাগুলো হলো ধনাত্মক তড়িৎগ্রস্ত সোডিয়াম (Na^+) আয়ন এবং ঋণাত্মক তড়িৎগ্রস্ত ক্লোরিন আয়ন (Cl^-)। আধানগ্রস্ত

পরমাণুপুঞ্জকে বহুপরমাণুক আয়ন বলে (সারণি 3.6)।

চতুর্থ অধ্যায়ে আয়ন কিভাবে গঠিত হয় সে সম্পর্কে বিস্তারিত জানব।

সারণি 3.5 : কিছু আয়নীয় যৌগ

আয়নীয় যৌগ	গঠনকারী মৌল	ভরের অনুপাত
ক্যালসিয়াম অক্সাইড	ক্যালসিয়াম এবং অক্সিজেন	5:2
ম্যাগনেসিয়াম সালফাইড	ম্যাগনেসিয়াম এবং সালফার	3:4
সোডিয়াম ক্লোরাইড	সোডিয়াম এবং ক্লোরিন	23:35.5

3.4 রাসায়নিক সংকেত লেখার নিয়মাবলি (Writing Chemical Formulae)

রাসায়নিক সংকেত হল একটি যৌগের সংযুতির সাংকেতিক প্রকাশ। বিভিন্ন যৌগের রাসায়নিক সংকেতগুলো সহজেই লেখা যায়। এর জন্য আমাদের মৌলগুলোর চিহ্ন এবং যোজন ক্ষমতা জানতে হবে।

একটি মৌলের যোজন ক্ষমতাকে তার যোজ্যতা বলে। একটি রাসায়নিক যৌগ গঠনের জন্য একটি মৌলের পরমাণু কিভাবে আরেকটি মৌলের পরমাণু বা পরমাণুপুঞ্জের সাথে যুক্ত হবে তা নির্ণয় করতে যোজ্যতা ব্যবহৃত হয়। কোন মৌলের একটি পরমাণুর যোজ্যতাকে মৌলটির হাত বা বাহু হিসেবে আমরা ভাবতে পারি।

মানুষের দুটো করে হাত থাকে আর অক্টোপাসের থাকে আটটি। যদি একটি অক্টোপাসকে এমনভাবে কয়েকজন মানুষের হাতকে ধরতে হয় যেন অক্টোপাসের আটটি হাত ও প্রত্যেক মানুষের দুটি হাতই ধরা অবস্থায় থাকে তবে অক্টোপাসটি কতজন মানুষের হাতকে ধরতে পারবে? অক্টোপাসকে O দিয়ে এবং মানুষকে H দিয়ে প্রকাশ (চিহ্নিত) করো। এই সংযুক্তিকরণকে তুমি সংকেতের আকারে লিখতে পারবে কি? তুমি যে সংকেতটি পেলে সেটি কি OH_4 ? হাইড্রোজেন (H) এর ডানদিকে নিচে (Subscript) লেখা 4 সংখ্যাটি অক্টোপাস কতজন মানুষকে ধরেছে সে সংখ্যা নির্দেশ করছে।

কয়েকটি পরিচিত আয়নের যোজ্যতা 3.6 নং সারণিতে দেওয়া হল। পরের অধ্যায়ে যোজ্যতা নিয়ে আমরা আরও বিস্তারিত পড়ব।

সারণি 3.6 : কয়েকটি আয়ণের নাম এবং চিহ্ন

যোজ্যতা	ধাতব মৌলের আয়নের নাম	চিহ্ন	অধাতব মৌলের আয়নের নাম	চিহ্ন	বহুপরমানুক আয়ন	চিহ্ন
1	সোডিয়াম (Sodium)	Na^+	হাইড্রোজেন (Hydrogen)	H^+	অ্যামোনিয়াম (Ammonium)	NH_4^+
	পটাশিয়াম (Potassium)	K^+	হাইড্রাইড (Hydride)	H^-	হাইড্রোক্সাইড (Hydroxide)	OH^-
	রূপা (Silver)	Ag^+	ক্লোরাইড (Chloride)	Cl^-	নাইট্রেট (Nitrate)	NO_3^-
	তামা (Copper (I)*)	Cu^+	ব্রোমাইড (Bromide)	Br^-	হাইড্রোজেন কার্বোনেট (Hydrogen Carbonate)	HCO_3^-
			আয়োডাইড (Iodide)	I^-		
2.	ম্যাগনেসিয়াম (Megnesium)	Mg^{2+}	অক্সাইড (Hydrogen)	0^{2-}	কার্বনেট (Carbonate)	CO_3^{2-}
	ক্যালসিয়াম (Calcium)	Ca^{2+}	সালফাইড (Hydride)	S^{2-}	সালফাইট (Sulphite)	SO_3^{2-}
	দস্তা (Zinc)	Zn^{2+}			সালফেট (Sulphate)	SO_4^{2-}
	লোহা [(Iron (II)*)]	Fe^{2+}				
	তামা [(Copper (II)*)]	Cu^{2+}				
3.	অ্যালুমিনিয়াম (Aluminium)	Al^{3+}	নাইট্রাইড (Nitride)	N^{3-}	ফসফেট (Phosphate)	PO_4^{3-}
	লোহা [(Iron) III*)]	Fe^{3+}				

* এই মৌলগুলো একাধিক যোজ্যতা প্রদর্শন করে। তাদের যোজ্যতাগুলো বন্ধনীর মধ্যে রোমান সংখ্যায় দেখানো হল।

রাসায়নিক সংকেত লিখতে গিয়ে তোমাকে যে সব নিয়ম মেনে চলতে হবে সেগুলো হল ঃ

- আয়নের যোজ্যতা বা আধানের সমতাবিধান করতে হবে।
- ধাতু এবং অধাতুর সমন্বয়ে গঠিত যৌগের ক্ষেত্রে সংকেত লেখার সময় ধাতুর চিহ্ন প্রথমে লিখতে হবে। যেমন, ক্যালসিয়াম অক্সাইড (CaO), সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl), আয়রন সালফাইড (FeS), কপার অক্সাইড (CuO) ইত্যাদিতে অক্সিজেন (O), ক্লোরিন (Cl), সালফার (S) হল অধাতু এবং এদের ডানদিকে লেখা হল। অপরদিকে ক্যালসিয়াম (Ca), সোডিয়াম (Na), আয়রণ (Fe) এবং কপার (Cu) হল ধাতু তাই এদের বাঁ দিকে লেখা হয়েছে।
- বহুপরমাণুক আয়ন নিয়ে গঠিত যৌগগুলোর সংকেত লেখার সময় বহুপরমাণুক আয়নের সংকেতটি বন্ধনীর মধ্যে লিখে বন্ধনীর বাইরে উপস্থিত আয়ণের সংখ্যাটি লিখতে হয়। যেমন ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোক্সাইডের জন্য সংকেত $Mg(OH)_2$।

  বহুপরমাণুক আয়নের সংখ্যা একটি হলে বন্ধনীর প্রয়োজন হয় না। যেমন, সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড এর সংকেত NaOH.

3.4.1 সরল যৌগগুলোর সংকেত (Formulae of simple compounds)

সরল যৌগ, যেগুলো দুটি ভিন্ন মৌল নিয়ে গঠিত তাদের দ্বিযৌগ (Binary Compound) বলে। কয়েকটি আয়নের যোজ্যতা, সারণি 3.6 এ দেওয়া হয়েছে। এদের ব্যবহার করে যৌগের সংকেত লিখতে পারো।

যৌগের রাসায়নিক সংকেত লেখার সময় আমরা উপাদান মৌলগুলো ও তাদের যোজ্যতাকে নীচের মতো করে লিখি। তারপর সংযোগকারী পরমাণুর যোজ্যতাকে নীচের মতো ক্রস চিহ্নের মাধ্যমে বিনিময় করা হয়।

উদাহরণ

1. হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সংকেত ঃ

   চিহ্ন H Cl

   যোজ্যতা 1 1

   যৌগটির সংকেত হবে HCl

2. হাইড্রোজেন সালফাইডের সংকেত ঃ

   চিহ্ন H S

   যোজ্যতা 1 2

   সংকেত ঃ H_2S

3. কার্বন টেট্রাক্লোরাইডের সংকেত ঃ

   চিহ্ন C Cl

   যোজ্যতা 4 1

   সংকেত ঃ CCl_4

ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডের ক্ষেত্রে প্রথমে আমরা ক্যাটায়ন (Mg^{2+}) এর চিহ্ন ও পরে অ্যানায়ন (Cl^-) এর চিহ্ন লিখি। তারপর সংকেতটি পাওয়ার জন্য তাদের যোজ্যতাকে ক্রস আকারে যুক্ত করা হয়।

4. ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডের সংকেত ঃ

   চিহ্ন Mg Cl

   আধান 2+ 1-

   সংকেত ঃ $MgCl_2$

তাহলে, ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডে প্রতিটি ম্যাগনেসিয়ামের জন্য দুটো ক্লোরাইড আয়ন রয়েছে। ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আধান পরস্পরকে প্রশমিত করে এবং সামগ্রিকভাবে যৌগটি নিস্তড়িৎ হয়। লক্ষ করো সংকেতটিতে আয়নগুলোর আধান উল্লেখ করা হয়নি।

আরও কিছু উদাহরণ

a. অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের সংকেত ঃ

   চিহ্ন Al O

   আধান 3+ 2-

   সংকেত ঃ Al_2O_3

b. ক্যালসিয়াম অক্সাইডের সংকেত ঃ

   চিহ্ন Ca O

   আধান 2+ 2-

এখানে দুটো মৌলেরই যোজ্যতা সমান। তাহলে তুমি সংকেতটি লিখতে পারো Ca_2O_2 কিন্তু আমরা সরল আকারে লিখি CaO

c. সোডিয়াম নাইট্রেটের সংকেত ঃ

চিহ্ন/
সংকেত Na ↖↗ NO_3
আধান 1^+ ↙↘ 1^-

সংকেত ঃ $NaNO_3$

d. ক্যালসিয়াম হাইড্রোক্সাইডের সংকেত ঃ

চিহ্ন/
সংকেত Ca ↖↗ OH
আধান 2^+ ↙↘ 1^-

সংকেত ঃ $Ca(OH)_2$

লক্ষ করো ক্যালসিয়াম হাইড্রোক্সাইডের সংকেত $Ca(OH)_2$, $CaOH_2$ নয়। সংকেতে যদি একই ধরনের বহুপরমাণুক আয়নের সংখ্যা দুই বা তার বেশি থাকে তখন আমরা বন্ধনী ব্যবহার করি। এখানে বন্ধনীর মধ্যে থাকা OH এবং বন্ধনীর বাইরে নীচে লেখা 2 বোঝাচ্ছে যে, একটি ক্যালসিয়াম পরমাণুর সাথে দুটো হাইড্রোক্সিলমূলক যুক্ত হয়েছে। অন্য অর্থে এটা বোঝায় যে, ক্যালসিয়াম হাইড্রোক্সাইডে হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন প্রতিটির দুটি করে পরমাণু রয়েছে।

e. সোডিয়াম কার্বনেটের সংকেত ঃ

চিহ্ন/
সংকেত Na ↖↗ CO_3
আধান 1^+ ↙↘ 2^-

সংকেত ঃ Na_2CO_3

উপরের উদাহরণটিতে একটি মাত্র বহুপরমাণুক আয়ন আছে বলে বন্ধনীর প্রয়োজন হয়নি।

f. অ্যামোনিয়াম সালফেটের সংকেত ঃ

চিহ্ন/
সংকেত NH_4 ↖↗ SO_4
আধান 1^+ ↙↘ 2^-

সংকেত ঃ $(NH_4)_2 SO_4$

প্রশ্নাবলি

1. *নিম্নলিখিত যৌগগুলোর সংকেত লেখোঃ*
   (i) *সোডিয়াম অক্সাইড*
   (ii) *অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড*
   (iii) *সোডিয়াম সালফাইড*
   (iv) *ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোক্সাইড*
2. *নীচে দেওয়া সংকেতগুলো থেকে যৌগগুলোর নাম লেখোঃ*
   (i) $Al_2(SO_4)_3$
   (ii) $CaCl_2$
   (iii) K_2SO_4
   (iv) KNO_3
   (v) $CaCO_3$
3. *রাসায়নিক সংকেত শব্দটি কী অর্থ বোঝায়?*
4. *কয়টি পরমাণু আছে —*
   (i) *H_2S-এর একটি অনুতে*
   (ii) *PO_4^{3-} আয়নে।*

3.5 আণবিক ভর এবং মৌলের ধারণা (Molecular Mass and Mole Concept)

3.5.1 আণবিক ভর ঃ (Molecular Mass)

3.2.2 অনুচ্ছেদে আমরা পারমাণবিক ভরের ধারণা নিয়ে আলোচনা করেছিলাম। এই ধারণাকে প্রসারিত করে আণবিক ভর গণনা করা যায়। পদার্থের একটি অণুতে উপস্থিত সব পরমাণুর পারমাণবিক ভরের সমষ্টি হল পদার্থের অণুটির আণবিক ভর। এই কারণে কোন অণুর আপেক্ষিক ভরকে পারমাণবিক ভর একক (u)-এ প্রকাশ করা হয়।

উদাহরণ 3.1 (a) জলের (H_2O) আপেক্ষিক আণবিক ভর নির্ণয় করো।

(b) HNO_3-এর আণবিক ভর নির্ণয় করো।

সমাধান ঃ

a) হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ভর = 1 u

অক্সিজেনের পারমাণবিক ভর = 16 u

সুতরাং, জলের আণবিক ভর যার মধ্যে দুই পরমাণু হাইড্রোজেন ও এক পরমাণু অক্সিজেন আছে

= 2x1+1x16

= 18 u

b) HNO_3 এর আণবিক ভর

= H এর পারমাণবিক ভর + N-এর পারমাণবিক ভর + 3x O -এর পারমাণবিক ভর

= 1+14+48

= 63 u

3.5.2 সংকেত ভর একক (Formula Unit Mass)

কোন যৌগের সংকেতে থাকা সমস্ত পরমাণুগুলোর পারমাণবিক ভরের সমষ্টি হল যৌগটির সংকেত ভর একক। আণবিক ভরের মতোই আমরা সংকেত ভর একক নির্ণয় করতে পারি। শুধু পার্থক্যটা হল, যে সকল পদার্থের উপাদান হিসেবে আয়ন থাকে তাদের

ক্ষেত্রে আমরা সংকেত ভর একক ব্যবহার করি। উপরের আলোচনা অনুযায়ী সোডিয়াম ক্লোরাইডের এর সংকেত একক হল NaCl। সংকেত ভর একক নিম্নলিখিতভাবে নির্ণয় করা যায়—

$$1x23+1x35.5=58.5\ u$$

উদাহরণ 3.2 $CaCl_2$ এর সংকেত ভর একক নির্ণয় করো।

সমাধান ঃ

Ca এর পারমাণবিক ভর

+ (2xClএর পারমাণবিক ভর)

=40+2x35.5 = 40+71 =111 u

প্রশ্নাবলি

1. *আণবিক ভর নির্ণয় করো —*
   H_2, O_2, Cl_2, CO_2, CH_4, C_2H_6, C_2H_4, NH_3, CH_3OH
2. *সংকেত ভর একক নির্ণয় করো ঃ*
   ZnO, Na_2O, K_2CO_3
   প্রদত্ত পারমাণবিক ভরগুলো হল —
   Zn=65 u, Na=23 u, K= 39 u, C=12 u এবং O=16 u

3.5.3 মোলের ধারণা (Mole Concept)

জল গঠনের জন্য হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের বিক্রিয়াকে উদাহরণ হিসেবে নেওয়া হল ঃ

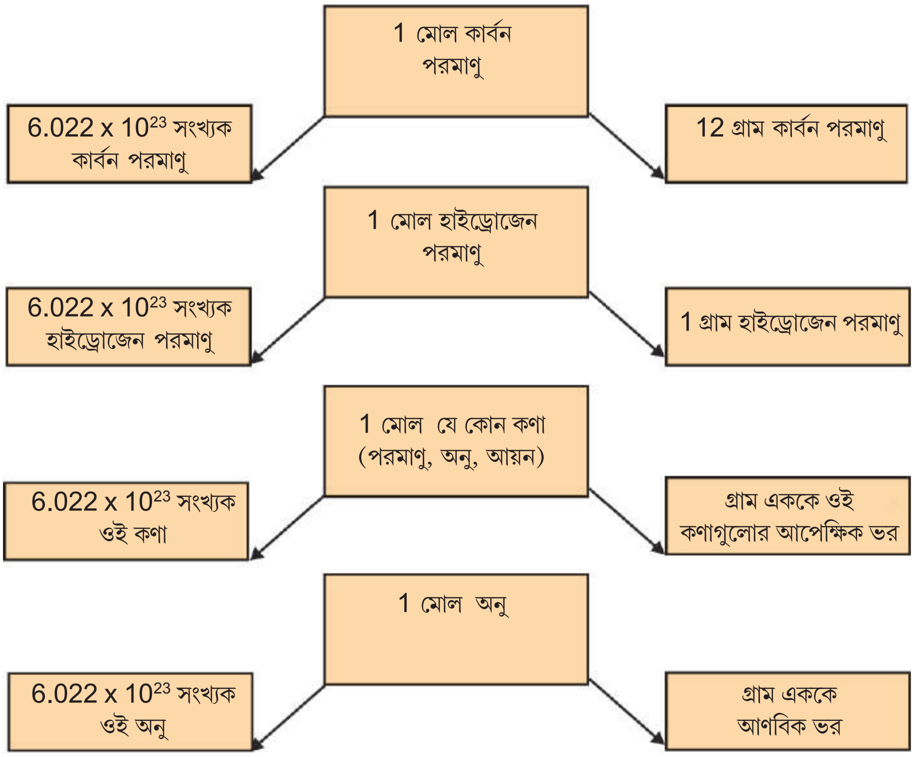
$$2H_2+O_2=2H_2O$$

উপরের উদাহরণটি থেকে দেখা যাচ্ছে

(i) দুই অণু হাইড্রোজেন, এক অণু অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হয়ে দুই অণু জল গঠন করে। অথবা

(ii) 4 u ভরের হাইড্রোজেন অণু, 32 u ভরের অক্সিজেন অণুর সাথে যুক্ত হয়ে 36 u ভরের জলের অণু গঠন করে।

উপরের বিক্রিয়াটি থেকে আমরা সিদ্ধান্তে আসতে পারি যে, পদার্থের পরিমাণকে তাদের ভর বা অণুর সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করা যায়। রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমীকরণ থেকে আমরা রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী পরমাণু বা অণুর সংখ্যা জানতে পারি। তাই পদার্থের পরিমাণকে তাদের ভরের পরিবর্তে তাদের অণু বা পরমাণুর সংখ্যা দ্বারা প্রকাশ করা অনেক সুবিধাজনক। সেজন্য একটি নতুন একক "মোল" উপস্থাপিত করা হয়েছে।



চিত্র 3.5 ঃ মোল, অভোগ্রাড্রো সংখ্যা এবং ভরের মধ্যে সম্পর্ক

কোনো পদার্থের (পরমাণু, অণু, আয়ন বা কণার) এক মোল বলতে সেই পরিমাণ পদার্থকে বোঝায় যার ভর গ্রাম এককে ঐ পদার্থের পারমাণবিক/আণবিক ভরের সমান।

কোনো পদার্থের 1 মোলে উপস্থিত কণার (পরমাণু, অণু বা আয়ন) সংখ্যাটি নির্দিষ্ট এবং এর মান 6.022 x 10^{23}। এটি পরীক্ষামূলক ভাবে প্রাপ্ত মান। ইতালীয় বিজ্ঞানী অ্যামেদিও অ্যাভোগাড্রোর সম্মানার্থে এই সংখ্যাটিকে অ্যাভোগাড্রো ধ্রুবক বা অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা (N_o দ্বারা প্রকাশিত) বলা হয়।

1 মোল (যে কোনো পদার্থের) = 6.022 x 10^{23} সংখ্যক ওই পদার্থের অণু, পরমাণু বা আয়ন।

যেমন, 1 ডজন = 12 টি

1 গ্রোস = 144 টি

এছাড়াও মোল শব্দটি একটি সংখ্যার সাথে সম্পর্কিত হওয়ায় ডজন এবং গ্রোসের তুলনায় এর ব্যবহার অধিক সুবিধাজনক। সুবিধাটি হল এই যে 1 মোল পরিমাণ কোনো বস্তুর ভর সর্বদা নির্দিষ্ট থাকে।

1 মোল পরিমাণ কোনো বস্তুর ভর গ্রাম এককে বস্তুটির পারমাণবিক বা আণবিক ভরের সমান হয়। কোনো মৌলের পারমাণবিক ভর বলতে আমরা পারমাণবিক ভর এককে (u) ঐ মৌলটির একটি পরমাণুর ভরকে বুঝি। মোলার ভর অর্থাৎ কোনো মৌলের 1 মোল পরমাণুর ভর পেতে হলে আমাদের সেই সাংখ্যমানটিকেই নিতে হবে। কিন্তু এককটিকে 'u' থেকে 'g (গ্রাম)' এ পরিবর্তন করতে হবে। কোনো পরমাণুর মোলার ভরকে গ্রাম পারমাণবিক ভরও বলা হয়। যেমন হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ভর = 1 u, তাই হাইড্রোজেনের গ্রাম পারমাণবিক ভর = 1 গ্রাম হয়। 1 u হাইড্রোজেনে কেবলমাত্র একটি হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে। কিন্তু 1 গ্রাম হাইড্রোজেনে 1 মোল হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে অর্থাৎ 6.022 x 10^{23} সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে। একইভাবে 16 u অক্সিজেনে কেবলমাত্র অক্সিজেনের একটি পরমাণু থাকে, কিন্তু 16 গ্রাম অক্সিজেনে 1 মোল অক্সিজেন পরমাণু থাকে, অর্থাৎ 6.022 x 10^{23} সংখ্যক অক্সিজেন পরমাণু থাকে।

কোন অণুর মোলার ভর বা গ্রাম আণবিক ভর পেতে হলে আমরা অণুটির আণবিক ভরের সাংখ্যমানটিকে একই রাখি কিন্তু এককটিকে 'u' থেকে 'g (গ্রাম)' এ পরিবর্তন করি যেমনটি উপরে গ্রাম পারমাণবিক ভরের ক্ষেত্রে করা হয়েছে। উদাহরণ হিসেবে আমরা আগেই জলের (H_2O) আণবিক ভর হিসেব করে দেখেছি 18 u থেকে বোঝা যায় যে

18 u জলে কেবলমাত্র 1টি জলের অণু আছে,

18 গ্রাম জল হল জলের 1 মোল অণু অর্থাৎ এতে 6.022 x 10^{23} সংখ্যক জলের অণু আছে।

রাসায়নিক বিক্রিয়াকে সংঘটিত করার সময় রসায়নবিদদের পরমাণু এবং অণুর সংখ্যা জানার প্রয়োজন হয়, এজন্য সংখ্যার সাথে গ্রাম এককে ভরের সম্পর্ক নিরূপণ প্রয়োজন হয়। এটা নিম্নরূপে করা যায় —

1 মোল = 6.022 x 10^{23} সংখ্যক

= গ্রাম এককে আপেক্ষিক ভর

এজন্য, 'মোল' হল রসায়নবিদদের গণনার একক।

'মোল' শব্দটি প্রায় 1896 খ্রিস্টাব্দের কাছাকাছি সময়ে বিজ্ঞানী উইলিয়াম ওসওয়াল্ড ব্যবহার শুরু করেন। ল্যাটিন ভাষায় 'স্তূপ' বা 'গাদা' থেকে মোল কথাটির প্রবর্তন করেন। একটি পদার্থকে অনেকগুলো পরমাণুর স্তূপ বা গাদা হিসেবে ভাবা যায়। একটি বিশাল সংখ্যাকে যেমন কোন প্রদত্ত নমুনায় বিশালাকারে স্তূপীকৃত অণু বা পরমাণুর সংখ্যা বর্ণনা করার একটি সহজ উপায় হিসেবে মোল এককটিকে 1967 খ্রিস্টাব্দে স্বীকৃতি দেওয়া হয়।

উদাহরণ 3.3

(1) নিম্নলিখিতগুলোর ক্ষেত্রে মোল সংখ্যা গণনা করো ঃ

(i) 52 গ্রাম হিলিয়াম (ভর থেকে মোল নির্ণয়)

(ii) 12.44 x 10^{23} সংখ্যক হিলিয়াম পরমাণু (কণার সংখ্যা থেকে মোল নির্ণয়)

সমাধান ঃ

মোল সংখ্যা = n

প্রদত্ত ভর = m

মোলার ভর = M

প্রদত্ত কণার সংখ্যা = N

অ্যাভোগাড্রো সংখ্যক কণা = N_o

(i) হিলিয়ামের পারমাণবিক ভর = 4 u

হিলিয়ামের মোলার ভর = 4 গ্রাম

সুতরাং, মোল সংখ্যা = $\frac{\text{প্রদত্ত ভর}}{\text{মোলার ভর}}$

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

(ii) আমরা জানি,

1 মোল = 6.022 x 10^{23}

মোল সংখ্যা = $\frac{\text{প্রদত্ত কণার সংখ্যা}}{\text{অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা}}$

$$\Rightarrow n = \frac{N}{N_0} = \frac{12.044 \times 10^{23}}{6.022 \times 10^{23}} = 2$$

উদাহরণ 3.4 নিম্নলিখিতগুলোর ভর গণনা করো :

(i) 0.5 মোল N_2 গ্যাস (অণুর মোল থেকে ভর)

(ii) 0.5 মোল নাইট্রোজেন পরমাণু (পরমাণুর মোল থেকে ভর)

(iii) 3.011×10^{23} সংখ্যক নাইট্রোজেন পরমাণু (সংখ্যা থেকে ভর)

(iv) 6.022×10^{23} সংখ্যক নাইট্রোজেন অণু (সংখ্যা থেকে ভর)

সমাধান :

(i) ভর = মোলার ভর x মোল সংখ্যা

$\Rightarrow m = M x n = 28 x 0.5 = 14$ গ্রাম

(ii) ভর = মোলার ভর x মোল সংখ্যা

$\Rightarrow m = M x n = 14 x 0.5 = 7$ গ্রাম

(iii) মোল সংখ্যা, n

$= \frac{\text{প্রদত্ত কণার সংখ্যা}}{\text{অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা}} = \frac{N}{N_0}$

$= \frac{3.011 x 10^{23}}{6.022 x 10^{23}}$

$\Rightarrow m = M x n = 14 x \frac{3.011 x 10^{23}}{6.022 x 10^{23}}$

= 14 x 0.5 = 7 গ্রাম

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

$\Rightarrow m = M x \frac{N}{N_0} = 28 x \frac{6.022 x 10^{23}}{6.022 x 10^{23}}$

= 28 x 1 = 28 গ্রাম

উদাহরণ 3.5

(1) নীচের প্রতিটি ক্ষেত্রে কণার সংখ্যা নির্ণয় করো :

(i) 46 গ্রাম Na পরমাণু (ভর থেকে পরমাণুর সংখ্যা)

(ii) 8 গ্রাম O_2 অণু (ভর থেকে অণুর সংখ্যা)

(iii) 0.1 মোল কার্বন পরমাণু (প্রদত্ত মোল সংখ্যা থেকে পরমাণুর সংখ্যা)

সমাধান :

(i) পরমাণুর সংখ্যা = $\frac{\text{প্রদত্ত ভর}}{\text{মোলার ভর}}$ x অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা

$\Rightarrow N = \frac{m}{M} x N_0$

$\Rightarrow N = \frac{46}{23} x 6.022 x 10^{23}$

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

(ii) অনুর সংখ্যা = $\frac{\text{প্রদত্ত ভর}}{\text{মোলার ভর}}$ x অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা

$\Rightarrow N = \frac{m}{M} x N_0$

অক্সিজেনের পারমাণবিক ভর = 16 u

$\therefore$ অক্সিজেনের আণবিক ভর = 16x2=32 গ্রাম

$\Rightarrow N = \frac{8}{32} x 6.022 x 10^{23}$

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

$\simeq 1.51 x 10^{23}$

(iii) কণার (পরমাণু) সংখ্যা = কণার মোল সংখ্যা X অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা

$N = n x N_0 = 0.1 x 6.022 x 10^{23}$

$= 6.022 x 10^{22}$

প্রশ্নাবলি :

1. *1 মোল কার্বন পরমাণুর ভর 12 গ্রাম হলে 1টি কার্বন পরমাণুর ভর (গ্রাম এককে) কত হবে?*
2. *কোনটিতে বেশি সংখ্যক পরমাণু রয়েছে 100 গ্রাম সোডিয়াম না 100 গ্রাম লোহায়? (প্রদত্ত পারমাণবিক ভর, Na=23 u, Fe=56 u)*

তোমরা যা শিখলে

- রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলোর মোট ভর অপরিবর্তিত থাকে। এটি ভরের নিত্যতা সূত্র নামে পরিচিত।
- একটি বিশুদ্ধ যৌগিক পদার্থে মৌলগুলো ভরের নির্দিষ্ট অনুপাতে যুক্ত থাকে। এটি স্থিরানুপাত সূত্র নামে পরিচিত।
- পরমাণু হল মৌলিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা যার স্বাধীন সত্তা নেই এবং এর মধ্যে মৌলের রাসায়নিক ধর্ম বজায় থাকে।
- অণু হল মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা সাধারণ অবস্থায় যার স্বাধীন সত্তা আছে। এর মধ্যে পদার্থের সমস্ত ধর্ম বজায় থাকে।
- যৌগিক পদার্থের রাসায়নিক সংকেত থেকে তার গঠনকারী মৌলিক পরমাণুগুলোর নাম ও তাদের পরমাণুর সংখ্যা জানা যায়।
- একগুচ্ছ পরমাণু যারা আয়নের মত আচরণ করে তাদের বহুপরমাণুক আয়ন বলে। তারা নির্দিষ্ট পরিমাণ আধান বহন করে।
- একটি যৌগের আণবিক সংকেত তার গঠনকারী প্রতিটি মৌলের যোজ্যতার ভিত্তিতে স্থির হয়।
- আয়নীয় যৌগের ক্ষেত্রে, প্রতিটি আয়নের আধান যৌগটির রাসায়নিক সংকেত নির্ণয়ে ব্যবহৃত হয়।
- বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর ভর তুলনা করার জন্য বিজ্ঞানীরা আপেক্ষিক পারমাণবিক ভর স্কেল ব্যবহার করেন। কার্বনের সমস্থানিক (C-12) এর আপেক্ষিক ভরকে 12 ধরে এই ভরের সাথে তুলনা করে অন্যান্য পরমাণুর আপেক্ষিক ভর নির্ণয় করা হয়।
- অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা 6.022×10^{23} কে কার্বনের সমস্থানিক (C-12) এর 12 গ্রামে উপস্থিত পরমাণুর সংখ্যা দ্বারা সংজ্ঞায়িত করা হয়।
- মোল হল কোনো পদার্থের এমন একটি পরিমাণ যার মধ্যে সমান সংখ্যক কণা (পরমাণু/আয়ন/অণু/সংকেত একক ইত্যাদি) থাকে, যার কার্বনের সমস্থানিক (C-12) এর 12 গ্রাম পরিমাণে থাকা কার্বন পরমাণুর সংখ্যার সমান হয়। যে পরিমাণকে পদার্থটির মোল বলে।
- এক মোল পদার্থের ভরকে তার মোলার ভর বলে।

অনুশীলনী

1 অক্সিজেন এবং বোরন দ্বারা গঠিত একটি যৌগের 0.24 গ্রাম নমুনা বিশ্লেষণ করে 0.096 গ্রাম বোরন এবং 0.144 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া গেল। যৌগটিতে উপস্থিত উপাদানগুলোর ভরের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় করো।

2 যখন 3.0 গ্রাম কার্বনকে 8.00 গ্রাম অক্সিজেনের মধ্যে পোড়ানো হয় তখন 11.00 গ্রাম

কার্বন ডাই অক্সাইড উৎপন্ন হয়। যদি 3.00 গ্রাম কার্বনকে 50.00 গ্রাম অক্সিজেনের মধ্যে পোড়ানো হয় তবে কী পরিমাণ কার্বন ডাই অক্সাইড তৈরি হবে? তোমার উত্তরের জন্য কোন্ রাসায়নিক সংযোগ সূত্রটি সাহায্য করবে?

3. বহুপরমাণুক আয়ন কী? উদাহরণ দাও।
4. নিম্নলিখিত যৌগগুলোর রাসায়নিক সংকেত লেখোঃ
   (a) ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড
   (b) ক্যালসিয়াম অক্সাইড
   (c) কপার নাইট্রেট
   (d) অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড
   (e) ক্যালসিয়াম কার্বনেট
5. নিম্নলিখিত যৌগগুলোতে উপস্থিত মৌলগুলোর নাম লেখো ঃ
   (a) পোড়া চুন
   (b) হাইড্রোজেন ব্রোমাইড
   (c) বেকিং পাউডার
   (d) পটাশিয়াম সালফেট
6. নিম্নলিখিত পদার্থগুলোর মোলার ভর নির্ণয় করো ঃ
   (a) ইথাইন, C_2H_2
   (b) সালফার অণু, S_8
   (c) ফসফরাস অণু, P_4 (ফসফরাসের পারমাণবিক ভর =31)
   (d) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, HCl
   (e) নাইট্রিক অ্যাসিড, HNO_3
7. ভর নির্ণয় করোঃ
   (a) 1 মোল নাইট্রোজেন পরমাণু
   (b) 4 মোল অ্যালুমিনিয়াম পরমাণু (অ্যালুমিনিয়ামের পারমাণবিক ভর =27)
   (c) 10 মোল সোডিয়াম সালফাইট (Na_2SO_3)
8. মোলে রূপান্তর করো ঃ
   (a) 12 গ্রাম অক্সিজেন গ্যাস
   (b) 20 গ্রাম জল
   (c) 22 গ্রাম কার্বন ডাই অক্সাইড
9. ভর নির্ণয় করো ঃ
   (a) 0.2 মোল অক্সিজেন পরমাণু
   (b) 0.5 মোল জলের অণু
10. 16 গ্রাম কঠিন সালফারে উপস্থিত সালফার (S_8) অণুর সংখ্যা নির্ণয় করো।
11. 0.051 গ্রাম অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডে উপস্থিত অ্যালুমিনিয়াম আয়নের সংখ্যা নির্ণয় করো। (**উত্তর সংকেত ঃ** একই মৌলের একটি পরমাণুর ভর ও একটি আয়নের ভর সমান। অ্যালুমিনিয়ামের পারমাণবিক ভর =27 u)

দলবদ্ধ কাজ

সংকেত লেখার জন্য একটি খেলা খেলো ঃ

উদাহরণ 1 ঃ মৌলের চিহ্ন লেখা ও তাদের যোজ্যতা সূচক সংখ্যা লেখা এমন আলাদা আলাদা কতগুলো প্ল্যাকার্ড তৈরি করো। প্রত্যেক ছাত্র দুটো প্ল্যাকার্ড রাখবে। ডান হাতে থাকবে চিহ্ন লেখা প্ল্যাকার্ড ও বাঁ- হাতে থাকবে যোজ্যতা লেখা প্ল্যাকার্ড। যৌগের সংকেত গঠনের জন্য শিক্ষার্থীরা চিহ্ন লেখা প্ল্যাকার্ডটির অবস্থান ঠিক রেখে যোজ্যতা লেখা প্ল্যাকার্ডটির অবস্থান ক্রিস-ক্রস পদ্ধতিতে বিনিময় করবে।

উদাহরণ 2 ঃ চিহ্ন লেখার জন্য স্বল্প মূল্যের মডেল ঃ- কয়েকটি খালি ট্যাবলেটের (ওষুধের) পাতা নাও। নিচের চিত্রের মতো যোজ্যতা অনুযায়ী কেটে নাও। এখন তুমি এক ধরনের আয়নকে অন্য আয়নের সাথে যুক্ত করে সংকেত গঠন করতে পারবে।

উদাহরণস্বরূপ ঃ

সোডিয়াম সালফেটের সংকেত ঃ

দুটি সোডিয়াম আয়নকে একটি সালফেট আয়নের সাথে যুক্ত করা হবে।

সুতরাং, সংকেতটি হবে ঃ Na_2SO_4

নিজে করো ঃ

এখন সোডিয়াম ফসফেট এর সংকেত লেখো।

অধ্যায় 4

পরমাণুর গঠন
STRUCTURE OF THE ATOM

আমরা তৃতীয় অধ্যায়ে শিখেছি মৌলিক পদার্থের গঠনগত একক হল পরমাণু এবং অণু। বিভিন্ন পদার্থের অস্তিত্বের কারণ হল ঐ পদার্থগুলোতে গঠনকারী বিভিন্ন পরমাণুর উপস্থিতি। এখন প্রশ্ন হল— (i) একটি মৌলিক পদার্থের পরমাণু আরেকটি মৌলিক পদার্থের পরমাণু থেকে ভিন্ন কেন? এবং (ii) ডালটনের প্রস্তাবমতো পরমাণু কি সত্যিই অবিভাজ্য বা পরমাণুর অভ্যন্তরে ক্ষুদ্রতর উপাদান আছে কি? উপরোক্ত প্রশ্নগুলোর উত্তর আমরা এই অধ্যায়ে খুঁজে বের করব। আমরা জানব অব-পারমাণবিক কণা (Sub-Atomic Particles) কী এবং এই কণাগুলো পরমাণুর মধ্যে কীরূপে সজ্জিত থাকে এই সম্পর্কিত প্রস্তাবিত বিভিন্ন মডেল সম্বন্ধে।

ঊনবিংশ শতাব্দীর শেষ দিকে বিজ্ঞানীদের সামনে পরমাণুর গঠন সম্পর্কে জানা এবং পরমাণুর গুরুত্বপূর্ণ ধর্মগুলো ব্যাখ্যা করা বিরাট চ্যালেঞ্জ ছিল। ধারাবাহিক পরীক্ষার ফলশ্রুতিতে পরমাণুর গঠন ব্যাখ্যা করা সম্ভবপর হয়েছে।

স্থির তড়িৎ এবং যেসব শর্তে বিভিন্ন পদার্থের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয় তার অধ্যয়ন থেকে প্রাথমিক ধারণা জন্মায় যে পরমাণু অবিভাজ্য নয়।

4.1 পদার্থের মধ্যে তড়িৎগ্রস্ত কণা (Charged Particles in Matter) ঃ

পদার্থের তড়িৎগ্রস্ত কণার প্রকৃতি বুঝতে হলে চলো আমরা নীচের কাজটি সংগঠিত করি ঃ

কাজ 4.1

a) চিরুনি দিয়ে তোমার শুকনো চুল আঁচড়াও। এখন চিরুনিটি ছোটো ছোটো কাগজের টুকরোকে আকর্ষণ করে কি?

b) এক টুকরো রেশমের কাপড় দিয়ে একটি কাচদণ্ডকে ঘর্ষণ করো এবং কাচদণ্ডটিকে একটি ফোলানো বেলুনের কাছে আনো। কী ঘটে পর্যবেক্ষণ করো।

এই পরীক্ষাগুলো থেকে আমরা কি এই সিদ্ধান্তে আসতে পারি যে দুটি বস্তুকে পরস্পর ঘষা হলে তারা তড়িৎ আধানে আহিত হয়। এই তড়িৎ আধান কোথা থেকে আসে? যখন জানা গেল পরমাণু বিভাজ্য এবং তড়িৎগ্রস্ত কণা নিয়ে গঠিত তখনই এই প্রশ্নের উত্তর পাওয়া গেল।

পরমাণু তড়িৎগ্রস্ত কণা নিয়ে গঠিত এই সত্যতা উদঘাটনে অনেক বিজ্ঞানীর অবদান রয়েছে।

উনিশ শতক পর্যন্ত জানা ছিল যে পরমাণু অবিভাজ্য, তবে পরমাণুতে কমপক্ষে একটি অব-পারমাণবিক কণা রয়েছে। বিজ্ঞানী জে জে থমসন (J. J. Thomson) আবিষ্কৃত এই কণাটির নাম ইলেকট্রন। এমনকি 1886 খ্রিস্টাব্দে ইলেকট্রন আবিষ্কারের পূর্বে ই গোল্ডস্টেইন (E. Goldstein) গ্যাস মোক্ষণের সময় এক নূতন ধরনের বিকিরণ আবিষ্কার করেন এবং উনি এই বিকিরণকে ক্যানাল রশ্মি (canal rays) নামে অভিহিত করেন। প্রকৃতপক্ষে এই রশ্মি একটি ধনাত্মক তড়িৎগ্রস্ত বিকিরণ যা থেকে শেষ পর্যন্ত আরেকটি অব পারমাণবিক কণা আবিষ্কৃত হয়েছে। এই অব পারমাণবিক কণাটির আধান ইলেকট্রনের আধানের মানের সমান কিন্তু এর চিহ্ন ইলেকট্রনের আধানের চিহ্নের বিপরীত। কণাটির ভর ইলেকট্রনের ভরের প্রায় 2000 গুণ। এই কণাটির নাম দেওয়া হয়েছিল প্রোটন। সাধারণভাবে, ইলেকট্রনকে 'e^-' এবং প্রোটনকে 'p^+' চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়। একটি প্রোটনের ভর এক একক এবং আধান +1 ধরা হয়। অন্যদিকে একটি ইলেকট্রনের ভর নগণ্য এবং এর আধান -1।

মনে করা হয় একটি পরমাণু প্রোটন ও ইলেকট্রন কণার সমন্বয়ে এমনভাবে গঠিত যে প্রোটন ও ইলেকট্রনের আধান পরস্পরকে প্রশমিত করে। আরও মনে করা হয় যে প্রোটন কণাগুলো পরমাণুর অন্তঃস্থলে অবস্থান করে, তাই ইলেকট্রনগুলোকে পরমাণুর আকর্ষণ বল থেকে দূরে সরিয়ে নেওয়া সম্ভব হলেও প্রোটন কণাগুলোর ক্ষেত্রে তা সম্ভব হয় না। এখন গুরুত্বপূর্ণ প্রশ্ন হল ঃ পরমাণুর মধ্যস্থ এই কণাগুলো পরমাণুর কীরূপ গঠন তৈরি করে? এই প্রশ্নের উত্তর আমরা নীচে খুঁজব।

প্রশ্নাবলি

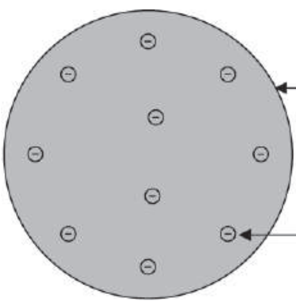
1. *ক্যানাল রশ্মি (Canal rays) কী?*
2. *কোনো পরমাণুতে একটি ইলেকট্রন ও একটি প্রোটন থাকলে, পরমাণুটি তড়িৎগ্রস্ত হবে, কি হবে না?*

4.2 পরমাণুর গঠন (The Structure of an atom)

আমরা তৃতীয় অধ্যায়ে ডালটনের পারমাণবিক তত্ত্ব সম্পর্কে জেনেছি। এই তত্ত্বে বলা হয়েছিল পরমাণু অবিভাজ্য এবং একে ধ্বংস করা যায় না। কিন্তু পরমাণুর দুটি মূল কণা (ইলেকট্রন ও প্রোটন) আবিষ্কারের পর ডালটনের পারমাণবিক তত্ত্বের উপরোক্ত তথ্যটি ভুল বলে প্রমাণিত হয়েছে। তখন ইলেকট্রন ও প্রোটন কণাগুলো পরমাণুতে কীরূপে বিন্যস্ত থাকে সেটা জানা প্রয়োজন হয়ে পড়েছিল। এর ব্যাখ্যার জন্য বিজ্ঞানীরা বহু পারমাণবিক মডেল উপস্থাপন করেন। জে জে থমসন (J. J. Thomson) পরমাণুর গঠন সম্পর্কিত প্রথম মডেলটি উপস্থাপন করেন।

4.2.1 থমসনের পরমাণু মডেল (Thomson's model of an atom)

থমসনের প্রস্তাবিত পরমাণু মডেলটি বড়দিনের পুডিং-এর (Christmas pudding) মতো। যেমনটা গোলকাকার বড়োদিনের পুডিং-এ থাকে তেমনি ধনাত্মক আধানগ্রস্ত একটি গোলকের মধ্যে ইলেকট্রনগুলো যেন কিসমিসের মতো রয়েছে। একটা তরমুজের কথাও আমরা ভাবতে পারি। তরমুজের লাল অংশটি যা আমরা খাই, সেই অংশের মতো পরমাণুতে ধনাত্মক আধান সর্বত্র সুষমভাবে বিন্যস্ত থাকে, যেখানে ইলেকট্রনগুলো তরমুজের বিচির মতো ধনাত্মক আধানগ্রস্ত গোলকের মধ্যে ছড়িয়ে থাকে (চিত্র 4.1)



*চিত্র. **4.1** ঃ থমসনের পরমাণু মডেল*

ব্রিটিশ পদার্থবিদ জে জে থমসন (1856-1940) ম্যাঞ্চেস্টারের শহরতলি চিথম হিলে (Cheetham Hill) 1856 খিস্টাব্দের 18 ডিসেম্বর জন্মগ্রহণ করেন। ইলেকট্রন আবিষ্কারের জন্য 1906 খ্রিস্টাব্দে তাঁকে পদার্থবিদ্যায় নোবেল পুরস্কারে ভূষিত করা হয়। উনি 35 বছর ধরে ক্যাম্ব্রিজে অবস্থিত ক্যাভেন্ডিস ল্যাবরেটরির অধিকর্তা ছিলেন এবং উনার গবেষণার কাজে সহকারীদের সাত জন পরবর্তী সময়ে নোবেল পুরস্কার পান।

থমসন প্রস্তাব করেন —

i) পরমাণু হল ধনাত্মক আধানগ্রস্ত একটি গোলক এবং ইলেকট্রনগুলো এই গোলকে গ্রথিত থাকে।

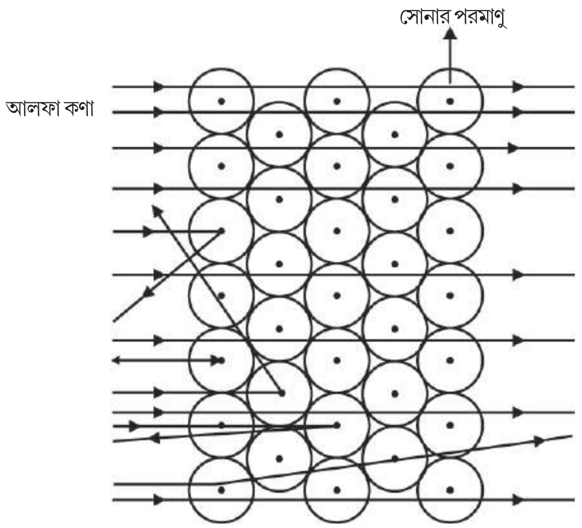
ii) ঋণাত্মক ও ধনাত্মক আধানের মান পরমাণুতে সমান থাকে। ফলে সামগ্রিকভাবে পরমাণুটি তড়িৎ নিরপেক্ষ হয়।

যদিও থমসনের পরমাণু মডেল অনুসারে পরমাণু তড়িৎ নিরপেক্ষ কিন্তু অন্যান্য বিজ্ঞানীদের বিভিন্ন পরীক্ষালব্ধ ফলাফল যা এই মডেল ব্যাখ্যা করতে পারেনি সেই বিষয়গুলো আমরা নীচে আলোচনা করব।

4.2.2 রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেল (Rutherford's Model of an Atom)

ইলেকট্রনগুলো পরমাণুতে কীভাবে সজ্জিত থাকে বিজ্ঞানী আর্নেস্ট রাদারফোর্ড (Ernest Rutherford) জানতে আগ্রহী ছিলেন। সেই জন্য তিনি একটি পরীক্ষা করার ব্যবস্থা করেন। এই পরীক্ষাটিতে দ্রুত সঞ্চরনশীল আলফা (α) কণাকে খুব পাতলা একটি সোনার পাতে ফেলা হয়।

- তিনি সোনার পাত নির্বাচন করেন কারণ তিনি চেয়েছিলেন পাতটি যাতে যত বেশি সম্ভব পাতলা হয়। এই সোনার পাতটি ছিল প্রায় 1000 অ্যাটমস পুরু।
- আলফা কণা (α) হল দুই একক ধনাত্মক আধানবিশিষ্ট হিলিয়াম আয়ন। যেহেতু আলফা কণার ভর 4 u ফলে দ্রুত সঞ্চরণশীল α কণাগুলোতে যথেষ্ট পরিমাণ শক্তি মজুত থাকে।
- ধরে নেওয়া হয় সোনার পাতের অব-পারমাণবিক কণাগুলোর দ্বারা আলফা কণাগুলো বিক্ষিপ্ত হবে। কিন্তু আলফা কণাগুলো প্রোটনের তুলনায় অনেক ভারী বলে, উনি বড় ধরনের কোন বিচ্যুতি আশা করেননি।



চিত্র 4.2 ঃ সোনার পাতে α কণার বিচ্ছুরণ

কিন্তু α কণা বিচ্ছুরণ পরীক্ষা থেকে সম্পূর্ণ অপ্রত্যাশিত ফলাফল পাওয়া গেল (চিত্র. 4.2)। পরীক্ষার পর্যবেক্ষণগুলো নিম্নরূপ ঃ

(i) দ্রুতগামী α কণাগুলোর অধিকাংশই সরাসরি সোনার পাত ভেদ করে সোজা বেরিয়ে যায়।

(ii) কিছু সংখ্যক α কণা সোনার পাত দ্বারা সামান্য কোণে বিচ্যুত হয়।

(iii) সবচেয়ে অবাক হওয়ার মতো পর্যবেক্ষণ হল, প্রতি 12000 টি কণার মধ্যে একটি যে পথে যায় সেই পথেই আবার ফিরে আসে।

রাদারফোর্ডের ভাষায়, *"এই ফলাফল ছিল এতটাই অবিশ্বাস্য যেমন একটি 15 ইঞ্চি ব্যাসের আগুনের গোলাকে তুমি এক টুকরা পাতলা কাগজে নিক্ষেপ করার পর আগুনের গোলা তোমার দিকে ফিরে এসে তোমাকে আঘাত করল।"*

ই. রাদারফোর্ড (*1871-1937*) 1871 খ্রিস্টাব্দের 30 আগস্ট স্প্রিং গ্রুভে (Spring Grove) জন্মগ্রহণ করেন। তিনি পারমাণবিক পদার্থবিদ্যার (nuclear physics) 'জনক' রূপে পরিচিত ছিলেন। তেজস্ক্রিয়তার উপর গবেষণার জন্য এবং সোনার পাতের পরীক্ষায় পরমাণুর নিউক্লিয়াস আবিষ্কারের জন্য উনি বিখ্যাত হন। উনি 1908 খ্রিস্টাব্দে রসায়নে নোবেল পুরস্কার লাভ করেন।

এই পরীক্ষাটি ভালোভাবে বোঝার জন্য একটি খোলা জায়গায় চলো আমরা নিম্নোক্ত কাজটি করি। একটি দেয়ালের সামনে দেয়াল থেকে কিছুটা দূরে চোখ বন্ধ করা অবস্থায় একটি শিশুকে দাঁড় করিয়ে দাও। এমতাবস্থায় তাকে দেওয়ালের দিকে পাথরের টুকরো ছুঁড়তে বলো। প্রত্যেকটি পাথরের টুকরো দেয়ালে আঘাত করার সময় শিশুটি একটি শব্দ শুনবে। এই কাজটি সে দশবার পুনরাবৃত্তি করলে, সে দশটি শব্দ শুনবে। কিন্তু একটি চোখ বাঁধা শিশু কাঁটাতারের বেড়ার দিকে যদি পাথরের টুকরো ছোড়ে তাহলে অধিকাংশ টুকরো কাঁটাতারের বেড়াকে আঘাত করবে না এবং সে কোনো শব্দ শুনবে না। এর কারণ হল কাঁটাতারের বেড়ার মধ্যে প্রচুর ফাঁক থাকায় পাথরের টুকরোগুলো ঐ ফাঁকের মধ্য দিয়ে অন্য দিকে চলে যায়।

একই কারণে α কণা বিচ্ছুরণ পরীক্ষা থেকে রাদারফোর্ড সিদ্ধান্ত করেন যে —

(i) পরমাণুর অধিকাংশ স্থানই ফাঁকা কারণ অধিকাংশ α কণা বিচ্যুত না হয়ে সোনার পাত ভেদ করে সোজা চলে যায়।

(ii) α কণাগুলোর মধ্যে অতি অল্প সংখ্যক কণা তাদের সোজা পথ থেকে বিচ্যুত হয়। এ থেকে বোঝা যায় পরমাণুর মধ্যে ধনাত্মক আধান খুব ক্ষুদ্র জায়গা দখল করে থাকে।

(iii) α কণাগুলোর মধ্যে খুবই ক্ষুদ্র একটি অংশ 180^0 কোণে বিচ্যুত হয়। এ থেকে বোঝা যায় সোনার পরমাণুর মধ্যে সমস্ত ধনাত্মক আধান ও ভর খুব ক্ষুদ্র একটি আয়তনে সীমাবদ্ধ থাকে।

সংগৃহীত তথ্য থেকে তিনি হিসেব করে দেখেন যে পরমাণুর ব্যাসার্ধ পরমাণুর কেন্দ্রকের ব্যাসার্ধের তুলনায় 10^5 গুণ বেশি।
নিজের পরীক্ষার ভিত্তিতে রাদারফোর্ড পরমাণুর নিম্নোক্ত মডেলটি উপস্থাপন করেন।

(i) পরমাণুতে ধনাত্মক আধানগ্রস্ত একটি কেন্দ্র রয়েছে যাকে পরমাণুর কেন্দ্রক (নিউক্লিয়াস) বলে। পরমাণুর প্রায় সমস্ত ভর এই কেন্দ্রকে অবস্থান করে।

(ii) ইলেকট্রনগুলো কেন্দ্রককে (নিউক্লিয়াস) কেন্দ্র করে বৃত্তাকার পথে পরিভ্রমণ করে।

(iii) পরমাণুর তুলনায় কেন্দ্রকের আকার অতি ক্ষুদ্র।

রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেলের ত্রুটি (Drawbacks of Rutherford's model of the atom)

বৃত্তাকার পথে ইলেকট্রনের পরিভ্রমণ স্থায়ী হবে এটা আশা করা যায় না। বৃত্তকার কক্ষপথে পরিক্রমণকারী যে-কোনো কণার মধ্যে ত্বরণের সৃষ্টি হবে। ত্বরণের সময় আধানগ্রস্ত কণা শক্তি বিকিরণ করবে। ফলে ঘূর্ণণরত ইলেকট্রন ক্রমাগত শক্তি বিকিরণ করবে এবং অবশেষে কেন্দ্রকে এসে পতিত হবে। যদি এমনটাই হয়, তবে পরমাণু খুবই অস্থায়ী হবে এবং পদার্থকে আমরা যেভাবে জানি সেভাবে তার অস্তিত্ব থাকবে না। কিন্তু আমরা জানি পরমাণু অত্যন্ত সুস্থিত।

4.2.3 বোরের পরমাণু মডেল (Bohr's Model of Atom)

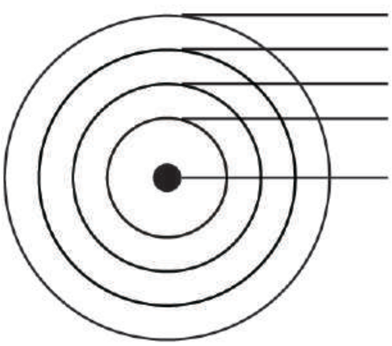
রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেল সম্পর্কিত যে সকল ত্রুটিগুলো উত্থাপিত হয়েছিল, সেগুলো দূর করার জন্য নিলস্ বোর পরমাণুর মডেল সম্পর্কিত নিচের স্বীকার্যগুলো উপস্থাপিত করেন ঃ

(i) পরমাণুর মধ্যে ইলেকট্রনের পরিভ্রমণের জন্য কয়েকটি বিশেষ কক্ষপথ থাকবে যাদের স্থির বা স্থায়ী কক্ষপথ বলে।

(ii) এইসব স্থায়ী কক্ষপথে ঘোরার সময় ইলেকট্রনগুলো কোনো শক্তি বিকিরণ করবে না।

নিলস্ বোর (1885-1962) 1885 খ্রিস্টাব্দের 7 অক্টোবর কোপনহেগেনে জন্মগ্রহণ করেন। 1916 খ্রিস্টাব্দে তিনি কোপনহেগেন বিশ্ববিদ্যালয়ে পদার্থবিদ্যার অধ্যাপক হিসেবে নিযুক্ত হন। পরমাণুর গঠন সম্পর্কিত কাজের জন্য 1922 খ্রিস্টাব্দে তিনি নোবেল পুরস্কারে ভূষিত হন। অধ্যাপক বোরের অসংখ্য লেখার মধ্যে যে তিনটি বই আকারে প্রকাশিত হয় সেগুলো হল ঃ - (i) The theory of spectra and Atomic Constitution. (ii) Atomic Theory and, (iii) The Description of Nature.

এই কক্ষপথগুলোকে শক্তিস্তর বলা হয়। একটি পরমাণুর শক্তিস্তরগুলোকে নীচের 4.3 চিত্রে দেখানো হয়েছে।



চিত্র 4.3 ঃ একটি পরমাণুর কয়েকটি শক্তিস্তর।

এই কক্ষপথগুলোকে K, L, M, N ... অক্ষর দ্বারা অথবা n=1, 2, 3, 4, ... ইত্যাদি সংখ্যা দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

প্রশ্নাবলি

(1) কিভাবে পরমাণু তড়িৎ নিরপেক্ষ হয় তা থমসনের পরমাণু মডেলের ভিত্তিতে ব্যাখ্যা করো।

(2) রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেল অনুসারে পরমাণুর কেন্দ্রকে কী কী অব-পারমাণবিক কণা থাকে?

(3) বোরের পরমাণু মডেল অনুযায়ী তিন কক্ষবিশিষ্ট একটি পরমাণুর রেখাচিত্র আঁকো।

(4) সোনার পাতের পরিবর্তে অন্য কোন ধাতুর পাত নিয়ে α কণা বিচ্ছুরণ পরীক্ষাটি করলে তোমার পর্যবেক্ষণ কীরূপ হতে পারে?

4.2.4 নিউট্রন (Neutrons)

জে স্যাডউইক (J. Chadwick) 1932 খ্রিস্টাব্দে আধানহীন ও একটি প্রোটনের সমান ভরবিশিষ্ট আরেকটি অব-পারমাণবিক কণা আবিষ্কার করেন। অবশেষে এই কণাটির নামকরণ করা হয় নিউট্রন। সাধারণ হাইড্রোজেন ব্যতীত সমস্ত পরমাণুর কেন্দ্রকে নিউট্রন কণা রয়েছে। সাধারণভাবে একটি নিউট্রনকে 'n' চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়। সুতরাং একটি পরমাণুর ভর হল পরমাণুর কেন্দ্রকে অবস্থিত প্রোটন ও নিউট্রন কণাগুলোর ভরের সমষ্টি।

প্রশ্নাবলি

(1) পরমাণুর তিনটি অব-পারমাণবিক কণার নাম লেখো।

(2) হিলিয়াম পরমাণুর পারমাণবিক ভর 4 u এবং এর কেন্দ্রকে দুটি প্রোটন রয়েছে। পারমাণুটিতে কয়টি নিউট্রন রয়েছে?

4.3 ইলেকট্রনগুলো কীভাবে বিভিন্ন কক্ষপথে বিন্যস্ত থাকে? (How are Electrons Distributed in Different Orbits (Shells)?

কোনো পরমাণুর বিভিন্ন কক্ষপথে ইলেকট্রন কীভাবে বিন্যস্ত হবে, বোর এবং বারি (Bohr and Bury) সেই সম্পর্কে একটি ধারণা দেন।

নিম্নোক্ত নিয়ম অনুসরণ করে বিভিন্ন শক্তিস্তরে বা কক্ষে ইলেকট্রন সংখ্যা লেখা হয় —

(i) একটি কক্ষে সর্বোচ্চ কতগুলো ইলেকট্রন থাকবে তা $2n^2$ সূত্রের সাহায্যে নির্ধারণ করা হয়, যেখানে n হল কক্ষ

সংখ্যা বা শক্তি স্তরের সূচক, 1, 2, 3, ... । সুতরাং বিভিন্ন কক্ষপথে সর্বোচ্চ ইলেকট্রন সংখ্যা নিম্নরূপ ঃ

প্রথম কক্ষে বা K কক্ষে $=2x1^2=2$

দ্বিতীয় কক্ষে বা L কক্ষে $=2x2^2=8$

তৃতীয় কক্ষে বা M কক্ষে $=2x3^2=18$

চতুর্থ কক্ষে বা N কক্ষে $=2x4^2=32$

(ii) সর্ববহিঃস্থ কক্ষপথে সর্বোচ্চ আটটি ইলেকট্রন থাকতে পারে।

(iii) ভেতরের কক্ষ পূর্ণ না হওয়া পর্যন্ত ইলেকট্রনগুলো বাইরের কক্ষে যেতে পারে না। অর্থাৎ কক্ষগুলো ধাপে ধাপে ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ হয়।

প্রথম আঠারোটি মৌলের পরমাণুর গঠনচিত্র নীচের 4.4 নং চিত্রে দেখানো হল ঃ

- প্রথম আঠারটি মৌলের পরমাণুর গঠনশৈলী 4.1 সারণিতে দেওয়া হল।

প্রশ্নাবলি

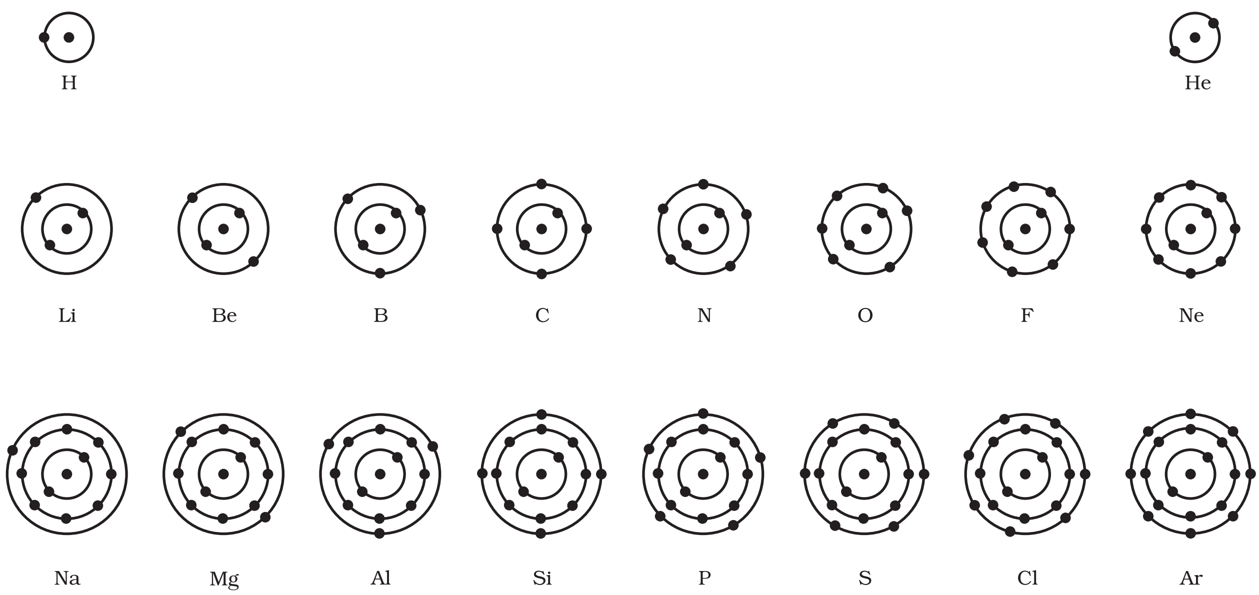
(1) কার্বন ও সোডিয়াম পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস লিখো।

(2) যদি একটি পরমাণুর K এবং L কক্ষ ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ থাকে তাহলে ওই পরমাণুতে মোট ইলেকট্রন সংখ্যা কত?

4.4 যোজ্যতা (Valency)

আমরা শিখেছি পরমাণুর বিভিন্ন কক্ষে ইলেকট্রনগুলো কিভাবে সজ্জিত থাকে। পরমাণুর সবচেয়ে বাইরের কক্ষপথে উপস্থিত ইলেকট্রনগুলোকে যোজক ইলেকট্রন (valence electrons) বলে।

বোর-বারি (Bohr-Bury) নিয়মানুসারে আমরা জানি যে- কোনো পরমাণুর সবচেয়ে বাইরের কক্ষপথে সর্বোচ্চ আটটি



চিত্র 4.4ঃ প্রথম 18টি মৌলের পরমাণুর গঠনচিত্র।

ইলেকট্রন থাকতে পারে। দেখা গেছে যেসব পরমাণুর সর্ববহিঃস্থ কক্ষপথ আটটি ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ থাকে সেগুলোর রাসায়নিক সক্রিয়তা খুবই কম হয়। অন্য ভাবে বললে তাদের যোজন ক্ষমতা বা যোজ্যতা শূন্য হয়। এই নিষ্ক্রিয় মৌলগুলোর মধ্যে হিলিয়াম

কাজ 4.2

- প্রথম আঠারোটি মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস প্রকাশ করতে পারে এমন একটি স্থির পারমাণবিক মডেল তৈরি কর।

সারণি 4.1 ঃ বিভিন্ন কক্ষে ইলেকট্রনের বিন্যাসসহ প্রথম আঠারোটি মৌলের পরমাণুর গঠনশৈলী

মৌলের নাম	চিহ্ন	পারমাণবিক সংখ্যা	প্রোটন সংখ্যা	নিউট্রন সংখ্যা	ইলেকট্রন সংখ্যা	ইলেকট্রনের বিন্যাস				যোজ্যতা
হাইড্রোজেন	H	1	1	-	1	1	-	-	-	1
হিলিয়াম	He	2	2	2	2	2	-	-	-	0
লিথিয়াম	Li	3	3	4	3	2	1	-	-	1
বেরিলিয়াম	Be	4	4	5	4	2	2	-	-	2
বোরন	B	5	5	6	5	2	3	-	-	3
কার্বন	C	6	6	6	6	2	4	-	-	4
নাইট্রোজেন	N	7	7	7	7	2	5	-	-	3
অক্সিজেন	O	8	8	8	8	2	6	-	-	2
ফ্লোরিন	F	9	9	10	9	2	7	-	-	1
নিয়ন	Ne	10	10	10	10	2	8	-	-	0
সোডিয়াম	Na	11	11	12	11	2	8	1	-	1
ম্যাগনেসিয়াম	Mg	12	12	12	12	2	8	2	-	2
অ্যালুমিনিয়াম	Al	13	13	14	13	2	8	3	-	3
সিলিকন	Si	14	14	14	14	2	8	4	-	4
ফসফরাস	P	15	15	16	15	2	8	5	-	3,5
সালফার	S	16	16	16	16	2	8	6	-	2
ক্লোরিন	Cl	17	17	18	17	2	8	7	-	1
আর্গন	Ar	18	18	22	18	2	8	8		0

পরমাণুর সর্ববহিঃস্থ কক্ষপথে দুটি এবং অন্য মৌলগুলোর ক্ষেত্রে আটটি ইলেকট্রন থাকে।

অন্যান্য মৌলগুলোর ক্ষেত্রে বহিঃস্থ কক্ষটি ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ হওয়ার জন্য একই মৌলের বা বিভিন্ন মৌলের পরমাণু তাদের যোজন ক্ষমতা অনুযায়ী রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয়ে অনু গঠন করার প্রবণতা দেখায়। পরমাণুর সর্ববহিঃস্থ কক্ষপথে আটটি ইলেকট্রন থাকলে পরমাণুর অষ্টক পুর্তি হয়েছে বলা হয়। সবচেয়ে বাইরের কক্ষপথে অষ্টকপূর্তির প্রয়াসে পরমাণু রাসায়নিক বিক্রিয়া করে। ইলেকট্রন অংশীদারিত্বের এবং আদান প্রদানের মাধ্যমে এটা ঘটে। এই ভাবে সর্ববহিঃস্থ কক্ষপথে অষ্টকপুর্তির প্রয়াসে কোনো পরমাণু যতগুলো ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জন অথবা অংশীদার করে সেই সংখ্যার দ্বারা ঐ মৌলের যোজন ক্ষমতা বা যোজ্যতা স্থির হয় এবং এই যোজ্যতা সম্পর্কে পূর্ববর্তী অধ্যায়ে আলোচনা করা হয়েছে। যেমন হাইড্রোজেন/লিথিয়াম/সোডিয়াম প্রত্যেকটি মৌলের পরমাণুর সর্ববহিঃস্থ কক্ষপথে যেহেতু একটি করে ইলেকট্রন রয়েছে তাই এদের প্রত্যেকে একটি ইলেকট্রন বর্জন করতে পারে। তাই এদের যোজ্যতা 1 ধরা হয়। তুমি কি বলতে পার, ম্যাগনেসিয়াম এবং অ্যালুমিনিয়াম পরমাণুর যোজ্যতা কত হবে? এদের যোজ্যতা হল যথাক্রমে 2 এবং 3 যেহেতু ম্যাগনেসিয়াম এবং অ্যালুমিনিয়ামের সর্ববহিঃস্থ কক্ষে যথাক্রমে 2টি 3টি ইলেকট্রন রয়েছে।

যদি কোনো পরমাণুর সর্ববহিঃস্থ কক্ষপথে সর্বোচ্চ ধারণ ক্ষমতার কাছাকাছি সংখ্যায় ইলেকট্রন থাকে সেই ক্ষেত্রে ঐ মৌলের যোজ্যতা অন্যভাবে স্থির করা হয়। যেমন, ফ্লোরিন পরমাণুর সবচেয়ে বাইরের কক্ষে 7 টি ইলেকট্রন রয়েছে এবং তাই এর যোজ্যতা 7 হওয়া উচিত। কিন্তু ফ্লোরিনের পক্ষে 7 টি ইলেকট্রন বর্জন করার চেয়ে একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করা সহজতর। তাই অষ্টক থেকে

সাতটি ইলেকট্রনকে বিয়োগ করে এর যোজ্যতা স্থির করা হয় এবং এই কারণে ফ্লোরিন পরমাণুর যোজ্যতা 1 হয়। একইভাবে অক্সিজেন পরমাণুর যোজ্যতা গণনা করা যেতে পারে। এই ধরনের গণনা থেকে অক্সিজেনের যোজ্যতা কত হবে বলে তোমার মনে হয়।

সুতরাং প্রত্যেক মৌলের পরমাণুর নির্দিষ্ট যোজন ক্ষমতা রয়েছে। এই যোজন ক্ষমতাকে যোজ্যতা বলে। 4.1 সারণির শেষ স্তম্ভে প্রথম আঠারটি মৌলের যোজ্যতা দেওয়া হয়েছে।

প্রশ্ন

1. ক্লোরিন, সালফার ও ম্যাগনেসিয়ামের যোজ্যতা তুমি কিরূপে নির্ধারণ করবে?

4.5 পারমাণবিক সংখ্যা ও ভর সংখ্যা (Atomic Number and Mass Number) ঃ

4.5.1 পারমাণবিক সংখ্যা বা পরমাণু ক্রমাঙ্ক (Atomic Number)

আমরা জানি, পরমাণুর কেন্দ্রকে প্রোটন থাকে। কোনো পরমাণুর প্রোটন সংখ্যাই ওই পরমাণুর পারমাণবিক সংখ্যা নির্ধারণ করে। একে 'z' এর সাহায্যে প্রকাশ করা হয়। কোনো মৌলের সমস্ত পারমাণুগুলোর পারমাণবিক সংখ্যা (z) একই হয়। প্রকৃতপক্ষে প্রোটন সংখ্যা দ্বারাই কোন মৌলকে চিহ্নিত করা হয়। হাইড্রোজেনের ক্ষেত্রে Z=1 হয়, কারণ হাইড্রোজেন পরমাণুর কেন্দ্রকে একটি মাত্র প্রোটন রয়েছে। অনুরূপভাবে কার্বনের ক্ষেত্রে z=6 হয়। তাই পরমাণুর কেন্দ্রকে অবস্থিত মোট প্রোটন সংখ্যাই হল ঐ মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা।

4.5.2 ভর সংখ্যা (Mass Number)

পরমাণুর অব-পারমাণবিক কণাগুলোর ধর্ম অধ্যয়নের পর আমরা সিদ্ধান্ত নিতে পারি যে, প্রোটন এবং নিউট্রনের মোট ভরই সমগ্র পরমাণুটির ভর হয়। এগুলো পরমাণুর কেন্দ্রকে অবস্থান করে। এই কারণে প্রোটন ও নিউট্রনকে নিউক্লিয়ন (Nucleons) বলে। সুতরাং পরমাণুর সমস্ত ভর পরমাণুর কেন্দ্রকে অবস্থান করে। উদাহরণ স্বরূপ, কার্বনের ভর 12 u কারণ কার্বনের মধ্যে 6 টি প্রোটন ও 6 টি নিউট্রন রয়েছে, 6 u+6 u=12 u। অনুরূপভাবে, অ্যালুমিনিয়ামের ভর 27 u (13টি প্রোটন +14টি নিউট্রন)। ভর সংখ্যা বলতে পরমাণুর কেন্দ্রকে অবস্থিত প্রোটন ও নিউট্রন সংখ্যার সমষ্টিকে বোঝায়। একে A দ্বারা প্রকাশ করা হয়। কোনো পরমাণুকে বোঝাতে পারমাণবিক সংখ্যা, ভর সংখ্যা এবং মৌলের পরমাণুর চিহ্ন নিম্নরূপে লেখা হয়।

ভর সংখ্যা

| মৌলের চিহ্ন |

পারমাণবিক সংখ্যা

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

যেমন, নাইট্রোজেনকে $^{14}_{7}N$ দ্বারা লেখা হয়।

প্রশ্নাবলি

1. যদি কোনো পরমাণুতে 8টি ইলেকট্রন ও 8টি প্রোটন থাকে, তাহলে (i) মৌলটির পারমাণবিক সংখ্যা কত? এবং (ii) পরমাণুটির আধান কত?

2. 4.1 সারণির সাহায্যে অক্সিজেন ও সালফার পরমাণুর ভর সংখ্যা নির্ণয় করো।

4.6 সমস্থানিক (Isotopes)

প্রকৃতিতে একই পারমাণবিক সংখ্যা কিন্তু ভিন্ন ভিন্ন ভরসংখ্যা বিশিষ্ট একই মৌলের বিভিন্ন পরমাণুর অস্তিত্ব সনাক্ত করা গেছে। উদাহরণস্বরূপ, হাইড্রোজেনের তিন ধরনের পরমাণুর অস্তিত্ব রয়েছে। যথা প্রোটিয়াম বা সাধারণ হাইড্রোজেন ($^{1}_{1}H$), ডয়টেরিয়াম বা ভারী হাইড্রোজেন ($^{2}_{1}H$ বা D) এবং ট্রিটিয়াম বা অতি ভারী হাইড্রোজেন ($^{3}_{1}H$ বা T)। এদের প্রত্যেকের পারমাণবিক সংখ্যা 1 কিন্তু এদের ভরসংখ্যা যথাক্রমে 1, 2 এবং 3 । এই ধরনের আরও কিছু উদাহরণ হল (i) কার্বন, $^{12}_{6}C$ এবং $^{14}_{6}C$, (ii) ক্লোরিন, Cl এবং $^{37}_{17}Cl$, ইত্যাদি।

এই উদাহরণগুলোর ভিত্তিতে বলা যেতে পারে সমস্থানিক হল একই মৌলের পরমাণু যাদের পারমাণবিক সংখ্যা একই কিন্তু ভর সংখ্যা ভিন্ন ভিন্ন। সুতরাং আমরা বলতে পারি হাইড্রোজেনের তিনটি সমস্থানিক রয়েছে যথা প্রোটিয়াম, ডয়টেরিয়াম এবং ট্রিটিয়াম।

অনেক মৌলই সমস্থানিকের মিশ্রণ দ্বারা গঠিত। একটি মৌলের প্রত্যেকটি সমস্থানিক একটি বিশুদ্ধ পদার্থ। সমস্থানিকগুলোর রাসায়নিক ধর্ম একই কিন্তু এদের ভৌত ধর্মে পার্থক্য রয়েছে।

প্রকৃতিতে 35 u এবং 37 u ভর বিশিষ্ট ক্লোরিনের দুটি সমস্থানিক 3:1 অনুপাতে থাকে। স্বভাবতই প্রশ্ন জাগে — ক্লোরিন পরমাণুর ভর কি হবে? চলো আমরা খুঁজে দেখি।

উপরের তথ্যগুলোর ভিত্তিতে ক্লোরিন পরমাণুর গড় পারমাণবিক ভর হবে—

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

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

কোনো প্রাকৃতিক মৌলের পরমাণুর ভর বলতে ওই মৌলের প্রকৃতিতে প্রাপ্ত সমস্ত পরমাণুর গড় ভরকে বোঝায়। যদি কোনো মৌলের সমস্থানিক না থাকে তাহলে ওই মৌলের পরমাণুর ভর পরমাণুতে উপস্থিত প্রোটন ও নিউট্রনগুলোর সমষ্টির সমান। কিন্তু যদি কোনো মৌলের সমস্থানিক থাকে তাহলে প্রতিটি সমস্থানিকের শতকরা পরিমাণ জেনে মৌলের পরমাণুর গড় ভর হিসেব করা হয়।

এর মানে এই নয় যে ক্লোরিনের যে-কোনো একটি পরমাণুর ভর 35.5 u অর্থাৎ ভগ্নাংশে হয়। এর মানে দাঁড়াল যদি তুমি কিছু পরিমাণ ক্লোরিন নাও তাহলে এর মধ্যে ক্লোরিনের উভয় ধরনের সমস্থানিক থাকবে এবং এর গড় ভর 35.5 u হবে।

প্রয়োগ (Applications)

যেহেতু কোনো মৌলের সব সমস্থানিকের রাসায়নিক ধর্ম একই সেহেতু সমস্থানিকের মিশ্রণ নিতে আমাদের বিশেষ কোন বাধা নেই। কিন্তু কিছু সমস্থানিকের বিশেষ বিশেষ ধর্ম রয়েছে এবং এর জন্যই বিশেষ বিশেষ ক্ষেত্রে এদের ব্যবহার রয়েছে। এগুলোর কয়েকটি হল ঃ

(i) পারমাণবিক চুল্লিতে ইউরেনিয়ামের একটি সমস্থানিক জ্বালানি হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

(ii) ক্যান্সার রোগের চিকিৎসায় কোবাল্টের একটি সমস্থানিক ব্যবহৃত হয়।

(iii) আয়োডিনের একটি সমস্থানিক গলগন্ড রোগের চিকিৎসায় ব্যবহৃত হয়।

4.6.1 আইসোবার (Isobars)

চলো আমরা দুটি মৌলকে বিবেচনা করি—20 পারমাণবিক সংখ্যা বিশিষ্ট ক্যালসিয়াম এবং 18 পারমাণবিক সংখ্যাবিশিষ্ট আর্গন। মৌল দুটির পরমাণুতে ইলেকট্রন সংখ্যা ভিন্ন হলেও দুটি মৌলেরই ভরসংখ্যা হল 40। অর্থাৎ এই মৌলযুগলের পরমাণুতে কেন্দ্রক কণার (নিউক্লিয়ন) মোট সংখ্যা একই। ভিন্ন পারমাণবিক সংখ্যাবিশিষ্ট কিন্তু একই ভরসংখ্যা যুক্ত বিভিন্ন মৌলের পরমাণুগুলোকে পরস্পরের আইসোবার বলে।

প্রশ্নাবলি

1. *H, D এবং T চিহ্নিত সমস্থানিকগুলোতে তিন ধরনের অব-পারমাণবিক কণার সংখ্যা সারণিবদ্ধ করো।*
2. *যে-কোনো এক জোড়া সমস্থানিক ও আইসোবারের ইলেকট্রন বিন্যাস লিখো।*

তোমরা যা শিখলে

- ইলেকট্রন ও প্রোটন আবিষ্কারের সম্পূর্ণ কৃতিত্ব হল যথাক্রমে জে জে থমসন ও ই গোল্ডস্টেইনের।
- জে জে থমসন প্রস্তাব করেন যে একটি ধনাত্মক গোলকের মধ্যে ইলেকট্রনগুলো গেঁথে থাকে।

- রাদারফোর্ডের আলফা-কণা বিচ্ছুরণ পরীক্ষার ফলশ্রুতিতেই পরমাণুর কেন্দ্রক আবিষ্কৃত হয়।
- রাদারফোর্ডের পরমাণুর মডেল অনুসারে পরমাণুর অভ্যন্তরে অতিশয় ক্ষুদ্র একটি কেন্দ্রক (Nucleus) থাকে এবং ইলেকট্রনগুলো এই কেন্দ্রককে কেন্দ্র করে ঘুরতে থাকে। পরমাণুর গঠনের এই মডেলটির সাহায্যে পরমাণুর স্থায়িত্ব ব্যাখ্যা করা যায় না।
- নিলস্ বোরের পরমাণুর মডেলটি তুলনায় অধিক সফল ছিল। তার প্রস্তাব অনুসারে কেন্দ্রককে কেন্দ্র করে নির্দিষ্ট শক্তি বিশিষ্ট সুস্থিত কক্ষে ইলেকট্রনগুলো বিন্যস্ত থাকে। যদি পরমাণুর কক্ষ পরিপূর্ণ হয় তাহলে পরমাণু সুস্থিত ও কম সক্রিয় হয়।
- জে স্যাডউইক পরমাণুর কেন্দ্রকে নিউট্রন কণার উপস্থিতি আবিস্কার করেন। সুতরাং পরমাণুর তিনটি অব-পারমাণবিক কণা হল (i) ইলেকট্রন (ii) প্রোটন এবং (iii) নিউট্রন। ইলেকট্রন ঋণাত্মক আধানগ্রস্ত কণা, প্রোটন ধনাত্মক আধানগ্রস্ত কণা এবং নিউট্রন কণার কোনো আধান নেই। একটি ইলেকট্রন কণার ভর একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ভরের $\frac{1}{2000}$ অংশ। একটি প্রোটন ও একটি নিউট্রনের ভর এক একক করে ধরা হয়।
- একটি পরমাণুর কক্ষপথগুলিকে K, L, M, N, দ্বারা প্রকাশ করা হয়।
- যোজ্যতা হল একটি পরমাণুর যোজন ক্ষমতা।
- একটি মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা ওই মৌলের পরমাণুতে উপস্থিত প্রোটনসংখ্যার সমান হয়।
- কোনো পরমাণুর ভরসংখ্যা কেন্দ্রকে উপস্থিত নিউক্লিয়ন সংখ্যাগুলোর সমান হয়।
- সমস্থানিক হল একই মৌলের পরমাণু যাদের ভরসংখ্যা ভিন্ন ভিন্ন হয়।
- একই ভরসংখ্যা বিশিষ্ট কিন্তু ভিন্ন ভিন্ন পারমাণবিক সংখ্যা যুক্ত পরমাণুগুলো হল পরস্পরের আইসোবার।
- প্রোটনসংখ্যা দ্বারা মৌলগুলোকে চিহ্নিত করা হয়।

অনুশীলনী

1. ইলেকট্রন, প্রোটন এবং নিউট্রনের ধর্মের তুলনা করো।
2. জে জে থমসনের পরমাণু মডেলটির সীমাবদ্ধতাগুলো কী কী?
3. রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেলটির ত্রুটিগুলো কী কী?
4. বোরের পরমাণু মডেলটি বর্ণনা করো।
5. এই অধ্যায়ে প্রস্তাবিত পরমাণুর বিভিন্ন মডেলগুলোর মধ্যে তুলনা করো।
6. প্রথম আঠারোটি মৌলের ক্ষেত্রে বিভিন্ন কক্ষপথে ইলেকট্রন বিন্যাসের নিয়মগুলো সংক্ষেপে লিখো।
7. সিলিকন ও অক্সিজেনের উদাহরণ নিয়ে যোজ্যতার সংজ্ঞা দাও।

8. উদাহরণ সহযোগে ব্যাখ্যা করো— (i) পারমাণবিক সংখ্যা (ii) ভর সংখ্যা (iii) সমস্থানিক এবং (iv) আইসোবার। সমস্থানিকের যে-কোনো দুটি ব্যবহার লেখো।

9. Na^+ আয়নের K এবং L কক্ষপথ ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ থাকে— ব্যাখ্যা করো।

10. যদি ব্রোমিন পরমাণুর দুটি সমস্থানিক $^{79}_{35}Br$ (49.7%) এবং $^{81}_{35}Br$ (50.3%) হয় তাহলে ব্রোমিন পরমাণুর গড় পারমাণবিক ভর নির্ণয় করো।

11. মৌল X- এর একটি নমুনার গড় পারমাণবিক ভর 16.2 u. ওই নমুনায় $^{16}_{8}X$ এবং $^{18}_{8}X$ সমস্থানিক দুটির শতকরা পরিমাণ কত?

12. কোনো মৌলের Z = 3 হলে, মৌলটির যোজ্যতা কত হবে? মৌলটির নাম লেখো।

13. দুই প্রকার পরমাণু X এবং Y-এর কেন্দ্রকের সংযুতি নিম্নে দেওয়া হল।

		X	**Y**
প্রোটন	=	6	6
নিউট্রন	=	6	8

X এবং Y -এর ভরসংখ্যা লেখো। এই দুই প্রকার পরমাণুর মধ্যে সম্পর্কটি কী?

14. নিম্নোক্ত বিবৃতিগুলি সত্য হলে T এবং মিথ্যা হলে F লেখো—

(a) জে জে থমসন প্রস্তাব করেন, পরমাণুর কেন্দ্রকে শুধুমাত্র নিউক্লিয়নস্ থাকে।

(b) একটি ইলেকট্রন এবং একটি প্রোটন পরস্পর যুক্ত হয়ে একটি নিউট্রন গঠন করে। তাই এটি তড়িৎ নিরপেক্ষ।

(c) একটি ইলেট্রনের ভর একটি প্রোটনের ভরের $\frac{1}{2000}$ অংশ।

(d) আয়োডিনের একটি সমস্থানিক, টিংচার আয়োডিন প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয় যার ঔষধরূপে ব্যবহার আছে।

- নীচের 15, 16 এবং 17 নম্বর প্রশ্নের ক্ষেত্রে শুদ্ধ উত্তরের পাশে (✓) চিহ্ন এবং ভুল উত্তরের পাশে (X) চিহ্ন দাও ঃ

15. রাদারফোর্ডের আলফা কণা বিচ্ছুরণ পরীক্ষার ফলে আবিষ্কৃত হয় —

(a) পরমাণু কেন্দ্রক　(b) ইলেকট্রন

(c) প্রোটন　(d) নিউট্রন

16. কোন মৌলের সমস্থানিকগুলোর —

(a) ভৌত ধর্ম অনুরূপ হয় ।

(b) রাসায়নিক ধর্ম ভিন্ন ভিন্ন হয়।

(c) নিউট্রন সংখ্যা ভিন্ন ভিন্ন হয়।

(d) পারমাণবিক সংখ্যা ভিন্ন ভিন্ন হয়।

17. Cl^- আয়নের যোজক ইলেকট্রন সংখ্যা হল—

(a) 16　(b) 8　(c) 17　(d) 18

18. সোডিয়ামের সঠিক ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নলিখিতগুলোর মধ্যে কোন্‌টি ?

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

19. নীচের সারণিটি পূর্ণ করো —

পারমাণবিক সংখ্যা	ভর সংখ্যা	নিউট্রন সংখ্যা	প্রোটন সংখ্যা	ইলেকট্রন সংখ্যা	পরমাণুটির নাম
9	-	10	-	-	-
16	32	-	-	-	সালফার
-	24	-	12	-	-
-	2	-	1	-	-
-	1	0	1	0	-

অধ্যায় 5

জীবনের মৌলিক একক

THE FUNDAMENTAL UNIT OF LIFE

বিজ্ঞানী রবার্ট হুক কর্ক (cork) এর পাতলা টুকরো বা ফালি পরীক্ষা করতে গিয়ে দেখেছিলেন যে কর্কের সাথে অসংখ্য ক্ষুদ্র প্রকোষ্ঠ বিশিষ্ট মৌচাকের গঠনগত সাদৃশ্য রয়েছে। উল্লেখ্য, কর্ক বৃক্ষের বাকল বা ছালের অংশবিশেষ। 1665 সালে হঠাৎই একদিন বিজ্ঞানী হুক তার নিজের তৈরি অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে কর্কের পাতলা ফালি পর্যবেক্ষণ করতে গিয়ে তাতে কতকগুলো প্রকোষ্ঠ দেখতে পান। তিনি এই প্রকোষ্ঠগুলোর কোশ বা সেল (Cell) নামকরণ করেন। সেল (Cell) একটি ল্যাটিন শব্দ এবং এর অর্থ হল 'একটি ক্ষুদ্র কক্ষ'।

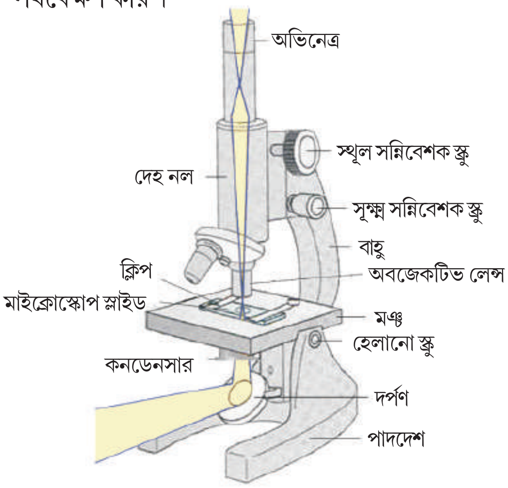
সাধারণ দৃষ্টিতে একে একটি তুচ্ছ ও অর্থহীন ঘটনা মনে হলেও বিজ্ঞানের ইতিহাসে এর গুরুত্ব অপরিসীম। এই প্রথমবার কোনো বিজ্ঞানী এটা পর্যবেক্ষণ করেছিলেন যে সজীব বস্তু পৃথক পৃথক এককের সমন্বয়ে গঠিত। আজও জীববিজ্ঞানে সজীব বস্তু গঠনকারী এককগুলোকে বোঝাতে কোশ বা সেল(Cell) শব্দটিই ব্যবহৃত হয়।

এবারে কোশ সম্পর্কে জানার চেষ্টা করি।

5.1. সজীববস্তু সমূহ কী কী উপাদান দ্বারা গঠিত হয় ?(What are Living Organisms Made Up of ?)

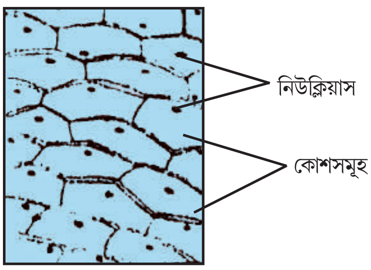
কাজ ______ 5.1

- পেঁয়াজ-কন্দের একটি ছোটো টুকরো কেটে নিই। এবার একজোড়া চিমটা বা ফরসেপের সাহায্যে পেঁয়াজ টুকরোর অবতলদিক (ভেতরের দিক) থেকে ত্বকের (এপিডারমিস) পাতলা অংশ ছাড়িয়ে বা তুলে নিয়ে একটি জলপূর্ণ ওয়াচগ্লাসে রাখি। এর ফলে পেঁয়াজ-ত্বকের এই পাতলা অংশটি ভাঁজ হয়ে যাওয়া বা শুকিয়ে যাওয়ার হাত থেকে রক্ষা পাবে। পেঁয়াজ-ত্বকের এই পাতলা অংশটি নিয়ে এখন আমরা কী করব ?
- একটি কাচের স্লাইড নিয়ে তাতে এক ফোঁটা জল দিই এবং একটি সরু ব্রাশের সাহায্যে পেঁয়াজ ত্বকের পাতলা অংশটিকে ওয়াচ গ্লাস থেকে স্লাইডে স্থানান্তরিত করি। পেঁয়াজ ত্বকের পাতলা অংশটিকে স্লাইডের উপর রাখার সময় লক্ষ রাখতে হবে যে এটি যেন সম্পূর্ণ ছড়ানো অবস্থায় থাকে। এখন এক ফোঁটা স্যাফ্রানিন রঞ্জক দ্রবণ স্লাইডের উপর রাখা পেঁয়াজ ত্বকের পাতলা অংশটির উপর দিই এবং কভার স্লিপ দিয়ে চাপা দিই। মাউন্টিং নিড্‌ল এর সাহায্যে কভার স্লিপ চাপা দেওয়ার সময় যাতে ভেতরে কোনো বুদ্‌বুদ্ থেকে না যায় সে ব্যাপারে সতর্ক থাকতে হবে। এই সময় তুমি শিক্ষক বা শিক্ষিকার সাহায্য নিতে পারো। এইভাবে পেঁয়াজত্বকের পাতলা অংশের একটি অস্থায়ী মাউন্ট তৈরি করা হল। এইবার এই স্লাইডটিকে প্রথমে যৌগিক অণুবীক্ষণ যন্ত্রের স্বল্প বিবর্ধনক্ষমতা সম্পন্ন ও পরে অধিক বিবর্ধন ক্ষমতা সম্পন্ন অভিলক্ষ্য লেন্সের সাহায্যে পর্যবেক্ষণ করি।



চিত্র 5.1 : যৌগিক অণুবীক্ষণ যন্ত্র

লেন্সের মধ্যদিয়ে অস্থায়ীভাবে মাউন্ট করা স্লাইডটির দিকে তাকালে আমরা কী দেখতে পাই ? অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে যেমনটি দেখা যাচ্ছে গঠনটির সেইরকম চিত্র পর্যবেক্ষণ সিট এ আঁকতে পারব কি ? এই গঠনটিকে দেখতে চিত্র 5.2-এর মতো কি ?



চিত্র 5.2 : পেঁয়াজত্বকের পাতলা অংশে উপস্থিত কোশসমূহ

এখন আমরা বিভিন্ন আকারের পেঁয়াজের কন্দের প্রত্যেকটির ত্বকের পাতলা অংশ নিয়ে অস্থায়ী মাউন্ট তৈরি করার চেষ্টা করতে পারি। অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে পর্যবেক্ষণ করলে সবক্ষেত্রেই কি একই ধরনের গঠন দেখতে পাব, নাকি এদের গঠন ভিন্ন ভিন্ন হবে?

অণুবীক্ষণ যন্ত্রে দৃশ্যমান এই গঠনগুলো কী কী?

সব ধরনের কন্দের ত্বকের পাতলা অংশে দেখতে পাওয়া গঠনগুলো একই রকমের হয়। এরা একত্রিত হয়ে পেঁয়াজের কন্দের মতো একটি বড়ো গঠন তৈরি করে। কাজ 5.1 থেকে আমরা বুঝতে পারি যে বিভিন্ন আকারের পেঁয়াজ-কন্দ অণুবীক্ষণ যন্ত্রে দৃশ্যমান একই রকমের ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র গঠন নিয়ে গঠিত। পেঁয়াজের কন্দের আকার ভিন্ন ভিন্ন হলেও এদের ত্বকের কোশগুলো একই রকমের হয়।

অণুবীক্ষণ যন্ত্রে দৃশ্যমান এই ক্ষুদ্র গঠনগুলোই পেঁয়াজ-কন্দের মৌলিক গঠনগত একক। এই গঠনগুলোকেই কোশ বলে। কেবলমাত্র পেঁয়াজ নয়, আমাদের চারপাশের সব জীবের দেহই কোশ দ্বারা গঠিত। তবে কিছু কিছু একক কোশও আছে যারা নিজেদের মতো করে বেঁচে থাকে।

আরোও জানো

1665 সালে রবার্ট হুক সর্বপ্রথম কোশ আবিষ্কার করেন। তিনি একটি আদি সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে কর্কের ফালি বা টুকরোয় কোশ পর্যবেক্ষণ করেন। লিউয়েনহক 1674 সালে সর্বপ্রথম পুকুরের জলে মুক্ত সজীব কোশ আবিষ্কার করেছিলেন। 1831 সালে রবার্ট ব্রাউন কোশের ভেতরে উপস্থিত নিউক্লিয়াস আবিষ্কার করেন। 1839 সালে কোশের তরল ধাত্রকে 'প্রোটোপ্লাজম' নামে অভিহিত করেন বিজ্ঞানী পারকিনজি। কোশতত্ত্ব প্রকাশ করে। স্লেইডেন (1838) এবং স্বোয়ান (1839) এই দুই জীববিজ্ঞানী। কোশতত্ত্বের মূল বক্তব্য হল- (i) সব উদ্ভিদ ও প্রাণীর দেহ কোশ দ্বারা গঠিত (ii) জীবনের মূল একক হল কোশ। কোশতত্ত্বের সম্প্রসারণ করেছিলেন বিজ্ঞানী ভিরচো (1855)। তিনি বলেছিলেন যে, সব কোশই আদিমাতৃ কোশ থেকে উৎপন্ন হয়। 1940 সালে ইলেকট্রন অণুবীক্ষণ যন্ত্র আবিষ্কারের ফলে কোশের জটিল গঠন এবং তার বিভিন্ন অঙ্গাণুগুলোকে পর্যবেক্ষণ করা এবং এদের গঠন সম্পর্কে ধারণা পাওয়া সম্ভবপর হয়েছিল।

বিবর্ধক কাচ আবিষ্কারের ফলশ্রুতিতেই আণুবীক্ষণিক জীবের আবিষ্কার ঘটে। আমরা জানি যে, কোনো কোনো জীবে একটি কোশই সম্পূর্ণ জীবদেহ গঠন করে। যেমন অ্যামিবা, ক্ল্যামাইডোমোনাস, প্যারামেসিয়াম এবং ব্যাকটিরিয়া। এই জীবগুলোকে এককোশী জীব বলে। অপরদিকে, অনেকগুলো কোশ একত্রিত হয়েও একটিমাত্র জীবদেহ গঠন করতে পারে। এইরূপ বহুকোশী জীবে (যেমন-কিছু ছত্রাক, উদ্ভিদ ও প্রাণী) ওই কোশগুলোই বিভিন্ন কাজ করার জন্য বিভিন্ন দেহাঙ্গ গঠন করে। তুমি কি আরো কিছু এককোশী জীবের নাম বলতে পারবে? প্রতিটি বহুকোশী জীবই একটিমাত্র কোশ থেকে উৎপন্ন হয়েছে। কীভাবে? কোশগুলো বিভাজিত হয়ে তাদের মতো অসংখ্য কোশ সৃষ্টি করে। তাই সব কোশই আদি মাতৃকোশ থেকে উৎপন্ন হয়।

কাজ 5.2

- আমরা পাতার ত্বক, পেঁয়াজের মূলের শীর্ষভাগ, এমনকি বিভিন্ন আকারের পেঁয়াজের ত্বকের পাতলা অংশের অস্থায়ী মাউন্ট তৈরি করার চেষ্টা করতে পারি।
- উপরে উল্লিখিত কাজটি করার পর নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলোর উত্তর কী হতে পারে দেখা যাক—

(ক) আকৃতিগত ও আকারগত ভাবে সব কোশ কি একই রকমের হয়?

(খ) সবগুলো কোশের গঠন কি একই রকমের?

(গ) উদ্ভিদ দেহের বিভিন্ন অংশ থেকে প্রাপ্ত কোশগুলোর মধ্যে কোনো পার্থক্য বের করা যায় কি?

(ঘ) এদের মধ্যে কী কী সাদৃশ্য আমরা বের করতে পারি?

কিছু কিছু জীবের দেহে বিভিন্ন ধরনের কোশ থাকতে পারে। নিম্নে প্রদত্ত চিত্রটি (চিত্র 5.3) পর্যবেক্ষণ করো। এখানে মানবদেহের কিছু কোশের চিত্র দেওয়া আছে।

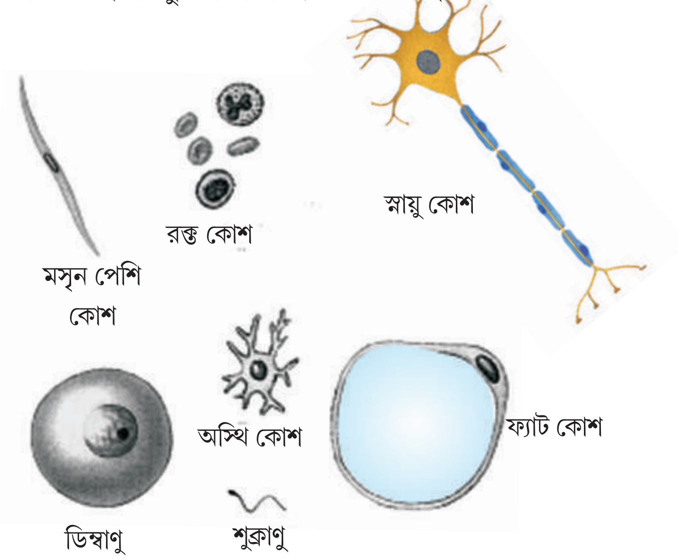


Fig 5.3 : মানবদেহের বিভিন্ন কোশসমূহ

কোশসমূহের আকার ও আকৃতি ঐ কোশগুলো যে বিশেষ কাজ সম্পাদন করে তার সঙ্গে সম্পর্কিত। অ্যামিবার মতো কিছু কিছু কোশ তাদের আকৃতি পরিবর্তন করে। কিছু ক্ষেত্রে কোশের আকৃতি মোটামুটি একই রকম থাকে। নির্দিষ্ট কিছু কোশের ক্ষেত্রে কোশগুলো অদ্ভুত আকৃতির হয়। উদাহরণ হিসাবে স্নায়ু কোশগুলোর বিশেষ আকৃতির কথা উল্লেখ করা যায়।

প্রতিটি সজীব কোশের কিছু কিছু প্রাথমিক কাজ সম্পাদন করার ক্ষমতা রয়েছে। এ ধরনের কাজ সম্পাদন করার ক্ষমতা সকল সজীব বস্তুরই বৈশিষ্ট্য। কীভাবে একটি সজীব কোশ এই প্রাথমিক কাজগুলো সম্পাদন করে ? আমরা জানি যে, বহুকোশী জীবে (যেমন- মানুষ), কাজের ক্ষেত্রে শ্রম বিভাজন রয়েছে। এর অর্থ হল এই যে, মানবদেহের বিভিন্ন অংশ বিভিন্ন ধরনের কাজ করে। মানব দেহে উপস্থিত হৃৎপিণ্ড রক্তকে পাম্প করে দেহের বিভিন্ন অংশে পাঠায়, পাকস্থলী খাদ্যের পরিপাকে সাহায্য করে ইত্যাদি। একইভাবে কাজের শ্রমবিন্যাস একটি কোশের ভেতরেও বর্তমান। কার্যত, এ ধরনের প্রতিটি কোশে কতকগুলো নির্দিষ্ট অংশ থাকে এবং এদের কোশীয় অঙ্গাণু বলে। প্রত্যেক প্রকার কোশীয় অঙ্গাণু এক একটি বিশেষ কাজ সম্পাদন করে। যেমন– কোশে নতুন বস্তু সংশ্লেষ করা, কোশ থেকে বর্জ্য পদার্থের অপসারণ ঘটানো ইত্যাদি। এই কোশীয় অঙ্গাণুগুলোর উপস্থিতির জন্যই একটি কোশ বেঁচে থাকতে পারে এবং তার সব কাজ সম্পাদন করতে পারে। এই অঙ্গাণুগুলো একত্রিত হয়ে যে মূল একক গঠন করে তাকেই কোশ বলে। আশ্চর্যের বিষয় এই যে, কোশীয় অঙ্গাণুগুলোর কাজ যাই হউক বা এগুলো যে জীবেই থাকুকনা কেন, সেই জীব দেহের সব কোশেই একই কোশীয় অঙ্গাণু দেখতে পাওয়া যায়।

প্র **প্রশ্নাবলি :**

1. কোশের আবিষ্কর্তা কে ? কীভাবে তিনি কোশ আবিষ্কার করেছিলেন ?
2. কোশকে জীবনের গঠনগত ও কার্যগত একক বলে কেন ?

5.2 কোশ কী কী উপাদান নিয়ে গঠিত হয় ? কোশের গঠনমূলক সংগঠন কী ?

আমরা দেখলাম যে, কোশে কতকগুলো বিশেষ উপাদান রয়েছে যাদের অঙ্গাণু বলে। কোশ কীভাবে সংগঠিত হয় ?

অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে পর্যবেক্ষণ করলে প্রায় প্রতিটি কোশেই তিনটি বিশেষ বৈশিষ্ট্য লক্ষ করা যায়। এগুলো হল— কোশপর্দা, নিউক্লিয়াস এবং সাইটোপ্লাজমের উপস্থিতি। এই বৈশিষ্ট্যগুলোর জন্যই কোশের ভেতরে সব কাজ এবং কোশের সাথে পরিবেশের মিথস্ক্রিয়া সম্ভবপর হয়। আমরা এবার দেখি কীভাবে এটি ঘটে।

5.2.1 প্লাজমাপর্দা বা কোশপর্দা (Plasma Membrane or Cell Membrane)

প্রাণীকোশের সবচেয়ে বাইরের যে আবরণীটি কোশীয় উপাদানকে তার বহিঃপরিবেশ থেকে পৃথক রাখে তাকে কোশপর্দা বলে। কোশপর্দা কিছু পদার্থকে কোশ থেকে বেরিয়ে যেতে বা কোশে প্রবেশ করতে সাহায্য করে। এটি অন্য কিছু পদার্থের চলাচলেও বাধা দেয়। এই কারণে কোশপর্দাকে প্রভেদক ভেদ্য পর্দা বলে।

কীভাবে কোশের ভেতরে কিছু কিছু বস্তুর অনুপ্রবেশ ঘটে ? কীভাবে কোশ থেকে কিছু বস্তু বেরিয়ে যায় ?

কার্বন ডাইঅক্সাইড বা অক্সিজেনের মতো কিছু বস্তু ব্যাপন প্রক্রিয়ায় কোশপর্দার মধ্য দিয়ে চলাচল করতে পারে। আমরা আগের অধ্যায়গুলোতে ব্যাপন প্রক্রিয়াটি পড়েছি। আমরা দেখেছিলাম যে, বস্তুগুলো তাদের উচ্চঘনত্বের স্থান থেকে নিম্নঘনত্বের স্থানের দিকে স্বতঃস্ফূর্ত ভাবে প্রবাহিত হয়।

অনেকটা একই ধরনের ঘটনা ঘটে যখন কার্বন ডাইঅক্সাইড এর মতো কিছু পদার্থ কোশের ভেতরে অধিক মাত্রায় জমা হয়। উল্লেখ্য, কার্বন ডাইঅক্সাইড কোশীয় বিপাকের ফলে উৎপন্ন বর্জ্য পদার্থ। তাই কোশ থেকে এর বহিঃস্করণ (রেচন) আবশ্যক। কোশের বহিঃপরিবেশে কার্বন ডাই অক্সাইড-এর ঘনত্ব কোশের অন্ত:পরিবেশ অপেক্ষা কম থাকে। যে মুহূর্তে কোশের অন্তঃ পরিবেশ ও বহিঃপরিবেশের মধ্যে কার্বন ডাই অক্সাইড-এর ঘনত্বের পার্থক্য সৃষ্টি হয় তখনই কার্বন ডাই অক্সাইড তার বেশি ঘনত্বের স্থান থেকে কম ঘনত্বের স্থানে অর্থাৎ কোশের ভেতর থেকে কোশের বাইরে ব্যাপন প্রক্রিয়ায় বেরিয়ে যায়। একইভাবে, কোশের ভেতরে অক্সিজেনের ঘনত্ব হ্রাস পেলেও কোশের বহি:পরিবেশ থেকে অক্সিজেন ব্যাপন প্রক্রিয়ায় কোশের অন্ত:পরিবেশে প্রবেশ করে। এইভাবে, সংলগ্ন কোশের মধ্যে এবং কোশ ও তার বহি:পরিবেশের মধ্যে গ্যাসীয় আদান প্রদানে ব্যাপন প্রক্রিয়া গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।

জলের পরিবহনও ব্যাপনের নীতি মেনে হয়। কোশ পর্দার মতো এমন একটি প্রভেদক ভেদ্য পর্দার মধ্য দিয়ে জলের পরিবহনকে অভিস্রবণ বলে। কোশ পর্দা বা প্লাজমা পর্দার মধ্য দিয়ে জলের পরিবহনও জলে দ্রবীভূত পদার্থের পরিমাণ দ্বারা প্রভাবিত হয়।

সুতরাং অভিস্রবণ হল প্রভেদক ভেদ্য পর্দার মধ্য দিয়ে উচ্চ জল ঘনত্ব বিশিষ্ট স্থান থেকে নিম্ন জল ঘনত্ব বিশিষ্ট স্থানের দিকে সাম্যাবস্থায় না পৌঁছানো পর্যন্ত জলের পরিবহণ।

চিনির জলীয় দ্রবণে বা লবণের জলীয় দ্রবণে একটি উদ্ভিদ বা প্রাণীকোশকে রাখলে কী ঘটবে?

এক্ষেত্রে নিম্নবর্ণিত তিনটি ঘটনার মধ্যে যে-কোনো একটি ঘটতে পারে:

1. বহিঃপরিবেশীয় মাধ্যমে জলের ঘনত্ব কোশীয় মাধ্যম অপেক্ষা বেশি হলে অর্থাৎ বহিঃপরিবেশীয় দ্রবণটি লঘু প্রকৃতির হলে, অভিস্রবণ প্রক্রিয়ায় কোশে জল প্রবেশ করবে। এ ধরনের বহিঃপরিবেশীয় দ্রবণকে লঘুসারক দ্রবণ বলে।

   এমন অবস্থায় কোশপর্দার মধ্য দিয়ে জল উভয়দিকে চলাচল করে, তবে যে পরিমাণ জল কোশ থেকে বেরিয়ে যায় তার তুলনায় বেশি পরিমাণ জল কোশের ভেতরে প্রবেশ করে। এর সামগ্রিক ফল হল এই যে কোশে জল প্রবেশ করে এবং কোশটি রসস্ফীত হয়।

2. বহিঃপরিবেশীয় মাধ্যম ও কোশীয় মাধ্যমে জলের ঘনত্ব সমান হলে কোশপর্দার মধ্য দিয়ে জলের পরিবহণ ঘটে না। এরূপ বহিঃ পরিবেশীয় দ্রবণকে সমসারক দ্রবণ বলে।

   এক্ষেত্রে কোশপর্দার মধ্য দিয়ে উভয়দিকে জলের পরিবহণ ঘটে। কিন্তু যে পরিমাণ জল কোশে প্রবেশ করে ঠিক একই পরিমাণ জল কোশ থেকে বেরিয়ে যায়। সুতরাং সামগ্রিকভাবে জলের পরিবহণ ঘটে না। তাই কোশের আকার অপরিবর্তিত থাকে।

3. বহিঃপরিবেশীয় মাধ্যমে জলের ঘনত্ব কোশীয় মাধ্যম অপেক্ষা কম হলে অর্থাৎ বহিঃপরিবেশীয় দ্রবণের ঘনত্ব বেশি হলে, অভিস্রবণ প্রক্রিয়ায় কোশ থেকে জল বেরিয়ে যায়। এ ধরনের বহিঃপরিবেশীয় দ্রবণকে অতিসারক দ্রবণ বলে।

   এক্ষেত্রেও জল কোশপর্দার মধ্য দিয়ে উভয়দিকে পরিবাহিত হয়। কিন্তু যে পরিমাণ জল কোশ থেকে বেরিয়ে যায় সে তুলনায় কম পরিমাণ জল কোশে প্রবেশ করে, এই কারণে কোশটি কুঞ্চিত হয়।

সুতরাং অভিস্রবণ হল প্রভেদক ভেদ্য পর্দার মধ্য দিয়ে সংঘটিত এক বিশেষ ধরনের ব্যাপন ক্রিয়া।

এখন নিম্নলিখিত কাজটি করার চেষ্টা করি—

কাজ 5.3

ডিমের সাহায্যে অভিস্রবণ পরীক্ষা

(ক) একটি ডিমকে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে রেখে তার খোলকটি বের করে নাও। খোলকটি প্রধানত ক্যালসিয়াম কার্বনেট দ্বারা তৈরি। এই অবস্থায় ডিমটিকে ঘিরে একটি পাতলা বহিঃআবরণী থাকে। এবার ডিমটিকে বিশুদ্ধ জলে রাখো এবং পাঁচ মিনিট পর পর্যবেক্ষণ করো। আমরা কি পর্যবেক্ষণ করলাম?
ডিমটি স্ফীত হয়েছে কারণ অভিস্রবণ প্রক্রিয়ায় ডিমটিতে জল প্রবেশ করেছে।

(খ) একই ধরনের খোলক বিহীন একটি ডিমকে লবণের ঘন দ্রবণে রাখো এবং পাঁচ মিনিট পর পর্যবেক্ষণ করো। ডিমটি কুঞ্চিত হয়। কেন এরূপ হয়? ডিমের ভেতরকার দ্রবণ থেকে জল লবণের দ্রবণে বেরিয়ে আসে কারণ লবণের দ্রবণটি তুলনামূলক ভাবে অধিক ঘনত্ববিশিষ্ট। শুকনো কিশমিশ বা এপ্রিকট ফল নিয়ে একই ধরনের পরীক্ষা আমরা করতে পারি।

কাজ 5.4

- কিছু শুকনো কিশমিশ বা এপ্রিকট ফল নিয়ে সাধারণ জলে রাখ এবং কিছু সময়ের জন্য একইভাবে রেখে দাও। এরপর এগুলোকে জল থেকে তুলে নিয়ে চিনি বা লবণের ঘন দ্রবণে রাখো। এরপর নিম্নলিখিত বিষয়গুলো দেখতে পাবে—

  (ক) শুকনো কিশমিশ বা এপ্রিকট ফলকে যখন জলে রাখা হয়েছিল তখন এরা জল শোষণ করে এরা স্ফীত হয়েছিল।

  (খ) যাই হোক এগুলোকে আবার চিনি বা লবণের ঘন দ্রবণে রাখলে এদের থেকে জল বেরিয়ে যায় এবং এর ফলে এরা কুঞ্চিত হয়।

স্বাদুজলে বসবাসকারী এককোশী জীব এবং বেশিরভাগ উদ্ভিদ কোশ অভিস্রবণ প্রক্রিয়ায় জল শোষণ করে। উদ্ভিদের মূল দ্বারা জল শোষণও অভিস্রবণের একটি উদাহরণ।

অতএব, একটি কোশের জীবদ্দশায় জল ও গ্যাসীয় পদার্থের আদান প্রদানের জন্য ব্যাপন খুবই গুরুত্বপূর্ণ। এছাড়া কোশকে তার চারপাশের পরিবেশ থেকেও পরিপোষক সংগ্রহ করতে হয়। এই প্রেক্ষিতে এক বিশেষ ধরণের শক্তি-নির্ভর পরিবহণ ব্যবস্থার সাহায্যে বিভিন্ন ধরনের অণুগুলো প্রয়োজনমতো কোশ থেকে বেরিয়ে যায় এবং কোশের ভেতরে প্রবেশ করে।

প্লাজমা পর্দা একটি নমনীয় পর্দা এবং এটি লিপিড ও প্রোটিন জাতীয় জৈবযৌগ দ্বারা গঠিত। উল্লেখ্য, আমরা শুধুমাত্র ইলেকট্রন অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যেই কোশপর্দা বা প্লাজমাপর্দার গঠন পর্যবেক্ষণ করতে পারি।

কোশপর্দার নমনীয়তা কোশকে তার বহিঃপরিবেশ থেকে খাদ্য ও অন্যান্য জৈববস্তু গ্রহণেও সক্ষম করে তোলে। এই প্রক্রিয়ায় খাদ্যগ্রহণকে এন্ডোসাইটোসিস বলে। এককোশী জীব অ্যামিবা এই পদ্ধতিতেই খাদ্য সংগ্রহ করে।

কাজ 5.5

- বিদ্যালয়ের গ্রন্থাগার ও ইন্টারনেট থেকে ইলেকট্রন অণুবীক্ষণ যন্ত্র সম্পর্কিত তথ্য সংগ্রহ করো। এই বিষয়টি নিয়ে শিক্ষক বা শিক্ষিকার সঙ্গে আলোচনা করো।

প্রশ্নাবলি

1. কীভাবে CO_2, জল-এর মতো বস্তুগুলো কোশের ভেতরে ঢোকে এবং কোশ থেকে বেরিয়ে যায়? আলোচনা করো।

2. কোশপর্দাকে প্রভেদক ভেদ্যপর্দা বলা হয় কেন?

5.2.2 কোশপ্রাচীর (Cell Wall)

উদ্ভিদ কোশে কোশপর্দা ছাড়াও অপর একটি দৃঢ় বহিঃআবরণী থাকে। একে কোশপ্রাচীর বলে। কোশপ্রাচীর কোশপর্দার বাইরের দিকে অবস্থান করে। উদ্ভিদের কোশপ্রাচীর প্রধানত সেলুলোজ দ্বারা গঠিত। সেলুলোজ একটি জটিল যৌগ এবং এটি উদ্ভিদকে গাঠনিক দৃঢ়তা প্রদান করে।

যখন উদ্ভিদ কোশ থেকে জল অভিস্রবণ প্রক্রিয়ায় বেরিয়ে যায় তখন কোশের প্রোটোপ্লাজমের কুঞ্চন ঘটে এবং কোশপর্দা কোশপ্রাচীর থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে ভেতরের দিকে সরে আসে। এই ঘটনাকে প্লাজমোলাইসিস বলে। নিম্নে বর্ণিত কাজ সম্পাদনের মাধ্যমে আমরা এই ঘটনা পর্যবেক্ষণ করতে পারি।

কাজ 5.6

- রিও (Rhoeo) পাতার একটি পাতলা স্তরকে স্লাইডে মাউন্ট করে অণুবীক্ষণ যন্ত্রের উচ্চ বিবর্ধন ক্ষমতা সম্পন্ন অভিলক্ষ্য লেন্সের নীচে রেখে এর কোশগুলোকে পর্যবেক্ষণ করো। কতকগুলো ক্ষুদ্র, সবুজ দানাদার বস্তু দেখতে পাবে, এদের ক্লোরোপ্লাস্ট বলে। এই দানাদার বস্তুগুলোতে একধরণের সবুজ কণা থাকে এবং একে ক্লোরোফিল বলে। এবার চিনি বা লবণের গাঢ় দ্রবণ স্লাইডে মাউন্ট করা পাতায় যোগ করো। এক মিনিট অপেক্ষা করার পর মাউন্ট করা পাতার স্তরটিকে অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে পর্যবেক্ষণ করো। আমরা কি দেখতে পাচ্ছি?
- এবার কিছু রিও (Rhoeo) পাতা ফুটন্ত জলে কয়েক মিনিটের জন্য রাখো। এর ফলে পাতার কোশগুলো মারা যাবে। এবার ফুটন্ত জল থেকে একটি পাতা নিয়ে স্লাইডে মাউন্ট করো এবং অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে তা পর্যবেক্ষণ করো। চিনি বা লবণের গাঢ় দ্রবণ স্লাইডে মাউন্ট করা পাতায় যোগ করো। কিছু সময় অপেক্ষা করে অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে আবার পর্যবেক্ষণ করো। আমরা কী দেখতে পেলাম? এক্ষেত্রে প্লাজমোলাইসিস হয়েছিল কি?

এই কাজ থেকে আমরা কী সিদ্ধান্তে পৌঁছুতে পারি? এটা দেখা গেল যে, একমাত্র সজীব কোশই অভিস্রবণ প্রক্রিয়ায় জল শোষণ করতে পারে, মৃত কোশ এরূপ কাজ করতে পারে না।

কোশপ্রাচীর থাকায় উদ্ভিদ, ছত্রাক ও ব্যাকটিরিয়া কোশ পরিবেশীয় অতি লঘু দ্রবণ অর্থাৎ লঘুসারক দ্রবণের সংস্পর্শে এলেও বিদীর্ণ না হয়ে টিকে থাকতে পারে। আসলে এই ধরনের পরিবেশে থাকলে কোশ অভিস্রবণ প্রক্রিয়ায় জল শোষণ করে। এর ফলে কোশটি রসস্ফীত হয় এবং কোশপ্রাচীরের উপর চাপ সৃষ্টি হয়। কোশপ্রাচীর আবার রসস্ফীত কোশের উপর সমান ও বিপরীতমুখী চাপ প্রয়োগ করে। কোশ প্রাচীরের উপস্থিতির জন্যই এ জাতীয় কোশগুলো প্রাণীকোশের তুলনায় অনেক বেশি পরিবেশীয় পরিবর্তন সহ্য করতে পারে।

5.2.3. নিউক্লিয়াস (Nucleus)

আমরা যে পেঁয়াজের খোসার অস্থায়ী মাউন্ট তৈরি করেছিলাম তা মনে করার চেস্টা কর, তখন আমরা পেঁয়াজের খোসার উপর স্যাফ্রানিন রঞ্জকের দ্রবণ যোগ করেছিলাম। কিন্তু কেন? পেঁয়াজের খোসার অস্থায়ী মাউন্ট-এ স্যাফ্রানিন রঞ্জকের দ্রবণ প্রয়োগ না করে যদি পর্যবেক্ষণ করি তা হলে আমরা কী দেখতে পাব? স্যাফ্রানিন প্রয়োগ না করেই মাউন্টটি দেখার চেস্টা করো এবং দুটি মাউন্ট এর মধ্যে কী পার্থক্য রয়েছে তা দেখো।

এছাড়া, পেঁয়াজের খোসার অস্থায়ী মাউন্টে স্যাফ্রানিন দ্রবণ প্রয়োগের ফলে সবগুলো কোশ সমভাবে রঞ্জিত হয়েছিল কি? দেখাগেলো রাসায়নিক গঠন অনুযায়ী, কোশের বিভিন্ন অংশগুলো বিভিন্নভাবে রঞ্জিত হয়েছে। একটি কোশের কিছু অংশ কোশের অন্য অংশের তুলনায় গাঢ় রঙে রঞ্জিত হয়েছে।

স্যাফ্রানিন দ্রবণ ছাড়াও কোশকে রঞ্জিত করার জন্য আয়োডিন দ্রবণ বা মিথিলিন ব্লু দ্রবণ ব্যবহার করা যেতে পারে।

কাজ 5.7

- একফোঁটা জলসহ একটি কাচের স্লাইড নিই। এবার একটি আইসক্রিম-চামচের সাহায্যে হালকাভাবে গালের ভেতরের দিকের কিছুটা অংশ চেঁছে নিই। দেখোতো আইসক্রিম-চামচের গায়ে কিছু লেগে আছে কি? একটি নিড্‌ল বা সুঁচের সাহায্যে আইসক্রিম-চামচের গায়ে লেগে থাকা বস্তুগুলোকে একটি কাচের স্লাইডে স্থানান্তরিত করি এবং স্লাইডের উপর তা সমভাবে ছড়িয়ে দিই। এবার স্লাইডে রাখা বস্তুকে রঞ্জিত করার জন্য একফোঁটা মিথিলিন ব্লু দ্রবণ যোগ করি। এখন গালের ভেতরের অংশ থেকে সংগৃহীত বস্তুকে অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে পর্যবেক্ষণ করা যেতে পারে। পর্যবেক্ষণের পূর্বে স্লাইডে রাখা বস্তুকে কভারস্লিপ দিয়ে চাপা দিতে হবে।
- আমরা কী দেখতে পাচ্ছি? দৃশ্যমান কোশগুলোর আকৃতি কিরূপ? পর্যবেক্ষণ শীট-এ এই কোশগুলোর চিত্র অঙ্কন করো।

- প্রতিটি কোশের কেন্দ্রীয় অংশে কি কোনো গাঢ় রঙে রঞ্জিত, বর্তুলাকার বা ডিম্বাকার, বিন্দুবৎ গঠন দেখা যায়? এই গঠনটিকে নিউক্লিয়াস বলে। একই ধরনের গঠন কি পেঁয়াজের খোসার কোশে দেখা গিয়েছিল?

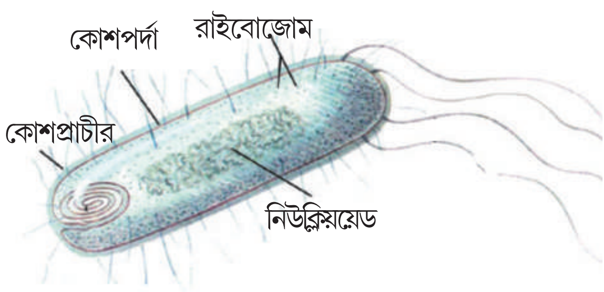
নিউক্লিয়াস একটি দ্বিস্তরী আবরণী দ্বারা আবৃত থাকে এবং একে নিউক্লিয়পর্দা বলে। নিউক্লিয় পর্দায় অসংখ্য ছিদ্র থাকে এবং এই ছিদ্রপথে বিভিন্ন বস্তু নিউক্লিয়াসের ভেতর থেকে বাইরে স্থানান্তরিত হয় অর্থাৎ নিউক্লিয়াস থেকে সাইটোপ্লাজমে আসে (5.2.4 অংশে এ বিষয়ে আলোচনা করব)

নিউক্লিয়াসে ক্রোমোজোম বর্তমান। কোশ বিভাজন শুরুর ঠিক আগেই শুধুমাত্র ক্রোমোজোম গুলোকে দেখা যায়। এই সময় এরা দণ্ডাকার গঠনবিশিষ্ট হয়। ক্রোমোজোম পিতা-মাতা থেকে পরবর্তী প্রজন্মে বৈশিষ্ট্যের বংশানুসরণের বার্তা DNA (ডিঅক্সিরাইবো নিউক্লিক অ্যাসিড) অণু রূপে বহন করে। ক্রোমোজোম DNA এবং প্রোটিন দ্বারা গঠিত হয়। DNA অণুগুলো কোশের নির্মাণ ও সংগঠনের জন্য প্রয়োজনীয় বার্তা বহন করে। DNA এর কার্যকরী অংশকে জিন বলে। বিভাজিত হচ্ছেনা এমন অবস্থায় কোশে, এই DNA ক্রোমাটিন বস্তুর অংশ হিসেবে অবস্থান করে। ক্রোমাটিন বস্তু প্যাঁচানো তন্তুময় গঠনরূপে দৃশ্যমান হয়। যখনই কোশ বিভাজন শুরু হয় তখনই ক্রোমাটিন বস্তু সংগঠিত হয়ে ক্রোমোজোম গঠন করে।

কোশীয় প্রজননে নিউক্লিয়াস গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে এবং এই প্রক্রিয়ায় একটি কোশ বিভাজিত হয়ে দুটি অপত্য কোশ গঠন করে। একটি কোশ কীভাবে গঠিত হবে এবং পরিণত অবস্থায় কোশটি কীরূপ হবে তা নিরূপণ করতে নিউক্লিয়াস ও তার সঙ্গে পরিবেশ গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। কোশের রাসায়নিক ক্রিয়ায় এদের নির্দেশ দানের মাধ্যমেই এই কাজটি সংঘটিত হয়।

ব্যাকটিরিয়ার মতো কিছু জীবে কোশের নিউক্লিয় অঞ্চলটি নিউক্লিয় আবরণীর অনুপস্থিতির জন্য দুর্বলভাবে সংগঠিত হয়। শুধুমাত্র নিউক্লিক অ্যাসিড সমন্বিত এ ধরনের অস্পষ্ট নিউক্লিয় অঞ্চলকে নিউক্লিয়য়েড বলে। যে সব জীবের কোশে নিউক্লিয় আবরণী থাকে না তাদের প্রোক্যারিওটিক জীব (প্রো-আদি বা প্রাথমিক: ক্যারিওট = ক্যারিয়ন = নিউক্লিয়াস) বলে। অপরদিকে, যেসব জীবের কোশে নিউক্লিয় আবরণী থাকে, তাদের ইউক্যারিওটিক জীব বলে।

প্রোক্যারিওটিক কোশে, ইউক্যারিওটিক কোশে উপস্থিত সাইটোপ্লাজমীয় অঙ্গাণুগুলির মধ্যে বেশীরভাগ অঙ্গাণুগুলি অনুপস্থিত (চিত্র:5.4 দেখো)। এই কোশীয় অঙ্গাণুগুলোর বেশিরভাগ কাজও সাইটোপ্লাজমে উপস্থিত দুর্বলভাবে সংগঠিত অংশগুলো দ্বারাই সম্পাদিত হয় (চিত্র:5.2.4 দেখো)। সালোকসংশ্লেষকারী প্রোক্যারিওটিক ব্যাকটিরিয়া কোশে ক্লোরোফিলগুলো পর্দাবৃত থলির মধ্যে অবস্থান করে, ইউক্যারিওটিক কোশের মতো প্লাস্টিডে নয়। (5.2.5 অংশ দেখো)



চিত্র- প্রোক্যারিওটিক কোশ

5.2.4 সাইটোপ্লাজম (Cytoplasm)

আমরা যখন পেঁয়াজের খোসা এবং মানুষের গালের ভেতরের দিকের কোশের অস্থায়ী মাউন্ট পর্যবেক্ষণ করি, তখন আমরা দেখতে পাই যে প্রতিটি কোশের একটি বড়ো অংশ কোশপর্দা দ্বারা পরিবৃত থাকে এবং একে সাইটোপ্লাজম বলে। এই অংশটি খুবই হালকা রঙে রঞ্জিত হয় । কোশপর্দার ভেতর দিকে উপস্থিত তরল পদার্থপূর্ণ অংশটিই সাইটোপ্লাজম। এতে বহু বিশেষিত কোশীয় অঙ্গাণু থাকে। এরূপ প্রতিটি কোশীয় অঙ্গাণু কোশের জন্য প্রয়োজনীয় নির্দিষ্ট কাজ করে।

কোশীয় অঙ্গাণুগুলো পর্দাবৃত থাকে। প্রোক্যারিওটিক কোশে যেমন সুগঠিত নিউক্লিয় অঞ্চলে থাকে না ঠিক তেমনি পর্দাবৃত কোশীয় অঙ্গাণুও থাকে না। অপরদিকে, ইউক্যারিওটিক কোশে নিউক্লিয় আবরণী এবং পর্দাবৃত কোশীয় অঙ্গাণু উভয়ই বর্তমান।

ভাইরাসকে উদাহরণ হিসেবে নিয়ে এই পর্দার গুরুত্ব বর্ণনা করা যেতে পারে। ভাইরাসে কোনো আবরণী না থাকায় যতক্ষণ না ভাইরাস কোনো সজীব পোষকের দেহে ঢুকছে ততক্ষণ পর্যন্ত এটি জীবনের বৈশিষ্ট্য প্রদর্শন করে না। ভাইরাস পোষকের কোশীয় উপাদানগুলোকে কাজে লাগিয়ে বংশবিস্তার করে।

প্রশ্ন

1. প্রোক্যারিওটিক কোশ ও ইউক্যারিওটিক কোশের মধ্যে পার্থক্য বিবৃত করার মাধ্যমে নিম্নে বর্ণিত সারণিতে শূন্যস্থান পূরণ করো।

প্রোক্যারিওটিক কোশ	ইউক্যারিওটিক কোশ
১। আকার: সাধারণত ছোটো (1-10μm)[1μm=10^{-6}m] ২। নিউক্লিয় অঞ্চল: ——————————— ———————————— এবং বলা হয় ——————	১। আকার: সাধারণত বড়ো (5-100μm) ২। নিউক্লিয় অঞ্চল: সুস্পষ্ট এবং নিউক্লিয় পর্দা দ্বারা পরিবৃত।
৩। ক্রোমোজোম: একটি	৩। ক্রোমোজোম: একাধিক
৪। পর্দাবৃত কোশীয় অঙ্গাণু: অনুপস্থিত	৪। —————————— —————————— ——————————

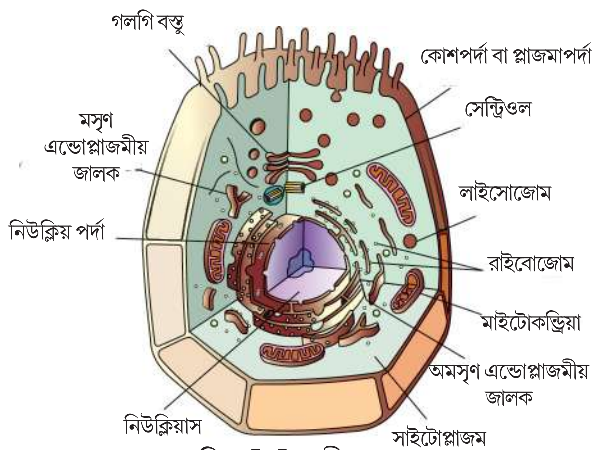
5.2.5 কোশীয় অঙ্গাণুসমূহ (Cell Organelles)

প্রতিটি কোশকে ঘিরে একটি আবরণী থাকে এবং এটি বহিঃপরিবেশ থেকে তার নিজের কোশীয় অংশকে পৃথক রাখে। বহুকোশী জীবের কোশসহ বড়ো ও জটিল কোশগুলোতে অনেকগুলো রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয় এবং এই ক্রিয়াগুলো ঐ সব কোশের জটিল গঠন ও কাজ বজায় রাখতে সাহায্য করে। বিভিন্ন ধরনের ক্রিয়াগুলোকে পরস্পর থেকে আলাদা রাখার জন্য এই কোশগুলো তাদের ভেতরকার পর্দাবৃত কতকগুলো গঠনের সাহায্য নেয়। এই পর্দাবৃত গঠনগুলোকে কোশীয় অঙ্গাণু বলে। ইউক্যারিওটিক কোশের কয়েকটি বৈশিষ্ট্যের মধ্যে এটি এমন একটি বৈশিষ্ট্য যা এই কোশটিকে প্রোক্যারিওটিক কোশ থেকে পৃথক করতে সাহায্য করে। এ ধরনের কিছু অঙ্গাণু শুধুমাত্র ইলেকট্রন অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যেই দৃশ্যমান হয়।

আমরা পূর্ববর্তী অংশে নিউক্লিয়াস নিয়ে আলোচনা করেছিলাম। এখন আমরা কিছু গুরুত্বপূর্ণ কোশীয় অঙ্গাণু নিয়ে আলোচনা করব। এগুলো হল —এন্ডোপ্লাজমীয় জালক, গলগিবস্তু, লাইসোজোম, মাইটোকনড্রিয়া এবং প্লাস্টিড। এই অঙ্গাণুগুলো কোশের অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ কিছু কাজ সম্পাদন করে, তাই এদেরকে গুরুত্বপূর্ণ অঙ্গাণু বলা হয়।

5.2.5 (i) এন্ডোপ্লাজমীয় জালক (Endoplasmic Reticulum)

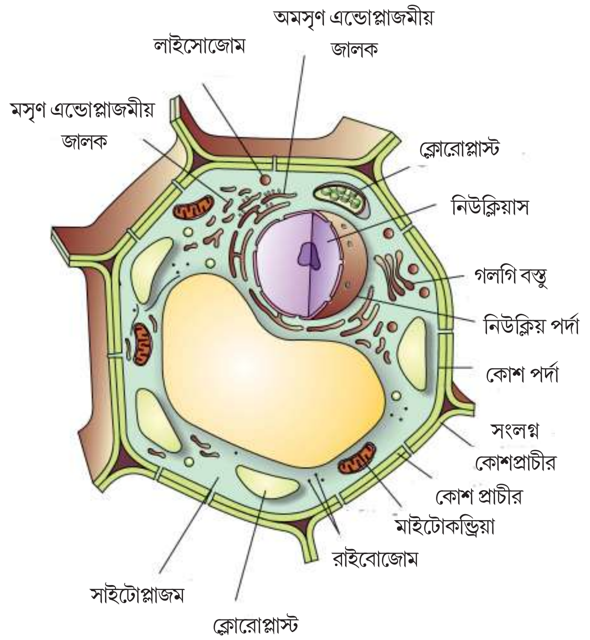
এন্ডোপ্লাজমীয় জালক কতকগুলো পর্দাবৃত নালিকা ও পাতের সমন্বয়ে গঠিত একটি বড়ো জালক বিশেষ। এটি অনেকটা দীর্ঘ নালিকা অথবা গোল বা আয়তাকার থলির মতো দেখতে হয়। এন্ডোপ্লাজমীয় জালকের আবরণীর গঠন কোশপর্দার গঠনের মতো হয়। দুই ধরনের এন্ডোপ্লাজমীয় জালক দেখা যায়— অমসৃণ এন্ডোপ্লাজমীয় জালক এবং মসৃণ এন্ডোপ্লাজমীয় জালক। অমসৃণ এন্ডোপ্লাজমীয় জালকের গাত্রে রাইবোজোম আবদ্ধ থাকায় অণুবীক্ষণ যন্ত্রে একে অমসৃণ দেখায়। রাইবোজোম সব সক্রিয় কোশে বর্তমান থেকে প্রোটিন সংশ্লেষের স্থান হিসেবে কাজ করে। সংশ্লেষিত প্রোটিন এন্ডোপ্লাজমীয় জালকের সাহায্যে চাহিদা অনুযায়ী কোশের বিভিন্ন অংশে পৌছায়। মসৃণ এন্ডোপ্লাজমীয় জালক ফ্যাট বা লিপিড সংশ্লেষে সাহায্য করে। ফ্যাট বা লিপিড কোশীয় কার্যাবলী নিয়ন্ত্রণে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। সংশ্লেষিত প্রোটিন ও লিপিডের কিছু অংশ কোশপর্দা গঠনে অংশ নেয়। এই প্রক্রিয়াকে পর্দার জৈব-সংশ্লেষণ (Membrane biogenesis) বলে। অন্যান্য কিছু প্রোটিন ও লিপিড উৎসেচক ও হরমোন হিসেবে কাজ করে। যদিও বিভিন্ন কোশে এন্ডোপ্লাজমীয় জালকের আকৃতি বিভিন্ন রকমের হয়, তথাপি এটি সর্বদা সব ধরনের কোশেই একটি জালকতন্ত্র গঠন করে।



চিত্র 5.5 প্রাণী কোশ

সুতরাং এন্ডোপ্লাজমীয় জালকের একটি কাজ হল সাইটোপ্লাজমের বিভিন্ন অঞ্চলের মধ্যে বা সাইটোপ্লাজম ও নিউক্লিয়াসের মধ্যে বিভিন্ন পদার্থের (প্রধানত প্রোটিন) পরিবহণে সাহায্যকারী জালক পথ হিসেবে কাজ করা। এন্ডোপ্লাজমীয় জালক সাইটোপ্লাজমীয় কাঠামো গঠনেও সাহায্য করে। এই কাঠামো

কোশের কিছু জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটার জন্য প্রয়োজনীয় ক্ষেত্র তৈরিতে সাহায্য করে। মেরুদণ্ডী প্রাণীদের যকৃতের কোশগুলোতে (সপ্তম অধ্যায় দেখো), মসৃণ এন্ডোপ্লাজমীয় জালক বিভিন্ন বিষাক্ত পদার্থ ও ড্রাগের নির্বীষকরণে অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।

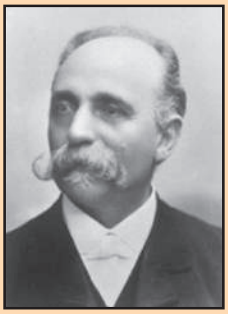


চিত্র 5.6: উদ্ভিদ কোশ

5.2.5 (ii) গলগি বস্তু (Golgi Apparatus)

ক্যামিল্লো গলগি (Camillo Golgi) সর্বপ্রথম গলগি বস্তুর বর্ণনা দেন। তিনি বলেন যে, গলগিবস্তু কতকগুলোপর্দাবৃত চ্যাপ্টা থলি দ্বারা গঠিত একটি তন্ত্রবিশেষ, যেখানে থলিগুলো প্রায় পরস্পরের সমান্তরাল থেকে তাকের ন্যায় সজ্জিত থাকে এদের সিস্টারনি বলে। এই আবরণী পর্দাগুলো প্রায়ই এন্ডোপ্লাজমীয় জালকের আবরণীর সাথে যুক্ত থাকার ফলে জটিল কোশীয় পর্দাতন্ত্রের অপর একটি অংশ গঠিত হয়।

এন্ডোপ্লাজমীয় জালক সংলগ্ন অংশে সংশ্লেষিত বস্তুসমূহ গলগিবস্তুতে প্যাকেটজাত হয় এবং গলগি বস্তুর মাধ্যমে কোশের ভেতরে ও বাইরে বিভিন্ন লক্ষ্যস্থলে(target) এদের সরবরাহ ঘটে। গলগিবস্তুর কাজগুলো হল— খাদ্য সঞ্চয় করা, সংশ্লেষিত বস্তুর পরিমার্জন ও প্যাকেটজাত করণ করা অর্থাৎ থলির মধ্যে আবদ্ধ করা। কিছু কিছু ক্ষেত্রে গলগিবস্তুতে সরল শর্করা থেকে জটিল শর্করা তৈরি হতে পারে। গলগিবস্তু লাইসোজোম সংশ্লেষেও অংশগ্রহণ করে (5.2.5 (iii) দেখো)।



ক্যামিল্লো গলগি 1843 সালে ইতালির ব্র্যাসসিয়া (Brescia) অঞ্চলের করটেনো (Corteno) গ্রামে জন্মগ্রহণ করেন। তিনি পাভিয়া (Pavia) বিশ্ববিদ্যালয়ে চিকিৎসাশাস্ত্র অধ্যয়ন করেন। 1865 সালে স্নাতক ডিগ্রি লাভ করার পর তিনি পাভিয়া অঞ্চলেরই সেন্ট ম্যাট্টিও (St. Matteo) হাসপাতালে কাজ চালিয়ে যান। ঐ সময় তার বেশিরভাগ গবেষণাই ছিল স্নায়ুতন্ত্র সম্বন্ধীয়। 1872 সালে তিনি অ্যাব্বিয়াটেগ্রাসো (Abbiategrasso) শহরে দীর্ঘমেয়াদি রোগে আক্রান্তদের জন্য নির্মিত হাসপাতালে চিফ মেডিকেল অফিসারের পদ গ্রহণ করেন। তিনি তার হাসপাতালের ছোটো রান্নাঘরটিতেই প্রথম স্নায়ুতন্ত্র সম্বন্ধীয় গবেষণা শুরু করেন। এই রান্নাঘরটিই পরবর্তী সময়ে গবেষণাগারে রূপান্তরিত হয়। যাই হোক, সেই সময় অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ যে কাজটি তিনি করেছিলেন সেটি হল রঞ্জিতকরণের এক বৈপ্লবিক পদ্ধতির সাহায্যে একক স্নায়ুকোশ এবং কোশীয় গঠনগুলোকে রঞ্জিত করা। এই পদ্ধতিকে ব্ল্যাক বিক্রিয়া (Black reaction) বলে। এই পদ্ধতিতে তিনি সিলভার নাইট্রেট এর লঘু দ্রবণ ব্যবহার করেছিলেন। এই দ্রবণ মূলত কোশের উপবৃদ্ধিসমূহ এবং খুবই কমনীয় শাখা-প্রশাখাগুলোর চিহ্নিতকরণে মূল্যবান ভূমিকা পালন করে। সারাজীবন ধরে তিনি এই কৌশলের পরিমার্জন ও উন্নতিসাধনের কাজ চালিয়ে যান। 1906 সালে স্নায়ুতন্ত্রের উপর কাজের জন্য তিনি স্যান্টিয়াগো র‍্যামোনি ক্যাজল (Santiago Ramony Cajal) এর সাথে যৌথভাবে নোবেল পুরস্কার লাভ করেন।

5.2.5 (iii) লাইসোজোম (Lysosome)

গঠনগত ভাবে লাইসোজোম হল পাচক উৎসেচক দ্বারা পূর্ণ পর্দাবৃত থলির মতো কোশীয় অঙ্গাণু। এই উৎসেচক গুলো অমসৃণ এন্ডোপ্লাজমীয় জালক দ্বারা সংশ্লেষিত হয়। লাইসোজোম কোশের একধরনের বর্জ্য অপসারণতন্ত্র। এই অঙ্গাণুগুলো কোশে প্রবিষ্ট বিজাতীয় বস্তু এমনকি জরাগ্রস্থ কোশীয় অঙ্গাণুগুলোকেও পাচিত করে কোশের অভ্যন্তরীণ পরিবেশকে পরিচ্ছন্ন রাখে। কোশে প্রবিষ্ট বিজাতীয় বস্তু যেমন ব্যাকটিরিয়া বা খাদ্যকণা এমনকি জরাগ্রস্থ(old) কোশীয় অঙ্গাণু লাইসোজোমের সাথে যুক্ত হয়। লাইসোজোম এই জটিল যৌগগুলোকে ভেঙে সরল যৌগে পরিণত করে। লাইসোজোমে শক্তিশালী পাচক উৎসেচক থাকায় এবং এই উৎসেচকগুলো সব জৈববস্তুকে ভাঙতে সমর্থ হওয়ায়, এই অঙ্গাণুটি এরূপ কাজ করতে পারে।

কোশীয় বিপাক ক্রিয়া চলাকালীন সময়ে কোনো সমস্যা সৃষ্টি হলে, যেমন- কোশটি ক্ষতিগ্রস্ত হলে, লাইসোজোম ফেটে যায় এবং লাইসোজোম মধ্যস্থ উৎসেচকগুলো তাদের নিজ কোশটিকেই পাচিত করে ফেলে। তাই লাইসোজোমকে আত্মঘাতী থলি (suicide bag) বলে।

5.2.5 (iv) মাইটোকনড্রিয়া (Mitochondria)

মাইটোকনড্রিয়াকে কোশের শক্তিঘর বলে। মাইটোকনড্রিয়া দ্বিপর্দাবৃত অঙ্গাণু। বহিঃআবরণীটি ছিদ্রযুক্ত এবং অন্তঃআবরণীটি গভীর ভাঁজবিশিষ্ট হয়। এই ভাঁজগুলো ATP সংশ্লেষে সাহায্যকারী রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত করার জন্য অন্তঃ আবরণীর পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি করে। জীবন প্রক্রিয়া চালু রাখার জন্য বিভিন্ন ধরনের রাসায়নিক ক্রিয়াকলাপ সংঘটিত হওয়া প্রয়োজন। এই রাসায়নিক ক্রিয়াকলাপের জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি, মাইটোকনড্রিয়া ATP (Adenosine triphosphate) অণুরূপে সরবরাহ করে। তাই ATP কে কোশের এনার্জি কারেন্সি বলা হয়। জীবদেহে নতুন রাসায়নিক যৌগ সংশ্লেষণের জন্য এবং যান্ত্রিক কাজের জন্য ATP অণুতে সঞ্চিত শক্তিকে ব্যবহার করে।

মাইটোকনড্রিয়া হল অদ্ভুত ধরনের কোশীয় অঙ্গাণু, কারণ তাদের নিজস্ব DNA এবং রাইবোজোম থাকে। তাই মাইটোকনড্রিয়া তাদের নিজস্ব কিছু প্রোটিন সংশ্লেষ করতে পারে।

5.2.5 (V) প্লাস্টিড (Plastid)

প্লাস্টিড শুধুমাত্র উদ্ভিদ কোশে উপস্থিত থাকে। দুই ধরনের প্লাস্টিড দেখা যায়— ক্রোমোপ্লাস্ট (রঙীন প্লাস্টিড) এবং লিউকোপ্লাস্ট (সাদা বা বর্ণহীন প্লাস্টিড)। যে সব ক্রোমোপ্লাস্টে ক্লোরোফিল রঞ্জক থাকে তাদের ক্লোরোপ্লাস্ট বলে। ক্লোরোপ্লাস্টে ক্লোরোফিল ছাড়াও বিভিন্ন হলুদ ও কমলা রঞ্জক থাকে। লিউকোপ্লাস্ট হল সেই সকল প্রাথমিক কোশীয় অঙ্গাণু যাতে স্টার্চ (শ্বেতসার), ফ্যাট এবং প্রোটিন দানা সঞ্চিত থাকে।

ক্লোরোপ্লাস্টের অভ্যন্তরীণ সংগঠন ম্যাট্রিক্স বা ধাত্রে (Stroma) নিহিত অসংখ্য আবরণী স্তর দ্বারা গঠিত। এগুলোর বাহ্যিক গঠন মাইটোকনড্রিয়ার মতো হয়। মাইটোকনড্রিয়ার মতো প্লাস্টিডেরও নিজস্ব DNA এবং রাইবোজোম আছে।

5.2.5 (vi) কোশ গহ্বর (vacuoles)

ভ্যাকুওল বা কোশ গহ্বর হল কঠিন বা তরল বস্তু সঞ্চয়কারী থলি। প্রাণীকোশে ভ্যাকুওলগুলো আকারে ছোটো হয়। অপরদিকে উদ্ভিদকোশে বড়ো আকারের ভ্যাকুওল থাকে। কিছু কিছু উদ্ভিদ কোশের কেন্দ্রীয় ভ্যাকুওলটি কোশের আয়তনের 50–90% স্থান দখল করে থাকতে পারে।

উদ্ভিদ কোশের ভ্যাকুওলগুলো কোশরস (cell sap) দ্বারা পূর্ণ থাকে এবং কোশকে রসস্ফীত করে ও দৃঢ়তা প্রদান করে। উদ্ভিদ কোশের বেঁচে থাকার জন্য প্রয়োজনীয় এমন অসংখ্য বস্তু ভ্যাকুওল-এ সঞ্চিত থাকে। এগুলোর মধ্যে রয়েছে—অ্যামাইনো অ্যাসিড, শর্করা, বিভিন্ন জৈব অম্ল এবং কিছু প্রোটিন। অ্যামিবার মতো এককোশী জীবে গৃহীত খাদ্য তাদের খাদ্য গহ্বরে থাকে। কিছু কিছু এককোশী জীবে বিশেষ ধরনের এমন কিছু ভ্যাকুওল রয়েছে যা কোশ থেকে অতিরিক্ত জল ও বর্জ্য পদার্থের অপসারণেও গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।

প্রশ্নাবলি:

1. *আমরা অধ্যয়ন করেছি এমন দুটি কোশীয় অঙ্গাণুর নাম বলতে পারবে কি যাদের নিজস্ব বংশগতি -বস্তু আছে?*
2. *কিছু ভৌত বা রাসায়নিক পদার্থের প্রভাবে যদি কোনো একটি কোশের সংগঠন ধ্বংসপ্রাপ্ত হয় তখন কী হবে?*
3. *লাইসোজোমকে আত্মঘাতী থলি বলে কেন?*
4. *কোশের অভ্যন্তরে কোথায় প্রোটিন সংশ্লেষিত হয়?*

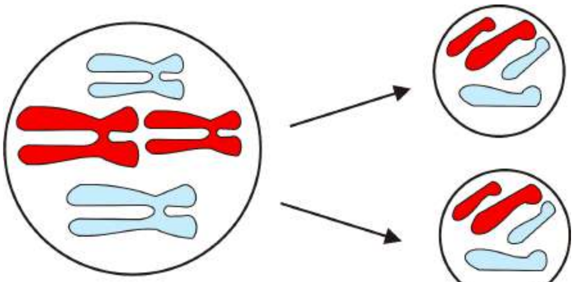
প্রতিটি কোশ তার আবরণী ও কোশীয় অঙ্গাণুগুলোর নির্দিষ্ট সংগঠনের জন্যই একটি নির্দিষ্ট গঠন লাভ করে এবং কাজ করতে সমর্থ হয়। এভাবে কোশের একটি মৌলিক গাঠনিক সংগঠন তৈরি হয়। এটি কোশকে শ্বসন, পুষ্টি সংগ্রহ এবং বর্জ্য পদার্থের অপসারণ অথবা নতুন প্রোটিন সংশ্লেষের মতো কাজ সম্পাদন করতে সাহায্য করে।

তাই কোশ হল সজীব বস্তুর মৌলিক গঠনগত একক। এটি জীবনের কার্যগত এককও বটে।

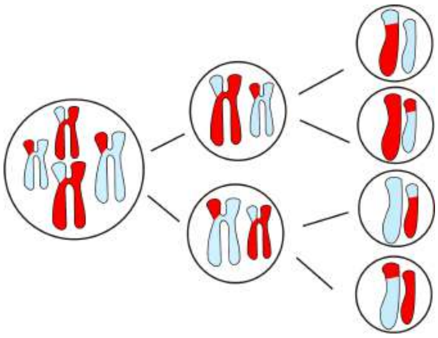
কোশ বিভাজন (Cell Division)

সজীব বস্তুতে বৃদ্ধির জন্য, পুরাতন, মৃত ও আঘাতপ্রাপ্ত কোশ অপসারণের জন্য এবং জননে অংশগ্রহণকারী প্রয়োজনীয় গ্যামেট তৈরির জন্য নতুন কোশ তৈরি হয়। যে প্রক্রিয়ায় নতুন কোশ তৈরি হয় তাকে কোশ বিভাজন বলে। কোশ বিভাজন প্রধানত দুই প্রকারের হয়— মাইটোসিস এবং মিয়োসিস।

যে কোশ বিভাজন প্রক্রিয়ায় বেশিরভাগ কোশ জীবদেহের বৃদ্ধির জন্য বিভাজিত হয় তাকে মাইটোসিস বলে। এই পদ্ধতিতে প্রতিটি মাতৃকোশ বিভাজিত হয়ে দুটি সমধর্মী অপত্য কোশ সৃষ্টি করে (চিত্র 5.7)। এক্ষেত্রে অপত্য কোশের ক্রোমোজোম সংখ্যা



চিত্র 5.7 মাইটোসিস



চিত্র 5.8 মিয়োসিস

মাতৃকোশের ক্রোমোজোম সংখ্যার সমান হয়। এটি জীবের বৃদ্ধিতে এবং কলাকোশের ক্ষত সারাই-এ সাহায্য করে।

উদ্ভিদ ও প্রাণীদেহে জনন অঙ্গের নির্দিষ্ট কোশসমূহ বা কলা বিভাজিত হয়ে জনন কোশ উৎপন্ন করে, যেগুলো নিষেকের পর অপত্য জীব সৃষ্টি করে। এই বিশেষ কোশগুলো বা কলা একটি ভিন্ন পদ্ধতিতে পরপর দুইবার বিভাজিত হয়। এই বিভাজন পদ্ধতিকে মিয়োসিস বলে। যখন একটি কোশ মিয়োসিস প্রক্রিয়ায় বিভাজিত হয় তখন এটি দুটি কোশের পরিবর্তে চারটি কোশ সৃষ্টি করে। নতুন অপত্য কোশে মাতৃকোশের অর্ধেক সংখ্যক ক্রোমোজোম থাকে। ভাবতে পার এক্ষেত্রে কেন অপত্য কোশে ক্রোমোজোম সংখ্যা হ্রাস পেয়ে মাতৃ কোশের অর্ধেক হয়ে যায়?

তোমরা যা শিখলে

- জীবনের মৌলিক গঠনগত একক হল কোশ।
- কোশগুলো লিপিড ও প্রোটিন দ্বারা গঠিত কোশপর্দা বা প্লাজমা পর্দা দ্বারা পরিবৃত থাকে।
- কোশপর্দা কোশের একটি সক্রিয় অংশ। এটি কোশের ভেতরের নির্দিষ্ট অঞ্চল ও বহিঃপরিবেশের মধ্যে বস্তুসমূহের আদান প্রদান নিয়ন্ত্রণ করে।
- উদ্ভিদ কোশে কোশপ্রাচীর কোশপর্দার বাইরের দিকে অবস্থান করে এবং এটি প্রধানত সেলুলোজ দ্বারা গঠিত হয়।
- কোশ প্রাচীরের উপস্থিতির জন্যই উদ্ভিদ, ছত্রাক ও ব্যাকটিরিয়া কোশ লঘুসারক পরিবেশে বিদীর্ণ না হয়ে, বেঁচে থাকতে পারে।
- ইউক্যারিওটিক কোশের নিউক্লিয়াস দ্বি-পর্দা বিশিষ্ট আবরণীর সাহায্যে সাইটোপ্লাজম থেকে পৃথক থাকে এবং এর নির্দেশেই কোশের জৈবিক প্রক্রিয়াগুলো চলে।
- এন্ডোপ্লাজমীয় জালক অন্ত কোশীয় পরিবহণ পথ হিসেবে এবং সংশ্লেষণ ক্ষেত্র হিসেবে কাজ করে।
- গলগিবস্তু স্তুপাকারে সজ্জিত পর্দাবৃত থলির সমন্বয়ে গঠিত। এর কাজ হল খাদ্য সঞ্চয় করা, কোশে সংশ্লেষিত বিভিন্ন বস্তুর সামান্য পরিবর্তন ও প্যাকেটজাতকরণে (Packaging) সাহায্য করা।
- বেশিরভাগ উদ্ভিদকোশে বড়ো আকারের পর্দাবৃত কোশীয় অঙ্গাণু থাকে এবং এদের প্লাস্টিড বলে। প্লাস্টিড দুই ধরনের হয় ক্রোমোপ্লাস্ট এবং লিউকোপ্লাস্ট।
- যে সকল ক্রোমোপ্লাস্টে ক্লোরোফিল থাকে তাদের ক্লোরোপ্লাস্ট বলে এবং এরা সালোকসংশ্লেষ প্রক্রিয়া ঘটাতে সাহায্য করে।

- লিউকোপ্লাস্টের প্রাথমিক কাজ হল খাদ্য সঞ্চয় করা।
- বেশিরভাগ পরিণত উদ্ভিদ কোশে একটি বড়ো কেন্দ্রীয় কোশগহ্বর থাকে। এই কোশগহ্বর কোশের রসস্ফীতি বজায় রাখতে এবং বর্জ্য পদার্থ সহ বিভিন্ন গুরুত্বপূর্ণ বস্তুর সঞ্চয়ে সাহায্য করে।
- প্রোক্যারিওটিক কোশে কোনো পর্দাবৃত কোশীয় অঙ্গাণু থাকে না। এদের ক্রোমোজোম শুধুমাত্র নিউক্লিক অ্যাসিড দ্বারা গঠিত এবং এদের কোশে কোশীয় অঙ্গাণু হিসেবে শুধুমাত্র খুবই ছোটো আকারের রাইবোজোম বর্তমান।
- দেহের বৃদ্ধির জন্য, মৃত কোশ অপসারণের জন্য এবং জনন কোশ উৎপাদনের জন্য জীবদেহে কোশ বিভাজিত হয়।

অনুশীলনী

১। উদ্ভিদ ও প্রাণীকোশের মধ্যে তুলনা করো এবং কীভাবে এরা পরস্পর থেকে পৃথক তা লিপিবদ্ধ করো।

২। কীভাবে একটি প্রোক্যারিওটিক কোশ একটি ইউক্যারিওটিক কোশ থেকে আলাদা হয়?

৩। একটি কোশের কোশপর্দা ছিড়ে গেলে বা ফেটে গেলে কী ঘটবে?

৪। কোনো কোশে গলগি বস্তু না থাকলে কোশটির কী পরিণতি হবে?

৫। কোন্ কোশীয় অঙ্গাণুকে কোশের শক্তিঘর বলে এবং কেন?

৬। কোশপর্দা গঠনকারী লিপিড ও প্রোটিন কোথায় সংশ্লেষিত হয়?

৭। অ্যামিবা কীভাবে খাদ্য সংগ্রহ করে?

৮। অভিস্রবণ কাকে বলে?

৯। অভিস্রবণ সম্পর্কিত নিম্নলিখিত পরীক্ষাটি করো—

চারটি খোসা ছাড়ানো আলুর টুকরো নাও। প্রতিটি টুকরো থেকে কিছু অংশ এমনভাবে তুলে নাও যাতে এদের গঠন কাপের মতো হয়। এদের মধ্যে একটি আলুর কাপ সিদ্ধ আলুর টুকরো থেকে তৈরি করতে হবে। এখন কাপ-সদৃশ আলুর প্রতিটি খণ্ডককে একটি জলপূর্ণ দীর্ঘ খোলা বাক্সে (trough) রাখো। এখন—

(ক) কাপ A টিকে খালি করো

(খ) কাপ B তে এক চামচ চিনি দাও

(গ) কাপ C তে এক চামচ লবণ দাও

(ঘ) সিদ্ধ আলু থেকে তৈরি কাপ D তে এক চামচ চিনি দাও।

এবার এই জলপূর্ণ খোলা বাক্সে কাপগুলোকে দুই ঘণ্টা রেখে দাও। এরপর আলুর কাপ গুলোকে পর্যবেক্ষণ করো এবং নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও।

(i) কাপ B এবং কাপ C এর খালি অংশে জল ঢুকলো কেন তা ব্যাখ্যা করো।

(ii) এই পরীক্ষার জন্য কাপ A প্রয়োজনীয় কেন?

(iii) কাপ A এবং কাপ D এর খালি অংশে জল জমল না কেন তা ব্যাখ্যা করো।

১০। দেহের বৃদ্ধি এবং ক্ষয়পূরণের জন্য কোন্ প্রকারের কোশ বিভাজন প্রয়োজন? গ্যামেট উৎপাদনের জন্য কোন্ প্রকারের কোশ বিভাজন ঘটে?

অধ্যায় 6

কলা
TISSUES

আগের অধ্যায়ে আমরা জেনেছি, সব সজীব বস্তুই কোশের সমন্বয়ে গঠিত। এককোশী জীবের ক্ষেত্রে একটিমাত্র কোশই জীবের সব মৌলিক কাজ সম্পন্ন করে। এর একটি উদারহণ হল অ্যামিবা। একটিমাত্র কোশ দিয়েই অ্যামিবা, খাদ্যগ্রহণ, চলন, গ্যাসীয় বিনিময় এবং রেচন কার্য সম্পন্ন করে। অন্যদিকে বহুকোশী জীবদেহ কোটি কোটি কোশের সমন্বয়ে গঠিত এবং এদের বেশিরভাগ কোশই নির্দিষ্ট কিছু কর্ম সম্পাদন বা নির্দিষ্ট কিছু কাজ করার জন্য বিশেষিত হয়েছে। প্রতিটি বিশেষ কাজ ভিন্ন ভিন্ন কোশগুচ্ছ দ্বারা সম্পন্ন হয়। যেহেতু প্রতিটি কোশগুচ্ছ একটি নির্দিষ্ট কাজ সম্পন্ন করে, তাই তারা ঐ কাজটি বিশেষ দক্ষতার সঙ্গে সম্পন্ন করতে পারে। মানবদেহে পেশিকোশগুলো সংকুচিত ও শিথিল হয়ে দেহের চলন ঘটায়, স্নায়ুকোশ স্নায়বিক বার্তা পরিবহণ করে এবং রক্ত দেহের বিভিন্ন অংশে অক্সিজেন, খাদ্য, হরমোন এবং বর্জ্য পদার্থ পরিবহণ করে। এইভাবে নির্দিষ্ট কোশ নির্দিষ্ট কাজ করে চলেছে। উদ্ভিদদেহে সংবহন কলা, দেহের এক প্রান্ত থেকে অন্য প্রান্তে খাদ্যরস ও জল পরিবহণে সাহায্য করে। সুতরাং বহুকোশী জীবে শ্রমবিভাজন পরিলক্ষিত হয়। একই কাজের জন্য বিশেষিত কোশগুলো সাধারণত দেহে একত্রে অবস্থান করে। অর্থাৎ নির্দিষ্ট কাজের জন্য নিয়োজিত কোশগুচ্ছ দেহের নির্দিষ্ট স্থানে অবস্থান করে। এইসব কোশগুচ্ছ, অর্থাৎ কলা, এমনভাবে গঠিত এবং সজ্জিত হয় যাতে তারা সম্ভাব্য সর্বাধিক দক্ষতায় কাজ করতে পারে। কলার উদাহরণ হিসাবে রক্ত, ফ্লোয়েম এবং পেশির উল্লেখ করা যায়। একটি নির্দিষ্ট কাজ সম্পন্ন করার জন্য গঠনগত এবং কার্যগতভাবে একই প্রকারের একগুচ্ছ কোশ সংগঠিত হয়ে কলা গঠন করে।

6.1 উদ্ভিদ ও প্রাণী কি একই প্রকার কলা দ্বারা গঠিত?

চলো, এদের গঠন ও কাজের তুলনা করা যাক। উদ্ভিদ ও প্রাণীর দেহগঠন কি একই ধরনের? তারা উভয়েই কি একই প্রকারের কাজ করতে পারে?

দেখা যায়, উভয়ের মধ্যে উল্লেখযোগ্য পার্থক্য রয়েছে। উদ্ভিদরা নিশ্চল অর্থাৎ একটি স্থানে স্থির থাকে, তাই এরা গমনে অক্ষম। এদের সোজা বা খাড়া হয়ে থাকতে হয় বলে, দেহে প্রচুর পরিমাণে ভারবহনকারী কলা বর্তমান। এই ভারবহনকারী কলাগুলো সাধারণত মৃত কোশ দ্বারা গঠিত।

অন্যদিকে, প্রাণীরা খাদ্য, সঙ্গী এবং বাসস্থানের সন্ধানে একস্থান থেকে অন্যস্থানে চলাচল করে। এরা উদ্ভিদের তুলনায় অনেক বেশি শক্তি ব্যবহার করে। এদের দেহের বেশিরভাগ কলা-ই সজীব।

উদ্ভিদ এবং প্রাণীর বৃদ্ধির ধরনেও পার্থক্য রয়েছে। উদ্ভিদে বৃদ্ধি দেহের নির্দিষ্ট কিছু অংশে সীমাবদ্ধ থাকে, কিন্তু প্রাণীদেহে তা নয়। উদ্ভিদদেহে কিছু কলার বিভাজন সারা জীবন ধরেই চলতে থাকে এবং এই কলাগুলো উদ্ভিদদেহের কিছু নির্দিষ্ট অঞ্চলেই অবস্থান করে। বিভাজন ক্ষমতার উপর ভিত্তি করে উদ্ভিদ কলাকে দুটি শ্রেণিতে ভাগ করা যায়—বর্ধনশীল কলা বা ভাজক কলা এবং স্থায়ী কলা। প্রাণীদেহে কোশের বৃদ্ধি অনেক বেশি সামঞ্জস্যপূর্ণ হয়। সুতরাং প্রাণীদেহে বিভাজনশীল ও অবিভাজনশীল এই দুটি অঞ্চলের মধ্যে তেমন কোনো সীমারেখা টানা যায় না।

উন্নত উদ্ভিদের তুলনায় উন্নত প্রাণীদেহে অঙ্গ এবং অঙ্গাতন্ত্রগুলো গঠনগত দিক থেকে অনেক বেশি কর্মপোযোগী এবং সুবিন্যস্ত হয়। এই মৌলিক পার্থক্য দুই মুখ্য জীবগোষ্ঠীর (উদ্ভিদ গোষ্ঠী এবং প্রাণীগোষ্ঠী) বিভিন্ন জীবন প্রক্রিয়াকে ও খাদ্যাভ্যাসের বিভিন্নতাকে প্রতিফলিত করে। এছাড়াও একদিকে যেমন একইস্থানে স্থির থাকার জন্য উদ্ভিদ অন্যদিকে তেমনি সক্রিয় গমনের জন্য প্রাণী ভিন্ন ভিন্ন ভাবে অভিযোজিত হয়। এই কারণে এদের অঙ্গাতন্ত্রের গঠনেও পার্থক্য পরিলক্ষিত হয়।

উপরে বর্ণিত এই জটিল গঠন বিশিষ্ট উদ্ভিদ ও প্রাণীদেহের আলোচনার পরিপ্রেক্ষিতে এখন আমরা কলা সম্পর্কিত ধারণা নিয়ে কিছুটা বিস্তারিত আলোচনা করব।

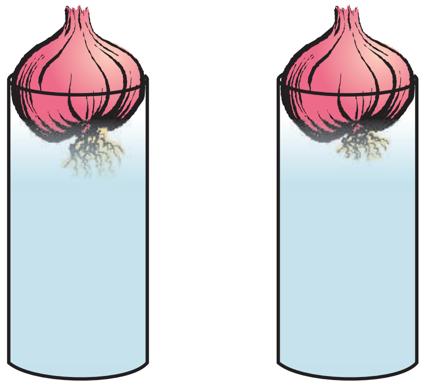
প্রশ্নাবলি:

১. কলা কী?

২. বহুকোশী জীবের ক্ষেত্রে কলার উপযোগিতা কী?

৬.২ উদ্ভিদ কলা (Plant Tissues)

৬.২.১ ভাজক কলা (Meristmatic Tissue)



চিত্র: 6.1 পেঁয়াজের কন্দে মূলের বৃদ্ধি

কাজ 6.1

- দুটি কাচের জার নাও এবং এগুলো জলপূর্ণ করো।
- এখন দুটি পেঁয়াজ কন্দ নিয়ে চিত্র 6.1 -এ যেভাবে দেখানো হয়েছে সেভাবে এক একটি পেঁয়াজকে এক একটি জারের মুখে বসাও।
- উভয় পেঁয়াজে মূলের বৃদ্ধি কিছুদিন ধরে পর্যবেক্ষণ করো।
- প্রথম, দ্বিতীয় এবং তৃতীয় এই তিন দিন মূলের দৈর্ঘ্য পরিমাপ করো।
- এবার চতুর্থ দিনে, দ্বিতীয় জারে রাখা পেঁয়াজের অগ্রাংশ থেকে প্রায় ১ সেন্টিমিটার অংশ কেটে নাও। এরপর উভয় জারে মূলের দৈর্ঘ্য পর্যবেক্ষণ করো এবং পরবর্তী আরও পাঁচদিন ধরে মূলের দৈর্ঘ্য পরিমাপ করে তা নীচের সারণিতে লেখো।

দৈর্ঘ্য	দিন 1	দিন 2	দিন 3	দিন 4	দিন 5
জার 1					
জার 2					

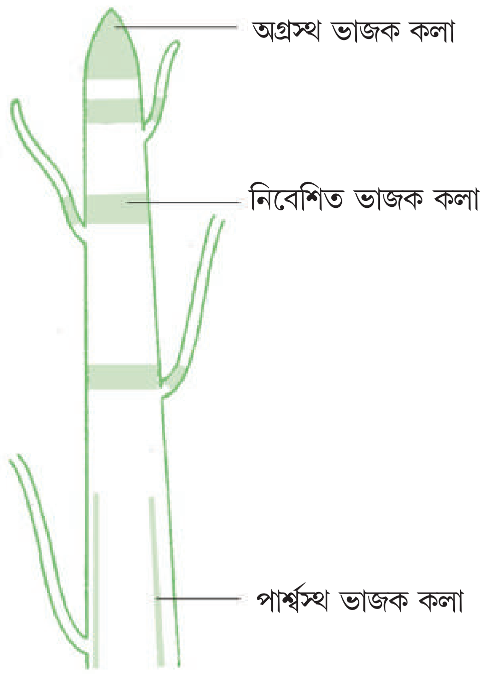
- এই সারণি পর্যবেক্ষণ করে নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

১। দুটি পেঁয়াজের মধ্যে কোন্‌টির মূল অপেক্ষাকৃত দীর্ঘ এবং কেন?

২। মূলের অগ্রভাগ কেটে বাদ দেওয়ার পরও কি মূলের বৃদ্ধি অব্যাহত ছিল?

৩। দ্বিতীয় জারে রাখা পেঁয়াজের মূলের অগ্রভাগ কেটে নেওয়ার পর মূলের বৃদ্ধি বন্ধ হয়ে যায় কেন?

উদ্ভিদের বৃদ্ধি কেবলমাত্র দেহের কিছু নির্দিষ্ট অঞ্চলেই ঘটে। এর কারণ হল দেহের শুধুমাত্র ঐ সব অঞ্চলেই বিভাজনক্ষম ভাজক কলা সীমাবদ্ধ থাকে । উদ্ভিদদেহে ভাজক কলার অবস্থানের উপর ভিত্তি করে এই কলাকে তিনটি শ্রেণিতে ভাগ করা যায়— অগ্রস্থ, পার্শ্বস্থ এবং নিবেশিত ভাজক কলা (চিত্র 6.2 দেখো)। ভাজক কলা থেকে সৃষ্ট কোশসমূহ শুরুতে ভাজক কলার মতোই হয়। কিন্তু বৃদ্ধি ও পূর্ণতা প্রাপ্তির সাথে সাথে এদের বৈশিষ্ট্যগুলোর পরিবর্তন ঘটে এবং এরাই বিভেদিত হয়ে অন্যান্য কলা গঠন করে।



চিত্র 6.2 : উদ্ভিদদেহে ভাজক কলার অবস্থান

অগ্রস্থ ভাজক কলা কাণ্ড ও মূলের অগ্রভাগে অবস্থান করে এবং কাণ্ড ও মূলের দৈর্ঘ্যের বৃদ্ধি ঘটায়। পার্শ্বস্থ ভাজক কলার (ক্যাম্বিয়াম) ক্রিয়ায় কাণ্ড ও মূলের পরিধির বৃদ্ধি ঘটে। কিছু উদ্ভিদের কাণ্ডের পর্বের কাছাকাছি নিবেশিত ভাজক কলা অবস্থান করে।

ভাজক কলার কোশগুলো খুবই সক্রিয়, ঘন সাইটোপ্লাজম যুক্ত, পাতলা কোশপ্রাচীর বিশিষ্ট এবং সুস্পষ্ট নিউক্লিয়াস যুক্ত হয়। কোশগুলো কোশগহ্বরবিহীন। তোমরা কি ভাবতে পারো কেন এই কোশগুলো কোশগহ্বর বিহীন হয়? ('কোশ' অধ্যায় থেকে তুমি নিশ্চয়ই কোশগহ্বরের কাজ সম্পর্কে জেনেছ।)

6.2.2 **স্থায়ী কলা** (Permanent Tissue)

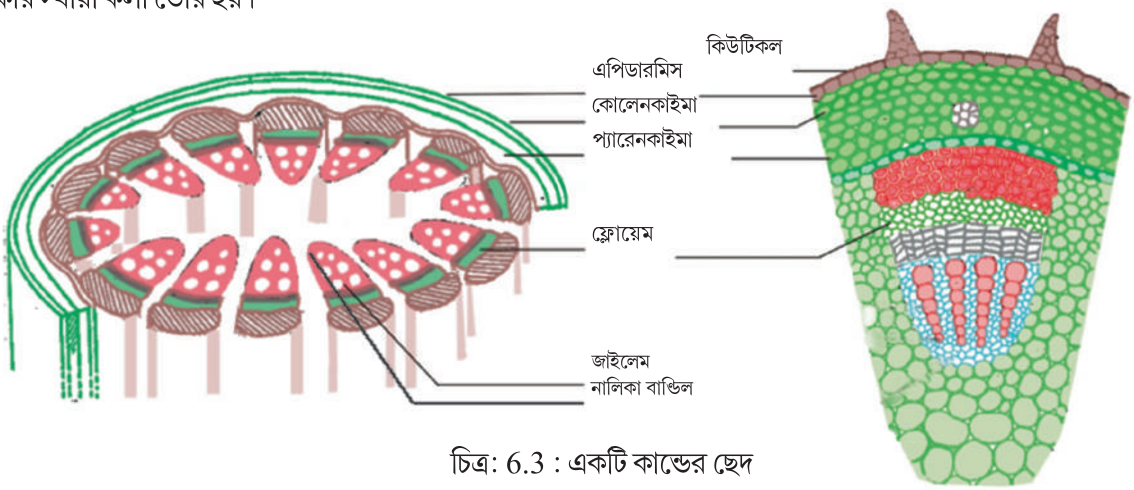
এবার দেখা যাক, ভাজক কলার কোশসমূহের কী পরিণতি হয়? দেখা যায় যে, কিছু নির্দিষ্ট কাজ সম্পন্ন করার পর এই কোশগুলো বিভাজন ক্ষমতা হারিয়ে ফেলে। ফলস্বরূপ, এরা স্থায়ী কলায় পরিণত হয়। এইভাবে কোশের স্থায়ী আকৃতি, আকার এবং কাজ করার ক্ষমতা অর্জনের পদ্ধতিকে বিভেদিকরণ (differentiation) বলে। বিভেদিকরণের ফলেই বিভিন্ন প্রকার স্থায়ী কলা তৈরি হয়।

৩। আমরা কি ভাবতে পারি, কেন কান্ডের এই ফালিটিতে বিভিন্ন ধরনের কোশ রয়েছে?

- একইভাবে আমরা এই উদ্ভিদের মূলেরও ছেদ কাটার চেষ্টা করতে পারি। আবার আমরা বিভিন্ন উদ্ভিদের কান্ড ও মূলের ছেদ কাটারও চেষ্টা করতে পারি।

6.2.2 (i) সরল স্থায়ী কলা (Simple Permanent Tissue)

সাধারণত বহিঃত্বকের নীচে অবস্থিত কিছু কোশস্তরই হল সরল স্থায়ী কলা। সরলস্থায়ী কলার মধ্যে অধিকাংশই প্যারেনকাইমা কলা। এই কলা তুলনামূলকভাবে কম বিশেষিত, পাতলা কোশপ্রাচীর বিশিষ্ট এবং সজীব কোশের সমন্বয়ে গঠিত হয়। সাধারনত কোশগুলো শিথিলভাবে সজ্জিত হওয়ায় কোশগুলোর মাঝে মাঝে কতকগুলো বড়ো ফাঁকা স্থানের সৃষ্টি হয় এবং এই ফাঁকা স্থানগুলোকে কোশান্তর স্থান বা কোশান্তর রন্ধ্র বলে। (চিত্র 6.4 দেখো)। এই সব কলা সাধারণত খাদ্য সঞ্চয় করে রাখে। কিছু কিছু প্যারেনকাইমা কলা ক্লোরোফিল বিশিষ্ট হওয়ায় এরা



চিত্র: 6.3 : একটি কান্ডের ছেদ

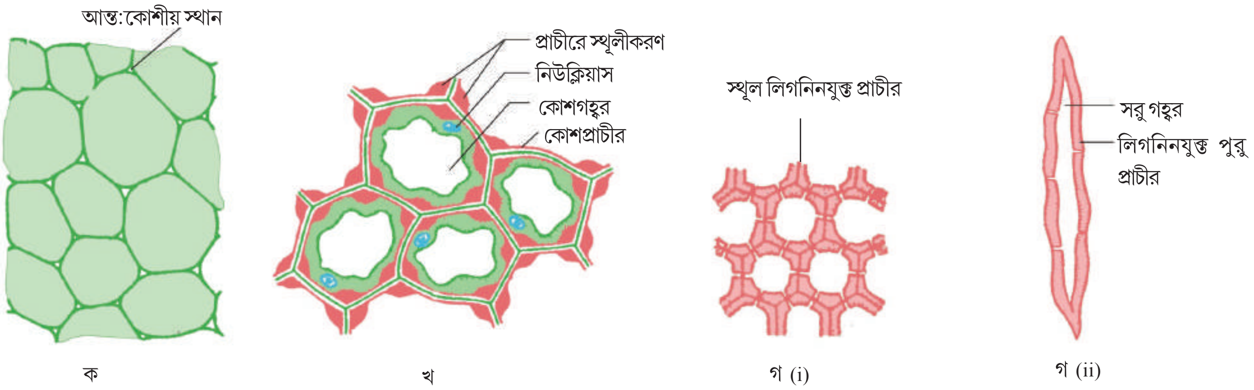
কাজ- 6.2

- একটি উদ্ভিদ-কাণ্ড নাও এবং তোমার শিক্ষকের সহায়তায় একটি ধারালো ব্লেডের সাহায্যে এর থেকে কয়েকটি খুব পাতলা ফালি (Section) বের করে নাও।
- এখন ফালিগুলোকে স্যাফ্রানিন রঞ্জকে রঞ্জিত করো। একটি নিপুণভাবে কাটা ফালিকে তুলে নিয়ে একটি কাচের স্লাইডের উপর রাখো এবং এতে এক ফোঁটা গ্লিসারিন দাও।
- স্লাইডের ওপর রাখা ফালিটিকে কভার স্লিপ দিয়ে চাপা দাও এবং অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে এতে উপস্থিত বিভিন্ন ধরনের কোশ এবং এদের সজ্জারীতি পর্যবেক্ষণ করো।
- চিত্র : 6.3 এর এর সাথে এর তুলনা করো।
- এখন তোমার পর্যবেক্ষণের ভিত্তিতে নিম্নোক্ত প্রশ্নসমূহের উত্তর দাও।

১। সব কোশই কি গঠনগত ভাবে একই রকম?
২। এক্ষেত্রে কত প্রকারের কোশ দেখা যেতে পারে?

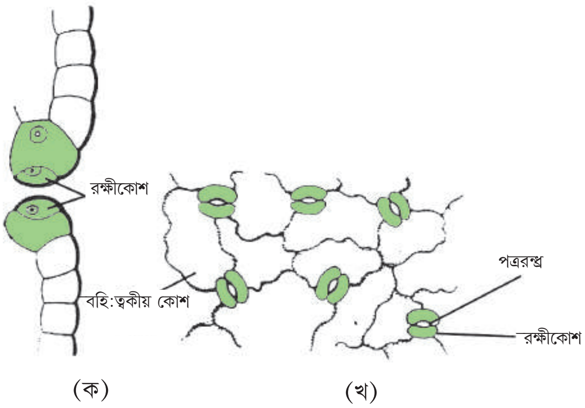
সালোকসংশ্লেষ করতে পারে এবং এদের ক্লোরেনকাইমা বলে। জলজ উদ্ভিদের দেহে উপস্থিত কিছু কিছু বড়ো বায়ুগহ্বর বিশিষ্ট প্যারেনকাইমা কলা এদেরকে জলে ভাসতে সাহায্য করে। এই ধরনের প্যারেনকাইমা কলাকে বলা হয় এরেনকাইমা।

কোলেনকাইমা হল অপর একধরনের স্থায়ীকলা যা উদ্ভিদ দেহের নমনীয়তা বজায় রাখার জন্য দায়ী। এটি উদ্ভিদদেহের বিভিন্ন অংশকে (যেমন আকর্ষ এবং লতানো উদ্ভিদের কাণ্ড) না ভেঙে গিয়ে প্রয়োজন মতো বাঁকাতে সাহায্য করে। এই কলা উদ্ভিদকে যান্ত্রিক সহায়তাও প্রদান করে। পত্রবৃন্তের ত্বকের নীচে আমরা এই কলা দেখতে পাই। এই কলার কোশগুলো সজীব, লম্বাটে এবং অসমভাবে স্থূল প্রাচীর যুক্ত হয়। এই অসম স্থূলীকরণ সাধারণত কোশের কোণ বরাবর ঘটে। এই কলায় খুবই সংক্ষিপ্ত কোশান্তর স্থান দেখা যায় (চিত্র 6.4 খ দেখো)।



চিত্র 6.4 : বিভিন্ন প্রকারের সরল কলা : ক) প্যারেনকাইমা (খ) কোলেনকাইমা (গ) স্কেরেনকাইমা (i) প্রস্থচ্ছেদ (ii) লম্বচ্ছেদ

স্কেরেনকাইমা হল আরেক প্রকার স্থায়ী কলা। এই কলা উদ্ভিদকে অনমনীয় ও দৃঢ় থাকতে সাহায্য করে। আমরা নারকেলের যে ছিঁবড়া দেখি, তা এই কলা দ্বারাই তৈরি। এই কলার কোশগুলো মৃত কোশ। লিগনিনের উপস্থিতির জন্য এদের কোশপ্রাচীর মাঝে মাঝে স্থূল হয় এবং তাই কোশগুলোকে লম্বাটে ও সরু দেখায়। এদের কোশপ্রাচীর এতটাই স্থূল হয় যে, কোশগুলোর ভেতরে কোনো ফাঁকা স্থান থাকে না। (চিত্র 6.4 গ দেখো) এই সব কলা উদ্ভিদের কাণ্ডের নালিকা বান্ডিলকে ঘিরে, পাতার শিরা উপশিরায় এবং বীজ ও বাদামের শক্ত আবরণীতে অবস্থান করে এবং উদ্ভিদ অঙ্গ গুলোকে দৃঢ়তা প্রদান করে।



চিত্র 6.5 : রক্ষীকোশ এবং বহি:ত্বকীয় কোশ (ক) পার্শ্বীয় দৃশ্য (খ) পৃষ্ঠতলের দৃশ্য।

কাজ 6.3

- রিও উদ্ভিদ থেকে সদ্য ছিঁড়ে একটি পাতা নিয়ে এসো।
- পাতাটিকে টান টান করে ধরে চাপ দিয়ে ছিঁড়ে ফেলো।
- ছেঁড়ার সময় পাতাটিকে খুব আলতো করে এমনভাবে টান টান করো যাতে ঐ পাতার ত্বকের কিছু পাতলা অংশ ছেড়া স্থান থেকে বাইরে বেরিয়ে থাকে।
- ত্বকের পাতলা অংশটি পাতা থেকে বের করে নিয়ে একটি জলপূর্ণ পেট্রিডিসে রাখো।
- এতে কয়েকফোঁটা স্যাফ্রানিন রঞ্জক যোগ করো।
- কয়েক মিনিট অপেক্ষা করে ঐ পাতলা অংশটিকে পেট্রিডিস থেকে তুলে নিয়ে একটি পরিষ্কার স্লাইডের ওপর রাখো।
- পাতলা অংশটির উপর হালকাভাবে একটি কভারস্লিপ চাপা দাও।
- এবার অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে পর্যবেক্ষণ করো।

তুমি অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে ত্বকের পাতলা অংশের সবচাইতে বাইরের যে স্তরটি পর্যবেক্ষণ করলে সেটিই এপিডারমিস্ বা বহিঃত্বক। অতি শুষ্ক পরিবেশে বসবাসকারী কিছু কিছু উদ্ভিদের ক্ষেত্রে জলের অপচয়রোধ করার বিষয়টি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ হওয়ায়, এদের বহিঃত্বক অত্যন্ত পুরু হয়। উদ্ভিদের সমগ্র দেহতলটি যে আবরণী দ্বারা আবৃত থাকে, তাকেই এপিডারমিস বলে। এটি উদ্ভিদের বিভিন্ন অংশকে রক্ষা করে। কখনো কখনো উদ্ভিদের বায়বীয় অংশে উপস্থিত বহিঃত্বকীয় কোশগুলো প্রায়শই মোম জাতীয় জল প্রতিরোধক পদার্থ নিঃসরণ করে। এই জল নিরোধক স্তরটি উদ্ভিদদেহ থেকে জলের অপচয় রোধ করতে, উদ্ভিদকে বাহ্যিক আঘাত এবং পরজীবী ছত্রাকের আক্রমণের হাত থেকে রক্ষা করতে সাহায্য করে। যেহেতু এই বহিঃত্বক উদ্ভিদকে সুরক্ষা প্রদানের কাজ করে তাই বহিঃত্বকীয় কোশগুলো কোশান্তর স্থান বিহীন হয় এবং একটি অবিচ্ছিন্ন স্তর হিসেবে অবস্থান করে। বেশিরভাগ বহিঃত্বকীয় কোশই তুলনামূলক ভাবে চ্যাপ্টা হয়। প্রায়শই এদের বাহ্যিক এবং পার্শ্বীয় প্রাচীর অভ্যন্তরীণ প্রাচীরের তুলনায় পুরু হয়।

আমরা পাতার বহিঃত্বকের বিভিন্ন স্থানে অসংখ্য ছোটো ছোটো ছিদ্র পর্যবেক্ষণ করতে পারি। এই সব ছিদ্রকে বলা যায় পত্ররন্ধ্র। (চিত্র 6.5 ক দেখো)। পত্ররন্ধ্র বৃক্কের আকৃতির দুটি কোশ দ্বারা পরিবেষ্টিত থাকে, এদের রক্ষীকোশ বা প্রহরী কোশ (Guard cell) বলে। এরা বায়ুমণ্ডল এবং উদ্ভিদের মধ্যে গ্যাসীয় আদান প্রদানে সক্রিয় ভূমিকা পালন করে। উদ্ভিদের বাষ্পমোচন (জলীয়বাষ্প হিসাবে জলের নির্গমণ) পত্ররন্ধ্রের মাধ্যমে ঘটে।

মনে করো সালোক সংশ্লেষ প্রক্রিয়ায় কোন্ গ্যাসটির প্রয়োজন হয়।
উদ্ভিদে বাষ্পমোচনের ভূমিকা কী তা বের করো।

জল শোষণে সহায়ক মূলের বহিঃত্বকীয় কোশগুলো থেকে সাধারণত লম্বা চুলের মতো কতকগুলো অংশ নির্গত হয়। এরা মূলের সমগ্র শোষণতলের যথেষ্ট বৃদ্ধি ঘটায়। মরু অঞ্চলের উদ্ভিদের মতো কিছু কিছু উদ্ভিদের বহিঃত্বকের উপরিভাগ কিউটিন (জল প্রতিরোধী রাসায়নিক পদার্থ) নামক মোম জাতীয় পদার্থের পুরু আবরণে আবৃত থাকে। (এর কারণ সম্পর্কে কি আমরা কিছু ভাবতে পারি?)

কোনো বৃক্ষের একটি শাখার বহিঃত্বক এবং একটি তরুণ কাণ্ডের বহিঃত্বকের মধ্যে কোনো পার্থক্য আছে কি?

উদ্ভিদের বয়স বৃদ্ধির সাথে সাথে তার বাইরের প্রতিরক্ষামূলক কলা কিছুটা পরিবর্তিত হয়। কর্টেক্সে উপস্থিত একফালি গৌণ ভাজক কলা কিছু কোশস্তর তৈরি করে। এই কোশস্তর থেকেই কর্ক গঠিত হয়। কর্কের কোশগুলো মৃত, কোশান্তর স্থানবিহীন ও ঘনসন্নিবিষ্ট ভাবে সজ্জিত। এদের প্রাচীরে সুবেরিনও থাকে, যার জন্য এদের কোশ প্রাচীর গ্যাস ও জল-অভেদ্য।

চিত্র: 6.6 প্রতিরক্ষামূলক কলা

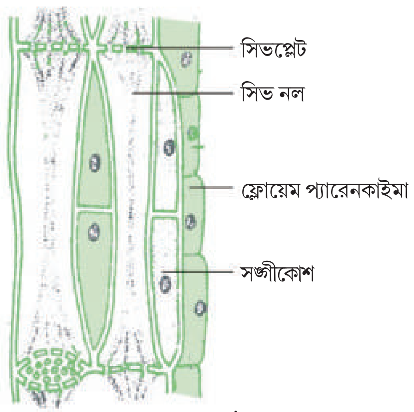
6.2.2 (ii) জটিল স্থায়ী কলা (Complex Permanent Tissue)

এখন পর্যন্ত আমরা যত ধরনের কলা সম্পর্কে আলোচনা করেছি এরা সবগুলোই আলাদা আলাদা ভাবে একই প্রকারের নির্দিষ্ট কোশগুচ্ছের সমন্বয়ে গঠিত। এই ধরনের কলাগুলোকে সরল স্থায়ী কলা বলে। অপর আর এক প্রকার স্থায়ী কলা হলে—জটিল স্থায়ী কলা। জটিল স্থায়ী কলাগুলো আবার একাধিক ধরনেরকোশের সমন্বয়ে গঠিত। এই কোশসমূহ নিজেদের মধ্যে সমন্বয় সাধনের মাধ্যমে একটি নির্দিষ্ট কাজ সম্পন্ন করে। জাইলেম এবং ফ্লোয়েম হল এই ধরনের জটিল কলার উদাহরণ। এরা উভয়ই নালিকা বান্ডিল গঠন করে এবং সংবহন কলা হিসেবে কাজ করে। সংবহন কলার উপস্থিতি জটিল গঠন বিশিষ্ট উদ্ভিদের একটি বিশেষ বৈশিষ্ট্য। এই কারণেই কোন জটিল গঠন বিশিষ্ট উদ্ভিদ স্থলজ পরিবেশে বেঁচে থাকতে পারে।

চিত্র 6.3-তে কাণ্ডের যে ছেদটি দেখানো হয়েছে তাতে নালিকা বান্ডিলে বিভিন্ন ধরনের কোশের উপস্থিতি তুমি কি দেখতে পার?

জাইলেম কলা, ট্র্যাকিড, জাইলেম বাহিকা, জাইলেম প্যারেন-কাইমা (চিত্র 6.7 ক, খ, গ দেখো) এবং জাইলেম তন্তু নিয়ে গঠিত। ট্রাকিড এবং জাইলেম বাহিকা পুরু কোশপ্রাচীর বিশিষ্ট হয় এবং পরিণতির সাথে সাথে এদের বেশির ভাগ কোশই মৃতকোশে পরিণত হয়। ট্র্যাকিড এবং জাইলেম বাহিকা নলাকার এবং এরা জল ও খনিজ লবনের উর্ধমুখী পরিবহণ বা উৎস্রোতে সাহায্য করে। প্যারেনকাইমা কলা খাদ্য সঞ্চয় করে রাখে। জাইলেম তন্তু উদ্ভিতকে মুখ্যত যান্ত্রিক সহায়তা প্রদান করে।

ফ্লোয়েম কলা পাঁচ প্রকার কোশের সমন্বয়ে গঠিত। এরা হল সিভকোশ, সিভনল, সঙ্গীকোশ, ফ্লোয়েমতন্তু এবং ফ্লোয়েম প্যারেনকাইমা। (চিত্র 6.7 দেখো)। সিভনল ছিদ্রযুক্ত প্রাচীর বিশিষ্ট নলাকার কোশ। ফ্লোয়েম কলা পাতা থেকে উদ্ভিদের বিভিন্ন অংশে খাদ্য পরিবহন করে। ফ্লোয়েম তন্তু ছাড়া সব ফ্লোয়েম কোশই সজীব কোশ।



(ঘ) ফ্লোয়েমের অন্তর্গঠন

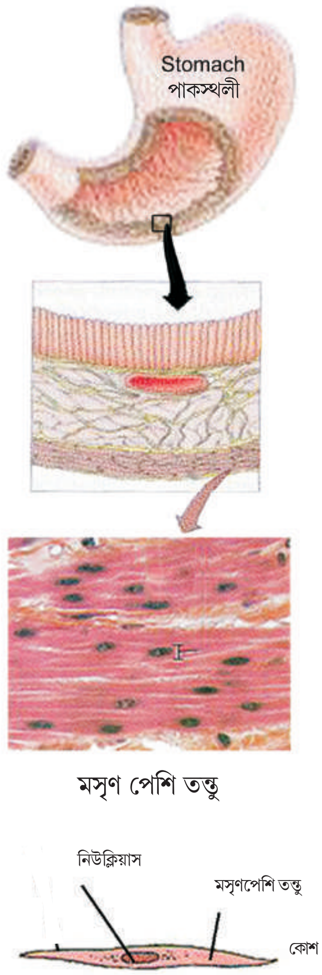
চিত্র: 6.7 বিভিন্ন ধরনের জটিল কলা

প্রশ্নাবলি:

১. বিভিন্ন প্রকার সরল কলার নাম লেখো।
২. উদ্ভিদের দেহে অগ্রস্থ ভাজক কলা কোথায় পাওয়া যায়?
৩. কোন্ কলা নারকেলের ছিবড়া গঠন করে?
৪. ফ্লোয়েম কলার বিভিন্ন উপাদান গুলো কী কী?

6.3 প্রাণী কলা: (Animal Tissue)

আমরা যখন শ্বাসকার্য চালাই তখন আমরা আমাদের বক্ষদেশের নড়াচড়া অনুভব করতে পারি। এই দেহাংশগুলো কীভাবে নড়াচড়া করে? এর জন্য আমাদের দেহে বিশেষিত যে কোশগুলো রয়েছে এরাই পেশিকোশ। এই সব কোশ পর্যায়ক্রমিকভাবে সংকুচিত ও শিথিল হয়ে দেহে চলন ঘটায়।



চিত্র 6.8 : পেশিতন্তু সমূহের অবস্থান

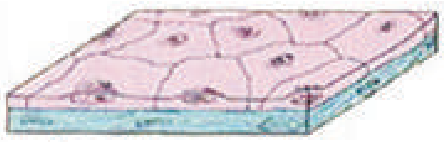
শ্বাসকার্যের সময় আমরা পরিবেশ থেকে অক্সিজেন গ্রহণ করি। গৃহীত এই অক্সিজেন কোথায় যায়? এই অক্সিজেন ফুসফুসে শোষিত হয় এবং রক্তের মাধ্যমে দেহের সব অংশে পরিবাহিত হয়। কোশের জন্য অক্সিজেন প্রয়োজন কেন? এর আগে মাইটোকনড্রিয়ার যে যে কাজগুলো আমরা জেনেছি, তা থেকে এই প্রশ্নটির উত্তর কী হবে তার সংকেত পাওয়া যায়। রক্তপ্রবাহের মাধ্যমে বিভিন্ন বস্তু দেহের একপ্রান্ত থেকে অপর প্রান্তে পরিবাহিত হয়। যেমন, রক্ত দেহের সব কোশে পরিবহণ করে, এটি আবার দেহের সব অংশ থেকে বর্জ্যপদার্থ সংগ্রহ করে নিয়ে দেহ থেকে নিষ্কাশণের জন্য যকৃৎ ও বৃক্কে পরিবহণ করে।

রক্ত এবং পেশি উভয় কলা-ই আমাদের দেহে উপস্থিত। কাজের ওপর ভিত্তি করে আমরা বিভিন্ন ধরনের প্রাণী কলার কথা ভাবতে পারি। যেমন, আবরণী কলা, যোগ কলা, পেশিকলা এবং স্নায়ুকলা। রক্ত হল একপ্রকার যোগকলা। পেশি তন্তুগুলো পেশি কলা গঠন করে।

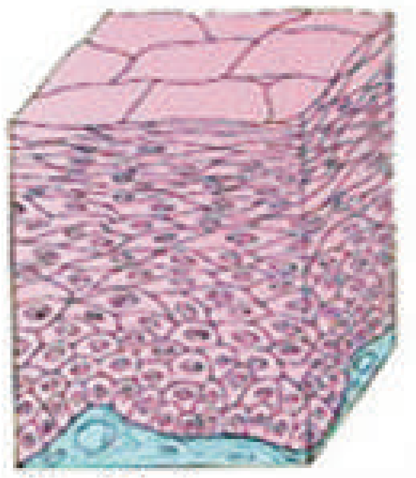
6.3.1 আবরণী কলা (Epithelial Tissue)

প্রাণীদেহ আচ্ছাদনকারী অথবা সুরক্ষা প্রদানকারী কলাকে বলা হয় আবরণী কলা। এই কলা দেহের অভ্যন্তরীণ অঙ্গ এবং অঙ্গতন্ত্রকে আবৃত বা আচ্ছাদিত করে রাখে। আবার এই কলাই আন্তরযন্ত্রগুলোর একটিকে অপরটি থেকে আলাদা রাখতে ব্যবধায়ক গঠন করে। ত্বক, মুখগহ্বর ও রক্তবাহের অন্ত:আবরণী, ফুসফুসের বায়ুথলি এবং বৃক্কীয় নালিকা—এরা সবই আবরণী কলা দ্বারা গঠিত। আবরণী কলার কোশগুলো ঘন সন্নিবিষ্ট হয় এবং একটি অবিচ্ছিন্ন আবরণী স্তর গঠন করে। এই কলার মধ্যে খুব সামান্য পরিমাণে সংযোজক পদার্থ (Cementing material) রয়েছে। এক্ষেত্রে আন্তঃকোশীয় স্থান প্রায় নেই বললেই চলে। স্বভাবতই কোনো কিছুকে কোশে ঢুকতে হলে বা কোশ থেকে বেরিয়ে যেতে গেলে, বস্তুটিকে আবরণী কলার অন্তত: একটি স্তরকে অবশ্যই অতিক্রম করতে হবে। ফলস্বরূপ আবরণী কলা কোশের বিভিন্ন অংশের মধ্যে বিভিন্ন পদার্থের আদান-প্রদান নিয়ন্ত্রণে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। সব আবরণী কলা-ই সাধারণত তন্তুময় বহিঃকোশীয় ভিত্তিপর্দা দ্বারা নীচের কোশস্তরটি থেকে পৃথক থাকে। বিভিন্ন প্রকার আবরণী কলার (চিত্র 6.9 দেখো) ভিন্ন ভিন্ন গঠন এদের সুনির্দিষ্ট কাজের সাথে সম্পর্ক যুক্ত হয়। উদাহরণ হিসাবে রক্তবাহ এবং ফুসফুসের বায়ুথলির আবরণী গঠনকারী কোশগুলোতে একটি সরল চ্যাপ্টাকৃতির আবরণী থাকে; যেটি একটি প্রভেদক ভেদ্যপর্দারূপে বিভিন্ন বস্তুর পরিবহণে সাহায্য করে। এই আবরণীকলাকে সরল আঁইশাকার আবরণী কলা (squamus epithellium) বলে।

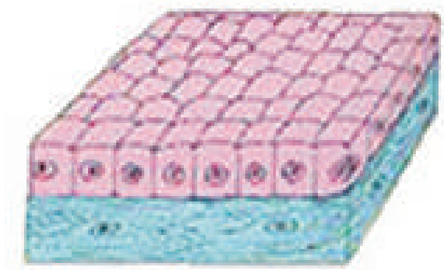
ইংরেজিতে squama শব্দের অর্থ হলো scale of skin অর্থাৎ ত্বকের আঁইশ। সরল আঁইশাকার আবরণী কলার খুবই



ক) শল্কাকার বা আঁইশাকার আবরণী কলা



খ) স্তরীভূত শল্কাকার আবরণী কলা



গ) ঘনকাকার আবরণী কলা

ঘ) স্তম্ভাকার (সিলিয়া যুক্ত) আবরণী কলা

চিত্র: 6.9 বিভিন্ন ধরনের আবরণী কলা

পাতলা ও চ্যাপ্টা কোশগুলো একটি পল্‌কাস্তর তৈরি করে। খাদ্যনালী এবং মুখগহ্বরের প্রাকারও আঁইশাকার আবরণী কলা দ্বারা আবৃত থাকে। আবার দেহকে সুরক্ষা প্রদানকারী ত্বকও আঁইশাকার আবরণী কলা দ্বারাই গঠিত। ত্বকীয় আবরণী কলার কোশগুলো একাধিক কোশস্তরে সজ্জিত থেকে কলাকে ক্ষয়ক্ষতির হাত থেকে রক্ষা করে। যেহেতু এই কলার কোশগুলো একটি নির্দিষ্ট সজ্জাক্রমে স্তরে স্তরে সজ্জিত হয়ে আবরণী কলা গঠন করে, তাই একে স্তরীভূত আঁইশাকার আবরণী কলা বলে।

ক্ষুদ্রান্ত্রের অন্তঃ:আবরণীর মতো দেহের যেসব অংশে শোষণ এবং ক্ষরণ ঘটে, সেইসব অংশের আবরণী কলার কোশগুলো লম্বাটে হয়। এই ধরনের আবরণী কলাকে স্তম্ভাকার (Piller Like) আবরণী কলা বলে। এই কলা আবরণী ব্যবধায়কের মধ্য দিয়ে বিভিন্ন বস্তুর চলাচলে সহায়তা করে। শ্বাসনালীতে উপস্থিত স্তম্ভাকার আবরণী কলা সিলিয়াযুক্ত হয়। এই সিলিয়াগুলো হল আবরণী কলাকোশের বর্হিভাগ থেকে নির্গত চুলের ন্যায় উপবৃদ্ধি। এই সিলিয়া গুলো চলনে সক্ষম এবং এদের বিচলনের ফলে শ্বাসনালীস্থিত শ্লেষ্মা দেহের বাইরে নির্গত হয়। এই ধরনের আবরণী কলাকে রোমশ আবরণী কলা (Ciliated Epithellium) বলে।

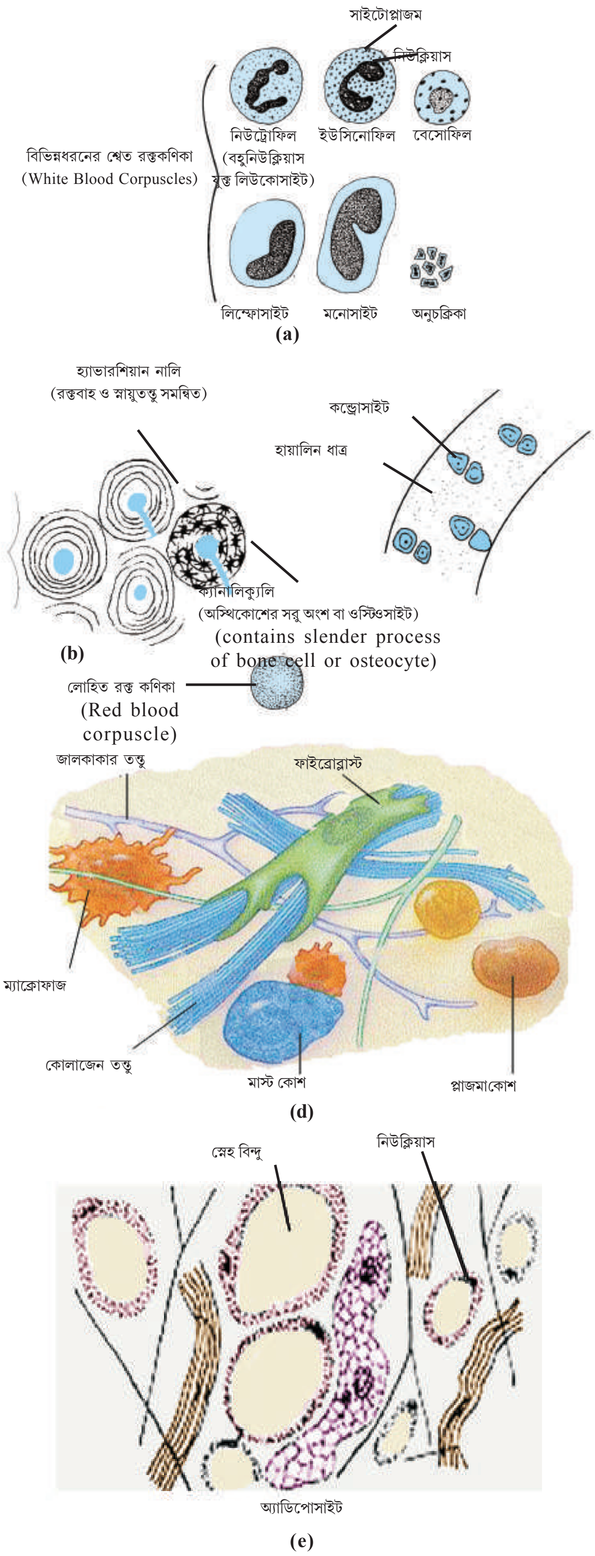
ঘনকাকার আবরণী কলা (ঘনকাকৃতি-কোশযুক্ত) বৃক্কীয় নালিকার আবরণী ও লালাগ্রন্থি নালীর আবরণী তৈরি করে এবং এদেরকে যান্ত্রিক সহায়তা প্রদান করে। আবরণী কলার কোশগুলো প্রায়শই আরও বিশেষিত হয়ে গ্রন্থিকোশ গঠন করে, এই গ্রন্থিকোশগুলো আবরণী-তলে বিভিন্ন পদার্থ ক্ষরণ করতে পারে। কখনও কখনও আবরণী কলার কিছু অংশ ভেতরের দিকে ভাঁজ হয়ে একটি বহুকোশী গ্রন্থি গঠন করে। একে গ্রন্থিময় আবরণী কলা বলে।

6.3.2 যোগকলা (Connective Tissue)

রক্ত এক প্রকারের যোগকলা। একে যোগকলা বলে কেন?
এই অধ্যায়ের শুরুতেই এ সম্পর্কিত একটি সংকেত দেওয়া হয়েছে। এখন এই ধরনের কলা সম্পর্কে আরও কিছুটা বিস্তারিতভাবে জানবো। যোগকলার কোশগুলো শিথিলভাবে সজ্জিত থাকে এবং আন্ত:কোশীয় ধাত্রে নিহিত থাকে (চিত্র 6.10 দেখো)। এই ধাত্র জেলি জাতীয় বা তরল, ঘন অথবা কঠিন হতে পারে। যোগকলার নির্দিষ্ট কাজের সাথে সামঞ্জস্য রেখে ধাত্রের প্রকৃতি ভিন্ন ভিন্ন হয়।

কাজ— 6.4

- একটি স্লাইডের ওপর একফোঁটা রক্ত নাও এবং এতে উপস্থিত বিভিন্ন প্রকার কোশগুলো অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে পর্যবেক্ষণ করো।



চিত্র: 6.10 বিভিন্ন ধরনের আবরণী কলা (ক) বিভিন্ন প্রকারের রক্তকোশ (ক) দৃঢ়-অস্থি (গ) হায়ালাইন তরুণাস্থি (ঘ) শিথিল যোগকলা (ঙ) মেদকলা

রক্তের তরল ধাত্রকে প্লাজমা বলে। এর মধ্যে লোহিত রক্ত কণিকা (RBCs) শ্বেত রক্তকণিকা (WBC) এবং অনুচক্রিকা(Platelets) ভাসমান অবস্থায় থাকে। রক্তরস বা প্লাজমায় প্রোটিন, খনিজ লবণ এবং হরমোন থাকে। প্রবহমান রক্ত গ্যাসীয় পদার্থ, পাচিত খাদ্য, হরমোন এবং বর্জ্যপদার্থ সমূহকে দেহের বিভিন্ন অংশে পরিবহন করে।

অস্থি অপর এক ধরনের যোগকলা। এটি দেহকাঠামো গঠনের মাধ্যমে দেহকে যান্ত্রিক সহায়তা প্রদান করে। পেশির সাথে যুক্ত হয়ে অস্থি দেহের মুখ্য অঙ্গাসমূহকে যান্ত্রিক সহায়তা প্রদান করে। এটি দৃঢ় এবং অনমনীয় কলা। (অস্থির কার্যকারিতার জন্য এই সব বৈশিষ্ট্যের কি উপযোগিতা রয়েছে?)। অস্থি কোশগুলো ক্যালসিয়াম এবং ফসফরাস যৌগ দ্বারা গঠিত কঠিন ধাত্রে নিহিত থাকে।

দুইটি অস্থি একে অপরের সাথে অন্য এক ধরনের যোগকলা দ্বারা যুক্ত থাকে, একে লিগামেন্ট বলে। এই যোগকলাটি খুবই মজবুত এবং কিছুটা নমনীয় হয়। লিগামেন্টের মধ্যে ধাত্রের পরিমাণ খুবই সামান্য এবং এটি একটি অস্থিকে অপর অস্থির সঙ্গে যুক্ত রাখে। টেন্ডন হল অপর এক প্রকারের যোগকলা যা অস্থিকে পেশির সাথে যুক্ত রাখে। টেন্ডন মজবুত ও সীমিত নমনীয়তা সম্পন্ন তন্তুময় যোগকলা।

অপর আরেক প্রকার যোগকলা হল তরুণাস্থি, যার কোশগুলি পরস্পর থেকে কিছুটা দূরত্ব বজায় রেখে অবস্থান করে। এর কঠিন ধাত্র প্রোটিন এবং শর্করা দ্বারা তৈরি। তরুণাস্থি অস্থিসন্ধিতে উপস্থিত থেকে অস্থির তলগুলোকে মসৃণ রাখে। নাক, কান, শ্বাসনালী ও স্বরযন্ত্রেও তরুণাস্থি বর্তমান। আমরা কানের তরুণাস্থিকে ভাঁজ করতে পারি কিন্তু হাতের অস্থিকে বাঁকাতে পারি না। ভেবে দেখো, এই দুই প্রকার কলা কীভাবে পরস্পর থেকে আলাদা?

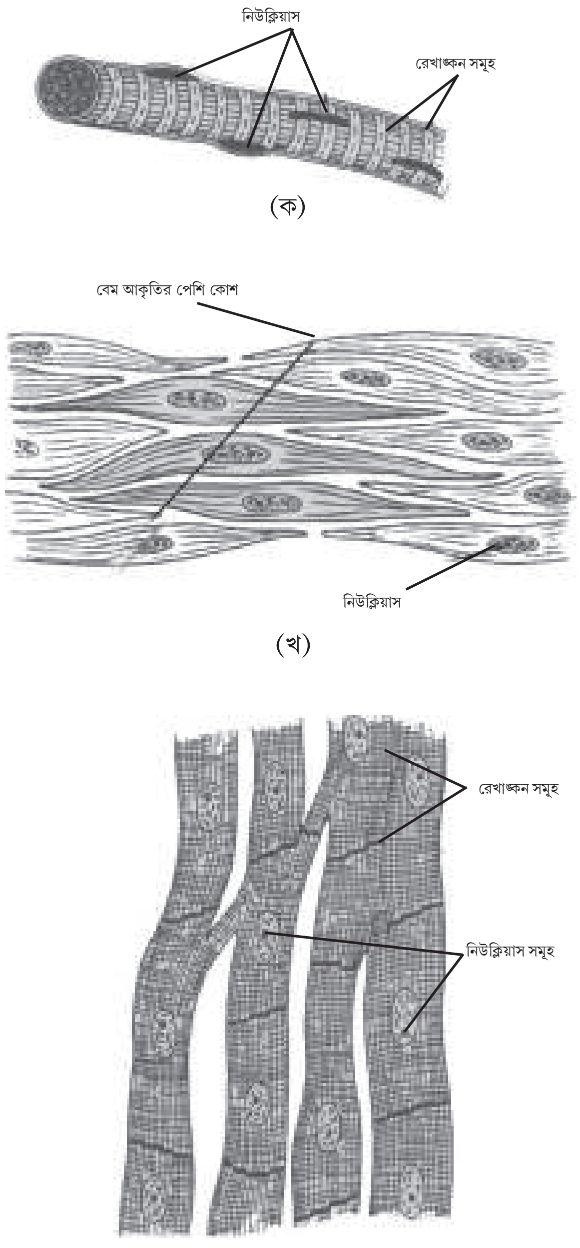
শিথিল যোগকলা ত্বক ও পেশির মধ্যে, রক্তবাহ ও স্নায়ুকে ঘিরে এবং অস্থি মজ্জায় অবস্থান করে। এটি অঙ্গাগুলোর মধ্যবর্তী ফাঁকাস্থান পূরণ করে, অভ্যন্তরীণ অঙ্গাগুলোকে যান্ত্রিক সহায়তা প্রদান করে এবং কলাকোশের মেরামতির কাজে সাহায্য করে।

জান কি, আমাদের দেহে স্নেহ পদার্থ কোথায় সঞ্চিত থাকে? আমাদের ত্বকের নীচের এবং অভ্যন্তরীণ অঙ্গাগলোর মধ্যবর্তীস্থানে, স্নেহ পদার্থ সঞ্চয়কারী অ্যাডিপোজ কলা বা মেদকলা অবস্থান করে। এই কলার কোশগুলো স্নেহপদার্থ সঞ্চয় করে রাখে। আর স্নেহ পদার্থ সঞ্চিত থাকায় এটি তাপ নিরোধক কলা হিসেবে কাজ করে।

6.3.3 পেশি কলা (Muscular Tissue)

পেশি কলা এক ধরনের লম্বাটে কোশগুচ্ছের সমন্বয়ে গঠিত। এদের পেশি তন্তু বলে। এই কলা আমাদের দেহের নড়াচড়ার

জন্য দায়ী। পেশিতে সংকোচনশীল প্রোটিন নামে, একধরনের বিশেষ প্রোটিন রয়েছে। এই প্রোটিন সংকুচিত ও শিথিল হয়ে



চিত্র 6.11 বিভিন্ন প্রকারেরর পেশিতন্তু: (ক) সরেখ পেশি (খ) মসৃন পেশি (গ) হৃদ-পেশি

দেহে নড়াচড়া ঘটায়।

কিছু পেশি (যেমন আমাদের হাত ও পায়ের পেশি সমূহ) আমরা নিজেদের ইচ্ছা ও প্রয়োজন অনুসারে নাড়াতে পারি, আবার প্রয়োজনে নাড়ানো বন্ধও করতে পারি। এই ধরনের পেশিগুলোকে ঐচ্ছিক পেশি বলে [চিত্র 6.11 (ক) দেখো]। এই সব পেশি বেশিরভাগ ক্ষেত্রে অস্থি-র সঙ্গে যুক্ত থেকে দেহের নড়াচড়ায় সাহায্য করে। এই পেশিকে যথাযথভাবে রঞ্জিতকরণের পর অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে পর্যবেক্ষণ করলে এতে পর্যায়ক্রমিক ভাবে হাল্কা ও গাঢ় ব্যান্ড অথবা রেখাঙ্কন দেখা যায়। এই কারণেই এদের সরেখ পেশি বলা হয়। এই কলার কোশগুলো দীর্ঘ, নলাকার, শাখাবিহীন এবং বহু নিউক্লিয়াসযুক্ত হয়।

খাদ্যনালীতে খাদ্যের চলন অথবা রক্তবাহের সঙ্কোচন ও শিথিল হওয়ার ঘটনা হল অনৈচ্ছিক নড়াচড়ার উদাহরণ। এই সব চলন ক্ষেত্রে আমরা আমাদের ইচ্ছেমত পেশি-সঞ্চালন শুরু বা বন্ধ করতে পারি না [চিত্র 6.11 (খ) দেখো]। মসৃণ পেশি বা অনৈচ্ছিক পেশি এই ধরনের চলনকে নিয়ন্ত্রণ করে। অনৈচ্ছিক পেশি আবার চোখের কনীনিকা, মূত্রনালী এবং ফুসফুসের ক্লোমশাখাতেও পাওয়া যায়। এই পেশির কোশ সমূহ লম্বা, ছুঁচালো প্রান্তযুক্ত (মাকু আকৃতির) এবং একক নিউক্লিয়াস যুক্ত হয়। এদের অরেখ পেশিও বলে। এদের এইরূপ বলা হয় কেন?

হৃৎপিণ্ডের পেশি সমূহ ছান্দিক গতিতে সঙ্কুচিত ও শিথিল হয় [চিত্র 6.11 (গ) দেখো]। এইসব অনৈচ্ছিক পেশিগুলোকে হৃৎ-পেশি বলে। হৃৎ-পেশির কোশগুলো নলাকার, শাখান্বিত এবং নিউক্লিয়াসযুক্ত হয়।

কাজ _______________ 6.5

- বিভিন্ন প্রকারের পেশি কলার গঠনের তুলনা করো। এদের আকৃতি, কোশে উপস্থিত নিউক্লিয়াসের সংখ্যা এবং নিউক্লিয়াসের অবস্থান সারণি 6.1.3 তে লিপিবদ্ধ করো।

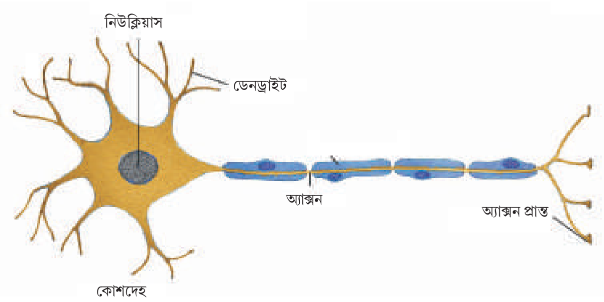
সারণি 6.1

বৈশিষ্ট্য	সরেখ পেশি	মসৃণ পেশি বা অরেখ পেশি	হৃদ-পেশি
আকৃতি নিউক্লিয়াসের সংখ্যা নিউক্লিয়াসের অবস্থান			

6.3.4 স্নায়ুকলা (Nervous Tissue)

প্রতিটি সজীব কোশই উদ্দীপকের প্রভাবে সাড়া দেওয়ার ক্ষমতা রাখে। তবে স্নায়ুকলার কোশগুলো উদ্দীপনা গ্রহণের জন্য উন্নতভাবে বিশেষিত হয় এবং দেহের একস্থান থেকে অন্যস্থানে অতি দ্রুত উদ্দীপনা পরিবহন করে। মস্তিষ্ক, সুষুম্নাকাণ্ড এবং স্নায়ু সমূহ—এই সবই স্নায়ু কলা দ্বারা গঠিত। এই কলার কোশগুলোকে

স্নায়ুকোশ অথবা নিউরোন বলে। নিউরোন একক নিউক্লিয়াস এবং সাইটোপ্লাজম বিশিষ্ট একটি কোশদেহ দ্বারা গঠিত। এই কোশদেহ থেকে লম্বা, সরু চুলের ন্যায় অংশ বেরোয় [চিত্র 6.12 দেখো]। সাধারণত প্রতিটি নিউরোনে একটি একক দীর্ঘ প্রবর্ধক এবং অসংখ্য ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র শাখান্বিত প্রবর্ধক থাকে। দীর্ঘ প্রবর্ধকটিকে অ্যাক্সন এবং ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র প্রবর্ধকগুলোকে ডেনড্রন বলে। একটি একক স্নায়ুকোশ বা নিউরোন এক মিটার পর্যন্ত লম্বা হতে পারে।



চিত্র: 6.12 : নিউরোন—স্নায়ুকলার একক

অনেকগুলো স্নায়ুকোশ একত্রিত হয়ে এবং যোগকলা দ্বারা আবৃত হয়ে একটি স্নায়ু গঠন করে।

স্নায়ুতন্তু দ্বারা পরিবাহিত বার্তাকে স্নায়ুস্পন্দন বলে। স্নায়ুস্পন্দন আমাদেরকে ইচ্ছানুসারে পেশির নড়াচড়ায় সাহায্য করে। স্নায়ু এবং পেশিকলার কার্যগত সমন্বয় সাধন বেশিরভাগ জীবেরই মৌলিক ধর্ম। এই সমন্বয় প্রাণীদেরকে উদ্দীপকের প্রভাবে দ্রুত সাড়া দিতে সাহায্য করে।

প্রশ্নাবলি:

১. আমাদের দেহের নড়াচড়ার জন্য দায়ী কলার নাম লেখো।
২. নিউরোনকে দেখতে কেমন হয়?
৩. হৃৎ-পেশির তিনটি বৈশিষ্ট্য লেখো।
৪. শিথিল যোগকলার কাজগুলো কী কী?

তোমরা যা শিখলে

- গঠনগত এবং কার্যগতভাবে একইরকম একগুচ্ছ কোশের সমন্বয়ে কলা গঠিত।
- উদ্ভিদ কলা প্রধানত দুইপ্রকার : ভাজক কলা এবং স্থায়ী কলা।
- ভাজক কলা হল উদ্ভিদের বর্ধনশীল অঞ্চলে উপস্থিত বিভাজনক্ষম কলা।
- ভাজক কলা যেই মুহূর্তে তাদের বিভাজন ক্ষমতা হারিয়ে ফেলে, তখনই এরা স্থায়ী কলায় পরিণত হয়। স্থায়ী কলা সরল স্থায়ী কলা এবং জটিল স্থায়ী কলা এই দুই শ্রেণিতে বিভক্ত।
- প্যারেনকাইমা, কোলেনকাইমা এবং স্কেলেরেনকাইমা হল তিন ধরনের সরল কলা। জাইলেম এবং ফ্লোয়েম হল দুই ধরনের জটিল স্থায়ী কলা।
- আবরণী কলা, যোগকলা, পেশিকলা এবং স্নায়ুকলা হল বিভিন্ন প্রকারের প্রাণী কলা।
- আকৃতি এবং কাজের ভিত্তিতে আবরণী কলাকে শল্কাকার, ঘনকাকার, স্তম্ভাকার, রোমশ এবং গ্রন্থিময় আবরণী কলায় শ্রেণিবিভাগ করা যায়।

- আমাদের দেহে উপস্থিত বিভিন্ন ধরনের যোগকলার মধ্যে রয়েছে— শিথিল কলা, মেদ কলা, অস্থি, টেন্ডন, লিগামেন্ট, তরুণাস্থি এবং রক্ত।
- সরেখ, অরেখ এবং হৃৎপেশি হল তিন ধরনের পেশি কলা।
- স্নায়ুকলা কতগুলো নিউরোনের সমন্বয়ে গঠিত এবং এই নিউরোনগুলো উদ্দীপনা গ্রহণ ও পরিবহণ করে।

অনুশীলনী:

১। কলার সংজ্ঞা লেখো।

২। জাইলেম কলা কতপ্রকার উপাদানের সমন্বয়ে গঠিত হয়? এদের নাম লেখো।

৩। উদ্ভিদ দেহে উপস্থিত সরল কলা এবং জটিল কলার মধ্যে কী কী পার্থক্য দেখা যায়?

৪। কোশপ্রাচীরের প্রকৃতির উপর ভিত্তি করে প্যারেনকাইমা, কোলেনকাইমা এবং স্কেলেরেনকাইমা-এদের মধ্যে পার্থক্য নিরূপণ করো।

৫। পত্ররন্ধ্রের কাজগুলো কী কী?

৬। চিত্রের সাহায্যে তিন ধরনের পেশিতন্তুর মধ্যে পার্থক্য দেখাও।

৭। হৃৎ-পেশির নির্দিষ্ট কাজটি কী?

৮। দেহে পেশির অবস্থান ও গঠনের উপর ভিত্তি করে সরেখ, অরেখ ও হৃৎপেশির মধ্যে পার্থক্য নির্দেশ করো।

৯। একটি নিউরোনের চিহ্নিত চিত্র অঙ্কন করো।

১০। নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কলাগুলোর নাম লেখো:

ক) যে কলা আমাদের মুখের অন্ত:আবরণী গঠন করে

খ) যে কলা মানবদেহে অস্থিকে পেশির সাথে যুক্ত করে।

গ) যে কলা উদ্ভিদদেহে খাদ্য পরিবহণ করে।

ঘ) যে কলা আমাদের দেহে স্নেহ পদার্থ সঞ্চয় করে রাখে।

ঙ) তরল ধাত্র সম্পন্ন যোগ কলা।

চ) মস্তিষ্কে অবস্থিত কলা।

১১। নিম্নলিখিত অংশগুলোতে উপস্থিত কলা সমূহের প্রকৃতি সনাক্ত করো:

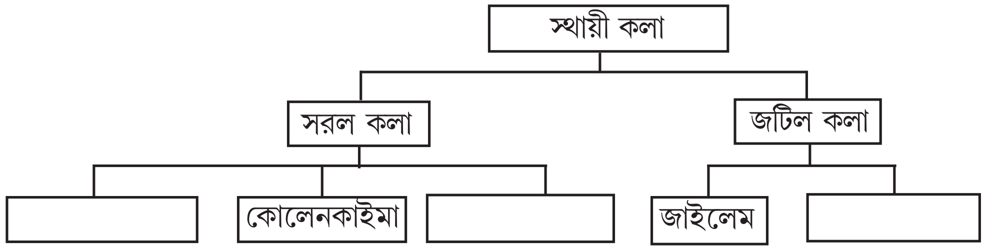
ত্বক, উদ্ভিদের বাকল, অস্থি, বৃক্কীয় নালিকার আবরণী, নালিকা বান্ডিল।

১২। প্যারেনকাইমা কলার অবস্থান উল্লেখ করো।

১৩। উদ্ভিদ দেহে এপিডারমিসের ভূমিকা কী?

১৪। কর্ক কীভাবে সুরক্ষা প্রদানকারী কলা হিসাবে কাজ করে।

১৫। নিম্নে প্রদত্ত ছকটি সম্পূর্ণ করো:



অধ্যায় 7

জীবজগতে বৈচিত্র্য

DIVERSITY IN LIVING ORGANISMS

আমাদের চারপাশের বিপুল সংখ্যক জীবগোষ্ঠী সম্পর্কে কখনও ভেবেছ কি? লক্ষ করলে দেখবে প্রতিটি জীবই অন্য জীব থেকে কম-বেশি পৃথক হয়। উদাহরণ হিসেবে তুমি এবং তোমার কোনো বন্ধুর কথা বিবেচনা করতে পারো।

তোমাদের দুজনের উচ্চতা কি একই?

তোমার নাক কি পুরোপুরি তোমার বন্ধু নাকের মতো?

তোমার হাতের বিস্তৃতি কি তোমার বন্ধুর হাতের বিস্তৃতির সমান?

তবে আমরা যদি আমাদের সঙ্গে বা আমাদের বন্ধুদের সঙ্গে বানরের তুলনা করি, তখন আমরা কী বলব? স্পষ্টত, আমাদের সাথে বানরের সাদৃশ্যের তুলনায় আমাদের সাথে আমাদের বন্ধুদের সাদৃশ্য অনেক বেশি। কিন্তু আমরা যদি কোনো গোরুকে এই তুলনার মধ্যে এনে ফেলি, তখন কী হবে? আমরা তখন ভাবব যে আমাদের সাথে গোরুর সাদৃশ্যের তুলনায় আমাদের সাথে বানরের সাদৃশ্য অপেক্ষাকৃতভাবে বেশি।

কাজ 7.1

- আমরা দেশি গোরু এবং জার্সি গোরুর কথা শুনেছি।
- একটি দেশি গোরুকে কি একটি জার্সি গোরুর মতো দেখতে?
- সব দেশি গোরুই কি দেখতে একরকম?
- দেশি গোরুর পালে উপস্থিত কোনো জার্সি গোরুকে আমরা সনাক্ত করতে পারব কি? (জার্সি গোরুকে দেখতে দেশি গোরুর মতো নয়)
- আমাদের এই সনাক্তকরণের ভিত্তি কী?

এই কাজের সময় আমাদের স্থির সিদ্ধান্তে আসতে হয়েছিল যে, অভীষ্ট ক্যাটাগরি(Category) তৈরির জন্য কোন্ বৈশিষ্ট্যগুলো অধিক গুরুত্বপূর্ণ তাই আমরা এটাও স্থির করেছিলাম কোন্ বৈশিষ্টগুলোকে অগ্রাহ্য করা যেতে পারে। এখন পৃথিবীতে বর্তমান বিভিন্ন ধরনের এমন সব বস্তু নিয়ে ভাবো যাদের প্রাণ আছে। একদিকে আমরা যেমন কয়েক মাইক্রোমিটার আকার বিশিষ্ট আণুবীক্ষণিক ব্যাকটিরিয়াদের দেখি, অন্য দিকে তেমনি 30 মিটার দীর্ঘ্য নীল তিমি এবং 100 মিটার দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট ক্যালিফোর্নিয়ার রেডউড বৃক্ষদেরও দেখতে পাই। যেখানে কিছু পাইন জাতীয় বৃক্ষ হাজার বৎসর বেঁচে থাকতে পারে, সেখানে মশার মতো পতঙ্গের জীবনকাল মাত্র কয়েকদিন। বর্ণহীন বা আলোকভেদ্য কৃমি (Transparent Worm) যেমন রয়েছে, তেমনি উজ্জ্বল বর্ণের পাখি এবং ফুলও দেখা যায়।

ভাবতে অবাক লাগে, আমাদের চারপাশে এত বিচিত্র ধরনের জীবের আবির্ভাব লক্ষ লক্ষ বছর আগেই পৃথিবীতে হয়েছিল। যাই হোক এই সব জীবদের আলাদা আলাদাভাবে জানার চেষ্টা করার জন্য এই বৃহৎ সময় কালের কণামাত্র অংশই আমাদের হাতে আছে। সুতরাং এই স্বল্প সময়ে একটি একটি করে সব জীবকে জানা আমাদের পক্ষে সম্ভব নয়। এর পরিবর্তে আমরা জীবগুলোর মধ্যে সাদৃশ্য খোঁজার চেষ্টা করতে পারি এবং এর সাহায্যে জীবদের বিভিন্ন শ্রেণিতে ভাগ করতে পারি। এই শ্রেণিবিভাগের পর প্রতিটি শ্রেণি বা গোষ্ঠীকে বিশদভাবে অধ্যয়ণ করতে পারি।

বিভিন্ন ধরনের জীবদের অধ্যয়নের জন্য পরস্পর সম্পর্কযুক্ত জীবগোষ্ঠী গঠন করতে হবে। এই ধরনের জীবগোষ্ঠী গঠনের জন্য আমাদের এটা স্থির করতে হবে যে-কোনো বৈশিষ্ট্যগুলো জীবদের মধ্যে অধিক মৌলিক পার্থক্য নির্দেশ করে। এর ফলে জীবদেরকে নিয়ে প্রধান কয়েকটি বড়ো জীবগোষ্ঠী সৃষ্টি করা যাবে। এই গোষ্ঠীগুলোর মধ্যেই অপেক্ষাকৃত কম গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্যের সাহায্যে ছোটো ছোটো জীবগোষ্ঠী সৃষ্টি করা সম্ভব।

প্রশ্নাবলি:

১. কেন আমরা জীবদের শ্রেণিবিন্যাস করি?

২. আমাদের চারপাশের সজীববস্তুগুলোর মধ্যে যে ব্যাপক পার্থক্য রয়েছে তার তিনটি উদাহরণ দাও।

7.1. শ্রেণিবিন্যাসের ভিত্তি কী? (What is the Basis of Classification?)

স্মরণাতীত কাল থেকেই সজীব বস্তুদের গোষ্ঠীভুক্ত করার জন্য উদ্যোগ নেওয়া হয়েছে। গ্রিক দার্শনিক অ্যারিস্টটল, শ্রেণিবিন্যাস করেছিলেন। এইভাবে, প্রাণীরা কোন্ পরিবেশে বাস করে অর্থাৎ এরা জলচর, স্থলচর নাকি খেচর, তার উপর ভিত্তি করে প্রাণীদের — শ্রেণিবিন্যাস করা খুবই সহজ। তবে এটি ভুলপথও নির্দেশ করে। উদাহরণ হিসেবে, সমুদ্রে বসবাসকারী প্রাণীদের মধ্যে রয়েছে প্রবাল, তিমি, অক্টোপাস, তারামাছ এবং হাঙর। আমরা তাৎক্ষণিকভাবে দেখতে পাই যে এই প্রাণীগুলো বহু দিক থেকেই পরস্পর থেকে আলাদা। কার্যত এক্ষেত্রে আবাসস্থল হল শুধুমাত্র একটি বিষয়, যা এই সবগুলো প্রাণীর ক্ষেত্রেই এক। কাজেই জীবদের এইভাবে গোষ্ঠীভুক্ত করে তাদের বিষয়ে অধ্যয়ন বা ভাবনা চিন্তা করা এটি সঠিক পদ্ধতি নয়।

সুতরাং জীবদের সবচেয়ে বড়ো বিভাগে বিভক্ত করার জন্য কোন্ কোন্ বৈশিষ্ট্যগুলো মূল বৈশিষ্ট্যরূপে বিবেচিত হবে তা আমাদের ঠিক করা প্রয়োজন। এরপর আমরা ওই বিভাগের অন্তর্গত সাব-গ্রুপ গঠনের জন্য পরবর্তী বৈশিষ্ট্যেগুলো নির্ধারণ করব। প্রতিটি গ্রুপের মধ্যে শ্রেণিবিন্যাসের এই প্রক্রিয়া তখন প্রতিবার নতুন বৈশিষ্ট্য ব্যবহারের মাধ্যমে চলতে পারে।

শ্রেণিবিন্যাস শুরু করার আগে 'বৈশিষ্ট্য' (Characteristics) বলতে কী বোঝায় তা আমাদের ভাবা প্রয়োজন। আমরা যখন বৈচিত্র্যপূর্ণ জীবগোষ্ঠীদের শ্রেণিবিন্যাস করার চেষ্টা করি তখন আমাদের সেই পথ খুঁজে বের করা প্রয়োজন, যে পথে অগ্রসর হলে কিছু কিছু জীবের মধ্যে এতটাই সাদৃশ্য খুঁজে পাওয়া যাবে যাতে তাদের একই গোষ্ঠীতে রাখা যায় বলে মনে হবে। মূলত এই পথগুলোতে বিচার্য বিষয় হবে জীবদের বিশদ বাহ্যিক গঠন অথবা তাদের আচরণ। অন্যভাবে বলতে গেলে তাদের গঠন ও কাজ।

একটি বৈশিষ্ট্য বলতে কোনো জীবের একটি নির্দিষ্ট গঠন অথবা একটি নির্দিষ্ট কাজকে বোঝায় যেমন, আমাদের প্রায় সকলেরই একটি হাতে পাঁচটি আঙুল রয়েছে, একে একটি বৈশিষ্ট্যরূপে গণ্য করা হয়। আবার, আমরা দৌড়তে পারি, কিন্তু বটগাছ তা পারে না—এটিও একটি বৈশিষ্ট্য।

কীভাবে কিছু বৈশিষ্ট্য অন্য বৈশিষ্ট্যের তুলনায় অধিক মৌলিক বৈশিষ্ট্য হিসেবে নির্ধারিত হয় তা বুঝতে হলে আমরা এখন জানার চেষ্টা করব কীভাবে একটি পাথরের প্রাচীর তৈরি করা হয়। এই প্রাচীর তৈরিতে ব্যবহৃত পাথরগুলো বিভিন্ন আকার ও আকৃতির হয়। প্রাচীরের সবচেয়ে উপরের পাথরখণ্ড টি তার নীচের পাথর খণ্ডক গুলো কীরূপ হবে তা ঠিক করতে পারে না। অপরদিকে, প্রাচীরের সবচেয়ে নীচের স্তরের পাথর খণ্ডকগুলোর আকার ও আকৃতি এটা ঠিক করতে পারবে যে তার ঠিক উপরের স্তরের পাথর খণ্ডকগুলোর আকার ও আকৃতি কীরূপ হবে। এইভাবেই প্রচীর নির্মাণের কাজটি এগিয়ে যাবে।

প্রাচীরের সর্বনিম্নস্তরের পাথর খণ্ডকগুলোর সাথে সেই বৈশিষ্ট্যগুলোর মিল রয়েছে যেগুলো সজীব বস্তুদের বড়ো বিভাগে বিভক্ত করার জন্য নির্ধারিত হয়েছিল। সজীব বস্তুর গঠন ও কাজ নির্ধারণের ক্ষেত্রে এই বৈশিষ্ট্যগুলো অন্য কোনো বৈশিষ্ট্য দ্বারা প্রভাবিত হয় না। পরবর্তী স্তরের বৈশিষ্ট্যগুলো পূর্ববর্তী স্তরের বৈশিষ্ট্যের উপর নির্ভর করে এবং এর পরবর্তী স্তরে বৈশিষ্ট্য কীরূপ হবে তা স্থির করে। এইভাবে আমরা শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতিতে ব্যবহৃত পারস্পরিক সম্পর্কযুক্ত বৈশিষ্ট্যের একটি সম্পূর্ণ কাঠামো গঠন করতে পারি।

বর্তমানে সজীব বস্তুর শ্রেণিবিন্যাস করার জন্য আমরা কোশের প্রকৃতির উপর ভিত্তি করে অসংখ্য আন্তঃসম্পর্কযুক্ত বৈশিষ্ট্য পর্যবেক্ষণ করি। শ্রেণিবিন্যাস কাঠামো (hierarchial classification) তে ব্যবহৃত এরূপ বৈশিষ্ট্যের কিছু বাস্তব উদাহরণ কী কী হতে পারে?

একটি ইউক্যারিওটিক কোশে নিউক্লিয়াসসহ বিভিন্ন পর্দাবৃত কোশীয় অঙ্গাণু থাকে। নিউক্লিয়াসের প্রভাবে বিভিন্ন কোশীয় প্রক্রিয়াগুলো পরস্পর থেকে পৃথকভাবে থেকে দক্ষতার সাথে সংঘটিত হতে পারে। তাই, যে সব জীবে সুস্পষ্ট সীমানা নির্দেশিত নিউক্লিয়াস এবং অন্যান্য কোশীয় অঙ্গাণু থাকে না সেই সব কোশের বিভিন্ন জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলো ভিন্নভাবে সংঘটিত হয়। কোশনকশার প্রতিটি বিষয়ই এর দ্বারা প্রভাবিত হয়। এছাড়া, নিউক্লিয়াসযুক্ত কোশ বিশেষ কাজ সম্পাদনের দায়িত্ব নিতে পারে বলে, এরা বহুকোশী জীব গঠনে অংশগ্রহণ করার ক্ষমতা রাখে। এই কারণে, নিউক্লিয়াস শ্রেণিবিন্যাস করার ক্ষেত্রে একটি মৌলিক বৈশিষ্ট্য হতে পারে।

বহুকোশী জীবে কোশগুলো কি এককভাবে থাকে নাকি তারা পরস্পরের কাছাকাছি এসে কোশগুচ্ছ গঠন করে এবং অবিভাজ্য কোশগুচ্ছ রূপে বেঁচে থাকে? যে কোশগুলো পরস্পর যুক্ত হয়ে একটি জীব সৃষ্টি করে তারা শ্রমবিভাজনের নীতি মেনে চলে। এই ধরনের দেহনকশা বিশিষ্ট জীবে সবগুলো কোশ দেখতে একরকম হয় না। প্রকৃতপক্ষে, এই কোশগুচ্ছগুলো বিশেষ ধরনের কাজ সম্পাদন করে। এর ফলেই বিভিন্ন জীবের দেহ নকশার মধ্যে মূল পার্থক্যের সৃষ্টি হয়। তাই অ্যামিবা ও কৃমির দেহনকশার মধ্যে অনেকটা পার্থক্য পরিলক্ষিত হয়। জীবরা কি সালোকসংশ্লেষ প্রক্রিয়ায় নিজের খাদ্য নিজে তৈরি করতে পারে? নিজের খাদ্য নিজে তৈরি করার জন্য এবং বাইরে থেকে খাদ্য সংগ্রহের জন্য ভিন্ন ধরণের খুবই জটিল দেহনকশার প্রয়োজন আছে কী?

- জীবদের মধ্যে যারা সালোকসংশ্লেষ প্রক্রিয়ায় নিজের খাদ্য নিজে তৈরি করে (যেমন সবুজ উদ্ভিদ) তাদের দেহ সংগঠন কীরূপ?
- প্রাণীদের ক্ষেত্রে একটি একক জীবদেহ কীভাবে গঠিত হয় এবং তার বিভিন্ন অংশগুলোই বা কীভাবে গঠিত হয়? আবার

বিভিন্ন কাজ সম্পাদনের জন্য বিশেষিত অঙ্গাগুলোই বা কী কী? আমরা দেখতে পাই যে, উপরের জিজ্ঞাস্য প্রশ্নগুলোর মধ্য দিয়েই হায়ারারকি বা শ্রেণিবিন্যাসের কাঠামো গঠিত হচ্ছে। দেহ নকশার যে বৈশিষ্ট্যগুলো উদ্ভিদের শ্রেণিবিন্যাসের জন্য বিবেচিত হয় সেগুলো প্রাণীর শ্রেণিবিন্যাসের জন্য বিবেচিত বৈশিষ্ট্যগুলো থেকে আলাদা হয়। এর কারণ হল এই যে, উদ্ভিদ ও প্রাণীর মূল দেহনক্সা পরস্পর থেকে পৃথক। উদ্ভিদের ক্ষেত্রে খাদ্য সংশ্লেষের জন্য উপযোগীদেহনকশা এবং প্রাণীদের ক্ষেত্রে খাদ্য সংগ্রহের জন্য উপযোগী দেহনকশার প্রয়োজন হয়। তাই জীবের দেহনকশা সম্পর্কিত এই সব বৈশিষ্ট্যগুলো (উদাহরণ হিসেবে কঙ্কালের উপস্থিতি) মূলত সাবগ্রুপ (Sub-group) বা উপপর্ব গঠনে সাহায্য করে, কিন্তু বড়ো গ্রুপ বা বিভাগ বা পর্ব গঠনে সাহায্য করে না।

প্রশ্নাবলি:

১. কোন্‌টিকে তুমি জীবের শ্রেণিবিন্যাসের জন্য অধিক প্রয়োজনীয় বৈশিষ্ট্য বলে মনে করো-
   (ক) যে স্থানে তারা বসবাস করে
   (খ) যে ধরনের কোশের সমন্বয়ে এরা গঠিত
২. যে প্রাথমিক বৈশিষ্ট্যের উপর ভিত্তি করে জীবকে বড়ো বা বৃহৎ গোষ্ঠীতে বিভক্ত করা হয়, সেই বৈশিষ্ট্যটি কী?
৩. কীসের উপর ভিত্তি করে উদ্ভিদ ও প্রাণীকে ভিন্ন ভিন্ন গ্রুপে রাখা হয়?

7.2. শ্রেণিবিন্যাস ও বিবর্তন (Classification and Evolution)

সজীব বস্তুদেরকে তাদের গঠন ও কাজের উপযোগী দেহনকশার উপর ভিত্তি করে সনাক্ত করণ ও গোষ্ঠীভুক্তিকরণ করা হয়। জীবের দেহনকশার কিছু বৈশিষ্ট্য অন্যান্য বৈশিষ্ট্যের তুলনায় অনেক বেশি পরিমাণে পরিবর্তন সূচিত করে। এক্ষেত্রে সময়কালেরও ভূমিকা রয়েছে। সুতরাং, যখন একটি নির্দিষ্ট দেহনক্সার সৃষ্টি হয়, এটি তখন ক্রমান্বয়ে আবির্ভূত বাকি সব দেহনকশার পরিবর্তনগুলোর প্রভাবকে নিয়ন্ত্রণ করে। সহজভাবে বলতে গেলে এর কারণ হল এই নকশাটি শুরু থেকেই জীবদেহে বর্তমান ছিল। অন্যভাবে বলতে গেলে যে বৈশিষ্ট্যগুলোর আবির্ভাব আগে হয়েছে সেগুলো, পরবর্তী সময়ে আবির্ভূত বৈশিষ্ট্যগুলোর তুলনায় অনেক বেশি মৌলিক।

এর অর্থ এই দাঁড়ায় যে, জীবকুলের শ্রেণিবিন্যাস তাদের বিবর্তনের সাথে অঙ্গাঙ্গীভাবে সম্পর্কিত। তাহলে, বিবর্তন কী? আমরা বর্তমানে যে সব জীবদের দেখি তাদের বেশিরভাগেরই আবির্ভাব ঘটেছিল দেহ নকশার সেই পরিবর্তনগুলোর একত্রিত হওয়ার মাধ্যমে, যে পরিবর্তনগুলো জীবদের সফলভাবে বেঁচে থাকতে সাহায্য করেছিল। 1859 সালে চার্লস ডারউইন তার পুস্তক 'The Origin of Species' এ সর্বপ্রথম বিবর্তনের এই ধারণাকে বিস্তৃতভাবে বর্ণনা করেছিলেন।

যখন আমরা বিবর্তনের ধারণার সঙ্গে শ্রেণিবিন্যাসকে যুক্ত করি তখন আমরা কিছু কিছু জীবগোষ্ঠীর মধ্যে এমন কিছু প্রাচীন দেহনকশা দেখতে পাই যেগুলোর উল্লেখযোগ্য কোনো পরিবর্তন ঘটেনি। আবার আমরা এমন কিছু জীবগোষ্ঠীও দেখতে পাই যারা তুলনামূলকভাবে তাড়াতাড়ি তাদের নির্দিষ্ট দেহনকশা লাভ করেছে। প্রথম গোষ্ঠীতে যারা রয়েছে প্রায়শই তাদের প্রাচীন বা নিম্নশ্রেণির জীবগোষ্ঠী বলা হয়। অপরদিকে, দ্বিতীয় গোষ্ঠীভুক্ত জীবদের উন্নত বা উচ্চ শ্রেণির জীবগোষ্ঠী বলে। বাস্তবে, এই পরিভাষা (term) গুলো সম্পূর্ণভাবে সঠিকও নয়, কারণ এরা ঠিকঠাকমতো পার্থক্যের সাথে সম্পর্কস্থাপন করতে পারে না। সবশেষে আমরা এটা বলতে পারি যে কিছু হল অপেক্ষাকৃত প্রাচীন জীবগোষ্ঠী এবং বাকি কিছু জীব হল তুলনামূলকভাবে নবীন জীবগোষ্ঠী। যেহেতু বিবর্তনকালে জীবের দেহনকশায় জটিলতার পরিমাণ বৃদ্ধি পাওয়ার সম্ভাবনা থাকে, তাই এটা বলা ভুল হবেনা যে, প্রাচীনতর জীবগুলো সরল প্রকৃতির এবং তুলনায় নতুন জীবগুলো অপেক্ষাকৃত অনেকটাই জটিল প্রকৃতির হয়।

আরও জানার বিষয়

জীববৈচিত্র্য বলতে বিভিন্ন জীবের মধ্যেকার বৈচিত্র্যকে বোঝায়। সাধারণত এই শব্দটি একটি নির্দিষ্ট অঞ্চলে বসবাসকারী বিভিন্ন ধরনের জীবদের বৈচিত্র্যকে বোঝায়। বিভিন্ন ধরনের জীবগোষ্ঠী একই পরিবেশীয় সম্পদ ভাগ করে নেয় এবং এক্ষেত্রে একটি জীব অপরটি দ্বারা প্রভাবিত হয়। এর ফলে বিভিন্ন প্রজাতি সমন্বিত একটি স্থিতিশীল জীব সম্প্রদায় গড়ে উঠতে পারে। ইদানিং কালে মানুষের কার্যকলাপেই জীব সম্প্রদায়ের এই ভারসাম্যের পরিবর্তন হচ্ছে। স্বভাবতই, এই জীব সম্প্রদায়গুলোর বৈচিত্র্য মাটি, জল, জলবায়ু ইত্যাদি দ্বারা প্রভাবিত হচ্ছে। মোটামুটি ভাবে গণনায় দেখা যাচ্ছে যে এই গ্রহে প্রায় 10 মিলিয়ন জীব প্রজাতি রয়েছে। যদিও এদের মধ্যে আমরা প্রকৃতপক্ষে মাত্র এক বা দুই মিলিয়ন প্রজাতি সম্পর্কে জানি। বিষুব রেখা ও কর্কটক্রান্তি রেখার মধ্যবর্তী পৃথিবীর উষ্ণ ও আর্দ্র অঞ্চলে বসবাসকারী উদ্ভিদ ও প্রাণীদের মধ্যে বৈচিত্র্য সবচেয়ে বেশি। এই অঞ্চলকে মেগাডাইভারসিটি (Mega diversity) অঞ্চল বলে। পৃথিবীর জীব বৈচিত্র্যের অর্ধেকেরও বেশি বৈচিত্র্য অল্প কয়েকটি দেশেই সীমাবদ্ধ। এই দেশগুলো হল ব্রাজিল, কলম্বিয়া, ইকুয়েডর, পেরু, মেক্সিকো, জাইরে মাদাগাস্কার, অস্ট্রেলিয়া, চীন, ভারত, ইন্দোনেশিয়া ও মালয়েশিয়া।

প্রশ্নাবলি:

১. কোন্ কোন্ জীবদের আদি জীব বলে এবং কীভাবে এরা তথাকথিত উন্নত জীব থেকে আলাদা?

২. উন্নত জীবগোষ্ঠী এবং জটিল জীবগোষ্ঠী কি একই রকমের হয়? যদি হয় তবে কেন?

7.3. শ্রেণিবদ্ধ জীবের সুনির্দিষ্ট কাঠামো (hierarchy)

আর্নস্ট হেকেল (1894), রবার্ট হুইটেকার (1969) এবং কার্লউজ (1977) এর মতো জীববিজ্ঞানীরা সব জীবদের বড়ো গোষ্ঠীতে অর্থাৎ রাজ্যে (kingdom) শ্রেণিবিভক্ত করার চেষ্টা করেছেন। হুইটেকার প্রবর্তিত শ্রেণিবিন্যাস এ মোট পাঁচটি রাজ্য রয়েছে। এগুলো হল — মনেরা, প্রোটিস্টা, ছত্রাক, উদ্ভিদগোষ্ঠী ও প্রাণীগোষ্ঠী। কোশের গঠন, পুষ্টিদ্রব্যের উৎস, পুষ্টিপদ্ধতি এবং দেহ সংগঠনের উপর ভিত্তি করেই এই গোষ্ঠীগুলো তৈরি করা হয়েছে। বিজ্ঞানী উজ (Woese) মনেরা কে আরকিব্যাকটিরিয়া (Archaebacteria) বা Archaea এবং ইউব্যাকটিরিয়াতে (অথবা ব্যাকটিরিয়া) বিভক্ত করেন। তিনি শ্রেণিবিন্যাসের যে পরিমার্জন করেছিলেন তাও প্রচলিত আছে। শ্রেণিবিন্যাসের পরবর্তী ধাপে বিভিন্ন স্তরের উপগোষ্ঠীর নামকরণ করা হয়। এই নামকরণের এরূপ একটি ছক নীচে দেখানো হল—

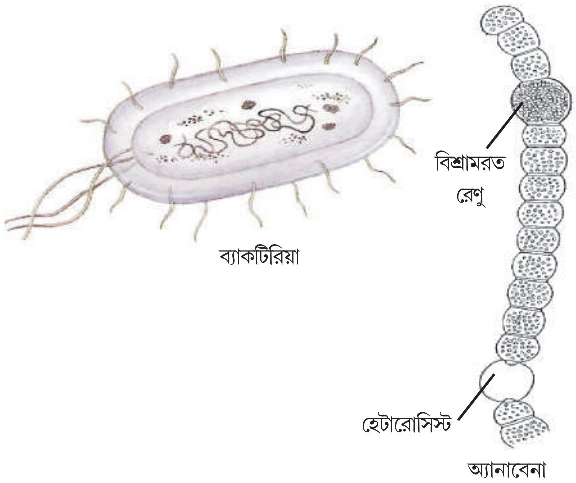
রাজ্য
  পর্ব (প্রাণীদের জন্য) / বিভাগ (উদ্ভিদের জন্য)
    শ্রেণি
      বর্গ
        গোত্র
          গণ
            প্রজাতি

তাই বৈশিষ্ট্যের ক্রমোচ্চ শ্রেণিবিন্যাস এর উপর ভিত্তি করে ছোটো ছোটো গোষ্ঠীতে আলাদা করার পর আমরা শ্রেণিবিন্যাসের যে মৌলিক এককটিতে পৌঁছাই সেটি হল প্রজাতি। সুতরাং কোন্ কোন্ জীবদের প্রায় একই প্রজাতিভুক্ত বলা যেতে পারে? মোটামুটিভাবে একটি প্রজাতির অন্তর্গত জীব বলতে সেই সব জীবদের বোঝায় যারা দেখতে একই রকমের হয়, কেবলমাত্র নিজেদের মধ্যে প্রজননে সক্ষম হয় এবং পৃথিবীতে টিকে থাকতে পারে।

হুইটেকারের পঞ্চরাজ্য-শ্রেণিবিন্যাসের গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্যগুলো নিম্নরূপ:

7.3.1. মনেরা (MONERA)

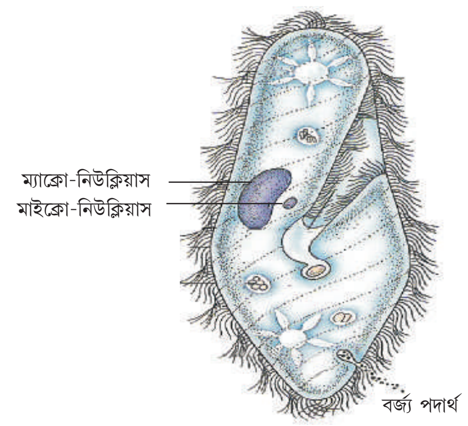
এই সব জীবদের কোশে সুস্পষ্ট নিউক্লিয়াস ও পর্দাবৃত কোশীয় অঙ্গাণু অনুপস্থিত। এমনকি এদের মধ্যে কারোর দেহেই বহুকোশী দেহসংগঠন থাকে না। অপরদিকে, অন্য অনেক বৈশিষ্ট্যের উপর ভিত্তি করে এরা বৈচিত্র্য প্রদর্শন করে। এদের মধ্যে কিছু জীবে কোশপ্রাচীর থাকে, আবার কিছু জীবে থাকে না। স্বভাবতই বহুকোশী জীবে কোশপ্রাচীর থাকা বা না থাকার তুলনায় এই ধরনের জীবে কোশপ্রাচীর থাকা বা না থাকা বিষয়টি এদের দেহ নকশায় অনেকটা ভিন্ন প্রভাব ফেলে। এই গোষ্ঠীভুক্ত কিছু জীবে স্বভোজী ও বাকি জীবগুলোতে পরভোজী পুষ্টি পদ্ধতি দেখা যায়। স্বভোজী পুষ্টি পদ্ধতিতে এরা নিজের খাদ্য নিজে তৈরি করে। পরভোজী পুষ্টি পদ্ধতিতে এরা পরিবেশ থেকে পুষ্টি দ্রব্য সংগ্রহ করে। এই গোষ্ঠীভুক্ত জীবদের মধ্যে রয়েছে ব্যাকটিরিয়া, নীলাভ সবুজ শৈবাল বা সায়ানোব্যাকটিরিয়া এবং মাইকোপ্লাজমা। চিত্র 7.1 এ এই গোষ্ঠীর কিছু জীবদের দেখানো হয়েছে।



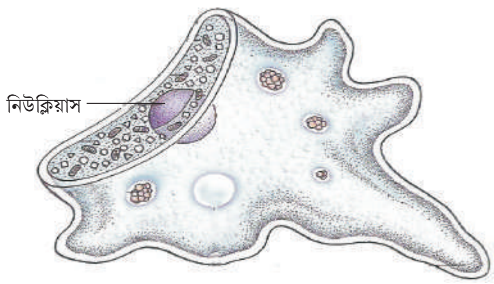
চিত্র *7.1* : মনেরা (Monera)

7.3.2 প্রোটিস্টা (Protista)

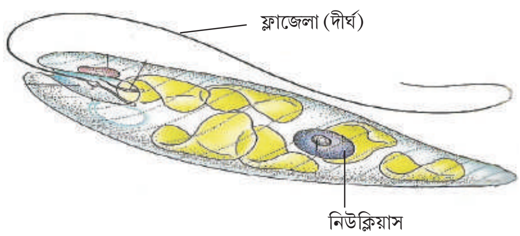
বিভিন্ন ধরনের এককোশী ইউক্যারিওটিক জীব এই গোষ্ঠীর অন্তর্ভুক্ত। এদের মধ্যে কিছু জীব চুলের মতো সিলিয়া বা চাবুকের মতো ফ্লাজেলা জাতীয় উপাঙ্গের সাহায্যে গমনাগমন করে। এদের পুষ্টি পদ্ধতি স্বভোজীয় বা পরভোজীয় উভয় প্রকারের হতে পারে। উদাহরণ- এককোশী শৈবাল, ডায়াটম এবং প্রোটোজোয়া (চিত্র 7.2 তে এই গোষ্ঠীর কিছু জীবদের দেখানো হয়েছে।



প্যারামেসিয়াম (***Paramecium***)



অ্যামিবা (***Amoeba***)

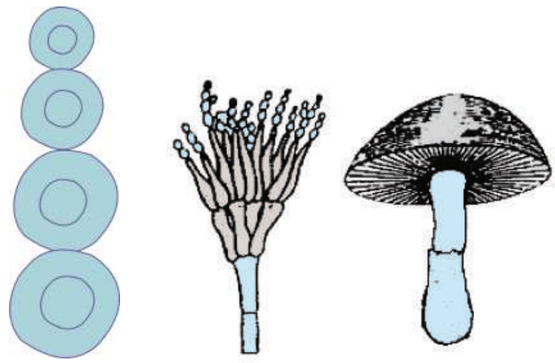


ইউগ্লিনা (***Euglena***)

চিত্র 7.2 বিভিন্ন ধরনের প্রোটিস্ট

7.3.3 ছত্রাক (Fungi)

এরা সবাই পরভোজী ইউক্যারিওটিক জীব। এদের মধ্যে কেউ কেউ পচনশীল জৈব বস্তু থেকে পুষ্টি সংগ্রহ করে। তাই এদের মৃতজীবী বলে। বাকী জীবদেরকে পোষক জীবের সজীব প্রোটোপ্লাজম থেকে পুষ্টি সংগ্রহ করতে হয় বলে এদের পরজীবী বলে। এদের মধ্যে বেশ কিছু জীব তাদের জীবনচক্রের কোনো কোনো দশায় বহুকোশী রূপ নেয়। এদের কোশপ্রাচীর একটি দৃঢ় জটিল শর্করা দ্বারা গঠিত। এই জটিল শর্করাটি হল কাইটিন। উদাহরণ– ইস্ট, মোল্ড (Mold) এবং মাশরুম (চিত্র 7.3 তে উদাহরণগুলো দেখানো হয়েছে)



Saccharomyces (ইস্ট) ***Penicillium*** (মোল্ড) ***Agaricus*** (মাশরুম)

চিত্র *7.3 :* ছত্রাক

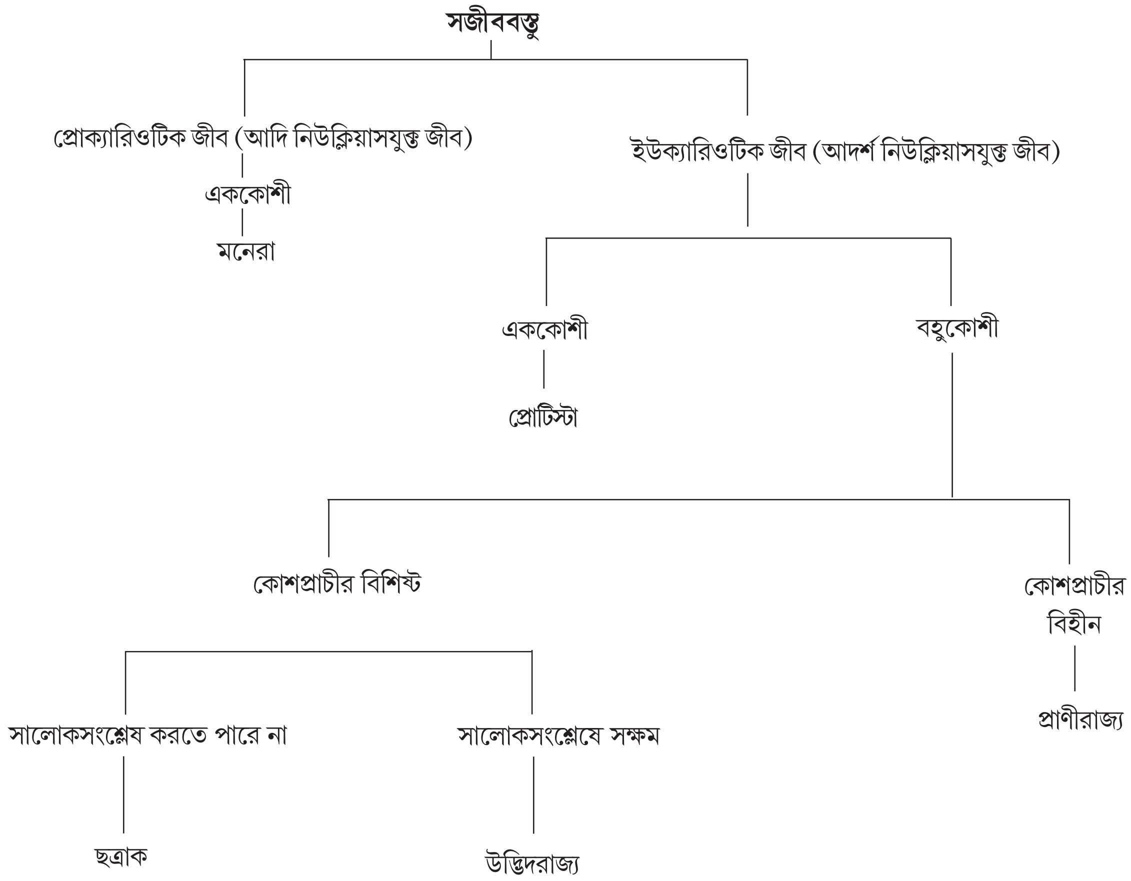
কিছু কিছু ছত্রাক-প্রজাতি নীলাভ সবুজ শৈবাল বা সায়ানোব্যাকটিরিয়া এর সাথে একটি স্থায়ী, পরস্পর নির্ভরশীল সম্পর্ক গঠন করে বেঁচে থাকে। এ ধরনের সম্পর্ককে মিথোজীবীতা বলে। নীলাভ সবুজ শৈবাল ও ছত্রাকের এরূপ মিথোজীবীয় সহাবস্থানকে লাইকেন বলে। বৃক্ষজাতীয় উদ্ভিদের বাকলে ধীরগতিতে বর্ধনশীল যে বড়ো আকারের রঙিন ছোপ দেখতে পাওয়া যায় সেটিই লাইকেন।

7.3.4 উদ্ভিদ রাজ্য (Plantae)

এরা সবাই কোশপ্রাচীর বিশিষ্ট বহুকোশী ইউক্যারিওটিক জীব। এরা স্বভোজী এবং ক্লোরোফিলের সাহায্যে সালোকসংশ্লেষ করে। তাই সব উদ্ভিদই এই রাজ্যভুক্ত। যেহেতু আমাদের চারপাশে যে জীব বৈচিত্র্য রয়েছে তাদের মধ্যে বেশিরভাগ দৃশ্যমান জীবই উদ্ভিদ বা প্রাণী রাজ্যভুক্ত তাই এই গোষ্ঠীর উপগোষ্ঠীগুলো নিয়ে কিছু পরে আলোচনা করব (7.4 অংশে)।

7.3.5 প্রাণী রাজ্য (Animalia)

বহুকোশী, ইউক্যারিওটিক, কোশপ্রাচীর বিহীন জীবরা এই রাজ্যভুক্ত। এরা পরভোজী। এই গোষ্ঠীর উপগোষ্ঠীগুলো নিয়ে একটু পরেই আমরা আলোচনা করব।



চিত্র: 7.4 পঞ্চরাজ্য শ্রেণিবিন্যাস

প্রশ্নাবলি:

১. মনেরা বা প্রোটিস্টা রাজ্যে অন্তর্ভুক্তির জন্য জীবদেরকে কোন্ মানদন্ডের ভিত্তিতে শ্রেণিবিন্যাস করতে হবে?

২. একটি এককোশী, ইউক্যারিওটিক, সালোকসংশ্লেষকারী জীবকে তুমি কোন্ রাজ্যের অন্তর্ভুক্ত করবে?

৩. শ্রেণিবিন্যাস কাঠামোর অন্তর্গত সর্বাধিক সাধারণ বৈশিষ্ট্য সম্পন্ন কোন্ গোষ্ঠীর জীব সংখ্যা সবচেয়ে কম এবং কোন্ গোষ্ঠীর জীব সংখ্যা সবচেয়ে বেশি?

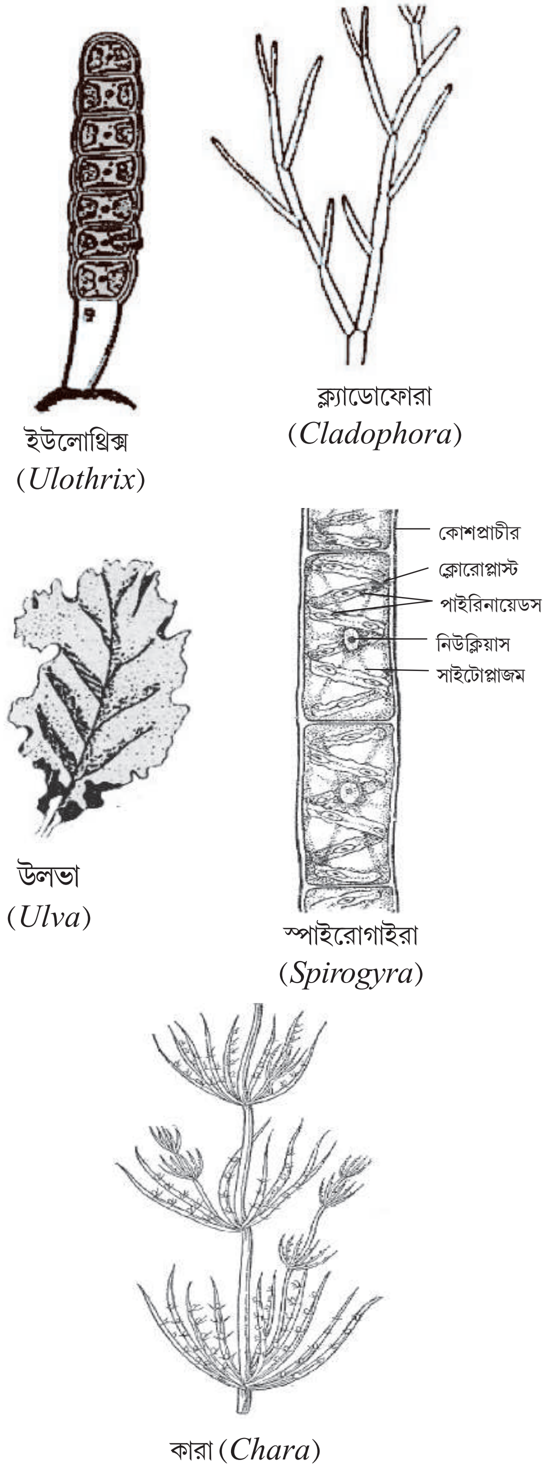
7.4 উদ্ভিদ রাজ্য (Plantae)

উদ্ভিদদের মধ্যে শ্রেণিবিন্যাসের প্রথম স্তরটি উদ্ভিদদেহ সম্পূর্ণরূপে বিভেদিত হয়ে সুনির্দিষ্ট অঙ্গ তৈরি করেছে কিনা তার উপর নির্ভর করে। শ্রেণিবিন্যাসের পরবর্তী স্তরটি নির্ভর করে বিভেদিত উদ্ভিদদেহে জল ও অন্যান্য বস্তু পরিবহণের জন্য বিশেষ কলা গঠিত হয়েছে কিনা তার উপর। উদ্ভিদরা বীজ ধারণে সক্ষম কিনা এবং বীজগুলো ফলের ভেতরে আবদ্ধ থাকে কিনা তার উপর শ্রেণিবিন্যাসের পরবর্তী ধাপ নির্ভর করে।

7.4.1 সমাঙ্গদেহী উদ্ভিদ (Thallophyta)

যে সব উদ্ভিদদের দেহ সম্পূর্ণরূপে বিভেদিত হয় না তারা এই গোষ্ঠীভুক্ত। এই গোষ্ঠীভুক্ত উদ্ভিদদের শৈবাল বলে। এদের বেশির ভাগই জলজ। উদাহরণ— স্পাইরোগাইরা, ইউলোথ্রিক্স,

ক্ল্যাডোফোরা, উলভা এবং কারা (চিত্র 7.5 দেখো)

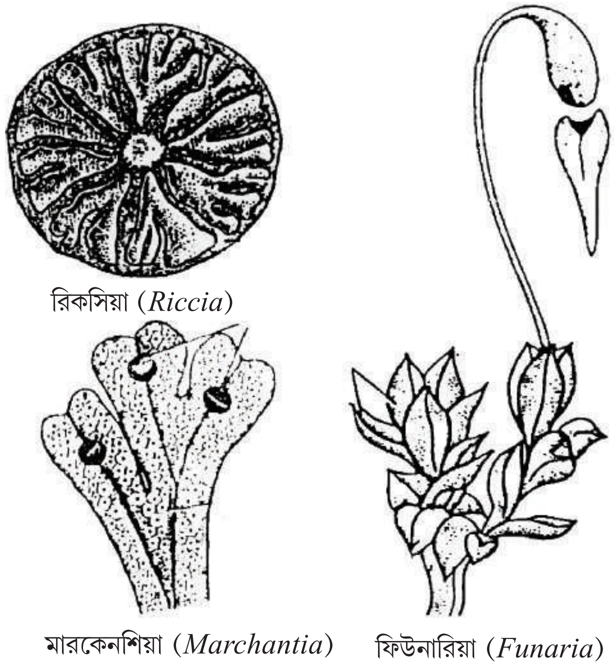


চিত্র 7.5 সমাঙ্গদেহী উদ্ভিদ—শৈবাল

7.4.2 ব্রায়োফাইটা (Bryophyta)

এই গোষ্ঠীভুক্ত উদ্ভিদদের উদ্ভিদরাজ্যের উভচর বলে। এদের উদ্ভিদ দেহ সাধারণত কান্ডের মতো ও পাতার মতো অংশে বিভেদিত হয়। তবে এদের দেহে একপ্রান্ত থেকে অন্যপ্রান্তে জল ও অন্যান্য বস্তু পরিবহনের জন্য বিশেষ ধরনের কোনো কলা থাকে না। উদাহরণ— ফিউনারিয়া(Funaria) (মস) এবং মারকেনশিয়া (Marchantia)

7.4.3 টেরিডোফাইটা (Pteridophyta)



চিত্র 7.6 কিছু সাধারণ ব্রায়োফাইটা গোষ্ঠীভুক্ত উদ্ভিদ

এই গোষ্ঠীভুক্ত উদ্ভিদদের দেহ মূল, কাণ্ড ও পাতায় বিভেদিত এবং এদের দেহের একপ্রান্ত থেকে অন্যপ্রান্তে জল ও অন্যান্য বস্তু পরিবহনের জন্য বিশেষ ধরনের কলা বর্তমান। এই গোষ্ঠীভুক্ত কিছু উদ্ভিদ হল — মারশিলিয়া (জলজ ফার্ন), টেরিস (স্থলজ ফার্ন), হর্সটেইল (ইক্যুইজিটাম)।

এই তিন গোষ্ঠীর (সমাঙ্গ দেহী, ব্রায়োফাইটা, টেরিডোফাইটা) উদ্ভিদেরই জনন অঙ্গগুলো খুবই অস্পষ্ট এবং এজন্য এদের ক্রিপ্টোগ্যামস(Cryptogams) বা লুক্কায়িত জনন অঙ্গ সমন্বিত উদ্ভিদ বলে।

অপরদিকে, যে সব উদ্ভিদে জনন অঙ্গগুলো সুস্পষ্টভাবে বিভেদিত থাকে এবং শেষে বীজ তৈরি করে তাদের সপুষ্পক

মারশিলিয়া *(Marsilea)*

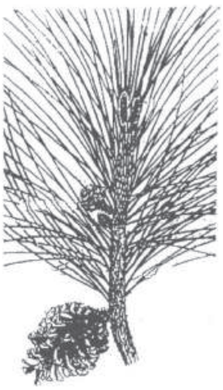
ফার্ন *(Fern)*

চিত্র: 7.7 : টেরিডোফাইটা

উদ্ভিদ (Phanerogams) বলে। যৌন জনন প্রক্রিয়ার ফলশ্রুতিতেই বীজ গঠিত হয়। বীজগুলো সঞ্চিত খাদ্যসহ ভ্রূণ নিয়ে গঠিত। এই সঞ্চিত খাদ্য অঙ্কুরোদ্গম কালে ভ্রূণের প্রাথমিক বৃদ্ধিতে সাহায্য করে। বীজগুলো নগ্ন, নাকি ফলের ভেতরে আবদ্ধ তার উপর ভিত্তি করে এই গোষ্ঠীকে আবার দুটি উপগোষ্ঠীতে ভাগ করা হয়—ব্যাক্তবীজী এবং গুপ্তবীজী।

7.4.4 ব্যক্তবীজী উদ্ভিদ (Gymnosperms)

'Gymnosperm' শব্দটি 'Gymno' and 'Sperma' এই দুটি গ্রিক শব্দ থেকে উদ্ভূত হয়েছে। 'Gymno' এর অর্থ হল নগ্ন এবং 'sperma' হল বীজ। এই গোষ্ঠীভুক্ত উদ্ভিদরা নগ্নবীজ ধারণ করে এবং সাধারণত বহুবর্ষজীবী, চিরসবুজ এবং কাষ্ঠল হয়। উদাহরণ- পাইন (Pine), সাইকাস(Cycas) ও দেওদার(Deodar) (চিত্র 7.8 এ উদাহরণগুলো দেখানো হয়েছে)


পাইন (*Pinus*)

সাইকাস (*Cycas*)

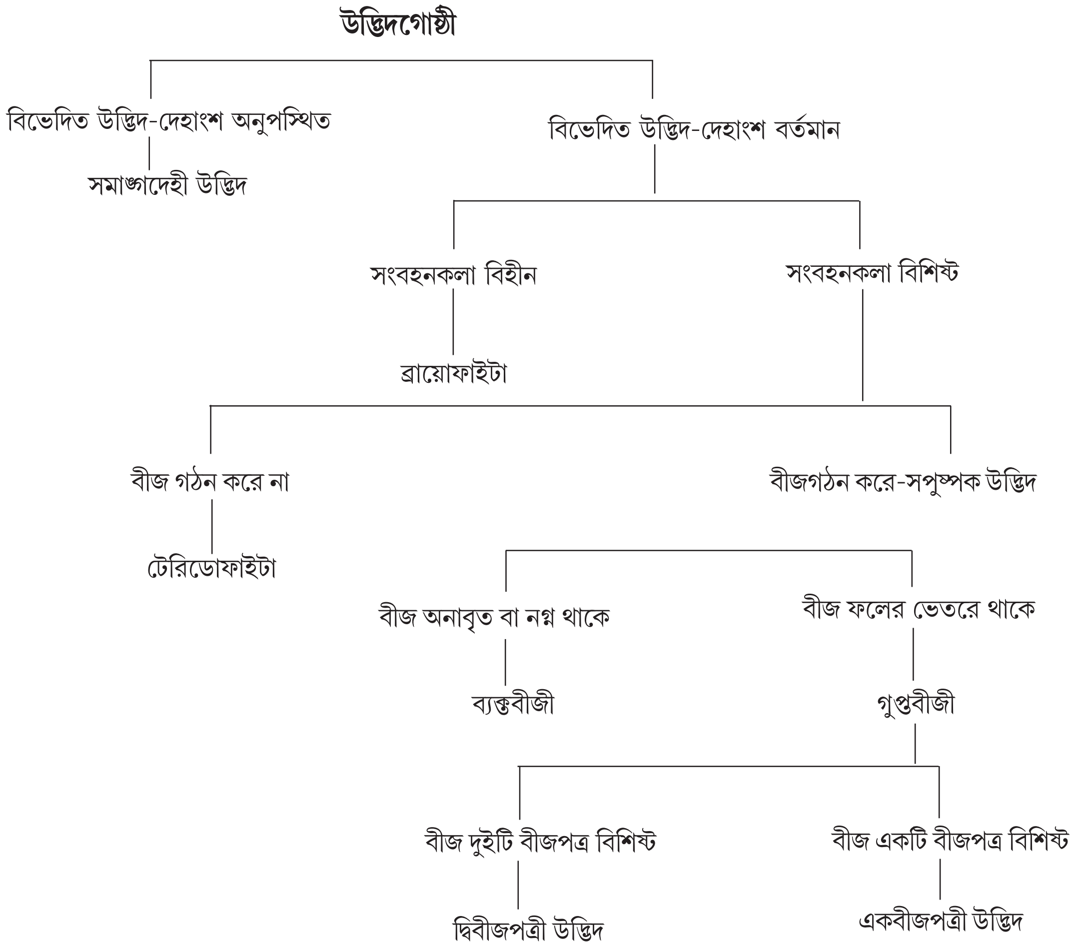
চিত্র 7.8 ব্যক্তজীবী উদ্ভিদ (Gymnosperms)

7.4.5 গুপ্তবীজী উদ্ভিদ (Angiosperms)

'Angiosperm' শব্দটি দুটি গ্রিক শব্দ 'Angio'-অর্থাৎ আবৃত এবং 'sperma' অর্থাৎ বীজ নিয়ে গঠিত। এদের সপুষ্পক উদ্ভিদও বলে। বীজগুলো গর্ভাশয়ের ভেতরে গঠিত হয় এবং গর্ভাশয় ফলে রূপান্তরিত হয়। উদ্ভিদের বীজ মধ্যস্থ ভ্রূণে বীজপত্র থাকে। এদের বীজপত্র বলে কারণ বীজের অঙ্কুরোদ্গামের সময় বহুক্ষেত্রেই এরা বীজের বাইরে বেরিয়ে আসে এবং পাতার মতো সবুজ বর্ণ ধারণ করে। বীজে উপস্থিত বীজপত্রের সংখ্যার উপর ভিত্তি করে গুপ্তবীজী উদ্ভিদকে দুটি গোষ্ঠীতে ভাগ করা হয়। এই দুটি গোষ্ঠী হল— (ক) একবীজপত্রী উদ্ভিদ— এই উদ্ভিদদের বীজে একটিমাত্র বীজপত্র থাকে। (খ) দ্বিবীজপত্রী উদ্ভিদ— এই উদ্ভিদের বীজে দুটি বীজপত্র থাকে(চিত্র 7.9 এবং 7.10 দেখো)।

চিত্র 7.9 একবীজপত্রী উদ্ভিদ

চিত্র 7.10 দ্বিবীজপত্রী উদ্ভিদ



চিত্র **7.11** উদ্ভিদের শ্রেণিবিভাগ

কাজ———————————————— *7.2*

- সবুজ ছোলা, গম, ভুট্টা, মটর ও তেঁতুলের বীজগুলো জলে ভেজাও। এগুলো একটু নরম হলে প্রতিটি বীজকে দুইভাগে ভাগ করার চেষ্টা করো। সবগুলো বীজকেই কি প্রায় সমান দুই ভাগে ভাগ করা যাবে?
- যে সব বীজ সমান দুইভাগে বিভক্ত হবে সেগুলো হল দ্বিবীজপত্রী উদ্ভিদের বীজ এবং যে বীজগুলো এরূপ ভাবে বিভক্ত হবেনা সেগুলো একবীজপত্রী উদ্ভিদের বীজ।
- এখন এই উদ্ভিদগুলোর মূল, পাতা ও ফুল পর্যবেক্ষণ করো।
- মূলগুলো কি প্রধানমূল না গুচ্ছমূল?
- পাতাগুলোতে সমান্তরাল না জালিকাকার শিরাবিন্যাস বর্তমান?
- এই উদ্ভিদগুলোর ফুলে কয়টি পাপড়ি দেখা যায়?
- এই পর্যবেক্ষণের উপর ভিত্তি করে একবীজপত্রী ও দ্বিবীজপত্রী উদ্ভিদের আর কোনো বৈশিষ্ট্য লিখতে পারবে কি?

প্রশ্নাবলি:

১. উদ্ভিদরাজ্যের কোন্ বিভাগে সরলতম উদ্ভিদগোষ্ঠী বর্তমান?
২. কীভাবে টেরিডোফাইটা গোষ্ঠীভুক্ত উদ্ভিদ থেকে সপুষ্পক উদ্ভিদ আলাদা?
৩. গুপ্তবীজী ও ব্যক্তবীজী উদ্ভিদরা পরস্পর থেকে কীভাবে আলাদা হয়?

প্রাণীরাজ্য (Animalia)

এই রাজ্যভুক্ত জীবরা ইউক্যারিওটিক, বহুকোশী ও পরভোজী হয়। এদের কোশে কোশপ্রাচীর থাকে না। বেশিরভাগ প্রাণীই সচল হয়।
দেহ-নকশার বিভেদীকরণের ধরন ও বিস্তৃতির উপর ভিত্তি করে প্রাণী রাজ্যকে আবার শ্রেণিবিভক্ত করা যায়।

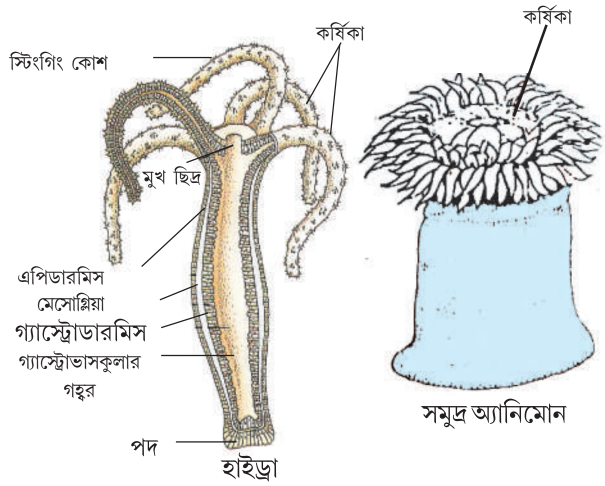
7.5.1 পরিফেরা (Porifera)

'পরিফেরা' শব্দটি দ্বারা ছিদ্রাল জীবদের বোঝায়। এই গোষ্ঠীভুক্ত প্রাণীরা চলাচল করতে পারে না এবং নিজেদেরকে কঠিন কোনো অবলম্বনের সাথে যুক্ত রাখে। এদের দেহে অসংখ্য ছিদ্র থাকে। এই ছিদ্রগুলো নালিকাতন্ত্রের সাথে যুক্ত থাকে। এই নালিকাতন্ত্র দেহে খাদ্য ও অক্সিজেন সরবরাহ করার জন্য সারাদেহে জল সরবরাহে সাহায্য করে। এই গোষ্ঠীর প্রাণীদের দেহে শক্ত কঙ্কাল দেখা যায়। এদের দেহনকশায় খুবই কম বিভেদীকরণ পরিলক্ষিত হয়। এক্ষেত্রে কোশ অল্প মাত্রায় বিভেদিত হয়ে কলা গঠন করে। এদের সাধারনভাবে স্পঞ্জ বলে এবং এদের প্রধানত: সামুদ্রিক পরিবেশে পাওয়া যায়। (চিত্র 7.12 এ এই পর্বের কিছু প্রাণীকে দেখানো হয়েছে)।

চিত্র 7.12 পরিফেরা (Porifera)

7.5.2 একনালীদেহী (Coelenterata) বা নিডারিয়া (Cnidaria)

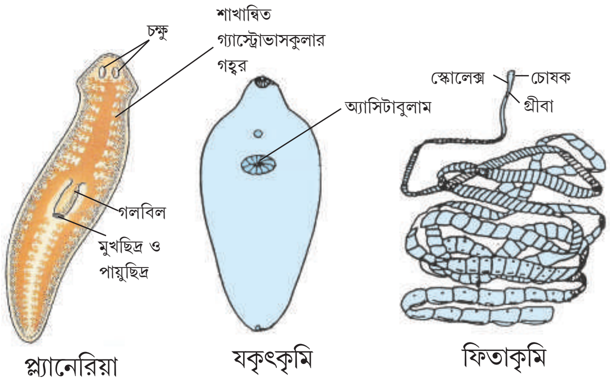
এই গোষ্ঠীভুক্ত প্রাণীরা জলে বাস করে। এদের দেহনকশায় অপেক্ষাকৃতভাবে বেশি বিভেদীকরণ দেখা যায়। এদের দেহ দুটি কোশস্তর নিয়ে গঠিত। একটি কোশস্তর দেহের বহিঃপ্রাকার গঠন করে এবং অপর কোশস্তরটি দেহের অন্তঃপ্রাকার তৈরি করে। এদের মধ্যে কিছু প্রজাতি কলোনি গঠন করে বেঁচে থাকে (যেমন—প্রবাল)। অপরদিকে এই গোষ্ঠীর অন্য প্রজাতির জীবরা একক ভাবে বেঁচে থাকে (যেমন—হাইড্রা)। একনালীদেহী প্রাণীদের মধ্যে জেলিফিস, সমুদ্র অ্যানিমোন অন্যতম। (চিত্র 7.13 এ এই গোষ্ঠীর কয়েকটি প্রাণী দেখানো হয়েছে।



চিত্র 7.13 একনালীদেহী প্রাণী (সিলেনটারেটা)

7.5.3 প্লাটিহেলমিনথেস (Platyhelminthes)

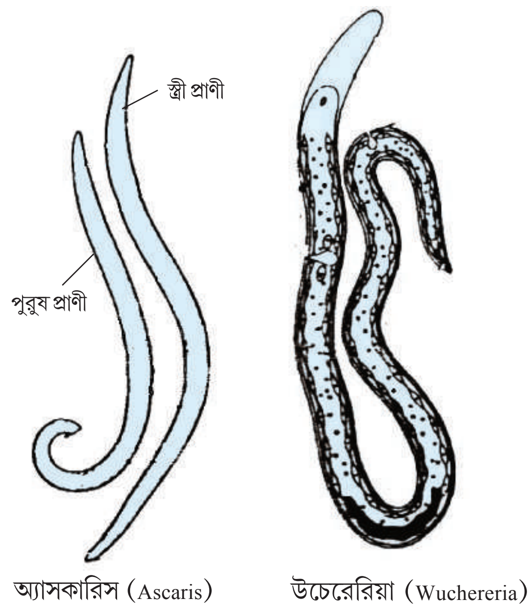
পূর্বে বর্ণিত দুই গোষ্ঠীর প্রাণীদের তুলনায় এই গোষ্ঠীর প্রাণীদের দেহগঠন অনেকটাই জটিল। এদের দেহ দ্বিপার্শ্বীয়ভাবে প্রতিসম অর্থাৎ দেহের বাম ও ডান অংশের দেহনকশা একইরকম হয়। এদের দেহ তিনটি কোশস্তর দ্বারা গঠিত এবং স্তরগুলো থেকেই বিভেদিত কলাসমষ্টি তৈরি হয়। এই কারণেই এই প্রাণীদের ত্রিস্তরী বলে। এই ত্রিস্তরী গঠনের জন্যই দেহের বহিঃপ্রাকার ও অন্তঃপ্রাকার গঠনের সাথে সাথে কিছু অঙ্গও তৈরি হয়। এইভাবে এদের দেহে বেশ কিছু কলা গঠিত হয়। তবে এদের দেহে কোনো প্রকৃত অভ্যন্তরীণ দেহগহ্বর বা সিলোম থাকে না, যার ভেতরে সুগঠিত অঙ্গগুলো থাকতে পারে। এদের দেহ দ্বিপার্শ্বীয় ভাবে চ্যাপ্টা (অর্থাৎ উপরের দিক থেকে নীচের দিকে) হয়। এই জাতীয় গঠনের কারণে এই সব প্রাণীদের চ্যাপ্টাকৃমি বলে। এরা স্বাধীনজীবী বা পরজীবী হয়। স্বাধীনজীবী প্রাণীদের মধ্যে রয়েছে প্ল্যানেরিয়া এবং পরজীবীদের মধ্যে রয়েছে যকৃৎকৃমি (চিত্র 7.14 এ এই পর্বের কিছু প্রাণী দেখানো হয়েছে)



চিত্র 7.14 প্লাটিহেলমিনথেস (চ্যাপ্টাকৃমি)

7.5.4 নিমাটোডা (Nematoda)

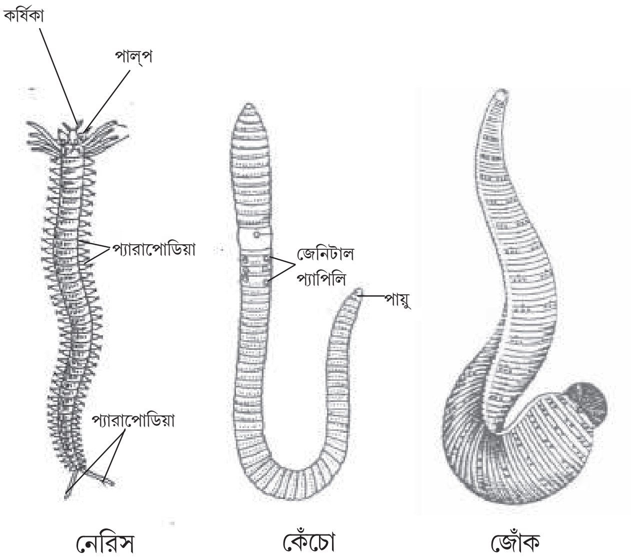
এই গোষ্ঠীভুক্ত প্রাণীদের দেহ দ্বিপার্শ্বীয়ভাবে প্রতিসম ও ত্রিস্তরী। তবে এদের দেহ চ্যাপ্টা না হয়ে নলাকার হয়। এদের দেহে কলাসমষ্টি থাকলেও কোনো প্রকৃত অঙ্গ থাকে না। এদের দেহে একধরনের দেহগহ্বর বা সিউডোসিলোম বর্তমান। এই গোষ্ঠীর প্রাণীরা রোগসৃষ্টিকারী পরজীবী হিসেবে বিশেষভাবে পরিচিত। যেমন, গোদরোগ সৃষ্টিকারী কৃমি (গোদকৃমি বা ফাইলেরিয়াল ওয়ার্ম) অথবা অন্ত্রে বসবাসকারী কৃমি (গোলাকৃমি বা সুতাকৃমি)। (চিত্র 7.15 এ এই পর্বের কিছু প্রাণী দেখানো হয়েছে)।



চিত্র 7.15 নিমাটোডা (অ্যাস্কেলমিনথেস)

7.5.5 অ্যানিলিডা (Annelida)

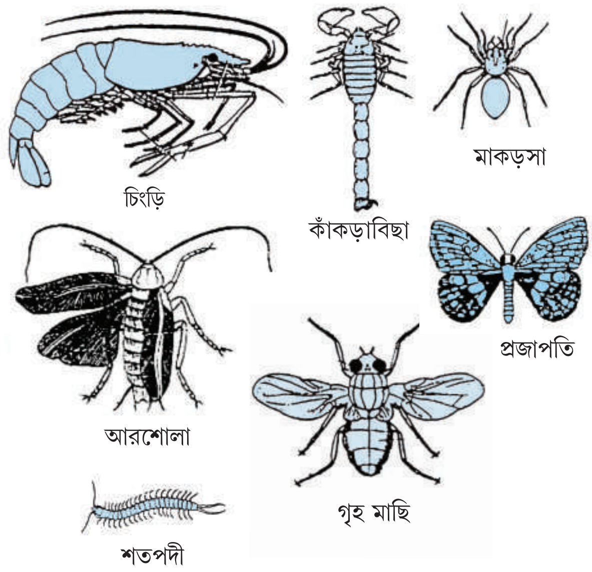
অ্যানিলিডা গোষ্ঠীভুক্ত প্রাণীরাও দ্বিপার্শ্বীয়ভাবে প্রতিসম ও ত্রিস্তরী হয়। এছাড়াও এদের দেহে প্রকৃত দেহগহ্বর বা সিলোম থাকে। এই দেহগহ্বর প্রকৃত অঙ্গগুলোকে দেহগঠনের মধ্যে একটি মোড়কে আবদ্ধ থাকতে সাহায্য করে। এই গোষ্ঠীভুক্ত প্রাণীদের দেহে অঙ্গের বিস্তৃত বিভেদীকরণ দেখা যায়। এই বিভেদীকরণ খণ্ডীভবনের কায়দায় ঘটে এবং এক্ষেত্রে মস্তক থেকে দেহের শেষ প্রান্ত পর্যন্ত খণ্ডকগুলো একটির উপর অপরটি সজ্জিত থাকে। এই গোষ্ঠীভুক্ত প্রাণীদের বিভিন্ন ধরণের পরিবেশে অর্থাৎ স্বাদুজলে, সমুদ্রের জলে এমনকি স্থলেও বাস করতে দেখা যায়। এই গোষ্ঠীর পরিচিত প্রাণীদের মধ্যে রয়েছে কেঁচো এবং জোঁক (চিত্র 7.16 -এ এই গোষ্ঠীর কিছু প্রাণী দেখানো হয়েছে)।



চিত্র 7.16 অ্যানিলিডা

7.5.6 আর্থ্রোপোডা (Arthropoda)

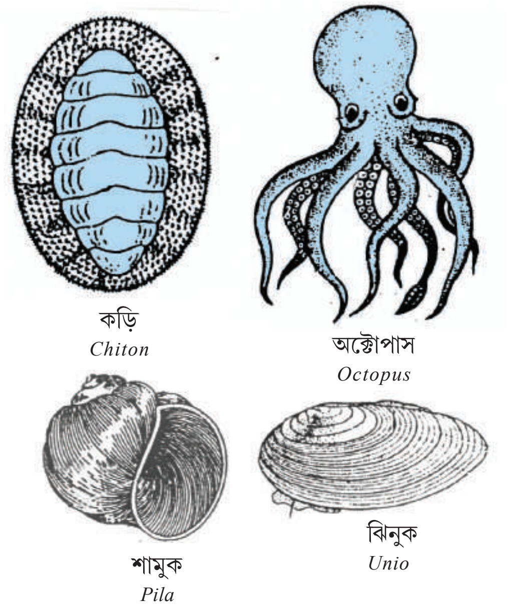
প্রাণীজগতের মধ্যে এটি সম্ভবত সবচেয়ে বড়ো গোষ্ঠী। এই গোষ্ঠীভুক্ত প্রাণীদের দেহ দ্বিপার্শ্বীয়ভাবে প্রতিসম এবং খণ্ডিত হয়। দেহে মুক্ত সংবহনতন্ত্র থাকে এবং রক্ত সুনির্দিষ্ট রক্তবাহের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়না। দেহগহ্বর বা সিলোমিক ক্যাভিটি রক্তপূর্ণ হয়। এদের দেহে সন্ধিল উপাঙ্গ ('Arthropod') কথাটির অর্থ হল সন্ধিল উপাঙ্গ) থাকে। এই গোষ্ঠীভুক্ত কয়েকটি পরিচিত প্রাণী হল—চিংড়ি, প্রজাপতি, মাছি, মাকড়সা, কাঁকড়া বিছা এবং কাঁকড়া। (চিত্র 7.17 দেখো)



চিত্র 7.17 আর্থোপোডা (সন্ধিপদী)

7.5.7 মোলাস্কা (Mollusca)

এই গোষ্ঠীভুক্ত প্রাণীদের দেহ দ্বিপার্শ্বীয়ভাবে প্রতিসম হয়। দেহগহ্বর বা সিলোমিক গহ্বরটি সংক্ষিপ্ত হয়। দেহে খুবই সামান্য খণ্ডীভবন দেখা যেতে পারে। এদের দেহে মুক্ত সংবহনতন্ত্র থাকে এবং এরা বৃক্কের মতো অঙ্গের সাহায্যে রেচন করে। দেহস্থিত মাংসল পদ গমনাগমনে সাহায্য করে। উদাহরণ শামুক, ঝিনুক (চিত্র 7.18 দেখো)।



চিত্র 7.18 মোলাস্কা (শম্বুক জাতীয় প্রাণী)

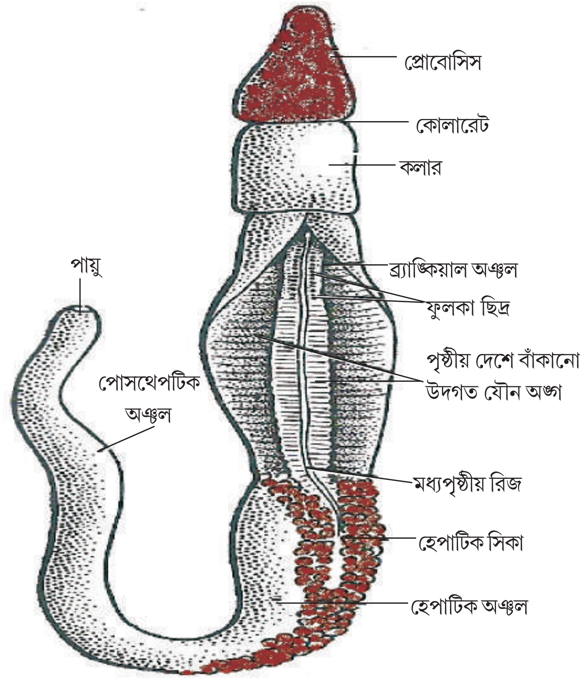
7.5.8 একাইনোডারমাটা (Echinodermata)

গ্রিক ভাষায় 'echinos' বলতে সজারু বা Hedgehog (কাঁটাযুক্ত স্তন্যপায়ী) কে এবং derma বলতে ত্বককে বোঝায়। এই গোষ্ঠীভুক্ত প্রাণীদের তাই কন্টকত্বক প্রাণী বলে। এরা সবাই স্বাধীনজীবী ও সামুদ্রিক হয়। এদের দেহ ত্রিস্তরী এবং দেহে প্রকৃত দেহগহ্বর বা সিলোম থাকে। এদের দেহে এক অদ্ভুত ধরনের জল নালীতন্ত্র দেখা যায় এবং এই তন্ত্রের সাহায্যে এই গোষ্ঠীর প্রাণীরা গমনাগমন করে। দেহে ক্যালসিয়াম কার্বনেট দ্বারা গঠিত একটি দৃঢ় গঠন দেখা যায় যা এদের দেহে কঙ্কাল রূপে ব্যবহৃত হয়। উদাহরণ — তারামাছ (Sea Star), সমুদ্র আর্চিন (Sea urchin)

চিত্র 7.19 একাইনোডারমাটা (কন্টকত্বকী)

7.5.9 প্রোটোকর্ডাটা (Protochordata)

এই গোষ্ঠীভুক্ত প্রাণীরা দ্বিপার্শ্বীয়ভাবে প্রতিসম, ত্রিস্তরী এবং প্রকৃত দেহগহ্বর বা সিলোম বিশিষ্ট হয়। এছাড়া এদের দেহ নকশায় একটি নতুন ধরনের দেহগঠন দেখা যায় এবং একে নটোকর্ড বলে। নটোকর্ড জীবনের কোনো না কোনো দশায় বা সারাজীবন ধরে প্রাণীদেহে অবস্থান করে। নটোকর্ড লম্বা, দণ্ডাকৃতির ভার বহনে সহায়ক একটি গঠন (কর্ড এর অর্থ হল দড়ি) যা দেহের পৃষ্ঠদেশ বরাবর অবস্থান করে এবং স্নায়ুকলাকে পৌষ্টিকনালী থেকে পৃথক রাখে। এটি পেশির সাথে যুক্ত থেকে প্রাণীদের গমনাগমনে সাহায্য করে। প্রোটোকর্ডাটা গোষ্ঠীভুক্ত সব প্রাণীদের দেহে প্রকৃত নটোকর্ড জীবনের সব দশায় বা দেহের সম্পূর্ণ দৈর্ঘ্য বরাবর নাও থাকতে পারে। প্রোটোকর্ডাটা গোষ্ঠীভুক্ত প্রাণীরা সামুদ্রিক হয়। উদাহরণ- বেলানোগ্লসাস (*Balanoglossus*) হার্ডমেনিয়া (*Herdmania*), অ্যাম্ফিঅক্সাস (*Amphioxus*) (চিত্র 7.20 দেখো)



চিত্র 7.20 প্রোটোকর্ডাটা: বেলানোগ্লসাস

7.5.10 মেরুদণ্ডী (Vertebrata)

এই গোষ্ঠীভুক্ত প্রাণীদের দেহে প্রকৃত মেরুদণ্ড এবং অন্তঃকঙ্কাল দেখা যায়। এদের উপস্থিতির জন্য দেহে একটি সম্পূর্ণ ভিন্ন ধরনের পেশিতন্ত্রের বিস্তৃতি ঘটে, যা এই প্রাণীদের গমনাগমনে সাহায্য করে।

মেরুদণ্ডী প্রাণীরা দ্বিপার্শ্বীয়ভাবে প্রতিসম, ত্রিস্তরী, প্রকৃত দেহগহ্বর বা সিলোমযুক্ত ও খণ্ডযুক্ত হয়। এদের দেহে দেহকলা ও অঙ্গের জটিল বিভেদীকরণ দেখা যায়। সব কর্ডাটা গোষ্ঠীভুক্ত প্রাণীদের দেহে নিম্নেবর্ণিত বৈশিষ্ট্যগুলো বিদ্যমান।

ক) নটোকর্ড বর্তমান
খ) পৃষ্ঠীয় ফাঁপা স্নায়ুরজ্জু উপস্থিত
গ) ত্রিস্তরী গঠন বিশিষ্ট
ঘ) যুগ্ম ফুলকা ছিদ্র উপস্থিত
ঙ) প্রকৃত দেহগহ্বর বা সিলোম বিশিষ্ট

উল্লেখ্য, প্রোটোকর্ডাটা ও ভার্টিব্রাটা নিয়ে কর্ডাটাগোষ্ঠী গঠিত হয়।

মেরুদণ্ডী গোষ্ঠীকে আবার ছয়টি শ্রেণিতে ভাগ করা হয়।

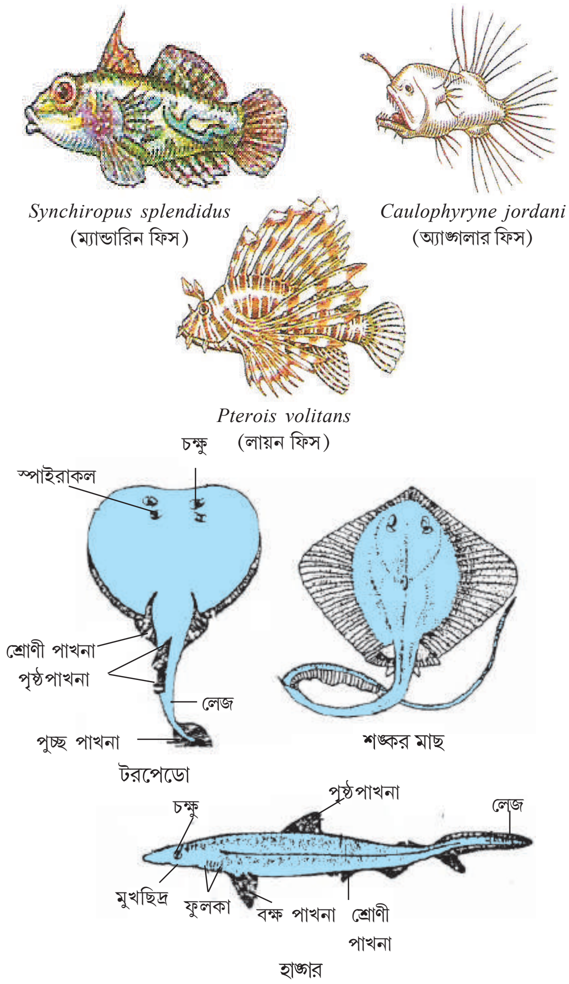
7.5.10 (ক) সাইক্লোস্টোমাটা (Cyclostomata)

সাইক্লোস্টোমাটা শ্রেণিভুক্ত মেরুদন্ডী প্রাণীরা চোয়ালবিহীন। এদের প্রধান বৈশিষ্ট্যগুলো হল—বান-মাছের (এক ধরনের সর্পিলাকার মাছ) মতো লম্বাটে দেহ, গোলাকার মুখছিদ্র বিশিষ্ট, আঁশবিহীন ও মসৃণ দেহত্বক এবং এরা বহিঃপরজীবী হয় বা অন্য মেরুদণ্ডী প্রাণীদের দেহত্বকে ছিদ্র বা গর্ত সৃষ্টি করতে পারে। এই শ্রেণির প্রাণীদের মধ্যে রয়েছে ল্যাম্প্রে (Petromyzon) এবং হ্যাগ ফিস (Myxine)

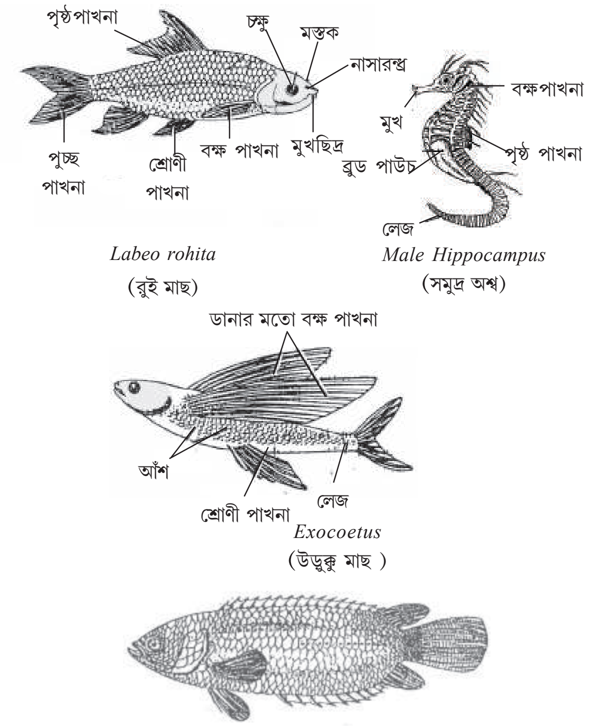
চিত্র 7.21 একটি চোয়ালবিহীন মেরুদন্ডী প্রাণী: ল্যাম্প্রে (Petromyzon)

7.5.10 (খ) মৎস (Pisces)

বিভিন্ন ধরনের মাছ এই শ্রেণিভুক্ত। এরা পুরোপুরি ভাবে জলজ প্রাণী। এদের ত্বক আঁশ বা প্লেট দ্বারা আবৃত থাকে। এরা ফুলকার সাহায্যে জলে দ্রবীভূত অক্সিজেন গ্রহণ করে। প্রবাহরেখার মতো (streamlined) দেহ এবং পেশিবহুল লেজ এদেরকে গমনে সহায়তা করে। এরা অনুষ্ণশোণিত প্রাণী এবং এদের হৃদপিণ্ডটি দুই প্রকোষ্ঠ বিশিষ্ট হয়, মানুষের হৃদপিণ্ডের ন্যায় চার প্রকোষ্ঠ বিশিষ্ট হয় না। এদের মধ্যে বেশিরভাগই ডিম পাড়ে। এই গোষ্ঠীতে বিভিন্ন ধরনের মাছ রয়েছে। কিছু কিছু মাছের অন্তঃকঙ্কাল সম্পূর্ণভাবে তরুনাস্থি নির্মিত (যেমন-হাঙ্গর)। আবার কিছু কিছু



চিত্র 7.22 (ক) মৎস্য



Labeo rohita (রুই মাছ)

Male Hippocampus (সমুদ্র অশ্ব)

Exocoetus (উড্ডুক্কু মাছ)

Anabas (ক্লাইম্বিং পার্চ-কই মাছ)

Fig. 7.22 (b): *Pisces*

মাছের অন্তঃকঙ্কাল অস্থি ও তরুণাস্থি উভয় দ্বারাই গঠিত (যেমন- টুনা মাছ, রুই মাছ)। চিত্র 7.22 (ক) এবং 7.22 (খ) তে বিভিন্ন ধরনের মাছ দেখানো হয়েছে।

7.5.10 (গ) উভচর (Amphibia)

এই শ্রেণিভুক্ত প্রাণীরা যে যে বৈশিষ্ট্যগত দিক থেকে মৎস শ্রেণিভুক্ত প্রাণীদের থেকে আলাদা সেগুলোর মধ্যে রয়েছে- দেহে আঁশের অনুপস্থিতি, ত্বকে মিউকাস গ্রন্থির উপস্থিতি এবং একটি তিন প্রকোষ্ঠ বিশিষ্ট হৃদপিণ্ডের উপস্থিতি। এরা ফুলকা বা ফুসফুসের সাহায্যে শ্বাসক্রিয়া চালায়। উভচর প্রাণীরা ডিম পাড়ে। এরা জল ও স্থল উভয় পরিবেশেই বেঁচে থাকতে পারে। এই শ্রেণিভুক্ত প্রাণীদের মধ্যে রয়েছে কোলা ব্যাঙ, কুনো ব্যাঙ, স্যালামান্ডার (চিত্র 7.23 দেখো)।

চিত্র 7.23 উভচর (Amphibia)

7.5.10 (ঘ) সরীসৃপ (Reptilia)

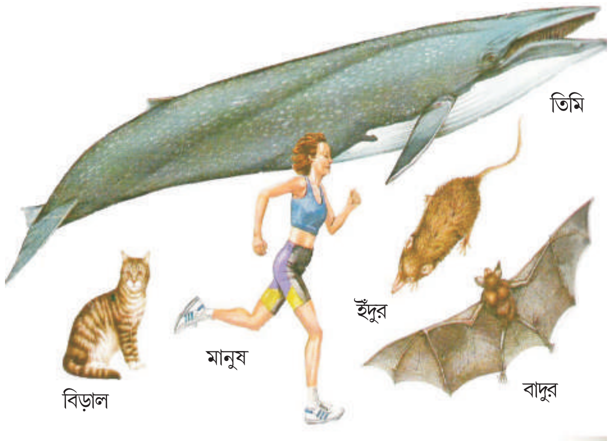
এই শ্রেণিভুক্ত প্রাণীরা অনুষ্ণশোণিত ও আঁশযুক্ত হয় এবং ফুসফুসের সাহায্যে শ্বাসকার্য চালায়। এই শ্রেণির প্রাণীদের হৃদপিণ্ডটি সাধারণত তিন প্রকোষ্ঠ বিশিষ্ট হয়। তবে কুমিরের হৃদপিণ্ড চার প্রকোষ্ঠ বিশিষ্ট । এরা ডিম পাড়ে এবং ডিমগুলো শক্ত খোলকবিশিষ্ট হয়। উভচর প্রাণীদের মতো এদের জলে ডিম পাড়ার প্রয়োজন হয় না। এই শ্রেণির কয়েকটি প্রাণী হল— সাপ, কচ্ছপ, টিকটিকি ও গিরগিটি (লিজার্ড), কুমির (চিত্র 7.24 দেখো)

চিত্র: 7.24 সরীসৃপ (Reptilia)

7.5.10 (ঙ) পক্ষী (Aves)

এই শ্রেণির প্রাণীরা উষ্ণশোণিত এবং এদের হৃদপিণ্ড চার প্রকোষ্টবিশিষ্ট হয় ও এরা ডিম পাড়ে। এদের দেহ পালকে ঢাকা থাকে এবং অগ্রপদ ডানায় রূপান্তরিত হয়। এরা ফুসফুসের সাহায্যে শ্বাসকার্য চালায়। সব ধরনের পাখিই এই শ্রেণিভুক্ত। (চিত্র 7.25 এ বিভিন্ন ধরনের পাখির উদাহরণগুলো দেখো)

চিত্র: **7.25 Aves** (পক্ষী)



চিত্র: **7.26** স্তন্যপায়ী প্রাণী

প্রশ্নাবলি :

১। পরিফেরা গোষ্ঠীভুক্ত প্রাণীরা একনালীদেহী গোষ্ঠীভুক্ত প্রাণীদের থেকে কী কী ভাবে আলাদা ?

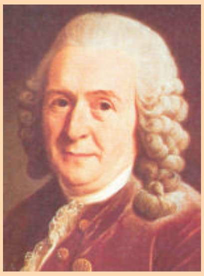
২। অ্যানিলিডা গোষ্ঠীভুক্ত প্রাণীরা কীভাবে আর্থ্রোপোডা গোষ্ঠীভুক্ত প্রাণীদের থেকে আলাদা ?

৩। উভচর ও সরীসৃপ শ্রেণির প্রাণীদের মধ্যে কী কী পার্থক্য রয়েছে ?

৪। পক্ষী শ্রেণির অন্তর্ভুক্ত প্রাণী এবং স্তন্যপায়ী শ্রেণির অন্তর্ভুক্ত প্রাণীদের মধ্যে কী কী পার্থক্য দেখা যায় ?

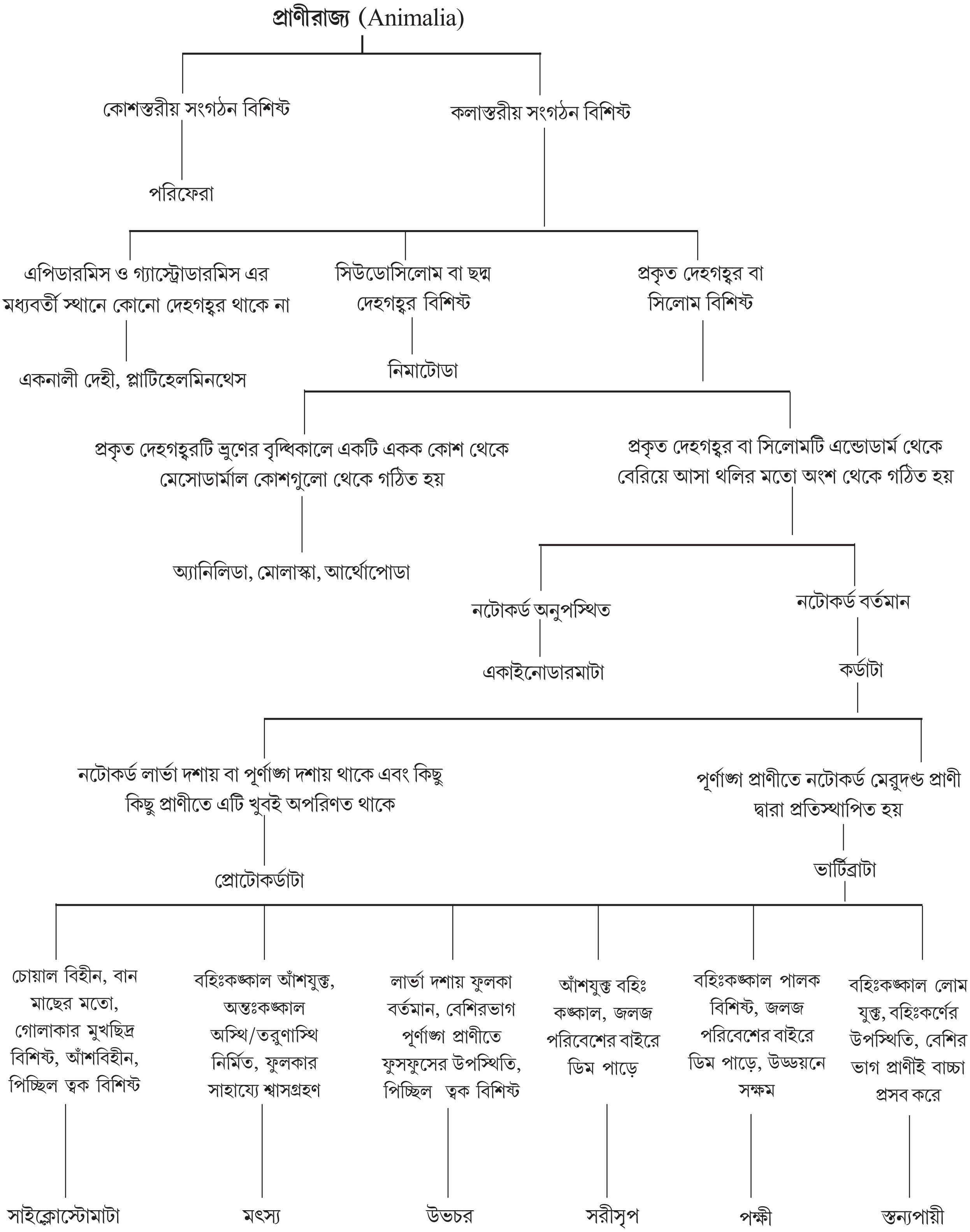
7.5.10 (চ) স্তন্যপায়ী (Mammalia)

স্তন্যপায়ীরা উষ্ণশোণিত প্রাণী এবং এদের হৃদপিণ্ড চার প্রকোষ্ঠ বিশিষ্ট হয়। এদের দেহে স্তনগ্রন্থি থাকে। স্ত্রী প্রাণীদের স্তন গ্রন্থিতে উৎপন্ন দুগ্ধ শিশুপ্রাণীদের পুষ্টি জোগায়। এদের ত্বক লোমে ঢাকা থাকে। এছাড়া এদের ত্বকে ঘর্মগ্রন্থি ও তৈলগ্রন্থি বর্তমান। আমাদের পরিচিত বেশিরভাগ স্তন্যপায়ী প্রাণী বাচ্চা প্রসব করে। যদিও এদের মধ্যে কিছু কিছু প্রাণী, যেমন প্লাটিপাস বা হংসচঞ্চু এবং পিপীলিকাভুক (Echidna) ডিম পাড়ে। আবার ক্যাঙারুর মতো কিছু প্রাণী খুবই অপরিণত বাচ্চা প্রসব করে। (চিত্র 7.26 এ কিছু স্তন্যপায়ী প্রাণী দেখানো হয়েছে)।



Carolus Linnaeus (1707-1778)

ক্যারোলাস লিনিয়াস (Carl von Linne) 1707 সালে সুইডেনে জন্মগ্রহণ করেন। পেশাগত ভাবে তিনি ছিলেন একজন চিকিৎসক। তিনি উদ্ভিদবিদ্যা অধ্যয়নে উৎসাহী ছিলেন। তাঁর মাত্র বাইশ বৎসর বয়সে উদ্ভিদবিদ্যার উপর লেখা তাঁর প্রথম বইটি প্রকাশিত হয়। একজন বিত্তশালী সরকারী কর্মচারীর গৃহ চিকিৎসক হিসেবে কাজ করতে করতে তিনি তার নিয়োগকর্তার বাগানে উদ্ভিদজগতের বৈচিত্র্য অধ্যয়ন করেন। পরবর্তী সময়ে তিনি প্রায় 14 টি গবেষণাপত্র এবং তার বিখ্যাত 'সিস্টেমা নাচুরি' (Systema Naturae) গ্রন্থটিও প্রকাশ করেন। এই গ্রন্থ থেকেই বিন্যাসবিধি সম্বন্ধীয় সব মৌলিক গবেষণাগুলো নেওয়া হয়েছিল। তার শ্রেণিবিন্যাস পদ্ধতিটি ছিল খুবই সরল। এই সরল পদ্ধতিতে উদ্ভিদদের এমনভাবে বিন্যস্ত করা হয়েছিল যাতে করে তাদের পুনরায় সনাক্তকরণ সম্ভব।



চিত্র 7.27 : প্রাণীজগতের শ্রেণিবিন্যাস

7.6 নামকরণ (Nomenclature)

সজীব বস্তুর সুসংবদ্ধ নামকরণ করা প্রয়োজন কেন?

কাজ——————————————7.3

- নিম্নলিখিত প্রাণী ও উদ্ভিদগুলোর নাম যতবেশি সংখ্যক ভাষায় সম্ভব খুঁজে বের করো:

  1. বাঘ 2. ময়ুর 3. পিঁপড়া

  4. নিম 5. পদ্ম 6. আলু

তাহলে তুমি অবশ্যই উপলব্ধি করতে পারছ যে, বিভিন্ন ভাষাভাষীর লোকেরা যখন একই জীবকে নিয়ে ভিন্ন ভিন্ন ভাষায় আলোচনা করে বা লেখে তখন ভাষার তারতম্যের জন্য ঐ জীবটিকে চেনা কঠিন হয়ে দাঁড়ায়। সারা পৃথিবীতে বিভিন্ন রাসায়নিক বস্তুকে বোঝানোর জন্য যেমন রাসায়নিক চিহ্ন ও সংকেতে ব্যবহার করা হয়, ঠিক একইভাবে সজীব বস্তুদের বোঝানোর জন্যও তাদের বিজ্ঞানসম্মত নামকরণের সর্বসম্মত সিদ্ধান্ত গৃহীত হয়। এইভাবেই জীবের নাম সংক্রান্ত সমস্যার সমাধান হয়েছিল। তাই কোনো জীবের বিজ্ঞানসম্মত নামটি অদ্বিতীয় এবং পৃথিবীর যে-কোনো স্থানে ঐ জীবটিকে সনাক্তকরণের জন্য সেই একই নাম ব্যবহৃত হতে পারে।

বর্তমান যে বিজ্ঞান সম্মত নামকরণ পদ্ধতি প্রচলিত আছে, বিজ্ঞানী ক্যারোলাস লিনিয়াম অষ্টাদশ শতাব্দীতে তার সূচনা করেছিলেন। কোনো জীবের বিজ্ঞানসম্মত নামকরণ শ্রেণিবিন্যাস প্রক্রিয়ারই ফলশ্রুতি যে প্রক্রিয়ায় ওই জীবটিকে তার সাথে সর্বাধিক সম্পর্কিত জীবের সাথে রাখা হয়। কিন্তু যখন আমরা প্রজাতিটির নাম বলি তখন এর সম্পূর্ণ শ্রেণিবিন্যাসের কাঠামোর উল্লেখ করি না। এর পরিবর্তে ঐ জীবটির নাম লেখার সময় আমরা তার গণগত ও প্রজাতিগত নামই শুধু উল্লেখ করি। সারা পৃথিবীতে সর্বসম্মত এই সিদ্ধান্তে আসা গেছে যে বিজ্ঞানসম্মত নামের দুটি পদই ল্যাটিন ভাষায় লিখতে হবে।

বিজ্ঞানসম্মত নাম লেখার সময় যে নির্দিষ্ট রীতিনীতি অনুসরণ করতে হবে সেগুলোর মধ্যে রয়েছে—

১। গণগত নামের প্রথম অক্ষরটি বড়ো হরফে লিখতে হবে।

২। প্রজাতিগত নামের প্রথম অক্ষরটি ছোটো হরফে লিখতে হবে।

৩। ছাপানোর সময় বিজ্ঞানসম্মত নাম বাঁকা হরফে ছাপতে হবে।

৪। হাতে লেখার সময়, গণগত ও প্রজাতিগত নামের নীচে পৃথকভাবে দাগ টানতে হবে।

কাজ——————————————7.4

- যে-কোনো পাঁচটি পরিচিত উদ্ভিদ ও প্রাণীর বিজ্ঞানসম্মত নাম বের করো। তাদের চেনার জন্য আমরা যে সাধারণ নাম ব্যবহার করি তার সাথে এই নামগুলোর কোনো মিল রয়েছে কি?

তোমরা যা শিখলে

- শ্রেণিবিন্যাস আমাদের জীববৈচিত্র্য অনুসন্ধানে সাহায্য করে।
- সব সজীব বস্তুকে পাঁচটি প্রধান রাজ্যে শ্রেণিবিভক্ত করার জন্য যে প্রধান বৈশিষ্ট্যগুলো বিবেচনা করা হয় সেগুলো হল—

(ক) এরা আদি নিউক্লিয়াসযুক্ত না আদর্শ নিউক্লিয়াসযুক্ত কোশ দ্বারা গঠিত?

(খ) কোশগুলো কি এককভাবে বেঁচে থাকে নাকি সংগঠিত হয়ে বহুকোশী জটিল জীব গঠন করে।

(গ) কোশগুলো কোশ প্রাচীর বিশিষ্ট কিনা এবং তারা নিজের খাদ্য নিজে তৈরি করতে পারে কিনা।

- উপরে উল্লিখিত বৈশিষ্ট্যের উপর ভিত্তি করে সব সজীব বস্তুকে পাঁচটি রাজ্যে বিভক্ত করা হয়। রাজ্যগুলো হল— মনেরা, প্রোটিস্টা, ছত্রাক, উদ্ভিদরাজ্য এবং প্রাণীরাজ্য
- সজীব বস্তুর শ্রেণিবিন্যাস তাদের বিবর্তনের সঙ্গে সম্পর্কিত।
- দেহ সংগঠনে উত্তোরোত্তর জটিলতা বৃদ্ধির উপর ভিত্তি করে উদ্ভিদ রাজ্য ও প্রাণী রাজ্যকে আবার কতগুলো উপগোষ্ঠীতে ভাগ করা হয়।
- উদ্ভিদরাজ্যকে পাঁচটি গোষ্ঠীতে ভাগ করা হয়। এগুলো হল— সমাঙ্গদেহী উদ্ভিদ, ব্রায়োফাইটা, টেরিডোফাইটা, ব্যক্তবীজী এবং গুপ্তবীজী।
- প্রাণীরাজ্যকে দশটি গোষ্ঠীতে ভাগ করা হয়। এগুলি হল—পরিফেরা, সিলেনটারেটা, প্লাটিহেলমিনথেস, নিমাটোডা, অ্যানিলিডা, আর্থ্রোপোডা, মোলাস্কা, একাইনোডারমাটা, প্রোটোকর্ডাটা এবং ভার্টিব্রাটা।
- দ্বিপদ নামকরণ আমাদের চারপাশের সুবিশাল বৈচিত্র্যপূর্ণ জীবের সনাক্তকরণের জন্য একটি অভিন্ন পদ্ধতি তৈরিতে সাহায্য করে।
- দ্বিপদ নামকরণ দুটি পদের সমন্বয়ে গঠিত— গণগত নাম এবং প্রজাতিগত নাম।

অনুশীলনী

1. সজীব বস্তুদের শ্রেণিবিভাগ করার সুবিধাগুলো কী কী?
2. কোনো শ্রেণিবিন্যাসের কাঠামো গঠনের জন্য ব্যবহৃত হবে এমন দুটি বৈশিষ্ট্যের মধ্য থেকে একটিকে কীভাবে নির্বাচন করবে?
3. কীসের ভিত্তিতে জীবগোষ্ঠীকে পাঁচটি রাজ্যে বিভক্ত করা হয় তা ব্যাখ্যা করো।
4. উদ্ভিদ রাজ্যের অন্তর্গত প্রধান গোষ্ঠীগুলো কী কী? কীসের ভিত্তিতে উদ্ভিদরাজ্যের এই বিভাজন করা হয়?
5. উদ্ভিদরাজ্যকে বিভিন্ন বিভাগে বিভক্ত করার জন্য যে মানদণ্ড স্থির করা হয়েছিল তা প্রাণীরাজ্যের শ্রেণিভুক্তকরণের জন্য স্থিরকৃত মানদণ্ড থেকে কীভাবে আলাদা?
6. মেরুদণ্ডী গোষ্ঠীভুক্ত জীবদেরকে আবার কীভাবে বিভিন্ন উপগোষ্ঠীতে ভাগ করা হয় তা ব্যাখ্যা করো।

অধ্যায় 8

গতি
MOTION

দৈনন্দিন জীবনে আমরা কিছু বস্তুকে স্থির এবং কিছু বস্তুকে গতিশীল দেখি। যেমন পাখি আকাশে ওড়ে, মাছ জলে সাঁতার কাটে, শিরা ধমনী দিয়ে রক্ত প্রবাহিত হয় এবং রাস্তায় যানবাহন চলে। অণু পরমাণু, গ্রহ নক্ষত্র এবং নক্ষত্রপুঞ্জ সবই গতিশীল। যখন কোনো বস্তুর অবস্থান সময়ের সাপেক্ষে পরিবর্তিত হয়, তখনই এর গতি আমরা উপলব্ধি করি। তবে কোনো কোনো ক্ষেত্রে পরোক্ষ প্রমাণের সাহায্যে গতির অস্তিত্ব উপলব্ধি করা যায়। যেমন গাছের পাতা ও ডালপালার নড়াচড়া, ধূলি ওড়া ইত্যাদি থেকে আমরা বায়ুর গতিকে বুঝতে পারি। সূর্যোদয়, সূর্যাস্ত এবং ঋতু পরিবর্তনের মতো ঘটনাগুলো কী কারণে ঘটে? এগুলো কি পৃথিবীর গতির জন্যই হয়? যদি তা হয়, তবে আমরা কেন সরাসরি পৃথিবীর গতি বুঝতে পারি না?

একই বস্তু একজনের কাছে স্থির এবং অন্যদের কাছে গতিশীল বলে মনে হতে পারে। গতিশীল বাসের আরোহীর কাছে রাস্তার পাশের গাছগুলোকে পেছনের দিকে গতিশীল বলে মনে হয়। রাস্তার পাশে দাঁড়ানো লোকের কাছে চলন্ত বাস এবং এর আরোহীদেরকে গতিশীল বলে মনে হয়। কিন্তু চলন্ত বাসে থাকা একজন আরোহী অন্য আরোহীদেরকে স্থির দেখে। এই পর্যবেক্ষণগুলো থেকে কী বোঝা যায়?

অধিকাংশ গতিই জটিল। কিছু বস্তু সরলরেখায়, আবার কিছু বস্তু বৃত্তপথে গতিশীল। কিছু বস্তু ঘূর্ণনশীল এবং কিছু সংখ্যক কম্পনশীলও হতে পারে। এমনও অবস্থা আছে যেখানে সবগুলো গতির সমন্বয় দেখা যায়। এ অধ্যায়ে আমরা প্রথমে বস্তুর সরলরৈখিক গতি নিয়ে আলোচনা করব। সরল সমীকরণ ও লেখচিত্রের সাহায্যে এরূপ গতিকে প্রকাশ করতেও আমরা শিখব। পরে আমরা বৃত্তীয় গতিকে বর্ণনা করার পদ্ধতিগুলো আলোচনা করব।

কাজ _______ 8.1

- তোমার শ্রেণিকক্ষের দেওয়ালগুলো স্থির, না গতিশীল আলোচনা করো।

কাজ _______ 8.2

- এমন কোনো অভিজ্ঞতা তোমার আছে কি যে, স্থির ট্রেনে বসে থেকেও ট্রেনটিকে গতিশীল বলে মনে হয়েছে?
- তোমার অভিজ্ঞতা অন্যদের সাথে আলোচনা করো।

ভেবে করো

আমরা কখনো-কখনো আমাদের চারদিকের বস্তুগুলোর গতির জন্য বিপদে পড়ি, বিশেষত যখন সে গতি হয় অনিশ্চিত ও অনিয়ন্ত্রিত, যেমনটা দেখা যায় প্লাবিত নদী, হ্যারিকেন বা সুনামিতে। অন্যদিকে বস্তুর নিয়ন্ত্রিত গতি জলবিদ্যুৎ উৎপাদনের মতো মানব কল্যাণকর কাজে ব্যবহার করা যেতে পারে। তুমি কি কিছু বস্তুর অনিশ্চিত গতি এবং তাদেরকে নিয়ন্ত্রণ করার উপায় সম্বন্ধে শিখতে চাও?

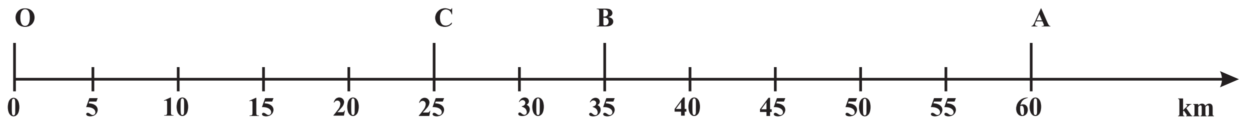
8.1 গতির বর্ণনা (Describing Motion)

কোনো বস্তুর অবস্থান আমরা একটি নির্দেশক বিন্দুর সাপেক্ষে বর্ণনা করি। চলো একটি উদাহরণের সাহায্যে বিষয়টি বোঝার চেষ্টা করি। ধরি, কোনো একটি গ্রামের বিদ্যালয় রেলস্টেশন থেকে 2 কিলোমিটার উত্তরে অবস্থিত। আমরা এখানে রেলস্টেশনের সাপেক্ষে বিদ্যালয়টির অবস্থান নির্দেশ করেছি। এই উদাহরণে রেলস্টেশনকে নির্দেশক বিন্দু হিসেবে নেওয়া হয়েছে। আমাদের সুবিধামতো অন্যান্য নির্দেশক বিন্দুও নিতে পারি। সুতরাং কোনো একটি বস্তুর অবস্থান বর্ণনা করতে একটি নির্দিষ্ট নির্দেশক বিন্দুর প্রয়োজন হয়, যাকে আমরা মূলবিন্দু বলি।

8.1.1 সরলরৈখিক গতি (Motion along a straight line)

সবচেয়ে সরলতম গতি হল সরলরৈখিক গতি। আমরা প্রথমে একটি উদাহরণের সাহায্যে বিষয়টি শিখব। সরলরৈখিক পথ বরাবর গতিশীল একটি বস্তুর গতিকে বিবেচনা করা যাক। বস্তুটি নির্দেশক বিন্দু 'O' থেকে তার যাত্রা শুরু করল (চিত্র 8.1)। ধরে নাও A, B এবং C বস্তুর বিভিন্ন মুহূর্তের অবস্থান নির্দেশ করছে। সর্বপ্রথমে বস্তুটি C তে এবং এরপর B তে এবং সর্বশেষে A তে পৌঁছাল। এরপর বস্তুটি একইপথে B হয়ে Cতে ফিরে এল।

35 km। এক্ষেত্রে সরণের মান (35 km) পথের দৈর্ঘ্য (85 km) এর সমান নয়। এছাড়া আমরা লক্ষ করব যে, কোনো গতিপথের ক্ষেত্রে সরণ শূন্য হতে পারে কিন্তু আনুষঙ্গিক দূরত্ব শূন্য নয়। যদি আমরা বস্তুটির 'O' তে ফিরে আসা পর্যন্ত গতিকে বিবেচনা করি, তবে বস্তুর অন্তিম অবস্থান প্রাথমিক অবস্থানের সাথে মিলে যায় এবং তাই সরণ শূন্য হয়। যদিও এই যাত্রাপথে অতিক্রান্ত দূরত্ব OA + AO = 60 km + 60 km = 120 km। এভাবে সরণ ও দূরত্ব — এই দুটি ভৌতরাশিকে বস্তুর সার্বিক গতি ব্যাখ্যা করতে এবং প্রদত্ত সময়ে বস্তুর প্রাথমিক অবস্থানের সাপেক্ষে অন্তিম অবস্থান নির্ধারণে ব্যবহার করা হয়।



চিত্র 8.1 : সরলরৈখিক পথে কোনো বস্তুর বিভিন্ন অবস্থান।

বস্তুটির অতিক্রান্ত মোট পথের দৈর্ঘ্য হল OA + AC অর্থাৎ 60 km + 35 km = 95 km। এটিই হল বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব। দূরত্বকে প্রকাশ করতে আমাদের শুধুমাত্র সাংখ্য মান নির্দেশ করলেই চলে, গতির দিক্‌নির্দেশের প্রয়োজন হয় না। এমন কতগুলো রাশি আছে যাদেরকে শুধুমাত্র সাংখ্য মানের দ্বারা প্রকাশ করা হয়। কোনো ভৌতরাশির সাংখ্য মানটিই (Numerical value) হল তার মান (Magnitude)। এ উদাহরণ থেকে তোমরা কি বস্তুর প্রাথমিক অবস্থান 'O' থেকে অন্তিম অবস্থান C এর দূরত্ব নির্ণয় করতে পারো? বস্তুর অবস্থানের এই ব্যবধান থেকে তুমি O থেকে A হয়ে C পর্যন্ত বস্তুটির সরণ (Displacement)-এর সাংখ্য মান পাবে। বস্তুর প্রাথমিক অবস্থান থেকে অন্তিম অবস্থানের ক্ষুদ্রতম দূরত্বকে ঐ বস্তুর সরণ বলে।

একটি বস্তুর সরণের মান ও বস্তু কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্ব সমান হতে পারে কি? 8.1 চিত্রে দেওয়া উদাহরণটি বিবেচনা করা যাক। O থেকে A পর্যন্ত বস্তুটির গতির ক্ষেত্রে, অতিক্রান্ত দূরত্ব 60 km এবং সরণের মানও 60 km। O থেকে A তে গিয়ে পুনরায় B তে ফিরে আসা পর্যন্ত বস্তুটির অতিক্রান্ত দূরত্ব = 60km + 25 km= 85 km, যদিও বস্তুর সরণের মান

কাজ ______ 8.3

- একটি মিটার স্কেল ও একটি দড়ি নাও।
- একটি বাস্কেটবল কোর্টের এক কোণ থেকে শুরু করে ধার বরাবর বিপরীত কোণ পর্যন্ত হেঁটে যাও।
- তোমার অতিক্রান্ত দূরত্ব ও সরণের মান পরিমাপ করো।
- এক্ষেত্রে দুটি রাশির মানে তুমি কী পার্থক্য লক্ষ করলে?

কাজ ______ 8.4

- যানবাহনে অতিক্রান্ত দূরত্ব দেখার জন্য একটি যন্ত্র যুক্ত থাকে। এরকম যন্ত্রকে ওডোমিটার বলে। একটি গাড়ি আগরতলা থেকে সাব্রুম গেল। ওডোমিটার যন্ত্রের প্রাথমিক পাঠ ও অন্তিম পাঠের পার্থক্য 134 km।
- ভারতের পথমানচিত্র (Road Map) ব্যবহার করে আগরতলা ও সাব্রুমের মধ্যে সরণের মান নির্ণয় করো।

প্রশ্নাবলি :

1. *একটি বস্তু একটি দূরত্ব অতিক্রম করল। এর সরণ শূন্য হতে পারে কি? যদি সত্যি হয় তবে একটি উদাহরণের সাহায্যে ব্যাখ্যা করো।*
2. *একজন কৃষক 40 সেকেন্ড সময়ে 10 মিটার বাহুবিশিষ্ট বর্গাকার মাঠের সীমানা বরাবর ঘুরে এল। 2 মিনিট 20 সেকেন্ড পরে প্রাথমিক অবস্থান থেকে কৃষকের সরণের মান কত হবে?*
3. *নীচের কোন্ বিবৃতিটি সত্য ?*
   - *(ক) সরণ শূন্য হতে পারে না।*
   - *(খ) সরণের মান বস্তু কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্ব অপেক্ষা বেশি।*

8.1.2 সুষম গতি এবং অসম গতি (Uniform motion and Non-uniform motion)

ধরে নাও, একটি বস্তু সরলরেখা বরাবর চলছে। ধরো, বস্তুটি প্রথম সেকেন্ডে 5m অতিক্রম করে। পরবর্তী সেকেন্ডে আরও 5m , তৃতীয় সেকেন্ডে 5m এবং চতুর্থ সেকেন্ডে 5m যায়। এক্ষেত্রে বস্তুটি প্রতি সেকেন্ডে 5m পথ অতিক্রম করে। যেহেতু বস্তুটি সমান সমান সময়ের ব্যবধানে সমান সমান দূরত্ব অতিক্রম করে, তাই বস্তুটি সুষম গতিতে গতিশীল বলা যায়। এক্ষেত্রে সময়ের ব্যবধান ক্ষুদ্র হতে হবে। আমাদের দৈনন্দিন জীবনে আমরা এমন সব গতির সম্মুখীন হই যেখানে সমান সমান সময়ের ব্যবধানে বস্তু অসম দূরত্ব অতিক্রম করে। উদাহরণস্বরূপ ভিড় রাস্তায় গতিশীল গাড়ি কিংবা পার্কে জগিংরত ব্যক্তির গতি-এগুলো অসমগতির কিছু নিদর্শন।

কাজ* ______________ *8.5

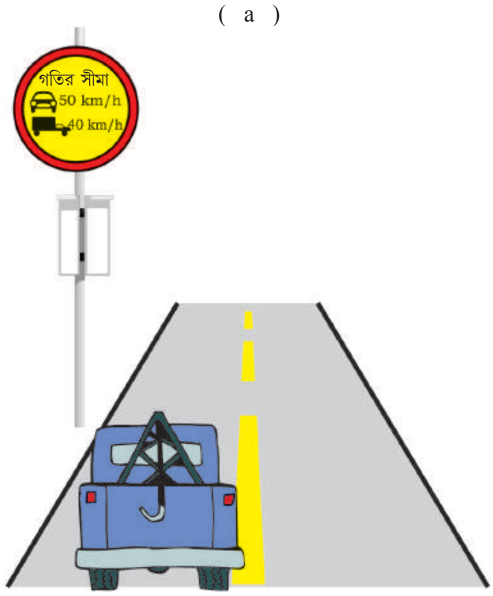
- দুটি ভিন্ন বস্তু A এবং B এর গতি বিষয়ক তথ্য সারণি 8.1-এ দেওয়া হল।
- তথ্যগুলো ভালো করে পরীক্ষা করে দেখো এবং বস্তুগুলোর গতি সুষম, না অসম বলো।

সারণি : 8.1

সময়	A বস্তু দ্বারা মিটার এককে অতিক্রান্ত দূরত্ব (m)	B বস্তু দ্বারা মিটার এককে অতিক্রান্ত দূরত্ব (m)
9:30 am	10	12
9:45 am	20	19
10:00 am	30	23
10:15 am	40	35
10:30 am	50	37
10:45 am	60	41
11:00 am	70	44

8.2 গতির হার পরিমাপ (Measuring the Rate of Motion)

(a)



(b)

চিত্র : 8.2

8.2 নং চিত্রে দেওয়া অবস্থাগুলোকে লক্ষ করো। 8.2(a) নং চিত্রে বলের গতি যদি 143 kmh^{-1} হয়, তবে এর দ্বারা কী বোঝায়? 8.2 (b) নং চিত্রের সাইনবোর্ড থেকে তুমি কী বুঝতে পারছ?

একটি নির্দিষ্ট দূরত্ব অতিক্রম করতে বিভিন্ন বস্তু বিভিন্ন সময় নেয়। এদের মধ্যে কিছু বস্তু দ্রুতগামী এবং কিছু বস্তু ধীর গতিসম্পন্ন। বস্তুসমূহের গতির হার বিভিন্ন হতে পারে। আবার বিভিন্ন বস্তু একই হারে চলতে পারে। বস্তুর গতির হার পরিমাপের একটি উপায় হল একক সময়ে বস্তু দ্বারা অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করা। এই রাশিটি দ্রুতি নামে পরিচিত। দ্রুতির আন্তর্জাতিক একক বা SI একক হল মিটার প্রতি সেকেন্ড। একে ms^{-1} বা m/s দ্বারা প্রকাশ করা হয়। দ্রুতির অন্যান্য এককগুলো হল সেন্টিমিটার প্রতি সেকেন্ড (cms^{-1}) এবং কিলোমিটার প্রতি ঘণ্টা (kmh^{-1})। কোনো বস্তুর দ্রুতি বোঝাতে আমাদেরকে শুধুমাত্র এর মান নির্দেশ করতে হয়। কোনো বস্তুর দ্রুতি ধ্রুবক হতে হবে এমন কোনো কথা নেই। অধিকাংশ ক্ষেত্রেই বস্তুসমূহ অসম গতিতে গতিশীল হয়। কাজেই, আমরা বস্তুসমূহের গতির হারকে ওদের গড়দ্রুতির সাহায্যে বর্ণনা করব। বস্তু কর্তৃক মোট অতিক্রান্ত দূরত্বকে মোট সময় দিয়ে ভাগ করে বস্তুর গড় দ্রুতি নির্ণয় করা হয়।

অর্থাৎ, $\text{গড়দ্রুতি} = \dfrac{\text{মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব}}{\text{মোট সময়}}$

যদি কোনো বস্তু t সময়ে s দূরত্ব অতিক্রম করে তবে এর দ্রুতি,

$$v = \frac{s}{t} \qquad (8.1)$$

একটি উদাহরণ দিয়ে বিষয়টি বুঝে নেওয়া যাক। একটি গাড়ি 2 ঘণ্টায় 100 কিমি দূরত্ব অতিক্রম করে। এর গড়দ্রুতি 50 kmh^{-1}। গাড়িটি পুরো সময় ধরে 50 kmh^{-1} হারে নাও চলতে পারে। কখনও এটি এর চেয়ে বেশি এবং কখনও এর চেয়ে কম দ্রুতিতে চলতে পারে।

উদাহরণ 8.1

একটি বস্তু প্রথমে 16m পথ 4 s-এ এবং পরবর্তী 16m পথ 2 s-এ যায়। বস্তুটির গড়দ্রুতি কত?

সমাধান :

বস্তুটি দ্বারা মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব = 16 m + 16 m = 32 m

মোট সময় = 4 s + 2 s = 6 s

$$\text{গড়দ্রুতি} = \frac{\text{মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব}}{\text{মোট সময়}} = \frac{32\ m}{6\ s} = 5.33\ m\ s^{-1}$$

অতএব, বস্তুটির গড় দ্রুতি 5.33 $m\ s^{-1}$.

8.2.1 অভিমুখ সহ দ্রুতি (Speed with Direction)

বস্তুর গতির হার ভালোভাবে বোঝা যাবে যদি দ্রুতির সঙ্গে আমরা গতির অভিমুখও নির্দেশ করি। যে রাশির দ্বারা দ্রুতি এবং তার অভিমুখ উভয়কেই নির্দেশ করা হয় তাকে বেগ (velocity) বলে। বেগ হল নির্দিষ্ট অভিমুখে গতিশীল বস্তুর দ্রুতি। কোনো বস্তুর বেগ সুষম (uniform) বা পরিবর্তনশীল (variance) হতে পারে। বস্তুর দ্রুতির মান, অভিমুখ বা উভয়েই পরিবর্তন করে বস্তুটির বেগের পরিবর্তন করা সম্ভব। কোনো বস্তু যখন পরিবর্তনশীল দ্রুতিতে সরলরেখা বরাবর গতিশীল হয় তখন আমরা গতির হারের পরিমাণ গড়বেগের সাহায্যে প্রকাশ করতে পারি। আমরা যেভাবে গড়দ্রুতি হিসেব করি ঠিক একইভাবে গড়বেগ নির্ণয় করি।

যদি বস্তুর বেগ সমহারে পরিবর্তিত হয় তবে নির্দিষ্ট সময়ে প্রাথমিক ও অন্তিম বেগের সমান্তরীয় মধ্যক নির্ণয় করে গড়বেগ পাওয়া যায়।

অর্থাৎ, $\text{গড়বেগ} = \dfrac{\text{প্রাথমিক বেগ} + \text{অন্তিম বেগ}}{2}$

গাণিতিকভাবে, $v_{av} = \dfrac{u+v}{2}$ (8.2)

যেখানে v_{av} হল গড়বেগ, u প্রাথমিক বেগ এবং v বস্তুর অন্তিমবেগ।

দ্রুতি ও বেগের একক একই অর্থাৎ ms^{-1} বা m/s.

কাজ 8.6

- তোমার বাড়ি থেকে তোমার বাসস্টপ বা বিদ্যালয়ে হেঁটে যেতে কত সময় লাগে মেপে দেখো। যদি তোমার হাঁটার গড়দ্রুতি 4 kmh^{-1} হয়, তবে তোমার বাড়ি থেকে বাসস্টপ বা বিদ্যালয়ের দূরত্ব নির্ণয় করো।

কাজ ______ 8.7

- মেঘলাদিনে ঘন ঘন বজ্রপাত এবং বিদ্যুৎঝলক দেখা যায়। বিদ্যুৎঝলক দেখার পর বজ্রপাতের শব্দ তোমার কাছে পৌঁছাতে কিছুক্ষণ সময় লাগে।
- তুমি কি বলতে পারো কেন এরকম ঘটে?
- ডিজিটাল হাতঘড়ি বা স্টপওয়াচের সাহায্যে এই সময়ের ব্যবধান নির্ণয় করো।
- নিকটবর্তী যে বিন্দুতে বিদ্যুৎঝলকের সৃষ্টি হয় তার দূরত্ব নির্ণয় করো।(বায়ুতে শব্দের বেগ 346 ms^{-1})

প্রশ্নাবলি :

1. দ্রুতি ও বেগের পার্থক্যগুলো লেখো।

2. কী শর্তে কোনো বস্তুর গড়বেগ ও গড়দ্রুতির মান সমান হয়?

3. মোটর গাড়ির ওডোমিটার (Odometer) এর সাহায্যে কী মাপা হয়?

4. সুষমগতির ক্ষেত্রে কোনো বস্তুর গতিপথ দেখতে কেমন হয়?

5. কোনো একটি পর্যবেক্ষণে, মহাকাশযান থেকে প্রেরিত সংকেত ভূস্টেশনে (Ground Station) পৌঁছাতে 5 মিনিট সময় লাগে। মহাকাশযান থেকে ভূস্টেশনের দূরত্ব কত?

সংকেতটি 3×10^8 ms^{-1} অর্থাৎ আলোর বেগে গতিশীল।

উদাহরণ 8.2 একটি গাড়ির ওডোমিটার (Odometer) যাত্রার শুরুতে 2000 km পাঠ এবং যাত্রাশেষে 2400 km পাঠ দেখায়। যদি যাত্রাটি সম্পূর্ণ হতে 8 h সময় লাগে তবে গাড়ির গড়দ্রুতি kmh^{-1} এবং ms^{-1} এককে নির্ণয় করো।

সমাধান ঃ

গাড়ি কর্তৃক মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব,

$s = 2400 \text{ km} - 2000 \text{ km} = 400 \text{ km}$

ব্যয়িত সময় $t = 8$ h

গাড়ির গড় দ্রুতি $v_{av} = \frac{s}{t} = \frac{400 \text{ km}}{8 \text{ h}}$

$= 50 \text{ km h}^{-1}$

$= 50 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}$

$= 13.9 \text{ m s}^{-1}$

গাড়ির গড় দ্রুতি 50 km h^{-1} বা 13.9 m s^{-1}.

উদাহরণ 8.3 উষা 90m দীর্ঘ জলাশয়ে সাঁতার কাটে। সে 1 মিনিটে একপ্রান্ত থেকে অন্যপ্রান্তে সাঁতার কেটে যায় এবং একই সরলরৈখিক পথে ফিরে আসে। এতে সে মোট 180m পথ অতিক্রম করে। উষার গড় দ্রুতি এবং গড়বেগ নির্ণয় করো।

সমাধান :

1 মিনিটে উষা কর্তৃক মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব 180 মিটার। ঐ সময়ে উষার মোট সরণ = 0 মিটার।

$$\text{গড়দ্রুতি} = \frac{\text{মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব}}{\text{মোট সময়}}$$

$$= \frac{180 \text{ m}}{1 \text{ min}} = \frac{180 \text{ m}}{1 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}$$

$= 3 \text{ m s}^{-1}$

$$\text{গড়বেগ} = \frac{\text{সরণ}}{\text{মোট সময়}}$$

$$= \frac{0 \text{ m}}{60 \text{ s}}$$

$= 0 \text{ ms}^{-1}$

উষার গড়দ্রুতি 3 ms^{-1} এবং তার গড়বেগ 0 ms^{-1}

8.3 বেগের পরিবর্তনের হার (Rate of Change of Velocity)

সরলরেখা বরাবর একটি বস্তুর সুষম গতির ক্ষেত্রে, সময়ের সাথে বেগ অপরিবর্তিত থাকে। এক্ষেত্রে যে-কোনো সময় ব্যবধানে বস্তুর বেগের পরিবর্তন শূন্য, যদিও অসম গতির ক্ষেত্রে সময়ের সাথে বেগের পরিবর্তন ঘটে। যাত্রাপথের বিভিন্ন বিন্দুতে এবং বিভিন্ন মুহূর্তে এর ভিন্ন ভিন্ন মান হয়। অতএব, যে-কোনো সময়ের ব্যবধানে বস্তুর বেগের পরিবর্তন শূন্য নয়। আমরা কি এখন বস্তুর বেগের পরিবর্তন প্রকাশ করতে পারি?

এরকম প্রশ্নের উত্তরের জন্য আমাদের ত্বরণ নামে অন্য একটি প্রাকৃতিক রাশির অবতারণা করতে হয়, যাকে একক সময়ে বেগের পরিবর্তন দ্বারা পরিমাপ করা হয়,

$$\text{অর্থাৎ, ত্বরণ} = \frac{\text{বেগের পরিবর্তন}}{\text{ব্যয়িত সময়}}$$

যদি কোনো বস্তুর বেগ t সময়ে প্রাথমিক বেগ u থেকে পরিবর্তিত হয়ে অন্তিমবেগ v হয়, তবে ত্বরণ

$$a = \frac{v - u}{t} \qquad (8.3)$$

এ ধরনের গতিকে ত্বরণযুক্ত গতি বলে। ত্বরণ ধনাত্মক ধরা হবে যদি এটি বেগের অভিমুখে ক্রিয়া করে এবং ত্বরণ ঋণাত্মক ধরা হবে যদি এটি বেগের অভিমুখের বিপরীতে ক্রিয়া করে। ত্বরণের SI একক হল ms^{-2} .

যদি একটি বস্তু সরলরেখা বরাবর গতিশীল হয় এবং সমান সময়ের ব্যবধানে সমপরিমাণ বেগের পরিবর্তন হয়, তবে বস্তুর ত্বরণকে সুষম বলা হবে। মুক্তভাবে পতনশীল বস্তুর গতি হল সুষম ত্বরণে গতির উদাহরণ। অন্যদিকে যদি কোনো বস্তুর বেগ অসমহারে পরিবর্তিত হয়, তবে বস্তুটি অসমত্বরণে গতিশীল। যেমন সরলরেখা বরাবর গতিশীল কোনো গাড়ি সমান সমান সময় ব্যবধানে দ্রুতির অসমান বৃদ্ধি ঘটায়, তবে গাড়িটি অসমত্বরণে গতিশীল বলা হবে।

কাজ 8.8

- প্রতিদিন তুমি অনেক গতির সম্মুখীন হও যেখানে,
  (a) ত্বরণ গতির অভিমুখে ক্রিয়াশীল।
  (b) ত্বরণ গতির অভিমুখের বিপরীতে ক্রিয়াশীল।
  (c) ত্বরণ সুষম।
  (d) ত্বরণ অসম।
- উপরের প্রতিটি গতির ক্ষেত্রে একটি করে উদাহরণ তুমি খুঁজে পাও কি?

উদাহরণ 8.4 স্থির অবস্থা থেকে রাহুল তার বাইসাইকেল চেপে 30 সেকেন্ডে 6 ms^{-1} বেগ অর্জন করে। তারপর সে এমনভাবে ব্রেক প্রয়োগ করে যেন পরবর্তী 5 সেকেন্ডে তার বেগ 4 ms^{-1}-এ নেমে আসে। উভয় ক্ষেত্রে বাইসাইকেলের ত্বরণ নির্ণয় করো।

সমাধান :

প্রথম ক্ষেত্রে,
প্রাথমিক বেগ, $u = 0$;
অন্তিম বেগ, $v = 6 \text{ m s}^{-1}$;
সময়, $t = 30$ s .
(8.3) সমীকরণ থেকে পাই

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

u, v এবং t এর প্রদত্ত মান উপরের সমীকরণে বসিয়ে আমরা পাই,

$$a = \frac{(6 \text{ ms}^{-1} - 0 \text{ ms}^{-1})}{30 \text{ s}}$$

$$= 0.2 \text{ m s}^{-2}$$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে.
প্রাথমিক বেগ, $u = 6 \text{ m s}^{-1}$;
অন্তিম বেগ, $v = 4 \text{ m s}^{-1}$;
সময়, $t = 5$ s.

এক্ষেত্রে, $$a = \frac{(4 \text{ ms}^{-1} - 6 \text{ ms}^{-1})}{5 \text{ s}}$$

$$= -0.4 \text{ m s}^{-2} .$$

প্রথমক্ষেত্রে বাইসাইকেলের ত্বরণ 0.2 m s^{-2} এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে ত্বরণ -0.4 m s^{-2}.

প্রশ্নাবলি :

1. *কখন তুমি বলবে যে একটি বস্তু (i) সুষম ত্বরণে (ii) অসম ত্বরণে আছে?*
2. *একটি বাসের দ্রুতি 5 সেকেন্ডে 80 Kmh^{-1} থেকে হ্রাস পেয়ে 60 kmh^{-1} হয়। বাসটির ত্বরণ নির্ণয় করো।*
3. *একটি ট্রেন একটি রেলওয়ে স্টেশন থেকে যাত্রা শুরু করে এবং সুষম ত্বরণে চলে 10 মিনিটে 40 kmh^{-1} দ্রুতি অর্জন করে। ট্রেনের ত্বরণ নির্ণয় করো।*

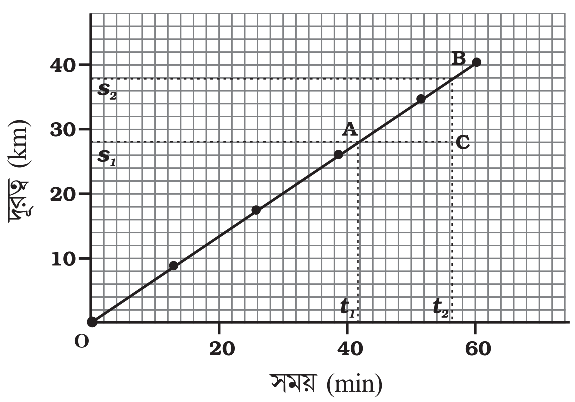
8.4 লেখচিত্রের সাহায্যে গতির প্রকাশ (Graphical Representation of Motion)

লেখচিত্রের সাহায্যে বিভিন্ন ঘটনার প্রাথমিক তথ্যসমূহ সহজে প্রকাশ করা যায়। যেমন, একদিনের ক্রিকেট খেলার সম্প্রচারের সময়, কোনো দলের প্রতি ওভারে রানের পরিমাণ উলম্ব দণ্ডলেখচিত্রের (vertical bar graphs) সাহায্যে দেখানো হয়। তোমরা দেখেছ গণিতে দুই চলবিশিষ্ট রৈখিক সমীকরণের সমাধানে সরলরেখা লেখচিত্র (straight line graph) ব্যবহৃত হয়।

বস্তুর গতির বর্ণনায় আমরা রেখা লেখচিত্র ব্যবহার করতে পারি। এক্ষেত্রে রেখা লেখচিত্রগুলো দূরত্ব বা বেগের মতো একটি প্রাকৃতিক রাশির অন্য একটি প্রাকৃতিক রাশি, যেমন সময়ের উপর নির্ভরতা প্রকাশ করে।

8.4.1 দূরত্ব-সময় লেখচিত্র (Distance–time graphs)

একটি সুবিধাজনক স্কেলে কোনো বস্তুর সময়ের সঙ্গে অবস্থানের পরিবর্তন দূরত্ব-সময় লেখচিত্রের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়। এই লেখচিত্রে সময়কে X-অক্ষ বরাবর এবং দূরত্বকে Y-অক্ষ বরাবর নেওয়া হয়। বস্তুর সমবেগ, অসমবেগ, স্থির অবস্থা ইত্যাদি প্রকাশ করার জন্য দূরত্ব-সময় লেখচিত্র ব্যবহার করা যায়।



চিত্র 8.3 : সুষম দ্রুতিতে গতিশীল বস্তুর দূরত্ব-সময় লেখচিত্র।

আমরা জানি, একটি বস্তু সমান সমান সময়ের অবকাশে সমান সমান দূরত্ব অতিক্রম করলে বস্তুটি সুষম দ্রুতিতে গতিশীল। এতে বোঝা যায়, বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব সময়ের সঙ্গে সমানুপাতিক। তাই সুষম দ্রুতির ক্ষেত্রে সময়ের সঙ্গে অতিক্রান্ত দূরত্বের লেখচিত্র 8.3 চিত্রের ন্যায় একটি সরলরেখা হবে। লেখচিত্রের OB অংশ বোঝায় যে দূরত্ব সুষমহারে বৃদ্ধি পায়। মনে রাখতে হবে, তুমি যদি Y অক্ষ বরাবর দূরত্বের পরিবর্তে সরণের মান নাও, তবে সুষম দ্রুতির পরিবর্তে সুষম বেগ ব্যবহার করতে পারো।

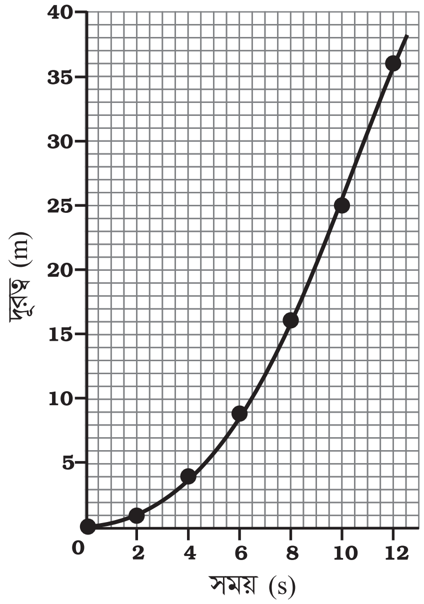
আমরা কোনো বস্তুর দ্রুতি বের করতে দূরত্ব-সময় লেখচিত্র ব্যবহার করতে পারি। এজন্য 8.3 নং চিত্রের দূরত্ব-সময় লেখচিত্রের একটি ক্ষুদ্র অংশ AB নাও। A বিন্দু থেকে X-অক্ষের সমান্তরাল একটি রেখা আঁকো এবং B বিন্দু থেকে Y-অক্ষের সমান্তরাল রেখা আঁকো। এই রেখা দুটি পরস্পর C বিন্দুতে মিলিত হয়ে ABC ত্রিভুজ গঠন করে। লেখচিত্রে AC, $(t_2 - t_1)$ সময়ের অবকাশ নির্দেশ করে এবং BC, $(s_2 - s_1)$ দূরত্ব নির্দেশ করে। লেখচিত্র থেকে আমরা দেখতে পাই যে বস্তুটি যখন A থেকে B বিন্দুতে যায় তখন বস্তুটি $(t_2 - t_1)$ সময়ে $(s_2 - s_1)$ দূরত্ব অতিক্রম করে। সুতরাং, বস্তুর দ্রুতি v কে নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায়।

$$v = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} \quad (8.4)$$

ত্বরণযুক্ত গতির ক্ষেত্রেও আমরা দূরত্ব-সময় লেখচিত্র অঙ্কন করতে পারি। একটি গাড়ির দুই সেকেন্ড পর পর অতিক্রান্ত দূরত্বকে সারণি 8.2 তে দেখানো হল।

সারণি 8.2 : নিয়মিত সময়ের ব্যবধানে গাড়ির অতিক্রান্ত দূরত্ব

সেকেন্ড এককে সময়	মিটার এককে দূরত্ব
0	0
2	1
4	4
6	9
8	16
10	25
12	36

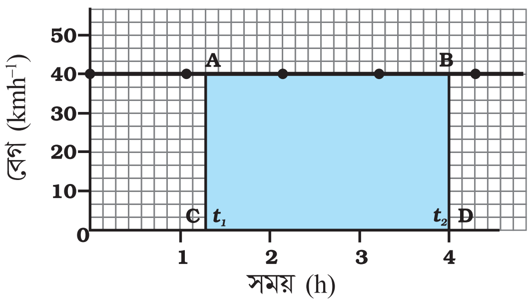


চিত্র 8.4 : অসমদ্রুতিতে গতিশীল একটি গাড়ির দূরত্ব-সময় লেখচিত্র।

একটি গাড়ির দূরত্ব-সময় লেখচিত্র 8.4 নং চিত্রে দেখানো হল। লক্ষ করো, আগের 8.3 নং চিত্রে সুষম গতিতে দূরত্ব-সময় লেখচিত্রের তুলনায় এই লেখচিত্রের প্রকৃতি ভিন্ন ধরনের। লেখচিত্রের প্রকৃতি সময়ের সাথে গাড়ির অতিক্রান্ত দূরত্বের অসম পরিবর্তন নির্দেশ করে। সুতরাং 8.4 নং চিত্রের লেখচিত্র অসমদ্রুতির গতি নির্দেশ করে।

8.4.2 বেগ-সময় লেখচিত্র (Velocity-Time Graph)

সরলরেখা বরাবর গতিশীল কোনো বস্তুর সময়ের সঙ্গে বেগের পরিবর্তন বেগ-সময় লেখচিত্রের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়। এই লেখচিত্রে, সময় X-অক্ষ বরাবর এবং বেগ Y- অক্ষ



চিত্র 8.5 : একটি সুষম গতিসম্পন্ন গাড়ির বেগ-সময় লেখচিত্র।

বরাবর প্রকাশ করা হয়। যদি বস্তু সুষম বেগে গতিশীল হয় তবে বেগ-সময় লেখচিত্রের সময় অক্ষ থেকে দূরত্ব সময়ের সাথে পরিবর্তিত হবে না। এটা X-অক্ষের সমান্তরাল একটি সরলরেখা হবে। 8.5 নং চিত্রটি 40 kmh^{-1} সুষম বেগে গতিশীল একটি গাড়ির বেগ-সময় লেখচিত্রকে নির্দেশ করে।

আমরা জানি সুষম বেগে গতিশীল বস্তুর বেগ এবং সময়ের গুণফল বস্তুর সরণ বোঝায়, বেগ-সময় লেখচিত্রে, লেখচিত্র এবং সময়-অক্ষের দ্বারা আবদ্ধ ক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল সরণের পরিমাণ বোঝায়।

8.5 নং চিত্রে t_1 এবং t_2 সময়ের মধ্যবর্তী সময়ে গাড়ি কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্ব জানতে t_1 এবং t_2 সময়ের আনুষাঙ্গিক বিন্দু থেকে সময় অক্ষের উপর লম্ব টানো। *AC* বা *BD* উচ্চতা 40 kmh^{-1} বেগকে প্রকাশ করে এবং *AB* দ্বারা $(t_2 - t_1)$ সময়কে প্রকাশ করা হয়।

সুতরাং, $(t_2 - t_1)$ সময়ে গাড়ি কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্ব *s* হলে

$$s = AC \times CD$$
$$= [(40 \text{ km h}^{-1}) \times (t_2 - t_1) \text{ h}]$$
$$= 40\,(t_2 - t_1) \text{ km}$$

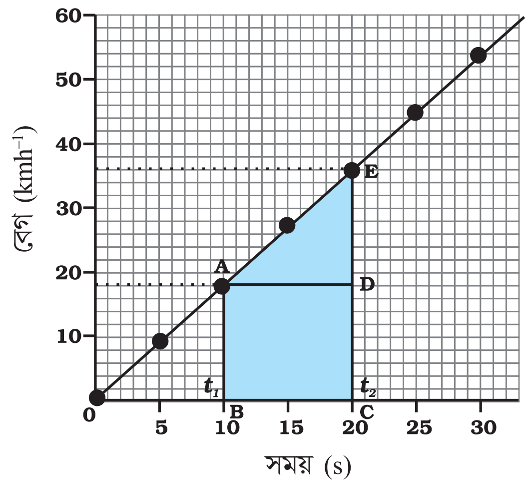
= ABCD আয়তক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল (8.5 চিত্রে অংশাঙ্কিত অঞ্চল)

আমরা বেগ-সময় লেখচিত্র অঙ্কন করে সুষম ত্বরণ সম্পর্কেও জানতে পারি। ধরো, একটি গাড়ির ইঞ্জিন পরীক্ষা করার জন্য সরলরৈখিক পথে চালানো হল। মনে করো, ড্রাইভারের পেছনে বসে একজন লোক প্রতি 5 সেকেন্ড পর পর গাড়ির স্পিডোমিটারের পাঠ নেয়। 8.3 নং সারণিতে বিভিন্ন মুহূর্তে গাড়ির বেগ kmh^{-1} এবং ms^{-1} এককে দেখানো হল।

সারণি 8.3 : নির্দিষ্ট সময় পরপর গাড়ির বেগ

সময় (s)	গাড়ির বেগ ($m\ s^{-1}$)	গাড়ির বেগ ($km\ h^{-1}$)
0	0	0
5	2.5	9
10	5.0	18
15	7.5	27
20	10.0	36
25	12.5	45
30	15.0	54

এক্ষেত্রে গতিশীল গাড়ির বেগ-সময় লেখচিত্র 8.6 নং চিত্রে দেখানো হয়েছে। লেখচিত্রের প্রকৃতি নির্দেশ করে যে, সমান সমান সময়ে বেগের পরিবর্তন সমান হয়। তাই সকল সুষম ত্বরণযুক্ত গতির ক্ষেত্রে বেগ-সময় লেখচিত্র একটি সরলরেখা হবে।



চিত্র 8.6 : সুষম ত্বরণে গতিশীল গাড়ির বেগ-সময় লেখচিত্র

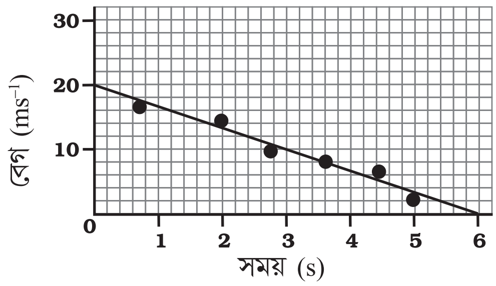
তুমি বেগ-সময় লেখচিত্র থেকে গাড়ির অতিক্রান্ত দূরত্বও বের করতে পারবে। বেগ-সময় লেখচিত্রের নীচের ক্ষেত্রফল প্রদত্ত সময় ব্যবধানে গাড়ির অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্দেশ করে (সরণের মান)। যদি গাড়িটি সুষমবেগে গতিশীল হয়, তবে লেখচিত্রে (8.6 চিত্র) ABCD এর ক্ষেত্রফল অন্তর্ভুক্ত গাড়ির অতিক্রান্ত দূরত্বকে প্রকাশ করে। যেহেতু ত্বরণের জন্য গাড়ির বেগের মান পরিবর্তনশীল হয়, তাই বেগ-সময় লেখচিত্রে ABCDE এর অন্তর্ভুক্ত ক্ষেত্রফল গাড়ির অতিক্রান্ত দূরত্ব 's' কে সূচিত করে।

অর্থাৎ, s = ABCDE ক্ষেত্রফল

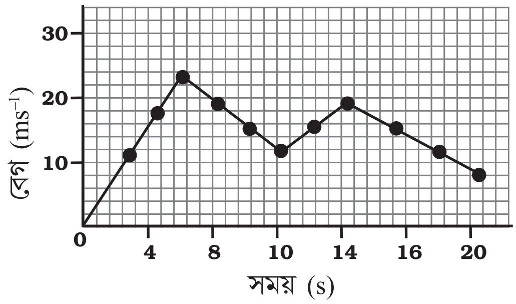
= ABCD আয়তক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল + ADE ত্রিভুজের ক্ষেত্রফল

$$= AB \times BC + \frac{1}{2}(AD \times DE)$$

অসম ত্বরণযুক্ত গতির ক্ষেত্রে বেগ-সময় লেখচিত্র যে-কোনো আকৃতির হতে পারে।



(a)



(b)

চিত্র 8.7 : অসম ত্বরণযুক্ত বস্তুর গতির ক্ষেত্রে বেগ-সময় লেখচিত্র

8.7 (a) চিত্রে বেগ-সময় লেখচিত্র একটি বস্তুর সময়ের সাথে বেগের হ্রাস প্রকাশ করে এবং 8.7 (b) চিত্রে বেগ-সময় লেখচিত্র একটি বস্তুর সময়ের সাথে বেগের অসম পরিবর্তন প্রকাশ করে। এ লেখচিত্রগুলো ব্যাখ্যা করতে চেষ্টা করো।

কাজ 8.9

- A, B, C তিনটি স্টেশনে একটি ট্রেনের আগমনকাল এবং প্রস্থানকাল এবং A স্টেশন থেকে B এবং C স্টেশনের দূরত্ব 8.4 সারণিতে দেওয়া হল।

সারণি 8.4 : A স্টেশন থেকে B এবং C স্টেশনের দূরত্ব এবং ট্রেনের আগমনকাল এবং প্রস্থানকাল

স্টেশন	A থেকে অতিক্রান্ত দূরত্ব (km)	আগমন কাল (hours)	প্রস্থান কাল (hours)
A	0	08:00	08:15
B	120	11:15	11:30
C	180	13:00	13:15

- দুটি স্টেশনের মধ্যে ট্রেনের গতি সুষম ধরে নিয়ে অতিক্রান্ত দূরত্ব-সময় লেখচিত্র অঙ্কন করো এবং ব্যাখ্যা দাও।

কাজ _______________ 8.10

- ফিরোজ এবং তার বোন সোনিয়া বাইসাইকেলে করে স্কুলে যায়। উভয়ে তাদের বাড়ি থেকে একই সময়ে রওনা দেয় কিন্তু স্কুলে বিভিন্ন সময়ে পৌঁছায়। যদিও তারা একই পথ দিয়ে যায়। 8.5 নং সারণিতে বিভিন্ন সময়ে তাদের অতিক্রান্ত দূরত্ব দেওয়া হয়েছে।

সারণি 8.5 : ভিন্ন ভিন্ন সময়ে ফিরোজ এবং সোনিয়ার বাইসাইকেলে অতিক্রান্ত দূরত্ব

সময়	ফিরোজের অতিক্রান্ত দূরত্ব (km)	সোনিয়ার অতিক্রান্ত দূরত্ব (km)
8:00 am	0	0
8:05 am	1.0	0.8
8:10 am	1.9	1.6
8:15 am	2.8	2.3
8:20 am	3.6	3.0
8:25 am	–	3.6

- একই স্কেল ব্যবহার করে তাদের গতির দূরত্ব-সময় লেখচিত্র অঙ্কন করো এবং ব্যাখ্যা করো।

প্রশ্নাবলি :

1. সুষম এবং অসমগতিসম্পন্ন একটি বস্তুর দূরত্ব-সময় লেখচিত্রের প্রকৃতি কীরূপ হবে?

2. একটি বস্তুর দূরত্ব-সময় লেখচিত্র যদি সময় অক্ষের সমান্তরাল হয় তবে বস্তুর গতি সম্পর্কে কী বলা যায়?

3. একটি বস্তুর দ্রুতি-সময় লেখচিত্র যদি সময় অক্ষের সমান্তরাল হয় তবে বস্তুর গতি সম্পর্কে কী বলা যায়?

4. বেগ-সময় লেখচিত্রের অন্তর্ভুক্ত অঞ্চলের ক্ষেত্রফল দ্বারা কোন্ রাশি মাপা হয়?

8.5 লেখচিত্রের সাহায্যে গতীয় সমীকরণ (Equations of Motion by Graphical Method)

যখন একটি বস্তু সুষম ত্বরণে সরলরেখায় গতিশীল হয় তখন বস্তুর বেগ, ত্বরণ এবং নির্দিষ্ট সময়ের ব্যবধানে অতিক্রান্ত দূরত্ব একগুচ্ছ সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ করা সম্ভব, যাদের গতীয় সমীকরণ বলে।

এরূপ তিনটি সমীকরণ নীচে দেওয়া হল।

$$v = u + at \qquad (8.5)$$

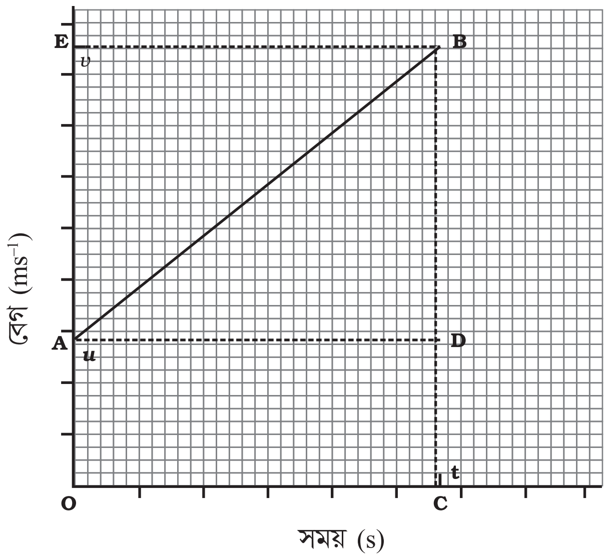
$$s = ut + ½ at^2 \qquad (8.6)$$

$$2as = v^2 - u^2 \qquad (8.7)$$

যেখানে u হল বস্তুর প্রাথমিক বেগ, যা t সময়ে a সমত্বরণে গতিশীল। v হল অন্তিম বেগ এবং s হল t সময়ে বস্তু কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্ব। 8.5 নং সমীকরণ বেগ-সময় সম্পর্ক প্রকাশ করে এবং 8.6 নং সমীকরণ অবস্থান-সময় সম্পর্ক প্রকাশ করে, 8.7 নং সমীকরণ অবস্থান এবং বেগের মধ্যে সম্পর্ক প্রকাশ করে যা 8.5 নং এবং 8.6 নং সমীকরণ থেকে t অপনয়ন করে পাওয়া যায়। এই সমীকরণ তিনটি লেখচিত্রের সাহায্যেও প্রতিষ্ঠা করা যায়।

8.5.1 বেগ-সময় সম্পর্কের সমীকরণ (Equations for velocity-Time Relation)

8.8 নং চিত্রে দেখানো সমত্বরণে গতিশীল কোনো বস্তুর বেগ-সময় লেখচিত্রটি বিবেচনা করো (8.6 নং চিত্রের অনুরূপ, যদিও এখানে



চিত্র 8.8 : গতীয় সমীকরণ প্রতিষ্ঠার জন্য বেগ-সময় লেখচিত্র।

$u \neq 0$)। লেখচিত্র থেকে তুমি দেখতে পাবে, বস্তুর প্রাথমিক বেগ হল u (A বিন্দুতে) এবং এটি t সময়ে বৃদ্ধি পেয়ে v হয় (B বিন্দুতে)। বেগ, a সুষম হারে পরিবর্তিত হয়। 8.8 নং চিত্রে B বিন্দু থেকে যথাক্রমে সময় এবং বেগ অক্ষের উপর এমনভাবে BC এবং BE লম্ব টানি যেন প্রাথমিক বেগ OA দ্বারা, অন্তিমবেগ BC দ্বারা এবং t সময় ব্যবধান OC দ্বারা প্রকাশিত হয়। $BD = BC - CD$, t সময়ের ব্যবধানে বেগের পরিবর্তনকে প্রকাশ করে।

OC এর সমান্তরাল AD অঙ্কন করি। লেখচিত্র থেকে আমরা লক্ষ করি যে,

$$BC = BD + DC = BD + OA$$

$BC = v$ এবং $OA = u$, প্রতিস্থাপন করে আমরা পাই,

$$v = BD + u$$

বা, $$BD = v - u \quad (8.8)$$

বেগ-সময় লেখচিত্র (8.8 নং চিত্র) থেকে পাই,

বস্তুর ত্বরণ, $$a = \frac{\text{বেগের পরিবর্তন}}{\text{অতিক্রান্ত সময়}}$$

$$= \frac{BD}{AD} = \frac{BD}{OC}$$

$OC = t$, প্রতিস্থাপন করে আমরা পাই,

$$a = \frac{BD}{t}$$

বা, $$BD = at \quad (8.9)$$

8.8 নং এবং 8.9 নং সমীকরণ ব্যবহার করে আমরা পাই,

$$at = v - u$$
$$v = u + at$$

8.5.2 অবস্থান-সময় সম্পর্কের সমীকরণ (Equation for position-time relation)

ধরি, একটি বস্তু a সুষম ত্বরণে t সময়ে s দূরত্ব অতিক্রম করে। 8.8 নং চিত্রে AB বেগ-সময় লেখচিত্র $OABC$ এর অন্তর্ভুক্ত ক্ষেত্রফল থেকে অতিক্রান্ত দূরত্ব পাওয়া যায়।

অতএব, বস্তু কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্ব,

s = OABC ট্রাপিজিয়ামের ক্ষেত্রফল

= OADC আয়তক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল + ABD ত্রিভুজের ক্ষেত্রফল।

$$= OA \times OC + \frac{1}{2}(AD \times BD) \quad (8.10)$$

$OA = u$, $OC = AD = t$ এবং $BD = at$, প্রতিস্থাপন করে আমরা পাই,

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

বা, $$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

8.5.3 অবস্থান-বেগ সম্পর্কের সমীকরণ (Equation for position–velocity relation)

সুষম ত্বরণে গতিশীল একটি বস্তুর t সময়ে অতিক্রান্ত দূরত্ব s, 8.8 নং চিত্রে দেখানো বেগ-সময় লেখচিত্রের অন্তর্ভুক্ত $OABC$ ট্রাপিজিয়ামের অন্তর্ভুক্ত ক্ষেত্রের ক্ষেত্রফলের সমান।

অর্থাৎ, s = $OABC$ ট্রাপিজিয়ামের ক্ষেত্রফল

$$= \frac{(OA + BC) \times OC}{2}$$

$OA = u$, $BC = v$ এবং $OC = t$, প্রতিস্থাপন করে আমরা পাই,

$$s = \frac{(u + v)t}{2} \quad (8.11)$$

বেগ-সময় সম্পর্কিত 8.6 নং সমীকরণ থেকে আমরা পাই,

$$t = \frac{(v - u)}{a} \quad (8.12)$$

8.11 নং এবং 8.12 নং সমীকরণ ব্যবহার করে আমরা পাই,

$$s = \frac{(v + u) \times (v - u)}{2a}$$

বা, $$2as = v^2 - u^2$$

উদাহরণ 8.5 একটি ট্রেন স্থিরাবস্থা থেকে যাত্রা শুরু করে 5 মিনিটে 72 Kmh^{-1} বেগে পৌঁছায়। ত্বরণ সুষম ধরে উক্ত বেগে পৌঁছাতে (i) ত্বরণ এবং (ii) ট্রেন কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করো।

সমাধান :

দেওয়া আছে,

$u = 0$; $v = 72\ kmh^{-1} = 20\ ms^{-1}$ এবং

$t = 5$ minutes $= 300$ s.

(i) 8.5 নং সমীকরণ থেকে আমরা জানি যে,

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

$$= \frac{20\ ms^{-1} - 0\ ms^{-1}}{300\ s}$$

$$= \frac{1}{15}\ ms^{-2}$$

(ii) 8.7 নং সমীকরণ থেকে আমরা জানি যে,

$2\,as = v^2 - u^2 = v^2 - 0$

অর্থাৎ,

$$s = \frac{v^2}{2a}$$

$$= \frac{(20\ ms^{-1})^2}{2 \times (1/15)\ ms^{-2}}$$

$= 3000$ m $= 3$ km

ট্রেনের ত্বরণ হল $\frac{1}{15}\ ms^{-2}$ এবং অতিক্রান্ত দূরত্ব হল 3 km.

উদাহরণ 8.6 একটি গাড়ি 5 s সময়ে সুষম ত্বরণে $18\ kmh^{-1}$ থেকে $36\ kmh^{-1}$ বেগে পৌঁছে। উক্ত সময়ে গাড়ির (i) ত্বরণ এবং (ii) অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করো।

সমাধান :

আমাদের দেওয়া আছে,

$u = 18\ km\ h^{-1} = 5\ ms^{-1}$

$v = 36\ km\ h^{-1} = 10\ ms^{-1}$ এবং

$t = 5$ s .

(i) 8.5 নং সমীকরণ থেকে আমরা পাই

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

$$= \frac{10\ ms^{-1} - 5\ ms^{-1}}{5\ s}$$

$= 1\ ms^{-2}$

(ii) 8.6 নং সমীকরণ থেকে আমরা পাই

$$s = u\,t + \frac{1}{2}\,a\,t^2$$

$$= 5\ m\ s^{-1} \times 5\ s + \frac{1}{2} \times 1\ m\ s^{-2} \times (5\ s)^2$$

$= 25$ m $+ 12.5$ m

$= 37.5$ m

গাড়ির ত্বরণ $1\ m\ s^{-2}$ এবং অতিক্রান্ত দূরত্ব হল 37.5 m.

উদাহরণ 8.7 একটি গাড়ির উপর ব্রেক প্রয়োগ করায় গতির বিপরীত দিকে $6\ m\ s^{-2}$ ত্বরণের সৃষ্টি হল। যদি ব্রেক প্রয়োগ করায় গাড়ি থামতে 2 s সময় নেয়, তবে ঐ সময়ে গাড়ির অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করো।

সমাধান :

আমাদের দেওয়া আছে,

$a = -6\ m\ s^{-2}$; $t = 2$ s এবং $v = 0\ m\ s^{-1}$.

8.5 নং সমীকরণ থেকে আমরা জানি

$v = u + at$

বা, $0 = u + (-6\ m\ s^{-2}) \times 2\ s$

বা, $u = 12\ m\ s^{-1}$.

8.6 নং সমীকরণ থেকে আমরা পাই,

$$s = u\,t + \frac{1}{2}a\,t^2$$

$$= (12\ ms^{-1}) \times (2\ s) + \frac{1}{2}(-6\ ms^{-2})\,(2\ s)^2$$

$= 24$ m $- 12$ m

$= 12$ m

অর্থাৎ, ব্রেক প্রয়োগ করার পর গাড়ি থামার পূর্ব পর্যন্ত 12m যায়। তুমি এখন বুঝতে পেরেছ, কেন রাস্তায় গাড়ি চালানোর সময় চালককে গাড়িগুলোর মধ্যে কিছু দূরত্ব বজায় রাখার জন্য সতর্ক করা হয়?

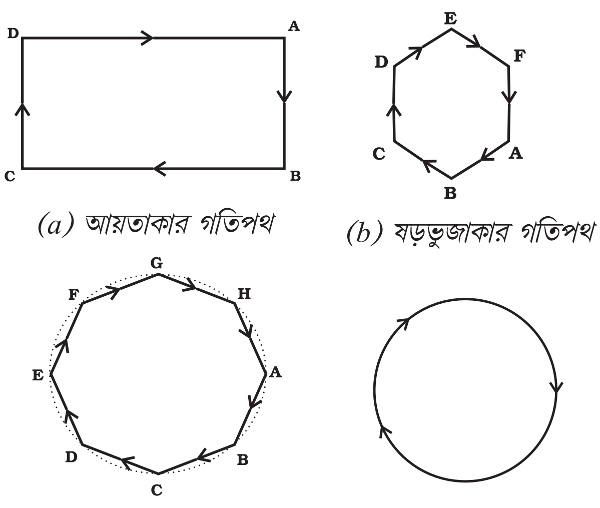
প্রশ্নাবলি :

1. *একটি বাস স্থির অবস্থা থেকে যাত্রা শুরু করে $0.1\ m\ s^{-2}$ সুষম ত্বরণে 2 মিনিট চলে। বাসটির (a) দ্রুতি এবং (b) অতিক্রান্ত দূরত্ব নির্ণয় করো।*

2. *একটি ট্রেন $90\ km\ h^{-1}$ দ্রুতিতে গতিশীল। $-0.5\ ms^{-2}$ সুষম ত্বরণ সৃষ্টি করতে ব্রেক প্রয়োগ করা হল। স্থির হওয়ার আগে পর্যন্ত ট্রেন কতদূর যাবে তা নির্ণয় করো।*
3. *একটি নততলের উপর দিয়ে নীচে যাওয়ার সময় একটি ট্রলির ত্বরণ হল $2\ cms^{-2}$. যাত্রা শুরু করার $3\ s$ পর এর বেগ কত হবে?*
4. *একটি ধাবমান গাড়ি $4\ ms^{-2}$ সুষম ত্বরণে গতিশীল। যাত্রা শুরু করার $10\ s$ পর গাড়িটি কতটা পথ অতিক্রম করবে?*
5. *একটি পাথরখণ্ড $5\ ms^{-1}$ বেগে উলম্বভাবে উপরের দিকে ছোড়া হল। যদি নীচের দিকে পাথরের ত্বরণ $10\ ms^{-2}$ হয়, তবে পাথরখণ্ড কতটা উপরে উঠবে এবং ঐ অবস্থানে পৌঁছাতে কত সময় লাগবে?*

8.6 সুষমবৃত্তীয় গতি (Uniform Circular Motion)

যখন একটি বস্তুর বেগ পরিবর্তিত হয় তখন আমরা বলি যে বস্তুটি ত্বরণযুক্ত। বেগের পরিবর্তন হতে পারে মানের পরিবর্তনের জন্য অথবা দিকের পরিবর্তনের জন্য অথবা উভয়ের জন্য। তুমি কি এরকম উদাহরণের কথা ভাবতে পারো যখন একটি বস্তুর বেগের মানের পরিবর্তন হবে না, কিন্তু গতির অভিমুখের পরিবর্তন হবে?



চিত্র 8.9 : বিভিন্ন আকৃতির বৃত্তপথে ক্রীড়াবিদের গতিপথ।

চলো আমরা কোনো বৃত্তাকার পথে একটি বস্তুর গতি বিবেচনা করি। 8.9 (a) নং চিত্রে একজন ক্রীড়াবিদের আয়তাকার গতিপথ ABCD দেখানো হল। আমরা ধরে নিই যে, ক্রীড়াবিদ গতিপথের AB, BC, CD এবং DA সরলরৈখিক অংশে সুষম দ্রুতিতে দৌড়ায়। গতিপথে নিজেকে বজায় রাখার জন্য সে কৌণিক বিন্দুতে খুব তাড়াতাড়ি তার দ্রুতি পরিবর্তন করে। একবার আবর্তিত হতে ক্রীড়াবিদ কতবার তার গতির অভিমুখ পরিবর্তন করবে? স্পষ্টতই, আয়তাকার গতিপথে একবার ঘুরে আসতে সে চারবার তার গতির অভিমুখ পাল্টায়।

এখন 8.9 (b) নং চিত্রের মতো ধরি ক্রীড়াবিদ আয়তাকার গতিপথের পরিবর্তে ষড়ভুজাকার ABCDEF পথে দৌড়ায়। এক্ষেত্রে ক্রীড়াবিদ ষড়ভুজাকার গতিপথে একবার ঘুরে আসতে ছয়বার অভিমুখ পাল্টায়। 8.9 (c) চিত্রের মতো ষড়ভুজ না হয়ে গতিপথ ABCDEFGH-এর মতো সুষম অষ্টভুজ হলে কী হবে? গতিপথের বাহুসংখ্যা বাড়ার সাথে সাথে দেখা যায় ক্রীড়াবিদেরও বেশি সংখ্যক বার দিক পরিবর্তন করতে হয়। বাহুসংখ্যা অসীম হলে গতিপথের আকৃতি কীরূপ হবে? এরকম করার পর তুমি দেখবে যে, গতিপথের আকৃতি বৃত্তের মতো হচ্ছে এবং প্রতিটি বাহুর দৈর্ঘ্য হ্রাস পেয়ে বিন্দুতে পরিণত হচ্ছে। যদি একটি বৃত্তাকার পথে ক্রীড়াবিদ স্থিরমানের বেগে গতিশীল হয়, তবে ক্রীড়াবিদের বেগের পরিবর্তন হয় একমাত্র গতির অভিমুখের পরিবর্তনের জন্য। সুতরাং বৃত্তাকার পথে ক্রীড়াবিদের গতি একটি ত্বরণযুক্ত গতির উদাহরণ।

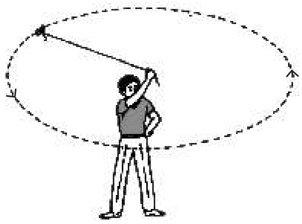
আমরা জানি, r ব্যাসার্ধের বৃত্তের পরিধি $2\pi r$, যদি ক্রীড়াবিদের r ব্যাসার্ধের বৃত্তপথে একবার ঘুরে আসতে t সেকেন্ড সময় নেয় তবে,

$$\text{দ্রুতি,} \quad v = \frac{2\pi r}{t} \qquad (8.13)$$

যখন একটি বস্তু সুষম দ্রুতিতে বৃত্তাকার পথে গতিশীল হয়, তখন এর গতিকে সমবৃত্তীয় গতি বলে।

কাজ _______________ 8.11

- এক টুকরো সুতো নিয়ে এর একপ্রান্তে একটি পাথরের টুকরো বাঁধো। 8.10 নং চিত্রের মতো সুতোর অন্য প্রান্ত ধরে পাথরের টুকরোটিকে বৃত্তাকার পথে সমদ্রুতিতে ঘোরাও।



চিত্র 8.10 ঃ বৃত্তপথে স্থিরমানের বেগে ঘূর্ণায়মান পাথরখণ্ড

- এখন সুতোটি ছেড়ে দিয়ে পাথরের টুকরোটিকে যেতে দাও।
- তুমি কি বলতে পারবে এটি ছেড়ে দেওয়ার পর পাথরের টুকরোটি কোন্ দিকে যাবে?
- কয়েকবার কাজটি করে এবং বৃত্তপথের বিভিন্ন অবস্থানে পাথরের টুকরোটি ছেড়ে দিয়ে দেখো, যেদিকে পাথরের টুকরোটি গতিশীল হচ্ছে তা কী একই, না আলাদা?

পাথরের টুকরোটি ছেড়ে দিয়ে তুমি ভালো করে লক্ষ করলে দেখবে, বৃত্তাকার পথের স্পর্শক বরাবর এটি সরলরেখায় গতিশীল হচ্ছে। এর কারণ, একবার পাথরের টুকরোটি ছেড়ে দিলে ওই মুহূর্তে যেদিকে গতিশীল ছিল সেদিকে সেটি তার গতি বজায় রাখবে। এ থেকে দেখা যায়, যখন পাথরের টুকরো বৃত্তাকার পথে গতিশীল থাকে, তখন গতিপথের প্রতিটি বিন্দুতে গতির অভিমুখ পরিবর্তিত হয়।

খেলায় একজন ক্রীড়াবিদ হ্যামার (hammer) বা ডিসকাস (discus) ছোড়ার সময় তার হাতে হ্যামার (hammer) বা ডিসকাস (discus) কে ধরে তার নিজের শরীরের ঘূর্ণনের মাধ্যমে এটিতে বৃত্তীয়গতি সঞ্চার করে। উপরের কাজে পাথরের টুকরোর মতো হ্যামার বা ডিসকাসটিকে নির্দিষ্ট দিকে ছেড়ে দিলে ছাড়ার মুহূর্তে সেটি যেদিকে গতিশীল ছিল, সেদিকেই গতিশীল হবে। বস্তুর সুষম বৃত্তীয় গতির এরকম অনেক উদাহরণ আছে। যেমন - চাঁদ এবং পৃথিবীর গতি, পৃথিবীর চারদিকে বৃত্তাকার কক্ষপথে উপগ্রহের গতি, বৃত্তপথে স্থিরদ্রুতিতে সাইকেল আরোহীর গতি ইত্যাদি।

তোমরা যা শিখলে

- গতি হল অবস্থার পরিবর্তন; এটি অতিক্রম করা দূরত্ব বা সরণ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।
- স্থির বা পরিবর্তনশীল বেগের উপর নির্ভর করে বস্তুর গতি সুষম বা অসম হতে পারে।
- একটি বস্তুর দ্রুতি হল একক সময়ে অতিক্রান্ত দূরত্ব এবং বেগ হল একক সময়ের সরণ।
- একটি বস্তুর ত্বরণ হল একক সময়ে বেগের পরিবর্তন।
- বস্তুর সুষম এবং অসম গতি লেখচিত্রের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়।
- সুষম ত্বরণে গতিশীল বস্তুর গতি নিম্নলিখিত সমীকরণগুলোর সাহায্যে প্রকাশ করা যায়, যথা-

$$v = u + at$$

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

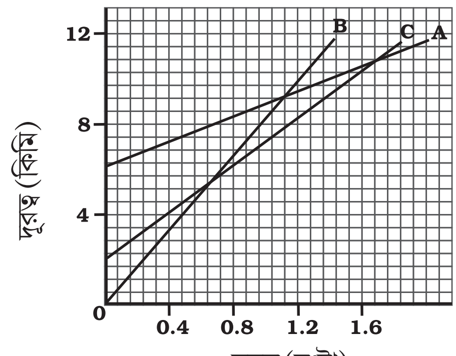
$$2as = v^2 - u^2$$

যেখানে u হল বস্তুর প্রাথমিক বেগ, যেটি t সময় ধরে a সুষম ত্বরণে গতিশীল থাকে, v হল অন্তিম বেগ এবং s হল t সময়ে বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব।

- যদি একটি বস্তু বৃত্তাকার পথে সুষম দ্রুতিতে গতিশীল হয়, তবে এর গতিকে সুষম বৃত্তীয় গতি বলে।

অনুশীলনী

1. 200 m ব্যাসের একটি বৃত্তপথে একবার ঘুরে আসতে একজন ক্রীড়াবিদের 40 সেকেন্ড সময় লাগে। 2 মিনিট 20 সেকেন্ড পর অতিক্রান্ত দূরত্ব এবং সরণ কত হবে?
2. যোশেফ জগিং (Jogging) করে 2 মিনিট 30 সেকেন্ডে একটি 300 মিটার দীর্ঘ সোজা রাস্তার একপ্রান্ত A থেকে অন্যপ্রান্ত B তে পৌঁছে। পরে বাঁক নিয়ে একই পথে 1 মিনিট পর 100 মিটার দূরের C বিন্দুতে ফিরে আসে। (a) A থেকে B পর্যন্ত এবং (b) A থেকে C পর্যন্ত জগিং এর ক্ষেত্রে যোশেফের গড়দ্রুতি এবং গড়বেগ নির্ণয় করো।
3. আব্দুল স্কুলে যাওয়ার সময় হিসেব করে দেখল যাত্রাপথে তার বাহনের গড়দ্রুতি 20 km h^{-1} একই রাস্তা বরাবর ফিরে আসার সময় ভিড় কম থাকায় তার বাহনের বেগ হয় 30 km h^{-1}। সম্পূর্ণ যাত্রাতে তার গড়দ্রুতি কত?
4. একটি হ্রদে স্থির অবস্থা থেকে যাত্রা শুরু করে একটি মোটরবোট (motorboat) সরলরেখা বরাবর 3.0 m s^{-2} সমত্বরণে 8.0 s চলে। ঐ সময়ে মোটরবোট (motorboat) কতদূর যাবে?
5. 52 km h^{-1} বেগে গতিশীল একজন গাড়ির চালক ব্রেক প্রয়োগ করে এবং বিপরীত দিকে সুষম ত্বরণে চলে 5 সেকেন্ড পর থামে। অন্য গাড়িতে 3 km h^{-1} বেগে গতিশীল একজন গাড়ির চালক ধীরে ব্রেক প্রয়োগ করে 10 সেকেন্ডে থামে। একই লেখচিত্রে দুটি গাড়ির ক্ষেত্রে দ্রুতি বনাম সময় লেখচিত্র অঙ্কন করো। ব্রেক প্রয়োগ করার পর দুটি গাড়ির মধ্যে কোন্‌টি বেশি দূর যাবে?
6. 8.11 চিত্রে A, B এবং C বস্তুর দূরত্ব-সময় লেখচিত্র দেখানো হয়েছে। লেখগুলি পর্যবেক্ষণ করো এবং নীচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও।



চিত্র : 8.11

(a) তিনটির মধ্যে কোন্‌টি সবচেয়ে দ্রুতগামী?

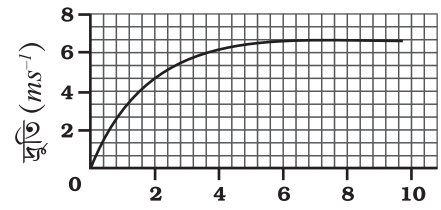
(b) গতিপথের একই বিন্দুতে গাড়ি তিনটি কখনও থাকে কি?

(c) যখন B, A কে অতিক্রম করে তখন C কতদূর অতিক্রম করে?

(d) C কে অতিক্রম করার সময় B কতদূর অতিক্রম করে?

7. একটি বস্তুকে 20 m উচ্চতা থেকে আলতোভাবে ছেড়ে দেওয়া হল। যদি এর বেগ 10 m s^{-2} সুষম হারে বৃদ্ধি পায়, তবে কী বেগে এটি ভূপৃষ্ঠকে আঘাত করবে? কতক্ষণ পর ভূপৃষ্ঠকে আঘাত করবে?

8. একটি গাড়ির দ্রুতি-সময় লেখচিত্র 8.12 নং চিত্রে দেখানো হল।



চিত্র : 8.12

(a) প্রথম 4 সেকেন্ডে গাড়িটি কতটা পথ যাবে? এই সময়ে গাড়ির অতিক্রান্ত দূরত্ব লেখচিত্রে যে ক্ষেত্রফল নির্দেশ করে তা চিহ্নিত করো।

(b) লেখচিত্রের কোন্ অংশ গাড়ির সুষম গতি নির্দেশ করে?

9. নিম্নলিখিত কোন্‌টি সম্ভব এবং প্রতিটির একটি করে উদাহরণ দাও :

(a) একটি বস্তুর ত্বরণ সুষম কিন্তু বেগ শূন্য।

(b) একটি বস্তু ত্বরণ নিয়ে গতিশীল কিন্তু দ্রুতি সুষম।

(c) একটি বস্তু একটি নির্দিষ্ট দিকে গতিশীল এবং ত্বরণ গতির অভিমুখের সঙ্গে লম্বভাবে ক্রিয়াশীল।

10. একটি কৃত্রিম উপগ্রহ 42250 কিমি ব্যাসার্ধের বৃত্তাকার কক্ষপথ বরাবর পৃথিবীর চারদিকে ঘুরছে। যদি পৃথিবীর চারদিকে এর একবার ঘুরে আসতে 24 ঘণ্টা সময় লাগে তবে তার দ্রুতি নির্ণয় করো।

অধ্যায় 9

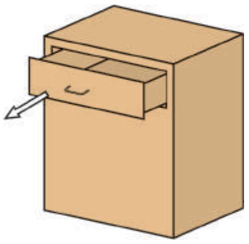
বল এবং গতির সূত্রাবলি

FORCE AND LAWS OF MOTION

পূর্ববর্তী অধ্যায়ে আমরা সরলরেখায় গতিশীল একটি বস্তুর গতি তার অবস্থান, বেগ এবং ত্বরণের মাধ্যমে আলোচনা করেছি। আমরা দেখেছি এরূপ গতি সুষম বা অসম হতে পারে। বস্তুর গতির কারণ এখনও আমরা জানতে পারিনি। কেন সময়ের সাপেক্ষে বস্তুর বেগের পরিবর্তন হয়? প্রত্যেক গতিরই কি কোনো কারণ আছে? যদি হ্যাঁ হয়, তবে এই কারণের প্রকৃতি কীরূপ? এই অধ্যায়ে আমরা এরূপ কৌতুহলগুলিকে ব্যাখ্যা করার চেষ্টা করব।

বিগত অনেক শতাব্দী ধরে গতি ও এর কারণ সংক্রান্ত সমস্যা বিজ্ঞানী এবং দার্শনিকগণকে বিভ্রান্ত করে আসছিল। ভূমির উপর রাখা কোনো বলকে সামান্য আঘাত করলে তা সর্বক্ষণ গতিশীল থাকে না। এই পর্যবেক্ষণগুলি থেকে বোঝা যায় স্থিরাবস্থা বস্তুর একটি 'স্বাভাবিক অবস্থা'। গ্যালিলিও গ্যালিলি এবং আইজ্যাক নিউটনের গতি সম্পর্কিত সম্পূর্ণ নতুন তত্ত্বের অবতারণার পূর্বে গতি সম্পর্কিত এই ধারণাই প্রচলিত ছিল।

(a) আমাদের ধাক্কার অভিমুখে ঠেলাগাড়িটি চলছে



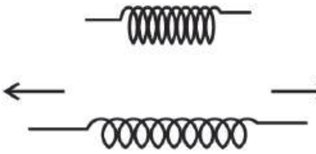
(b) ড্রয়ারটিকে টানা হল।

(c) হকির স্টিকের আঘাত বলকে সামনের দিকে এগিয়ে দেয়।

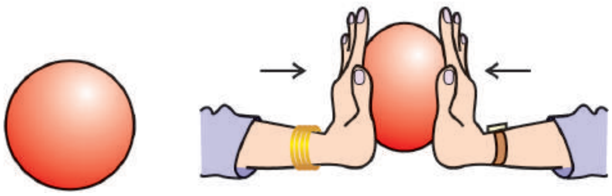
চিত্র 9.1: ঠেলা, টানা বা আঘাত করার মাধ্যমে বস্তুর গতীয় অবস্থার পরিবর্তন।

দৈনন্দিন জীবনে আমরা দেখি যে, কোনো স্থির বস্তুকে গতিশীল বা গতিশীল বস্তুকে স্থির করতে গেলে কোনো না কোনো প্রচেষ্টার দরকার। সাধারণ অভিজ্ঞতায় আমরা দেখি এগুলো পেশিবলের দ্বারা করা যায় এবং বলা যায় বস্তুর গতীয় অবস্থার পরিবর্তন করতে অবশ্যই ঠেলা, আঘাত করা বা টানার প্রয়োজন হয়। ঠেলা টানা বা আঘাতের ভিত্তিতেই বলের ধারণা পাওয়া যায়। এবারে 'বল' সম্পর্কে ভাবা যাক। বল কী ? এটি বস্তুত দেখা যায় না, আস্বাদন করা যায় না বা অনুভূতও হয় না। যদিও বলের প্রভাব আমরা সর্বদাই দেখতে বা অনুভব করতে পারি। কোনো বস্তুর উপর বল প্রযুক্ত হলে বস্তুর কী ঘটে তার বর্ণনার মাধ্যমে বলের ব্যাখ্যা দেওয়া যায়। ঠেলা, আঘাত করা এবং টানা — এগুলো হল বস্তুকে গতিশীল করার উপায় (চিত্র 9.1)। ওরা সচল হয়, কেন না আমরা ওদের উপর বল প্রয়োগ করি।

পূর্বের ক্লাসগুলিতে তোমরা পড়েছ এবং জান যে কোনো বস্তুর বেগের মানের পরিবর্তন ঘটাতে (অর্থাৎ বস্তুর গতি দ্রুততর বা মন্থর করতে) বা এর দিক পরিবর্তনে বল প্রয়োগ করতে হয়। আমরা আরও জানি যে, প্রযুক্ত বল বস্তুর আকার বা আকৃতির পরিবর্তন করতে পারে (চিত্র 9.2)



(a)

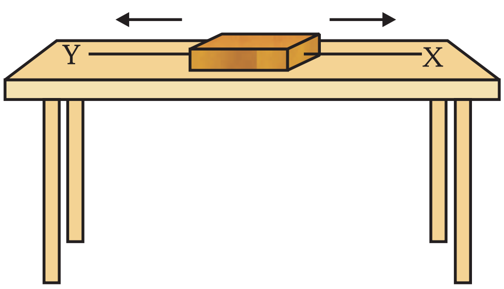


(b)

চিত্র 9.2: (a) *বল প্রয়োগে স্প্রিং-এর প্রসারণ।*
(b) *গোলীয় রাবার বলকে বল প্রয়োগ করে পরা বৃত্তাকার করা।*

9.1 প্রতিমিত এবং অপ্রতিমিত বল (Balanced and Unbalanced Forces)

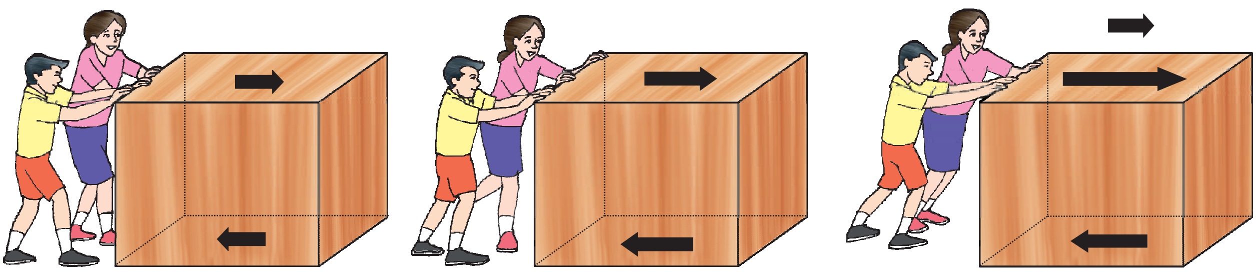
9.3 চিত্রে অনুভূমিক টেবিলের উপর একটি কাঠের ব্লক রাখা আছে। ব্লকটির দুটি বিপরীত তলে দুটি তার X ও Y যুক্ত আছে। যদি X তারটিকে টেনে বল প্রয়োগ করি। তবে ব্লকটি ডানদিকে চলতে শুরু করে। অনুরূপে, Y তারটিকে টানা হলে, ব্লকটি বামদিকে চলবে। কিন্তু ব্লকটিকে দুই পাশ থেকে সমান বলে টানা হলে, ব্লকটি কোনো দিকেই গতিশীল হবে না। এরূপ বলকে প্রতিমিত বল বলে এবং এরূপ বল বস্তুর স্থির বা গতীয় অবস্থার পরিবর্তন করে না। এখন দুটি বিপরীতমুখী ভিন্ন মানের বল দ্বারা ব্লকটিকে টানা হলে তার কী অবস্থা হয়, তা আলোচনা করা যাক। এক্ষেত্রে ব্লকটি বৃহত্তর মানের বলের দিকেই গতিশীল হবে। অর্থাৎ বল দুটি প্রতিমিত হয় না এবং বস্তু যেদিকে ধাবিত হয় অপ্রতিমিত বলও সেদিকে ক্রিয়া করে। সুতরাং বলা যায় একটি বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল অপ্রতিমিত বল বস্তুটিকে গতিশীল করে।



চিত্র 9.3: কাঠের ব্লকের উপর ক্রিয়াশীল দুটি বল।

একটি অমসৃণ তলের উপর রাখা বাক্সকে কয়েকজন শিশু ধাক্কা দিলে কী ঘটবে? যদি ওরা কম বল প্রয়োগ করে থাকে তবে বাক্সটি গতিশীল হবে না কারণ এখানে প্রযুক্ত ধাক্কার, বিপরীত দিকে ঘর্ষণ ক্রিয়া করে [চিত্র 9.4(a)]। এক্ষেত্রে বাক্সের নিম্নতল ও অমসৃণ মেঝের মধ্যে ক্রিয়াশীল ঘর্ষণ বল প্রযুক্ত বলকে প্রশমিত করে। তাই বাক্সটি গতিশীল হয় না। চিত্র 9.4(b) তে, শিশুরা বাক্সটিকে জোরে ধাক্কা দেয়, তবুও বাক্সটি গতিশীল হয় না। কারণ এখনও ঘর্ষণ বল শিশুদের ধাক্কাকে প্রতিমিত করে। শিশুরা আরো জোরে ধাক্কা দিলে, যদি ধাক্কা বল ঘর্ষণ বল অপেক্ষা বেশি হয় তবে একটি অপ্রতিমিত বলের সৃষ্টি হয়। তাই বাক্সটি চলতে শুরু করে।

বাইসাইকেল চালানোর সময় কী হয়? যখন প্যাডেলিং বন্ধ করা হয়, সাইকেলের গতি কমতে শুরু করে। কারণ এখানেও ঘর্ষণ বল গতির অভিমুখের বিরুদ্ধে ক্রিয়া করে। বাইসাইকেলের গতি বজায় রাখার জন্য পুনরায় আমাদের প্যাডেলিং শুরু করতে হয়। সুতরাং একটি বস্তুর গতি বজায় রাখতে তার উপর অনবরত একটি অপ্রতিমিত বল প্রয়োগ করতে হয়। কিন্তু এই ধারণা সম্পূর্ণ ভুল। কারণ একটি বস্তু সুষম গতিতে গতিশীল হবে যদি তার উপর প্রযুক্ত বলসমূহ (ধাক্কা বল ও ঘর্ষণ বল) পরস্পর পরস্পরকে প্রশমিত করে এবং বস্তুর উপর কোনো মোট (Net) বাহ্যিক বল ক্রিয়াশীল না হয়। যদি অপ্রতিমিত বল বস্তুর উপর ক্রিয়া করে তবে বস্তুর বেগের মান বা দিক পরিবর্তিত হয়। সুতরাং কোনো বস্তুর গতিকে ত্বরান্বিত করতে হলে একটি অপ্রতিমিত বলের প্রয়োজন হয়। বস্তুর বেগের মান বা দিক বা উভয়ের পরিবর্তন ততক্ষণই বজায় থাকে যতক্ষণ তার উপর অপ্রতিমিত বল ক্রিয়া করে। যদি বাহ্যিক বল সম্পূর্ণরূপে সরিয়ে নেয়া হয় তবে বস্তুটি ঐ মুহূর্তে যে বেগে গতিশীল ছিল সেই একই বেগে চলতে থাকবে।

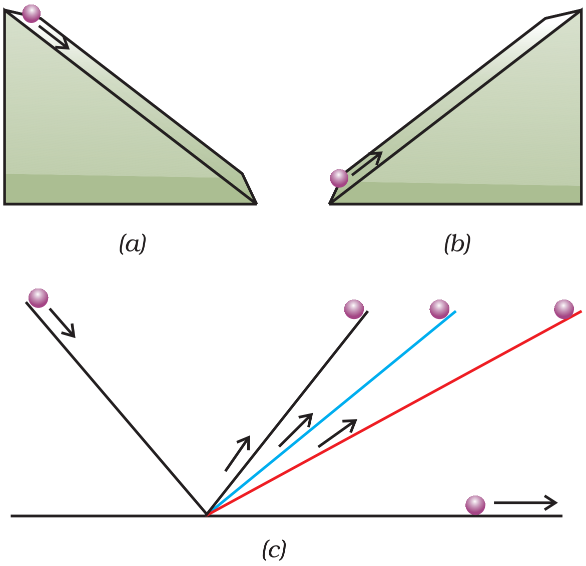


(a) (b) (c)

চিত্র 9.4

9.2 প্রথম গতিসূত্র (First Law of Motion)

আনততল বেয়ে বস্তুসমূহের গতি পর্যবেক্ষণ করে গ্যালিলিও যুক্তি দিয়ে বলেন যে, বস্তুসমূহের উপর যখন কোনো বল ক্রিয়াশীল হয় না তখন বস্তুসমূহ স্থির দ্রুতিতে গতিশীল হয়। তিনি পর্যবেক্ষণ করেন যে, যখন একটি মার্বেল আনততল বেয়ে গড়িয়ে পড়ে তখন তার গতিবেগ বাড়তে থাকে [চিত্র 9.5(a)]। পরবর্তী অধ্যায়ে আমরা শিখব যে যখন অপ্রতিমিত অভিকর্ষ বলের অধীনে মার্বেল নীচে পড়ে এবং যখন পাদবিন্দুতে পৌঁছায় তখন সেটি একটি নির্দিষ্ট গতিবেগ লাভ করে। মার্বেলটি উপর দিকে ওঠার সময় এর গতিবেগ হ্রাস পায় [চিত্র 9.5(b)]। 9.5(c) চিত্রে উভয় পার্শ্বে আনত একটি আদর্শ ঘর্ষণহীন তলে স্থির একটি মার্বেলকে দেখানো হল। গ্যালিলিও যুক্তি দেখিয়ে বলেন যে, মার্বেলটিকে বামদিক থেকে ছেড়ে দিলে এটি তল বেয়ে গড়িয়ে পড়বে এবং যে উচ্চতা থেকে ছাড়া হয়েছিল বিপরীত তল বেয়ে তার সমান উচ্চতায় উঠবে। উভয় পার্শ্বের নততলের নতি সমান হলে মার্বেলটি ডানদিকের তল বেয়ে ঠিক ততটা দূরত্বই উপরে উঠবে, যতটা দূরত্ব মার্বেলটি বামদিকের তল বেয়ে গড়িয়ে পড়ে। ডানদিকের তলটির নতিকোণের মান ধীরে ধীরে কমাতে থাকলে মার্বেলটি আরো অধিক দূরত্ব যাবে যতক্ষণ না সেটি সমান উচ্চতায় পৌঁছায়। যদি ডানদিকের তলটিকে শেষ পর্যন্ত অনুভূমিক করা হয় (অর্থাৎ এর নতি শূন্যতে নামিয়ে আনা হয়), মার্বেলটিকে যে উচ্চতা হতে ছাড়া হয়েছিল সে উচ্চতায় পৌঁছানোর চেষ্টায় চিরকাল চলতে থাকবে। এক্ষেত্রে মার্বেলের উপর কার্যকর অপ্রতিমিত বল শূন্য। অর্থাৎ এটি এই ধারণা দেয় যে, মার্বেলের গতির পরিবর্তন ঘটাতে একটি বাহ্যিক অপ্রতিমিত বলের প্রয়োজন হয়, কিন্তু মার্বেলটির সুষম গতি বজায় রাখতে কোনো মোট কার্যকর বলের প্রয়োজন হয় না। ব্যবহারিক ক্ষেত্রে একটি শূন্য মানের অপ্রতিমিত বল পাওয়া কষ্টসাধ্য। এর কারণ হল গতির বিপরীত অভিমুখে ক্রিয়াশীল ঘর্ষণ বলের উপস্থিতি। বাস্তবে কিছুদূর যাবার পর মার্বেলটি থেমে যায়। মসৃণ মার্বেল ও মসৃণ তল ব্যবহার করে এবং তলের উপর পিচ্ছিলকারক পদার্থ (lubricant) ছড়িয়ে ঘর্ষণ বলের প্রভাব কমিয়ে আনা যেতে পারে।



চিত্র 9.5: আনততল বরাবর মার্বেলের (a) নিম্নগতিতে; (b) উর্ধ্বগতি (c) দুটি আনততলে মার্বেলের গতি

বিজ্ঞানী আইজ্যাক নিউটন বল ও গতি সংক্রান্ত গ্যালিলিওর ধারণাগুলোকে আরও অধ্যয়ন ও বিশ্লেষণ করেন এবং তিনটি প্রাথমিক সূত্র উপস্থাপন করেন, যাদের দ্বারা বস্তুর গতি নিয়ন্ত্রিত হয়। এই সূত্র তিনটি নিউটনের গতিসূত্র নামে পরিচিত। প্রথম গতিসূত্রের বিবৃতিটি হল :

বাইরে থেকে বল (অপ্রতিমিত) প্রয়োগের দ্বারা বস্তুর অবস্থার পরিবর্তনে বাধ্য করা না হলে স্থির বস্তু চিরকাল স্থির অবস্থাতেই থাকে এবং গতিশীল বস্তু চিরকাল সমবেগে সরলরেখায় চলতে থাকে।

অন্যকথায়, সব বস্তুই ওদের গতীয় অবস্থার পরিবর্তনে বাধা দেয়। গুণগতভাবে, বাহ্যিক বলের অনুপস্থিতিতে স্থির বস্তুর স্থির অবস্থা বজায় রাখার কিংবা গতিশীল বস্তুর সমবেগ বজায় রাখার প্রবণতাকে জাড্য বা জড়তা (inertia) বলে। এ কারণে প্রথম গতিসূত্রটিকে জাড্যের সূত্র নামেও অভিহিত করা হয়। মোটরগাড়িতে ভ্রমণকালে আমরা এমন কিছু ঘটনার সম্মুখীন হই যাদেরকে জাড্যের সূত্রের ভিত্তিতে ব্যাখ্যা করা যায়। যতক্ষণ পর্যন্ত না গাড়ির চালক ব্রেক কষে গাড়িটিকে থামাতে বল প্রয়োগ করে, ততক্ষণ সিটের সাপেক্ষে আমরা স্থির অবস্থায় থাকি। ব্রেক কষার সাথে সাথে গাড়ির গতি

গ্যালিলিও গ্যালিলি 1564 খ্রিস্টাব্দের 15 ফ্রেব্রুয়ারি ইটালির পিসা-য় জন্মগ্রহণ করেন। শৈশব থেকেই গণিত ও প্রাকৃতিক দর্শনের বিষয়ে গ্যালিলিওর আগ্রহ ছিল। কিন্তু তাঁর পিতা ভিনসেঞ্জো গ্যালিলি চাইতেন তিনি চিকিৎসক হোন। সেইমত গ্যালিলিও 1581 খ্রিস্টাব্দে পিসা বিশ্ববিদ্যালয়ে চিকিৎসাবিদ্যায় ডিগ্রি লাভের উদ্দেশ্যে ভর্তি হন। কিন্তু তা কখনোই সম্ভব হয়নি, কেন না তাঁর প্রকৃত কৌতূহল ছিল গণিতে। 1586 খ্রিস্টাব্দে গ্যালিলিও তাঁর প্রথম বিজ্ঞানভিত্তিক বই 'দ্যা লিটল ব্যালান্স' (La Balancitta) লেখেন যাতে তিনি তুলাযন্ত্রের সাহায্যে পদার্থের আপেক্ষিক ঘনত্ব বা আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা করেন। 1589 খ্রিস্টাব্দে তিনি তাঁর ধারাবাহিক প্রবন্ধাবলি দ্যা মোটু (De Motu) তে আনততল বেয়ে পড়ন্ত বস্তুর পতন হার সংক্রান্ত তত্ত্ব প্রকাশ করেন।

Galileo Galilei
(1564 – 1642)

1592 খ্রিস্টাব্দে গ্যালিলিও ভেনিস প্রজাতন্ত্রের 'পাদুয়া' (Padua) বিশ্ববিদ্যালয়ে গণিতের অধ্যাপক রূপে নিযুক্ত হন। সেখানে তিনি গতি বিষয়ক পর্যবেক্ষণ চালিয়ে যান এবং আনততল, পেন্ডুলাম ইত্যাদি বিষয়ের উপর তাঁর গবেষণার মাধ্যমে সুষম ত্বরণশীল বস্তুর সঠিক সূত্র প্রণয়ন করে বলেন যে, বস্তু কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্ব ব্যয়িত সময়ের বর্গের সমানুপাতিক।

গ্যালিলিও একজন দক্ষ কারিগরও ছিলেন। তিনি এমন সব দূরবীক্ষণ যন্ত্র উদ্ভাবন করেন যাদের কার্যকারিতা তখনকার সময়ে প্রচলিত দূরবীক্ষণ যন্ত্রের তুলনায় যথেষ্ট ভালো ছিল। 1640 খ্রিস্টাব্দের কাছাকাছি সময়ে তিনি প্রথম পেন্ডুলাম ঘড়ির নকশা তৈরি করেন। জ্যোতির্বিজ্ঞান সংক্রান্ত তাঁর আবিষ্কারের উপর লেখা বই 'Starry Messenger' স্টারি মেসেঞ্জার-এ গ্যালিলিও দাবি করেন যে, তিনি চাঁদে পাহাড়ের অস্তিত্ব পর্যবেক্ষণ করেছেন। ছায়াপথটি অসংখ্য ক্ষুদ্র তারায় তৈরি এবং চারটি ছোটো বস্তু বৃহস্পতিকে আবর্তন করছে। তাঁর বই 'Discourse of Floating bodies' এবং 'Letters on the Sunspots'-এ সূর্যের গায়ে দাগ পর্যবেক্ষণের কথা ব্যক্ত করেন।

গ্যালিলিও তাঁর নিজের তৈরি দূরবীক্ষণের সাহায্যে শনি ও শুক্র গ্রহকে পর্যবেক্ষণের পর তখনকার প্রচলিত ধারণার বিরুদ্ধে গিয়ে তিনি দাবি করেন যে গ্রহগুলো পৃথিবীকে নয়, সূর্যকেই প্রদক্ষিণ করছে।

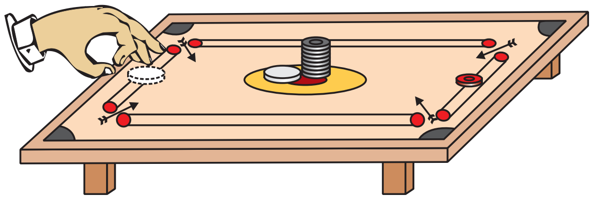
কমতে থাকে কিন্তু আমাদের শরীর জাড্যধর্মের জন্য এই গতীয় অবস্থা বজায় রাখতে চায়। এ কারণে হঠাৎ করে ব্রেক কষলে সামনের সিটের সাথে সংঘাতের ফলে আমাদের আঘাত পাওয়ার সম্ভাবনা থাকে। এরূপ দুর্ঘটনা থেকে রক্ষা পেতে নিরাপত্তা বেল্ট (Safety belt) পরা হয়। নিরাপত্তা বেল্ট আমাদের সম্মুখগতিকে মন্থর করতে আমাদের শরীরের ওপর একটি বল প্রয়োগ করে। স্থির বাস হঠাৎ করে চলতে শুরু করলে বাসের ভিতরে দাঁড়িয়ে থাকা অবস্থায় আমরা এর বিপরীত ঘটনা প্রত্যক্ষ করি। এক্ষেত্রে আমরা পেছন দিকে হেলে পড়তে চাই। এমনটা হয় কেন না বাস হঠাৎ চলতে শুরু করলে বাসের সাথে সাথে বাসের মেঝের স্পর্শে থাকা আমাদের পা-ও গতিশীল হয়। কিন্তু আমাদের শরীরের বাকি অংশ জাড্যের জন্য এ গতিকে বাধা দেয়।

যখন কোনো মোটরগাড়ি দ্রুতগতিতে তীব্র মোড়ে বাঁক নেয় তখন আমরা বাঁকের বহির্মুখী ধাক্কা অনুভব করি। এটিও জাড্যের সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়। আমরা আমাদের সরলরৈখিক গতি বজায় রাখতে চাই। যখনই গাড়ির ইঞ্জিন গাড়ির গতির অভিমুখ পরিবর্তনের জন্য অপ্রতিমিত বল প্রয়োগ করে, আমরা জড়তার কারণে সিটের একপাশে পিছলে যাই।

কোনো স্থির বস্তুর উপর অপ্রতিমিত বল প্রযুক্ত না হলে বস্তুটি স্থির অবস্থায় থাকে — এ সত্যটি নীচের কার্যাবলির মাধ্যমে বিস্তারিতভাবে বোঝা যেতে পারে।

কাজ 9.1

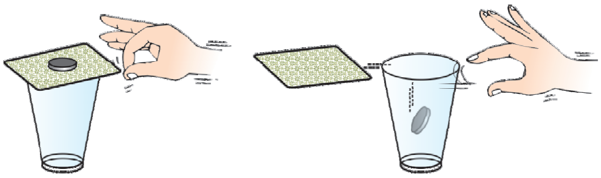
- চিত্র 9.6 এর অনুসরণে ক্যারম বোর্ডের ওপর একই রকম গুটিগুলো সাজিয়ে একটি স্তম্ভ তৈরি করো।
- অপর একটি ক্যারম গুটি কিংবা স্ট্রাইকারের সাহায্যে স্তম্ভটির পাদদেশে অনুভূমিকভাবে জোরে আঘাত করো। আঘাতটি যথেষ্ট জোরালো হলে নীচের গুটিটি দ্রুত বেরিয়ে যাবে। একবার নীচের গুটিটি সরে গেলে অন্য গুটিগুলো জড়তার জন্য উল্লম্বভাবে স্তম্ভাকারে বোর্ডের উপর বসে পড়বে।



চিত্র 9.6: দ্রুতগতির ক্যারমগুটির (বা স্ট্রাইকারের) আঘাতে শুধুমাত্র গুটিস্তম্ভের নীচের গুটিটি সরে গেছে।

কাজ 9.2

- চিত্র 9.7 এ টেবিলের ওপর রাখা খালি কাচের গ্লাসের মুখের ওপর একটি শক্ত কার্ড রেখে তার ওপর একটি পাঁচ টাকার মুদ্রা রাখো।
- হাতের আঙুল দিয়ে কার্ডটির একদিকে অনুভূমিকভাবে জোরে টোকা দাও। তুমি টোকাটি দ্রুত ও জোরে দিতে পারলে দেখবে কার্ডটি সবেগে ছিটকে যায় আর জাড্যের জন্য মুদ্রাটি উল্লম্বভাবে কাচের গ্লাসের ভিতরে পড়ে।
- জাড্য ধর্মের জন্য কার্ডটি সরে যাওয়ার সময় মুদ্রাটি স্থির অবস্থা বজায় রাখার চেষ্টা করে।



চিত্র 9.7: কার্ডটিকে যখন আঙুলের টোকা দেওয়া হয় এর উপর রাখা মুদ্রাটি গ্লাসের ভেতরে পড়ে।

কাজ 9.3

- একটি কানায় কানায় জলপূর্ণ গ্লাসকে একটি ট্রের ওপর রাখ।
- ট্রে-টিকে শক্ত করে ধরে যতটা সম্ভব দ্রুত ঘোরাও।
- আমরা দেখি যে জল উপচে পড়ছে। কেন?

দেখবে যে, চায়ের কাপ রাখার জন্য প্লেটে খাঁজ কাটা হয়। এটি হঠাৎ ঝাঁকুনি খেলে কাপকে উল্টে পড়া থেকে রক্ষা করে।

9.3 জাড্য ও ভর (Inertia and Mass)

এতক্ষণ পর্যন্ত যতগুলো উদাহরণ ও কার্যাবলি উল্লেখ করা হয়েছে তা থেকে স্পষ্টতই বোঝা যায় যে প্রত্যেক বস্তুই তার গতীয় অবস্থার পরিবর্তনে বাধা প্রদান করে। যদি বস্তুটি স্থির হয় ওটি স্থির অবস্থাতেই থাকতে চায়; আর গতিশীল বস্তু গতীয় অবস্থা বজায় রাখতে চায়। বস্তুর এই ধর্মকে জাড্য বা জড়তা বলে। প্রত্যেক বস্তুরই জাড্য আছে কি? আমরা জানি যে একটি বই ভর্তি বাক্সের তুলনায় একটি খালি বাক্সকে ঠেলে নেওয়া সহজতর। অনুরূপভাবে, একটি ফুটবলকে লাথি মারলে ওটি উড়ে যায়। কিন্তু একই আকারের একটি পাথরের টুকরোকে একই বলে লাথি মেরে নাড়ানো কষ্টসাধ্য। বস্তুত এমনটা করতে গিয়ে আমরাও অনুরূপভাবে পায়ে আঘাতও পেতে পারি। 9.2 এর কার্যাবলিতে পাঁচ টাকার মুদ্রার পরিবর্তে এক টাকার মুদ্রা নিলে আমরা দেখব যে, অপেক্ষাকৃত কম বল প্রয়োগ করেই কার্যটি সম্পাদন করা যায়। যে বল একটি ছোট দু-চাকার গাড়িতে উচ্চ গতিবেগ সঞ্চারে সক্ষম সে একই বল একটি রেলগাড়ির গতিবেগের অতি সামান্যই পরিবর্তন করতে পারে। এর কারণ, দু-চাকার ছোটো গাড়ির তুলনায় রেলগাড়ির গতীয় অবস্থার পরিবর্তনের প্রবণতা অপেক্ষাকৃত অনেকটাই কম। অতএব, আমরা বলতে পারি দু-চাকার ছোটো গাড়ির তুলনায় রেলগাড়ির জাড্য বেশি। স্পষ্টতই, ভারী বস্তু বা বড়ো বস্তুসমূহ বেশি জাড্যধর্ম প্রদর্শন করে। পরিমাণগতভাবে, কোনো বস্তুর জাড্য ওর ভরের দ্বারাই পরিমেয় হয়। অতএব, আমরা বস্তুর জাড্য ও ভরকে নিম্নরূপে সম্পর্কিত করতে পারি —

জাড্য বা জড়তা হল বস্তুর গতীয় কিংবা স্থিতিশীল অবস্থার পরিবর্তনের বিরুদ্ধে বাধা দেওয়ার স্বাভাবিক প্রবণতা। বস্তুর ভরই বস্তুর জাড্যের পরিমাপ।

প্রশ্নাবলি :

1. নীচের ক্ষেত্রগুলোতে কোন্‌টির জাড্য বেশি : (a) একটি রাবারের বল ও একই আকারের একটুকরো পাথর? (b) একটি বাইসাইকেল ও একটি রেলগাড়ি? (c) একটি পাঁচ টাকার মুদ্রা ও একটি এক টাকার মুদ্রা?

2. নীচের উদাহরণটিতে, বলটির গতিবেগ কতবার পরিবর্তন হয় সনাক্ত করার চেষ্টা করো — "একজন ফুটবল খেলোয়াড় একটি ফুটবলকে লাথি মেরে স্বদলীয় অন্য এক খেলোয়াড়কে দিল, যে ফুটবলটিকে গোলরক্ষকের দিকে মারল। বিপরীত দলের গোলরক্ষক বলটিকে ধরে তার নিজদলের একজন খেলোয়াড়ের দিকে মারল।" প্রতিক্ষেত্রে বল প্রয়োগকারীকেও চিহ্নিত করো।

3. গাছের শাখাকে সবলে ঝাঁকুনি দিলে গাছের কিছু পাতা ঝরে পড়ে কেন ব্যাখ্যা করো।

4. যখন কোনো চলন্ত বাসকে থামাতে ব্রেক কষা হয় তখন তুমি সামনের দিকে ঝুঁকে পড় কেন? আবার কেনই বা স্থির অবস্থা হতে হঠাৎ চলতে শুরু করলে তুমি পেছনে হেলে পড়?

9.4 দ্বিতীয় গতিসূত্র (Second Law of Motion)

প্রথম গতিসূত্র একটি ধারণা দেয় যে, যখন বস্তুর উপর বাহ্যিক অপ্রতিমিত বল কার্যকর হয় তখন ওর গতিবেগের পরিবর্তন হয় অর্থাৎ বস্তু একটি ত্বরণ লাভ করে। আমরা এখন জানতে চেষ্টা করব কোনো একটি বস্তুর ত্বরণ ওর উপর প্রযুক্ত বলের উপর কীভাবে নির্ভর করে এবং কীভাবে আমরা বলের পরিমাপ করব। চলো আমরা আমাদের দৈনন্দিন জীবনের ঘটনাবলি হতে কিছু স্মরণ করি। টেবিল টেনিস খেলায় টেনিস বলটি কোনো খেলোয়াড়কে আঘাত করলে তা তাকে আহত করে না। অন্যদিকে, যখন দ্রুত গতিশীল একটি ক্রিকেট বল কোনো দর্শককে আঘাত করে তা ওই দর্শককে আহত করতেও পারে। রাস্তার পাশে দাঁড় করিয়ে রাখা একটি স্থির ট্রাকের দিকে নজর না দিলেও অসুবিধা নেই। কিন্তু একটি গতিশীল ট্রাক তার গতিবেগ যতই কম হোক না কেন এমনকি $5 ms^{-1}$ হলেও সেটি তার গতিপথে দাঁড়ানো একজন লোককে মেরে ফেলতে পারে। একটি ক্ষুদ্র ভর যেমন একটি বুলেট ও একজন লোককে হত্যা করতে পারে যখন সেটি বন্দুক হতে ছোড়া হয়। এসব পর্যবেক্ষণ থেকে বোঝা যায় যে বিভিন্ন বস্তু কর্তৃক সৃষ্ট আঘাতের পরিমাণ ওদের ভর ও বেগের ওপর নির্ভরশীল। অনুরূপে, কোনো বস্তুকে ত্বরিত করতে অধিক বেগ সঞ্চার করতে অধিক বল প্রয়োগ আবশ্যক। অন্যভাবে বলা যায়, এমন একটি গুরুত্বপূর্ণ রাশির অস্তিত্ব বর্তমান যা ভর ও বেগ উভয় রাশিকে সমন্বিত করে। নিউটন ভরবেগ নামক একটি রাশির অবতারণা করেন। বস্তুর ভর (m) ও গতিবেগ (v) এর গুণফল হল বস্তুর ভরবেগ (p)। অর্থাৎ,

$$p = mv \qquad (9.1)$$

ভরবেগের মান ও দিক উভয়ই আছে। বস্তুর বেগ ও ভরবেগের দিক্ একই হয়। ভরবেগের SI একক কিলোগ্রাম মিটার প্রতি সেকেন্ড ($kgms^{-1}$)। যেহেতু একটি অপ্রতিমিত বলের প্রয়োগ বস্তুর গতিবেগের পরিবর্তন ঘটায়, সুতরাং এটি স্পষ্ট যে বল বস্তুর ভরবেগেরও পরিবর্তন করে।

চলো আমরা এমন এক অবস্থা বিবেচনা করি যেখানে একটি অচল ব্যাটারিযুক্ত গাড়িকে ধাক্কা দিয়ে ন্যূনতম $1\ ms^{-1}$ বেগ দিলেই গাড়িটির ইঞ্জিন সচল হয়। এক বা দুজন লোক হঠাৎ ধাক্কা (অপ্রতিমিত বল) দিলে গাড়িটি শুধুমাত্র সচল হয়। কিন্তু কিছুক্ষণ ধরে গাড়িটিকে ধাক্কা দিতে থাকলে এর বেগ ক্রমশ বাড়তে থাকে। এর অর্থ হল গাড়িটির ভরবেগের পরিবর্তন শুধুমাত্র প্রযুক্ত বলের মানের উপর নির্ভর করে না, কত সময় ধরে বলটি ক্রিয়াশীল - তার উপরও নির্ভর করে। এ থেকে সিদ্ধান্তে পৌঁছা যায়, কোনো বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের জন্য প্রয়োজনীয় বল সময়ের সাপেক্ষে বস্তুটির ভরবেগের পরিবর্তন হারের উপর নির্ভর করে।

দ্বিতীয় গতিসূত্রের বিবৃতিটি নিম্নরূপ —

বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তন হার বস্তুর উপর প্রযুক্ত অপ্রতিমিত বলের সমানুপাতিক এবং প্রযুক্ত বলের ক্রিয়াভিমুখেই ভরবেগের পরিবর্তন ঘটে।

9.4.1 দ্বিতীয় গতিসূত্রের গাণিতিক স্বরূপ প্রতিষ্ঠা (MATHEMATICAL FORMULATION OF SECOND LAW OF MOTION)

ধরি, m ভরের একটি বস্তু u প্রারম্ভিক বেগে সরলরেখায় গতিশীল আছে। বস্তুটির উপর F স্থির মানের একটি বল t সময় ধরে ক্রিয়া করায় বস্তুটি সুষম ত্বরণে চলে v বেগ অর্জন করে। বস্তুটির প্রারম্ভিক ও অন্তিম ভরবেগ যথাক্রমে $P_1 = mu$ এবং $P_2 = mv$

ভরবেগের পরিবর্তন $= p_2 - p_1$

$= mv - mu$

$= m \times (v - u)$.

সুতরাং ভরবেগের পরিবর্তনের হার $= \dfrac{m \times (v-u)}{t}$

সুতরাং, নিউটনের দ্বিতীয় গতি সূত্রানুযায়ী,

প্রযুক্ত বল, $F \propto \dfrac{m \times (v-u)}{t}$

$$\text{বা, } F = \frac{km \times (v-u)}{t} \qquad (9.2)$$

$$\text{বা, } F = k\,m\,a \qquad (9.3)$$

এখানে $a\ [= (v - u)/t\ ]$ হল ত্বরণ, যা বেগের পরিবর্তনের হার। k রাশিটি হল আনুপাতিক ধ্রুবক। ভর ও ত্বরণের SI একক যথাক্রমে kg এবং ms^{-2}। বলের একক এমনভাবে নেওয়া হয় যেন k ধ্রুবকটির মান 1 (এক) হয়। এজন্য একক বলকে নিম্নরূপে সংজ্ঞায়িত করা হয়—

1 kg ভরের বস্তু উপর যে বল ক্রিয়া করে বস্তুটিতে $1\ ms^{-2}$ ত্বরণ উৎপন্ন করে, সেই পরিমাণ বলকেই একক বল বলা হয়। অর্থাৎ

1 একক বল $= k \times (1\ kg) \times (1\ m\ s^{-2})$

$\therefore\ k = 1$

(9.3) সমীকরণ থেকে পাওয়া যায় —

$$F = ma \qquad (9.4)$$

বলের একক হল $kgms^{-2}$ বা নিউটন এবং এর চিহ্ন N।

দ্বিতীয় গতিসূত্র আমাদেরকে বস্তুর ভর ও ত্বরণের গুণফলের মাধ্যমে বস্তুর উপর প্রযুক্ত বল পরিমাপের একটি পদ্ধতি দেয়।

আমরা আমাদের দৈনন্দিন জীবনে দ্বিতীয় গতিসূত্রের প্রয়োগ প্রায়শই দেখতে পাই। তোমরা কি লক্ষ করেছ দ্রুতগতির ক্রিকেট বল ধরার সময় খেলোয়াড় তার হাতকে ধীরে ধীরে পেছনের দিকে টেনে আনে? এভাবে খেলোয়াড় দ্রুতগতির বলটিকে শূন্যবেগে নামিয়ে আনার সময় বাড়িয়ে নেয়। এভাবে, ক্রিকেট বলের ত্বরণ হ্রাস পায় এবং এর ফলে বলের আঘাতও হ্রাস পায় (চিত্র 9.8)। যদি বলটিকে হঠাৎ করে থামানো হয় তবে বলটির দ্রুত গতিবেগ অতি স্বল্প সময়ে শূন্য হবে ফলে বলটির ভরবেগের পরিবর্তন হার বেশি হবে। অতএব বলটিকে ধরার জন্য বড়োমানের বল প্রয়োগ করতে হবে যা ফিল্ডারের হাতের তালুতে আঘাত করতে পারে। উচ্চ লম্ফন খেলায় খেলোয়াড়কে কুশন কিংবা বালিতে পড়তে দেওয়া হয়। খেলোয়াড়কে থামতে অপেক্ষাকৃত বেশি সময় দিতেই এমনটা করা হয়। এর ফলে ভরবেগের পরিবর্তন এবং খেলোয়াড়ের উপর প্রযুক্ত বলের মান কম হয়। একজন ক্যারাটে মাস্টার একটিমাত্র আঘাতে কীভাবে একটি বরফের চাঁইকে ভেঙে ফেলে তা ভেবে দেখো।

চিত্র 9.8: ক্যাচ ধরার সময় একজন ফি ার গতিশীল বলসহ তাঁর হাতটিকে ধীরে ধীরে টেনে নামিয়ে আনছে।

দ্বিতীয় গতিসূত্রের গাণিতিক রাশিমালা হতে প্রথম গতিসূত্রকে গাণিতিকভাবে প্রকাশ করা যায়।

(9.4) সমীকরণটি হল —

$$F = ma$$

বা, $$F = \frac{m(v-u)}{t} \qquad (9.5)$$

বা, $$Ft = mv - mu$$

অর্থাৎ, সময় যাই হোক না কেন $F = 0$ হলে $v = u$। এর অর্থ হল t সময়ব্যাপী বস্তুটি u সমবেগে চলতে থাকবে। যদি $u = 0$ হয় তবে $v = 0$ হবে। অর্থাৎ, বস্তু স্থির অবস্থাতেই থাকবে।

উদাহরণ 9.1 একটি স্থিরমানের বল 5kg ভরের একটি বস্তুর উপর 2s সময় ধরে ক্রিয়া করল। এতে বস্তুটির বেগ 3ms^{-1} থেকে বেড়ে 7 ms^{-1} হল। প্রযুক্ত বলের মান বের করো। এখন বলটি যদি 5s সময় ধরে প্রযুক্ত হয় তবে বস্তুটির চূড়ান্ত বেগ কত হবে?

সমাধান :

দেওয়া আছে, $u = 3\text{ m s}^{-1}$ এবং $v = 7\text{ m s}^{-1}$, $t = 2\text{ s}$ এবং $m = 5\text{ kg}$. । (9.5) সমীকরণ হতে আমরা জানি,

$$F = \frac{m(v-u)}{t}$$

সম্পর্কটিতে প্রদত্ত মান বসিয়ে পাওয়া যায় -

$$F = 5\text{ kg }(7\text{ m s}^{-1} - 3\text{ m s}^{-1})/2\text{ s}$$

$$= 10\text{ N}.$$

এখন, বলটি 5 s ($t = 5$ s), সময় ধরে প্রযুক্ত হলে (9.5) সমীকরণ সাজিয়ে পাওয়া যায়, চূড়ান্ত বেগ

$$v = u + \frac{Ft}{m}$$

u, F, m এবং t, এর মান বসিয়ে পাই,

$$v = 3ms^{-1} + \frac{10\,N \times 5\,s}{5\,kg}$$

$$= 3ms^{-1} + 10ms^{-1}$$

$$v = 13\text{ m s}^{-1}$$

উদাহরণ 9.2 কোন্ ক্ষেত্রে বৃহত্তর বলের প্রয়োজন হবে, 5 kg ভরকে $5\ ms^{-2}$ এ ত্বরিত করতে, না কি 4 kg ভরকে $2 ms^{-2}$ এ ত্বরিত করতে?

সমাধান :

দেওয়া আছে, $m_1 = 2$ kg; $a_1 = 5\ m\ s^{-2}$
এবং $m_2 = 4$ kg; $a_2 = 2\ m\ s^{-2}$.
(9.4) সমীকরণ থেকে আমরা জানি, $F = ma$.
সুতরাং, $F_1 = m_1a_1 = 2\ kg \times 5\ m\ s^{-2} = 10\ N$;
এবং $F_2 = m_2a_2 = 4\ kg \times 2\ m\ s^{-2} = 8\ N$
সুতরাং, $F_1 > F_2$.
অতএব, 2 kg ভরকে $5\ m\ s^{-2}$ এ ত্বরিত করতে বৃহত্তর বলের প্রয়োজন হবে।

উদাহরণ 9.3 একটি মোটরগাড়ি 108 km/h গতিবেগে যাচ্ছে এবং ব্রেক কষার পর থামতে গাড়িটি 4 s সময় নেয়। যদি যাত্রীসহ মোটরগাড়িটির ভর 1000 kg হয়, তবে ব্রেকের দ্বারা প্রযুক্ত বলের মান নির্ণয় করো।

সমাধান :

মোটরগাড়ির প্রারম্ভিক বেগ
$u = 108$ km/h
$= 108 \times 1000\ m/(60 \times 60\ s)$
$= 30\ m\ s^{-1}$
এবং মোটরগাড়ির অন্তিম বেগ $v = 0\ ms^{-1}$
যাত্রীসহ মোটরগাড়ির মোট ভর $m = 1000$ kg এবং থামতে মোটরগাড়ি সময় নেয় $t = 4$ s
সমীকরণ (9.5) হতে আমরা জানি, প্রযুক্ত বল

$$F = \frac{m\,(v-u)}{t}$$

m, v, u, t এর মান বসিয়ে পাই,

$$F = \frac{1000\ kg \times (0-30)\ ms^{-1}}{4\ s}$$

$= -7500\ kg\ m\ s^{-2} = -7500\ N$
ঋণাত্মক চিহ্ন তাই বোঝায় যে, ব্রেকের দ্বারা প্রযুক্ত বল মোটরগাড়ির গতির অভিমুখের বিপরীত অভিমুখে ক্রিয়া করে।

উদাহরণ 9.4 5 N মানের একটি বল m_1 ভরে $10\ m\ s^{-2}$ ত্বরণ এবং m_2 ভরে $20\ m\ s^{-2}$ ত্বরণ সৃষ্টি করে। যদি উভয় ভরকে একত্রে যুক্ত করা হয়, তবে ঐ বল কত ত্বরণ সৃষ্টি করবে?

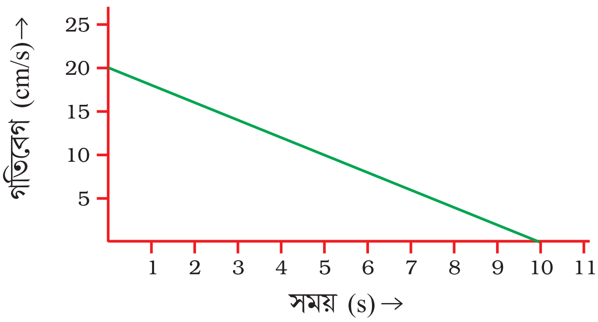
সমাধান :

সমীকরণ (9.4) হতে পাওয়া যায়

$m_1 = F/a_1$; এবং $m_2 = F/a_2$.

এখানে, $a_1 = 10\ m\ s^{-2}$; $a_2 = 20\ ms^{-2}$ এবং $F = 5$ N.
সুতরাং, $m_1 = 5\ N/10\ m\ s^{-2} = 0.50$ kg; এবং
$m_2 = 5\ N/20\ m\ s^{-2} = 0.25$ kg.
∴ যদি ভর দুটিকে একত্রিত করা হয় তবে মোট ভর,
$m = 0.50\ kg + 0.25\ kg = 0.75$ kg.
∴ 5 N বলের প্রয়োগে যুক্তভরে উৎপন্ন ত্বরণের মান হবে $a = F/m = 5\ N/0.75\ kg = 6.67\ ms^{-2}$

উদাহরণ 9.5 একটি টেবিলের উপর দিয়ে সরলরেখায় গতিশীল 20 g ভরের একটি বলের গতিবেগ - সময় লেখচিত্রটি 9.9 চিত্রে দেওয়া হল —



চিত্র 9.9

বলটিকে স্থির অবস্থায় আনতে বলটির উপর টেবিল কত বল প্রয়োগ করল?

সমাধান :

বলটির প্রারম্ভিক বেগ $u = 20\ cm\ s^{-1}$। বলের ওপর টেবিল দ্বারা প্রযুক্ত ঘর্ষণ বলের প্রভাবে বলের গতিবেগ 10s -এ শূন্যতে নেমে আসে।
কাজেই, $u = 20\ cm\ s^{-1}$; $v = 0\ cm\ s^{-1}$; $t = 10$ s ।
যেহেতু বলের গতিবেগ-সময় লেখচিত্রটি একটি সরলরেখা, অতএব, স্পষ্টতই বলটি সুষম ত্বরণে গতিশীল।
ত্বরণ,

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

$= (0\ cm\ s^{-1} - 20\ cm\ s^{-1})/10\ s$
$= -2\ cm\ s^{-2} = -0.02\ m\ s^{-2}$

আবার, বলের ভর $m = 20\ g = \frac{20}{1000} kg = 0.02\ kg.$

∴ বলের ওপর টেবিল দ্বারা প্রযুক্ত বল,

$F = ma = 0.02\ kg \times (-\ 0.02\ ms^{-2})$

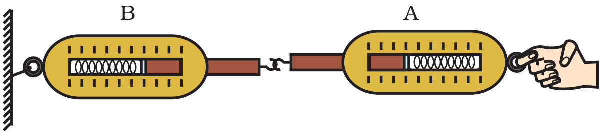
$= -\ 0.0004\ N.$

ঋণাত্মক চিহ্ন বোঝাচ্ছে যে, টেবিল দ্বারা প্রযুক্ত ঘর্ষণ বল বলটির গতির বিপরীত অভিমুখে ক্রিয়া করছে।

9.5 তৃতীয় গতিসূত্র (Third Law of Motion)

আমাদেরকে প্রথম দুটি গতিসূত্র কীভাবে প্রযুক্ত বল গতির পরিবর্তন করে তার ধারণা দেয় এবং বলের নির্ধারণের একটি পদ্ধতি দেয়। তৃতীয় গতিসূত্র অনুযায়ী, একটি বস্তু যখন অন্য একটি বস্তুর উপর বল প্রয়োগ করে, দ্বিতীয় বস্তুও সঙ্গে সঙ্গে প্রথম বস্তুর উপর বিপরীতমুখী বল প্রয়োগ করে। এই দুটি বলের পরিমাণ সর্বদা সমান কিন্তু বিপরীতমুখী। বল দুটি ভিন্ন বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল এবং কখনোই একই বস্তুর উপর ক্রিয়া করে না। ফুটবল খেলার সময় বলের দিকে তাকিয়ে ওর উপর জোরে লাথি মারার সময় কখনো-কখনো বিপক্ষদলের খেলোয়াড়দের সঙ্গে সংঘর্ষ হয়। একে অপরের উপর বল প্রয়োগের ফলে উভয়ই আঘাতপ্রাপ্ত হয়। অন্যভাবে বলতে গেলে, এখানে একটিমাত্র বল নয়, একজোড়া বল ক্রিয়াশীল হয়। এই দুটি বিপরীতমুখী বলকে ক্রিয়া বল এবং প্রতিক্রিয়া বলও বলে।

9.10 চিত্রের মতো দুটি স্প্রিং তুলাযন্ত্রকে একসাথে যুক্ত অবস্থায় রাখা আছে। B তুলাযন্ত্রের স্থির প্রান্ত দেয়ালের মতো দৃঢ় বস্তুর সঙ্গে যুক্ত করা আছে। এবার A তুলাযন্ত্রের মুক্তপ্রান্তে যখন বল প্রয়োগ করা হয় তখন উভয় তুলাযন্ত্রের স্কেলের উপর সমান পাঠ দেখায়। এর অর্থ হল A তুলাযন্ত্র B তুলাযন্ত্রের উপর যে বল প্রয়োগ করে, B তুলাযন্ত্রও A তুলাযন্ত্রের উপর সমান কিন্তু বিপরীতমুখী বল প্রয়োগ করে। দুটি বলের কোনো একটিকে বলা হয় ক্রিয়া এবং অপরটিকে বলা হয় প্রতিক্রিয়া। এই ঘটনা থেকে তৃতীয় গতিসূত্রকে আমরা অন্যভাবেও বলতে পারি, প্রত্যেক ক্রিয়ারই সমান এবং বিপরীতমুখী প্রতিক্রিয়া আছে। যাহোক, মনে রাখতে হবে ক্রিয়া এবং প্রতিক্রিয়া সর্বদা দুটি ভিন্ন বস্তুর উপর একইসঙ্গে ক্রিয়াশীল হয়।



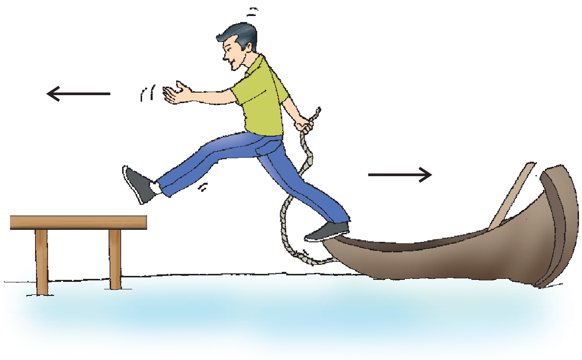
চিত্র 9.10: ক্রিয়া এবং প্রতিক্রিয়া বল সমান এবং বিপরীতমুখী।

ধরো, তুমি স্থির হয়ে দাঁড়িয়ে আছ এবং তোমার রাস্তায় হাঁটার ইচ্ছে হল। তোমাকে ত্বরণ সৃষ্টি করতে হবে। দ্বিতীয় গতি সূত্রানুযায়ী তোমার ত্বরণের জন্য বলের প্রয়োজন। এটি কোন্ বল? এটা কি রাস্তার উপর প্রয়োগ করা তোমার পেশির বল? এটি কি সেদিকে ক্রিয়া করে যেদিকে আমরা যেতে চাই? না, তুমি আসলে রাস্তাকে নীচের দিকে ধাক্কা দিচ্ছ। তোমার সামনের দিকে যাওয়ার জন্য রাস্তা তোমার উপর সমান এবং বিপরীতমুখী বল প্রয়োগ করছে।

এখানে লক্ষণীয় বিষয় হল, যদিও ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়ার মান সর্বদা সমান, এই বলগুলো থেকে যে ত্বরণ সৃষ্টি হয় তার মান সমান নাও হতে পারে। তার কারণ প্রত্যেক বল বিভিন্ন ভরবিশিষ্ট বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল।

যখন একটি বন্দুক ছোড়া হয়, তখন বন্দুকটি সামনের দিকে গুলির উপর বল প্রয়োগ করে। গুলিটি বন্দুকের উপর সমান এবং বিপরীতমুখী বল প্রয়োগ করে। এর ফলে বন্দুকটি পেছনদিকে গতিশীল হয় (চিত্র 9.11) । বন্দুকের ভর গুলির ভর থেকে অনেক বেশি তাই বন্দুকের ত্বরণ গুলির ত্বরণ থেকে অনেক কম হয়। একজন মাঝি চলন্ত নৌকা থেকে সামনের দিকে লাফিয়ে নামার ঘটনাটি আমরা তৃতীয় গতিসূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করতে পারি। মাঝি সামনের দিকে লাফালে নৌকাটির উপর প্রযুক্ত বল নৌকাটিকে পেছন দিকে ঠেলে দেয় (চিত্র 9.12)।

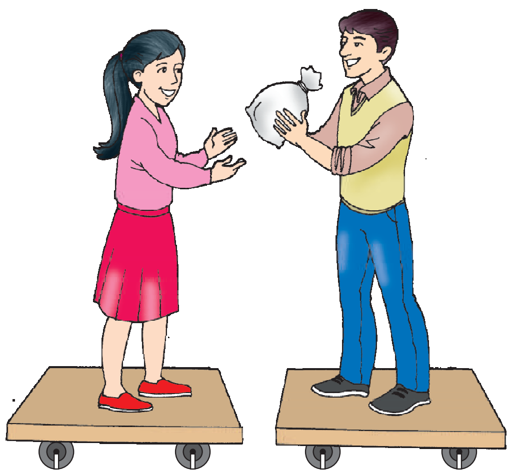
চিত্র 9.11 : গুলির উপর সম্মুখবর্তী বল এবং বন্দুকের পিছিয়ে যাওয়া



চিত্র 9.12 : মাঝি সামনের দিকে লাফ দিলে নৌকাটি পেছন দিকে যায়।

কাজ 9.4

- চিত্র 9.13. অনুযায়ী দুটি শিশুকে দুটি আলাদা গাড়িতে দাঁড় করাও।
- একটি বালিভর্তি থলি বা অন্য কোনোও ভারী বস্তু তাদেরকে দাও। তাদেরকে থলিটি নিয়ে লোফালুফি খেলতে বলো।
- তাদের প্রত্যেকেই কি বালির থলি ছোড়ার মুহূর্তে কোনো বল অনুভব করে?
- শিশুরা একে অপরের দিকে থলিটি ছোড়ার সময় তুমি গাড়ির চাকার উপর সাদা রঙের দাগ টেনে গাড়ি দুটির গতি পর্যবেক্ষণ করতে পারো।



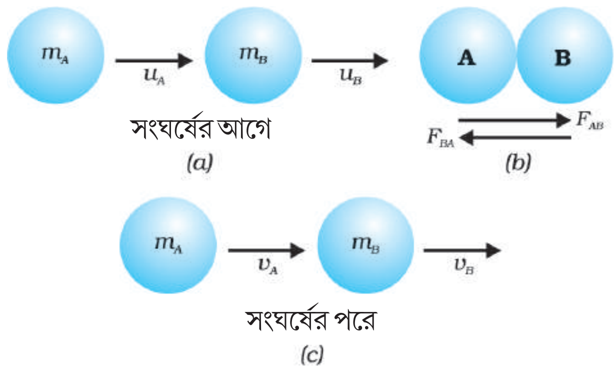
চিত্র 9.13

এখন, একটি গাড়িতে দুটি শিশু এবং অন্য একটি গাড়িতে অন্য একজন শিশুকে দাঁড় করাও। এই ব্যবস্থায় দেখা যাবে একই বলের জন্য বিভিন্ন ত্বরণের সৃষ্টি হচ্ছে। এ থেকে দ্বিতীয় গতিসূত্রটিকে বোঝা যায়।

এই কাজে ব্যবহৃত গাড়িটি 12mm অথবা 18 mm পুরু এবং 50cm × 100cm মাপের প্লাইউড্ বোর্ডে বলরিয়ারিং সহ দু-জোড়া শক্ত চাকা (স্কেট চাকার ব্যবহার সুবিধাজনক) লাগিয়ে তৈরি করতে পারো। এক্ষেত্রে স্কেট বোর্ড উপযোগী নয় কারণ সেক্ষেত্রে সরলরৈখিক গতি বজায় রাখা কষ্টকর।

9.6 ভরবেগ সংরক্ষণ (Conservation of Momentum)

ধরি, m_A এবং m_B ভরের দুটি বস্তু (বল A এবং বল B) যথাক্রমে ভিন্ন বেগ u_A এবং u_B নিয়ে একই অভিমুখে সরলরেখা বরাবর গতিশীল [চিত্র 9.14(a)] এবং তাদের মধ্যে কোনো বাহ্যিক অপ্রতিমিত বল ক্রিয়া করে না। ধরি, $u_A > u_B$ এবং 9.14(b) চিত্রের মতো দুটি বল একটি আরেকটির সাথে ধাক্কা লাগে। সংঘর্ষকালে t সময়ে A বল B বলটির উপর F_{AB} বল প্রয়োগ করে এবং B বল A বলটির উপর F_{BA} বল প্রয়োগ করে। ধরি, সংঘর্ষের পর A বল এবং B বলের বেগ যথাক্রমে v_A এবং v_B হয়। [চিত্র 9.14(c)]



চিত্র 9.14 : দুটি বলের সংঘর্ষের ক্ষেত্রে ভরবেগের সংরক্ষণ

(9.1) সমীকরণ অনুসারে, সংঘর্ষের আগে এবং পরে A বলের ভরবেগ যথাক্রমে $m_A u_A$ এবং $m_A v_A$ হয়। সংঘর্ষকালে ভরবেগের পরিবর্তনের হার হবে, $m_A \frac{(v_A - u_A)}{t}$। অনুরূপভাবে সংঘর্ষকালে B বলের ভরবেগের পরিবর্তনের হার হবে, $m_B \frac{(v_B - u_B)}{t}$ ।

তৃতীয় গতি সূত্রানুসারে, A বল B বলের উপর কর্তৃক F_{AB} প্রযুক্ত বল এবং B বল A বলের উপর কর্তৃক F_{BA} প্রযুক্ত বল অবশ্যই সমান এবং বিপরীতমুখী হবে।

সুতরাং,

$$F_{AB} = - F_{BA} \quad (9.6)$$

বা, $$m_A \frac{(v_A - u_A)}{t} = - m_B \frac{(v_B - u_B)}{t}$$

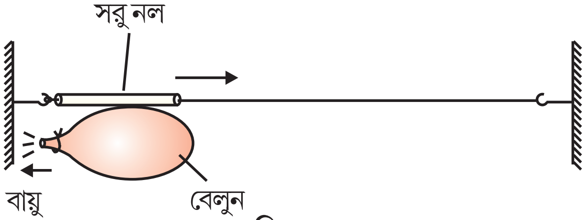
বা, $$m_A u_A + m_B u_B = m_A v_A + m_B v_B \quad (9.7)$$

যেহেতু সংঘর্ষের আগে A বল এবং B বলের মোট ভরবেগ হল $(m_A u_A + m_B u_B)$ এবং সংঘর্ষের পরে তাদের মোট ভরবেগ হল $(m_A v_A + m_B v_B)$, তাই (9.7) সমীকরণ আমরা লক্ষ করেছি দুটি বলের মোট ভরবেগ অপরিবর্তিত বা সংরক্ষিত থাকে যখন বাইরে থেকে কোনো বল ক্রিয়া করে না।

এই আদর্শ সংঘর্ষ পরীক্ষার ফলস্বরূপ আমরা বলতে পারি যে, সংঘর্ষের আগে বস্তু দুটির ভরবেগের যোগফল, সংঘর্ষের পরে বস্তু দুটির ভরবেগের যোগফলের সমান হবে যখন এদের উপর বাহ্যিক অপ্রতিমিত বল ক্রিয়া করে না। একেই আমরা ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র বলি। এই বিবৃতিটি অন্যভাবে দেওয়া যেতে পারে, দুটি বস্তুর মোট ভরবেগ সংঘর্ষের ফলে অপরিবর্তিত বা সংরক্ষিত থাকে।

কাজ 9.5

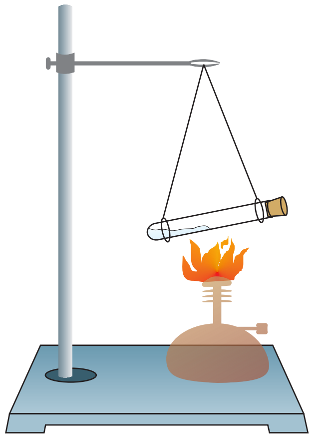
- একটি বড়ো রাবারের বেলুন নেয়া হল এবং এটিকে সম্পূর্ণভাবে ফোলানো হল। বেলুনের মুখটি সুতো দিয়ে বেঁধে দেয়া হল। বেলুনের গায়ে একটি সরু নল আঠালো ফিতা দিয়ে বাঁধা হল।
- একটি সুতো সরু নলের মধ্যে ঢোকাও এবং সুতোর এক প্রান্ত তোমার হাত দিয়ে ধরে রাখো বা দেয়ালে আটকে দাও।
- তোমার বন্ধুকে সুতোর অন্য প্রান্তটি কিছু দূরত্বে ধরে রাখতে বা দেয়ালে আটকে দিতে বলো। এই ব্যবস্থাটি চিত্র 9.15 -এ দেখানো হয়েছে।
- এখন বেলুনের মুখ থেকে সুতোটি খুলে নেয়া হল। বেলুনের মুখ থেকে বায়ু বেরিয়ে যেতে দাও।
- লক্ষ্য করো সরু নলটি কোন্ দিকে যাচ্ছে।



চিত্র 9.15

কাজ 9.6

- একটি ভালো মানের কাচের টেস্টটিউব নাও এবং তার মধ্যে অল্প পরিমাণ জল নাও। টেস্টটিউবের মুখটি ছিপি দিয়ে বন্ধ করে দাও।
- 9.16 চিত্রের মতো দুটি দড়ি বা তার দিয়ে টেস্টটিউবটিকে অনুভূমিকভাবে ঝুলিয়ে দাও।
- টেস্টটিউবটিকে বার্নার দিয়ে উত্তপ্ত করো যতক্ষণ না পর্যন্ত জল বাষ্পীভূত হয় এবং ছিপিটি খুলে যায়।
- লক্ষ্য করে দেখো, ছিপিটির উল্টোদিকে টেস্টটিউবটির প্রতিক্ষেপ হচ্ছে।


চিত্র 9.16

- ছিপির বেগ এবং টেস্টটিউবের প্রতিক্ষেপ বেগের পার্থক্য লক্ষ করো।

উদাহরণ 9.6 2 কেজি ভরের একটি পিস্তল থেকে 20 গ্রাম ভরের একটি গুলি অনুভূমিকভাবে 150 ms^{-1} বেগে বেরিয়ে গেল। পিস্তলটির প্রতিক্ষেপ বেগ কত?

সমাধান :

গুলির ভর m_1 = 20 গ্রাম (= 0.02 কেজি) এবং
পিস্তলের ভর m_2 = 2 কেজি;
গুলির প্রাথমিক বেগ (u_1) এবং
পিস্তলের প্রাথমিক বেগ $(u_2) = 0$,
গুলির অন্তিম বেগ $v_1 = + 150\ m\ s^{-1}$. গুলির অভিমুখ বামদিক থেকে ডানদিকে (প্রচলিত রীতি অনুসারে ধনাত্মক) ধরে নেয়া হয়েছে [চিত্র 9.17]।

মনে করি, পিস্তলের প্রতিক্ষেপ বেগ = v

গুলি ছোড়ার আগে যখন পিস্তলটি স্থির ছিল তখন পিস্তল এবং গুলির মোট ভরবেগ = $(2 + 0.02)\ \text{kg} \times 0\ \text{m s}^{-1}$

$= 0\ \text{kg m s}^{-1}$

গুলি ছোড়ার পরে পিস্তল এবং গুলির মোট ভরবেগ

$= 0.02\ \text{kg} \times (+150\ \text{m s}^{-1}) + 2\ \text{kg} \times v\ \text{m s}^{-1}$

$= (3 + 2v)\ \text{kg m s}^{-1}$

ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রানুসারে,

গুলি ছোড়ার পরে মোট ভরবেগ = গুলি ছোড়ার আগে মোট ভরবেগ

$3 + 2v = 0$

বা, $v = -1.5\ \text{m s}^{-1}$.

এখানে ঋণাত্মক চিহ্ন বোঝায় যে পিস্তল গুলির বিপরীতদিকে অর্থাৎ ডানদিক থেকে বামদিকে প্রতিক্ষিপ্ত হবে ।

চিত্র 9.17 : বন্দুকের প্রতিক্ষেপ

উদাহরণ 9.7 40 kg ভরের একটি মেয়ে 5 ms^{-1} অনুভূমিক বেগ নিয়ে ঘর্ষণহীন চাকার একটি স্থির গাড়ির উপর লাফ দেয়। গাড়ির ভর 3 kg। গাড়িটির চলার শুরুতে তার বেগ কত? ধরে নাও কোনো বাহ্যিক অপ্রতিমিত বল অনুভূমিক দিকে কাজ করে না।

সমাধান :

ধরি, গাড়িটির চলার শুরুতে গাড়ির উপর মেয়েটির বেগ v মেয়েটি ও গাড়িটির সংঘাতের আগে মোট ভরবেগ হল

$= 40\ \text{kg} \times 5\ \text{m s}^{-1} + 3\ \text{kg} \times 0\ \text{m s}^{-1}$

$= 200\ \text{kg m s}^{-1}$.

সংঘাতের পরে মোট ভরবেগ

$= (40 + 3)\ \text{kg} \times v\ \text{m s}^{-1}$

$= 43\ v\ \text{kg m s}^{-1}$.

ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রানুসারে,

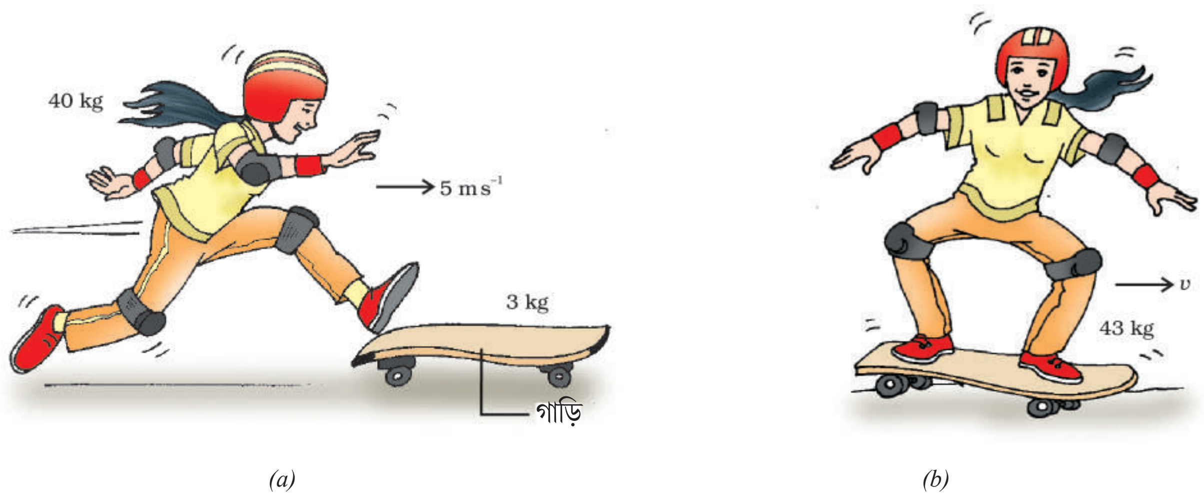
সংঘাতের সময় মোট ভরবেগ সংরক্ষিত থাকে।

অর্থাৎ,

$43\ v = 200$

বা, $v = 200/43 = +4.65\ \text{m s}^{-1}$.

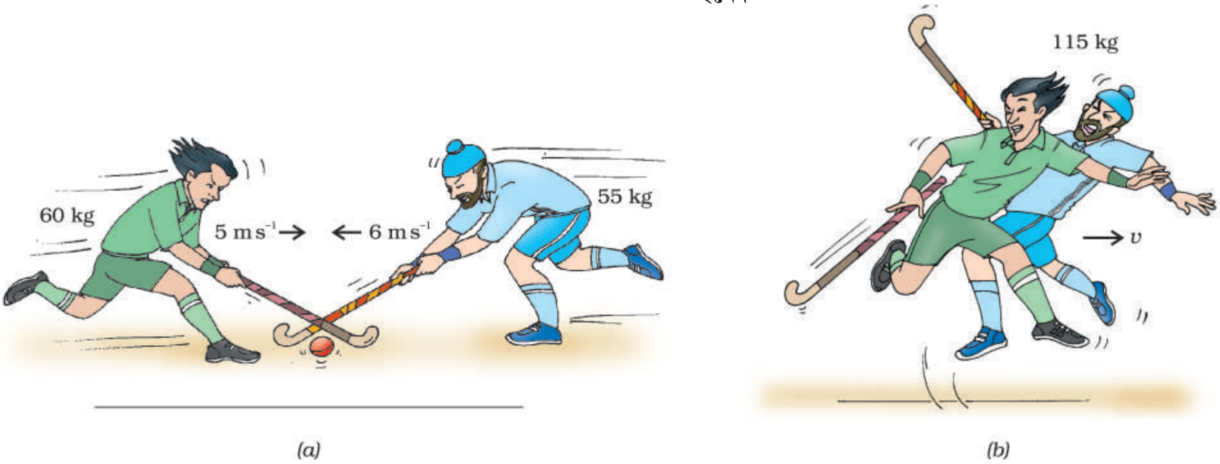
যেদিকে মেয়েটি লাফ দিয়েছিল সেদিকে সে গাড়ির উপর $4.65\ \text{m s}^{-1}$ বেগ নিয়ে চলবে [চিত্র 9.18] ।



চিত্র 9.18 : মেয়েটি গাড়ির উপর লাফ দিচ্ছে

উদাহরণ 9.8 বিপক্ষ দলের দুই হকি খেলোয়াড় মাটিতে থাকা একটি হকি বলকে মারতে গিয়ে পরস্পর আটকে যায়। তাদের একজনের ভর 60 kg এবং সে 5.0 ms^{-1} বেগ নিয়ে চলে এবং অন্যজনের ভর 55 কেজি এবং প্রথম জনের দিকে সে 6.0 ms^{-1} বেগ নিয়ে চলছে। আটকে যাওয়ার পর তারা কোন্ দিকে এবং কত বেগ নিয়ে যাবে? ধরে নাও খেলোয়াড় দুজনের পা এবং মাটির মধ্যে ঘর্ষণবল নগণ্য।

সমাধান :



চিত্র 9.19: দুই হকি খেলোয়াড়ের সংঘর্ষ (a) সংঘর্ষের আগে (b) সংঘর্ষের পরে।

মনে করি প্রথম খেলোয়াড় বামদিক থেকে ডানদিকে চলছে। প্রচলিত রীতি অনুযায়ী বামদিক থেকে ডানদিক ধনাত্মক এবং ডানদিকে থেকে বামদিককে ঋণাত্মক দিক ধরা হয় [চিত্র 9.19]। যদি প্রথম খেলোয়াড়ের ভর m_1 এবং প্রাথমিক বেগ u_1 এবং দ্বিতীয় খেলোয়াড়ের ভর m_2 এবং প্রাথমিক বেগ u_2 হয়, তবে

$m_1 = 60$ kg; $u_1 = +\ 5\ ms^{-1}$; এবং
$m_2 = 55$ kg; $u_2 = -\ 6\ ms^{-1}$.

সংঘর্ষের আগে দুই খেলোয়াড়ের মোট ভরবেগ

$$= 60\ kg \times (+\ 5\ m\ s^{-1}) + 55\ kg \times (-\ 6\ m\ s^{-1})$$
$$= -\ 30\ kgms^{-1}$$

সংঘর্ষের পরে যদি তাদের সাধারণ বেগ v হয়, তবে এক্ষেত্রে খেলোয়াড়দের মোট ভরবেগ হবে,

$$= (m_1 + m_2) \times v$$
$$= (60 + 55)\ kg \times v\ ms^{-1}$$
$$= 115 \times v\ kg\ ms^{-1}$$

ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রানুসারে, সংঘর্ষের আগে ও পরে সংস্থার ভরবেগ সমান থাকায়,

$$v = -\ 30/115$$
$$= -\ 0.26\ m\ s^{-1}$$

সংঘর্ষের আগে দ্বিতীয় খেলোয়াড় যেদিকে গতিশীল ছিল, খেলোয়াড়দ্বয় আটকানো অবস্থায় একই দিকে অর্থাৎ ডানদিক থেকে বামদিকে 0.26 m s^{-1} বেগে গতিশীল হবে।

প্রশ্নাবলি :

1. *যদি ক্রিয়া এবং প্রতিক্রিয়া সর্বদা সমান হয়, তবে একটি ঘোড়া কীভাবে একটি গাড়িকে টানে, ব্যাখ্যা করো।*
2. *হোস পাইপ থেকে দ্রুতবেগে প্রচুর পরিমাণে জল বেরোনোর সময় দমকলকর্মীর পক্ষে হোস পাইপ ধরে রাখা কঠিন হয়ে পড়ে কেন? ব্যাখ্যা করো।*
3. *একটি 4 kg ভরের বন্দুক থেকে 50 gm ভরের একটি গুলি 35 m s^{-1} বেগে ছোড়া হল। বন্দুকের প্রাথমিক প্রতিক্ষেপ বেগ নির্ণয় করো।*

4. 100 গ্রাম এবং 200 গ্রাম ভরের দুটি বস্তু একই রেখায় একই দিকে যথাক্রমে 2 $m\ s^{-1}$ এবং 1 $m\ s^{-1}$ বেগ নিয়ে চলছে। তাদের মধ্যে সংঘর্ষ হয় এবং সংঘর্ষের পরে প্রথম বস্তুটি 1.67 $m\ s^{-1}$ বেগ নিয়ে চলে। দ্বিতীয় বস্তুটির বেগ নির্ণয় করো।

সংরক্ষণ সূত্রাবলি (CONSERVATION LAWS)

সমস্ত সংরক্ষণ সূত্রাবলি যেমন - ভরবেগ, শক্তি, কৌণিক ভরবেগ এবং আধান ইত্যাদির সংরক্ষণ সূত্রগুলো পদার্থবিদ্যার মৌলিক সূত্রসমূহরূপে বিবেচিত হয়। এগুলো পর্যবেক্ষণ এবং পরীক্ষানিরীক্ষা নির্ভর। এটি গুরুত্ব সহকারে মনে রাখতে হবে যে, সংরক্ষণ সূত্র প্রমাণ করা যায় না। পরীক্ষা নিরীক্ষার মাধ্যমে এর সত্যতা শুধুমাত্র যাচাই করা যায় বা নাকচ করা যায়। একটি পরীক্ষার ফল সূত্রটির সত্যতা যাচাই বা বাস্তবায়িত করতে পারে কিন্তু এতে সূত্রটি প্রমাণিত হয় না। অন্যদিকে একটি পরীক্ষার ফলাফল সূত্রের বিরুদ্ধে যাওয়া সূত্রটি অসত্য বলার ক্ষেত্রে যথেষ্ট।

অনেক পর্যবেক্ষণ এবং পরীক্ষা নিরীক্ষা থেকে ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র প্রতিষ্ঠা করা হয়েছে। এই সূত্র প্রণয়ন করা হয়েছিল প্রায় তিনশো বছর আগে। মজার ব্যাপার হল এখনও পর্যন্ত এমন কোনো পরিস্থিতি পাওয়া যায়নি যা এই সূত্রটির বিরোধিতা করে। ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রের উপর ভিত্তি করে আমাদের প্রতিদিনের জীবনের বিভিন্ন অভিজ্ঞতা ব্যাখ্যা করতে পারি।

তোমরা যা শিখলে

- প্রথম গতিসূত্র :- বাহ্যিক অপ্রতিমিত বল ক্রিয়া না করলে স্থির বস্তু স্থির থাকে এবং সচল বস্তু একই বেগে একই দিকে গতিশীল থাকে।
- বস্তুর স্থির অবস্থা বা গতিশীল অবস্থা পরিবর্তনে বাধা দেয়ার স্বাভাবিক প্রবণতাকে জড়তা বা জাড্য বলে।
- বস্তুর ভর হল জড়তার পরিমাপ। এর SI একক হল কিলোগ্রাম (kg)।
- ঘর্ষণ বল সর্বদা বস্তুর সম্ভাব্য গতির বিপরীতদিকে ক্রিয়া করে।
- দ্বিতীয় গতিসূত্র :- কোনো বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের হার প্রযুক্ত অপ্রতিমিত বলের সমানুপাতিক এবং বল যেদিকে ক্রিয়া করে ভরবেগের পরিবর্তনও সেদিকে ঘটে।
- বলের SI একক $kg\ m\ s^{-2}$। এই একককে 'নিউটন' বলে এবং তার প্রতীক চিহ্ন N। এক নিউটন বল এক কেজি ভরের বস্তুতে 1 $m\ s^{-2}$ ত্বরণ সৃষ্টি করে।
- বস্তুর ভর এবং বেগের গুণফলকে ভরবেগ বলে। বলের অভিমুখই ভরবেগের অভিমুখ নির্দেশ করে। ভরবেগের SI একক হল $kg\ m\ s^{-1}$।
- তৃতীয় গতিসূত্র :- প্রত্যেক ক্রিয়ার সমান এবং বিপরীতমুখী প্রতিক্রিয়া আছে। তারা দুটি ভিন্ন বস্তুর উপর ক্রিয়া করে।
- বদ্ধ সংস্থায় (যেখানে কোনো বাহিক্য বল থাকে না) মোট ভরবেগ সংরক্ষিত থাকে।

অনুশীলনী

1. একটি বস্তুতে ক্রিয়াশীল বাহ্যিক মোট অপ্রতিমিত বল শূন্য। কোনো বস্তু শূন্য নয় এমন বেগ নিয়ে চলতে পারে কি? যদি তা সত্যি হয় তবে বেগের মান ও দিকের উপর প্রযুক্ত শর্তাবলি উল্লেখ করো। যদি না হয় তবে তার কারণ দর্শাও।

2. একটি কার্পেটকে লাঠি দিয়ে পেটানো হলে ধুলো বেরিয়ে আসে। ব্যাখ্যা করো।

3. একটি বাসের ছাদের উপর দড়ি দিয়ে মালপত্র বেঁধে দিতে বলা হয় কেন?

4. একজন ব্যাটস্ম্যান একটি ক্রিকেট বলকে আঘাত করলে বলটি সমতল ভূমিতে গড়িয়ে পড়ে। কিছুদূর যাবার পর বলটি থেমে যায়। বলটি আস্তে আস্তে থেমে যাওয়ার কারণ

   (a) ব্যাটস্ম্যান বলটিকে খুব জোরে আঘাত করেনি।

   (b) ক্রিকেট বলের বেগ তার উপর প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক।

   (c) ক্রিকেট বলের গতির বিরুদ্ধে একটি বল (force) ক্রিয়া করে।

   (d) ক্রিকেট বলের উপর কোনো অপ্রতিমিত বল (force) ক্রিয়া করে না। সুতরাং বলটি স্থির হতে চায়।

5. স্থির অবস্থা থেকে একটি ট্রাক যাত্রা শুরু করে এবং স্থির ত্বরণ নিয়ে একটি পাহাড় থেকে নীচে নামছে। 20 সেকেন্ডে ট্রাকটি 400 m যায়। এর ত্বরণ বের করো। ট্রাকটির উপর ক্রিয়াশীল বল বের করো যদি ট্রাকটির ভর 7 টন [1 tonne (টন) = 1000 কেজি] হয়।

6. এক কেজি ভরের একটি পাথর 20 ms^{-1} বেগে একটি জলাশয়ে বরফের হিমায়িত তল দিয়ে ছোঁড়া হয় এবং 50 মি. দূরত্ব যাবার পর পাথরটি স্থির হয়। পাথর এবং বরফের মধ্যে ঘর্ষণবল কত হবে?

7. একটি ট্রেনের 5টি বগিকে 8000 kg ভরের একটি ইঞ্জিন অনুভূমিক রেলপথ বরাবর টেনে নিয়ে যাচ্ছে। প্রতি বগির ভর 2000 kg। যদি ইঞ্জিনটি 40,000N বল এবং রেলপথটি 5000N ঘর্ষণবল প্রয়োগ করে, তবে বের করো

   (a) মোট ত্বরণ সৃষ্টিকারী বল এবং

   (b) ট্রেনটির ত্বরণ এবং (c) দ্বিতীয় ওয়াগনের উপর প্রথম ওয়াগনের দ্বারা প্রযুক্ত বল।

8. একটি মোটরগাড়ির ভর 1500 kg । গাড়ি এবং রাস্তার মধ্যে কী বল ক্রিয়া করবে যদি গাড়িটি 1.7 ms^{-1} ঋণাত্মক ত্বরণ নিয়ে থেমে যায়?

9. m ভরের একটি গতিশীল বস্তু v বেগ নিয়ে চললে তার ভরবেগ কত হবে?

   (a) $(mv)^2$ (b) mv^2 (c) ½ mv^2 (d) mv

10. 200N অনুভূমিক বল ব্যবহার করে আমরা একটি কাঠের আলমারিকে মেঝেতে স্থির বেগে ঘুরাই। আলমারিটির উপর কত ঘর্ষণবল প্রযুক্ত হবে?

11. দুটি বস্তুর প্রত্যেকটির ভর 1.5 kg। তারা একই সরলরেখা বরাবর পরস্পরের বিপরীত অভিমুখে গতিশীল। সংঘর্ষের আগে প্রত্যেক বস্তুর বেগ 2.5 ms^{-1}। সংঘর্ষের পরে তারা একত্রে লেগে যায়। সংঘর্ষের পরে যুগ্ম বস্তুর বেগ কত হবে?

12. তৃতীয় গতিসূত্রানুসারে, যখন আমরা একটি বস্তুকে ঠেলা দেই, বস্তুটিও আমাদের উপর সমান এবং বিপরীতমুখী বল প্রয়োগ করে। যদি ওই বস্তুটি রাস্তার পাশে দাঁড়ানো একটি ভারী ট্রাক হয়, তবে এটি সম্ভবত নড়বে না। এই ঘটনাটা একটি ছাত্র এভাবে ব্যাখ্যা করল যে, দুটি সমান এবং বিপরীতমুখী বল একে অপরকে প্রশমিত করে দিয়েছে। এই যুক্তির উপর তোমার মন্তব্য কী এবং ট্রাকটি কেন নড়বে না — ব্যাখ্যা করো।

13. 10 ms^{-1} বেগে গতিশীল 200 g ভরের একটি হকিবলকে হকিস্টিক দিয়ে এমনভাবে আঘাত করা হয়েছে যে, বলটি 5 ms^{-1} বেগে একইপথে ফিরে যায়। হকিস্টিক দ্বারা প্রযুক্ত বলের প্রভাবে হকি বলের গতিতে ভরবেগের পরিবর্তনের মান নির্ণয় করো।

14. 150 ms^{-1} গতিবেগে অনুভূমিকভাবে গতিশীল 10 g ভরের একটি গুলি একটি স্থির কাঠের ব্লককে আঘাত করে এর অভ্যন্তরে 0.03s পর থেমে যায়। গুলিটি ব্লকের মধ্যে যতটুকু প্রবেশ করে তার দূরত্ব নির্ণয় করো। গুলির উপর কাঠের ব্লকটি যে বল প্রয়োগ করে তার মানও নির্ণয় করো।

15. 1 kg ভরের একটি বস্তু 10 ms^{-1} বেগ নিয়ে সরলরেখায় যাওয়ার সময় একটি 5 kg ভরের স্থির কাঠের ব্লকের সঙ্গে ধাক্কা খেয়ে একত্রিত হয়ে একই সরলরেখায় চলে। সংঘর্ষের ঠিক আগে এবং পরে তাদের মোট ভরবেগ কত নির্ণয় করো। একত্রিত অবস্থায় বস্তু দুটির বেগও নির্ণয় করো।

16. 100 kg ভরের একটি বস্তু 6 সেকেন্ডে 5 ms^{-1} বেগ থেকে 8 ms^{-1} বেগে সুষম ত্বরণ নিয়ে চলে। বস্তুটির প্রাথমিক এবং অন্তিম ভরবেগ নির্ণয় করো। বস্তুটির উপর যে বল প্রয়োগ করা হয় তার মান নির্ণয় করো।

17. আখতার, কিরণ এবং রাহুল দ্রুতবেগে রাজপথ দিয়ে উপর একটি মোটরগাড়িতে চলছিল। যখন একটি পোকা গাড়ির কাচে আঘাত করে এবং এটি গাড়ির কাচের মধ্যে আটকে যায়। আখতার এবং কিরণ সমস্ত পরিস্থিতি নিয়ে চিন্তা করতে শুরু করল। কিরণের মতে, মোটরগাড়ির ভরবেগের পরিবর্তনের তুলনায় পোকাটির ভরবেগের বিশাল পরিবর্তন হয় (কারণ মোটরগাড়ির চেয়ে পোকার বেগের পরিবর্তন অনেক বেশি ছিল)। আখতারের মতে, যেহেতু মোটরগাড়িটি বেশি বেগ নিয়ে চলছিল, তাই পোকাটির উপর অধিক বল প্রয়োগ করা হয়েছিল। ফলে পোকাটি মারা গেল। রাহুল সম্পূর্ণ একটি নতুন ব্যাখ্যা দিয়ে বলল, পোকা এবং গাড়ি উভয়ের মধ্যেই একই বল এবং একই ভরবেগের পরিবর্তন প্রযুক্ত হয়। এই প্রস্তাবগুলোর উপর তোমার মতামত দাও।

18. 80 cm উপর থেকে 10 kg ভরের একটি ডাম্বেল মেঝেতে পড়লে এটি মেঝেতে কত ভরবেগ সঞ্চালিত করে? ধরে নাও, ডাম্বেলটির নিম্নাভিমুখী ত্বরণ 10 ms^{-2}।

অতিরিক্ত অনুশীলনী

A1. নীচে গতিশীল একটি বস্তুর দূরত্ব সময় টেবিল দেওয়া আছে।

সময় (সেকেন্ড)	দূরত্ব (মিটার)
0	0
1	1
2	8
3	27
4	64
5	125
6	216
7	343

(a) ত্বরণ সম্পর্কে তুমি কী সিদ্ধান্ত নিতে পারো? এটা কী ধ্রুবক, বেড়ে যাচ্ছে, কমে যাচ্ছে, না শূন্য?

(b) বস্তুটির উপর বলের প্রয়োগ সম্পর্কে তুমি কী সিদ্ধান্তে উপনীত হবে?

A2. একটি সমান রাস্তায় সুষমবেগ নিয়ে 1200 kg ভরের একটি মোটরগাড়িকে দুটি লোক ধাক্কা দিল। একই মোটরগাড়িকে তিনজন লোক ধাক্কা দিলে 0.2 ms^{-2} ত্বরণ সৃষ্টি হয়। প্রত্যেকটি লোক মোটরগাড়িকে কী বল দিয়ে ধাক্কা দেবে? (ধরে নাও, প্রত্যেকটি লোক একই পেশিবল দিয়ে মোটরগাড়িকে ধাক্কা দেয়)

A3. 500 g ভরের একটি হাতুড়ি 50 ms^{-1} বেগ নিয়ে একটি পেরেককে আঘাত করে। পেরেকটি 0.01 সেকেন্ড সময়ে হাতুড়িটি থামিয়ে দেয়। হাতুড়ির উপর পেরেকটি কী বল প্রয়োগ করে?

A4. 1200 kg ভরের একটি মোটরগাড়ি 90 km/h সুষম বেগ নিয়ে সরলরেখায় চলছে। অপ্রতিমিত বলের জন্য 4 সেকেন্ড সময়ে তার বেগ কমে 18 km/h হয়। ত্বরণ এবং ভরবেগের পরিবর্তন নির্ণয় করো। প্রয়োজনীয় বলের মানও নির্ণয় করো।

অধ্যায় 10

মহাকর্ষ
GRAVITATION

অষ্টম ও নবম অধ্যায়ে আমরা বস্তুর গতি এবং গতির কারণ হিসেবে বল সম্পর্কে শিখেছি। আমরা এও শিখেছি যে বস্তুর দ্রুতির মান অথবা গতির অভিমুখ পরিবর্তনের জন্য একটি বলের প্রয়োজন। আমরা সবসময় দেখি যে একটি বস্তুকে উপর থেকে ছেড়ে দিলে এটা মাটিতে পড়ে। আমরা জানি, গ্রহগুলো সূর্যের চারিদিকে ঘুরে, আর চাঁদ পৃথিবীর চারিদিকে ঘুরে। এখানে গ্রহ এবং চাঁদের উপর কোনো না কোনো বল কাজ করছে। আইজ্যাক নিউটন উপলব্ধি করেছিলেন, এ সকল ক্ষেত্রে একই ধরনের বল ক্রিয়া করে। এই বলকেই মহাকর্ষ বল বলে।

এই অধ্যায়ে আমরা মহাকর্ষ ও সর্বজনীন মহাকর্ষ সূত্র সম্পর্কে জানব। আমরা পৃথিবীর মহাকর্ষ বলের প্রভাবে বস্তুর গতি সম্বন্ধে আলোচনা করব। স্থানভেদে কীভাবে বস্তুর ওজনের পার্থক্য হয় এ সম্পর্কেও আমরা শিখব। কী শর্তে বস্তু জলে ভাসে তাও আলোচনা করব।

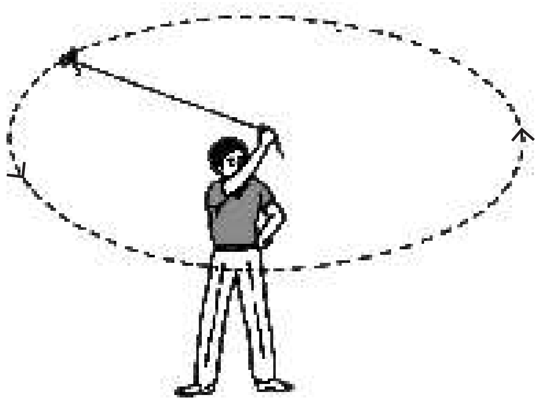
10.1 মহাকর্ষ (Gravitation)

আমরা জানি, চাঁদ পৃথিবীর চারিদিকে ঘোরে। একটি বস্তুকে উপরের দিকে ছুঁড়ে দিলে, এটা একটি নির্দিষ্ট উচ্চতায় উঠার পর আবার নীচের দিকে ফিরে আসে। কথিত আছে, একবার যখন নিউটন একটি আপেল গাছের নীচে বসেছিলেন তখন একটি আপেল তাঁর উপর পড়েছিল। আপেল পড়ার এই ঘটনা থেকে নিউটন এর কারণ ভাবতে শুরু করেন। তাঁর মনে প্রশ্ন জাগল, যদি পৃথিবী একটি আপেলকে আকর্ষণ করতে পারে তবে পৃথিবী কি চাঁদকেও আকর্ষণ করতে পারে না? উভয় ক্ষেত্রেই কি একই ধরনের বল ক্রিয়াশীল হচ্ছে? নিউটন অনুমান করেছিলেন উভয় ক্ষেত্রেই একই প্রকৃতির বল কাজ করছে। তিনি যুক্তি দিয়ে বুঝিয়েছিলেন, চাঁদের কক্ষপথের প্রতিটি বিন্দুতে চাঁদ সরলরেখা বরাবর যাওয়ার পরিবর্তে পৃথিবীর দিকে পতিত হচ্ছে। তাই চাঁদ পৃথিবীর দিকে অবশ্যই আকর্ষিত হচ্ছে। কিন্তু বাস্তবে আমরা চাঁদকে পৃথিবীর দিকে পড়তে দেখি না।

চলো আমরা 8.11 কাজটি স্মরণ করে চাঁদের গতিকে বোঝার চেষ্টা করি।

কাজ 10.1

- এক টুকরো সুতো নাও।
- সুতোর এক প্রান্তে একটি ছোটো পাথরের টুকরো বাঁধো। সুতোর অন্য প্রান্ত ধরে, এটাকে 10.1 প্রদত্ত চিত্রের ন্যায় বৃত্তাকার পথে ঘোরাও।
- পাথরটির গতি লক্ষ করো।
- সুতোটিকে ছেড়ে দাও।
- এবার পাথরটির গতির অভিমুখ লক্ষ করো।



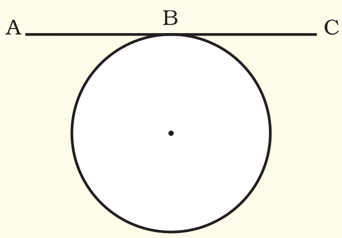
চিত্র 10.1: বৃত্তাকার পথে স্থিরমানের বেগ নিয়ে আবর্তনরত একটি পাথরের টুকরো।

সুতোটিকে ছেড়ে দেওয়ার আগে পর্যন্ত, পাথরটি একটি নির্দিষ্ট দ্রুতি নিয়ে বৃত্তাকার পথে ঘোরে এবং ঐ পথের প্রত্যেক বিন্দুতে গতির অভিমুখের পরিবর্তন হয়। গতির অভিমুখের এই পরিবর্তন, গতিবেগের পরিবর্তন তথা ত্বরণ সৃষ্টি করে। যে বলের কারণে এই ত্বরণের সৃষ্টি হয় এবং যা বস্তুটিকে বৃত্তাকার পথে ঘোরায়, ওই বলের অভিমুখ সবসময় বৃত্তাকার পথের কেন্দ্রের দিকে হয়।

এই বলকে অভিকেন্দ্র বল (কেন্দ্রাভিমুখী) বলে। এই বল যদি না থাকত তাহলে পাথরের টুকরোটি সরলরেখা বরাবর ছিটকে যেত। এই সরলরেখাটি বৃত্তাকার পথের একটি স্পর্শক।

আরও জানো

বৃত্তের স্পর্শক



যে সরলরেখা কোনো বৃত্তের একটি এবং কেবলমাত্র একটি বিন্দু দিয়েই যায়, তাকে ঐ বৃত্তের স্পর্শক বলে। ABC সরলরেখাটি বৃত্তের B বিন্দুতে একটি স্পর্শক।

অভিকেন্দ্র বলের জন্যই চাঁদ পৃথিবীর চারিদিকে ঘোরে। পৃথিবীর আকর্ষণ বল এই অভিকেন্দ্র বলের যোগান দেয়। যদি এ ধরনের বল না থাকত, তবে চাঁদ সুষম গতি নিয়ে সরলরেখায় গতিশীল হত।

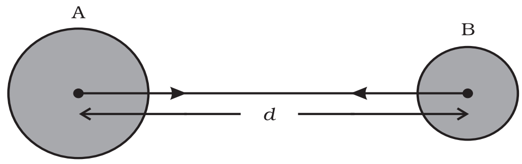
দেখা যায় যে একটি পড়ন্ত আপেল পৃথিবীর দিকেই আকর্ষিত হয়। আপেলটি কি পৃথিবীকে আকর্ষণ করে? যদি করে, তবে আমরা কেন পৃথিবীকে আপেলের দিকে যেতে দেখি না?

তৃতীয় গতি সূত্র অনুযায়ী, আপেল ও পৃথিবীকে আকর্ষণ করে। কিন্তু দ্বিতীয় গতি সূত্র অনুযায়ী, একটি নির্দিষ্ট বলের জন্য, বস্তুর ত্বরণ এর ভরের সঙ্গে ব্যস্তানুপাতিক (সমীকরণ 9.4)। একটি আপেলের ভর পৃথিবীর ভরের তুলনায় খুবই কম। তাই আমরা পৃথিবীকে আপেলের দিকে যেতে দেখি না। একই যুক্তিতে আমরা বলতে পারি, পৃথিবী কেন চাঁদের দিকে যায় না।

আমাদের সৌরজগতে গ্রহগুলো সূর্যের চারিদিকে ঘোরে। একই যুক্তিতে আমরা বলতে পারি, সূর্য ও গ্রহগুলোর মধ্যেও একটি বল ক্রিয়াশীল আছে। উপরিউক্ত ঘটনাগুলো থেকে নিউটন এই সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে, শুধুমাত্র পৃথিবীই আপেল ও চাঁদকে আকর্ষণ করে না, এই বিশ্বব্রহ্মাণ্ডের সমস্ত বস্তুই পরস্পর পরস্পরকে আকর্ষণ করে। বস্তুগুলোর মধ্যে ক্রিয়াশীল এই পারস্পরিক আকর্ষণ বলকে মহাকর্ষ বল বলে।

10.1.1 সর্বজনীন মহাকর্ষ সূত্র (Universal law of gravitation)

এই মহাবিশ্বের প্রতিটি বস্তু অন্য সব বস্তুকে আকর্ষণ করে। এই আকর্ষণ বল, বস্তু দুটির ভরের গুণফলের সমানুপাতিক এবং তাদের মধ্যে দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক। এই বল বস্তু দুটির কেন্দ্র সংযোজক সরলরেখা বরাবর ক্রিয়া করে।



$$F = G\frac{Mm}{d^2}$$

চিত্র 10.2: দুটি সুষম বস্তুর মধ্যে পারস্পরিক মহাকর্ষ বল, এদের কেন্দ্র সংযোজক সরলরেখা বরাবর ক্রিয়া করে।

মনে করো, M এবং m ভরের দুটি বস্তু যথাক্রমে A ও B, পরস্পর থেকে d দূরত্বে আছে (চিত্র 10.2 তে প্রদর্শিত)। ধরো, বস্তুর দুটির মধ্যে আকর্ষণ বল F। মহাকর্ষ সূত্র অনুযায়ী বস্তু দুটির মধ্যে মহাকর্ষ বল, বস্তু দুটির ভরের গুণফলের সমানুপাতিক।

অর্থাৎ, $F \propto M \times m$ (10.1)

এবং এই বল বস্তু দুটির মধ্যবর্তী দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক।

অর্থাৎ, $F \propto \frac{1}{d^2}$ (10.2)

সমীকরণ 10.1 এবং 10.2 কে একত্রিত করে পাই,

$$F \propto \frac{M \times m}{d^2} \quad (10.3)$$

বা, $$F = G\frac{M \times m}{d^2} \quad (10.4)$$

যেখানে, G হল সমানুপাতিক ধ্রুবক এবং একে সর্বজনীন মহাকর্ষ ধ্রুবক বলে।

10.4 নং সমীকরণ থেকে বজ্রগুণন করে পাই,

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

বা, $$G = \frac{F d^2}{M \times m} \quad (10.5)$$

আইজ্যাক নিউটন

(1642 – 1727)

আইজ্যাক নিউটন ইংল্যান্ডের গ্র্যান্টহামের (Grantham) নিকটে ওলসথোর্প (Woolsthorpe) নামক স্থানে জন্মগ্রহণ করেন। তাঁকে বিজ্ঞানের জগতে সবচেয়ে বেশি মৌলিক এবং প্রভাবশালী তাত্ত্বিক বিজ্ঞানী বলে গণ্য করা হয়। তিনি এক গরিব কৃষক পরিবারে জন্মগ্রহণ করেন। কিন্তু কৃষিকাজে তিনি ভালো ছিলেন না। 1661 সালে শিক্ষার্জনের জন্য উনাকে কেমব্রিজ বিশ্ববিদ্যালয়ে পাঠানো হয়। 1665 সালে কেমব্রিজে প্লেগ মহামারীর প্রাদুর্ভাব ঘটে। তাই নিউটন এক বছরের জন্য বিরতি নেন। কথিত আছে ওই বছরই আপেল পড়ার ঘটনাটি ঘটে। এই ঘটনাটি চাঁদকে তার কক্ষপথে আবদ্ধ রাখার জন্য প্রয়োজনীয় বল এবং অভিকর্ষ বলের মধ্যে যোগসূত্র থাকার সম্ভাবনাকে ভাবতে উজ্জীবিত করে। এটা থেকেই তিনি সর্বজনীন মহাকর্ষ সূত্রের অবতারণা করেন। উল্লেখ্য যে, এর আগেও অনেক মহান বিজ্ঞানীগণ মহাকর্ষ সম্পর্কে জানলেও একে উপলব্ধি করতে ব্যর্থ হন।

নিউটন তাঁর বিখ্যাত গতি সূত্রাবলি প্রণয়ন করেন। তিনি আলোকবিদ্যার অনেক তত্ত্ব ও বর্ণের উপর কাজ করেন। মহাকাশের দৃশ্যাবলি পর্যবেক্ষণ করার জন্য তিনি নভোবীক্ষণ আলোক যন্ত্রের (astronomical telescope) নকশা তৈরি করেন। নিউটন একজন মহান গণিতজ্ঞও ছিলেন। 'কলনবিদ্যা' নামক গণিতের একটি নতুন শাখা তিনি আবিষ্কার করেন। এর সাহায্যে উনি প্রমাণ করেন, সুষম ঘনত্বের গোলকের বাইরে অবস্থিত বস্তুর ক্ষেত্রে গোলকটির সমস্ত ভর যেন এর কেন্দ্রে কেন্দ্রীভূত থাকে। নিউটন তাঁর তিনটি গতিসূত্র এবং সর্বজনীন মহাকর্ষ সূত্রের দ্বারা প্রাকৃতিক বিজ্ঞানের ভিত্তিকে পরিবর্তন করেন। কোপারনিকাস, কেপলার, গ্যালিলিও এবং অন্যান্যদের কাজের সংযুক্তি সাধনে নিউটন একটি নতুন শক্তিশালী ভিত্তিপ্রস্তর স্থাপন করেছিলেন যা সপ্তদশ শতাব্দীর বৈজ্ঞানিক ধ্যান ধারণার বিপ্লবের মূল চাবিকাঠি ছিল।

উল্লেখ্য যে, সে সময়ে নিউটনের মহাকর্ষ তত্ত্ব যাচাই করা যায়নি, কিন্তু এটা যে সত্যি সে সম্পর্কে কোনো সন্দেহ ছিল না। এর কারণ ছিল নিউটনের তত্ত্ব সমৃদ্ধ বৈজ্ঞানিক যুক্তির উপর প্রতিষ্ঠিত যা গণিত দ্বারা পরিপুষ্ট। ফলে এই তত্ত্ব সহজ ও চিত্রাকর্ষক হয়ে ওঠে। এই গুণাবলিগুলোকে বর্তমানে একটি ভালো বৈজ্ঞানিক তত্ত্বের প্রয়োজনীয় শর্তাবলি হিসাবে গণ্য করা হয়।

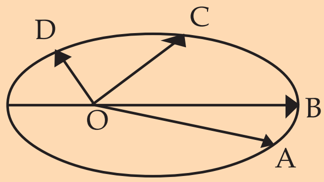
নিউটন কীভাবে ব্যস্ত বর্গের সূত্রটি অনুমান করেন?

গ্রহাদির গতি সম্পর্কে সর্বদাই একটি কৌতুহল কাজ করে। ষোড়শ শতাব্দীতে অনেক জ্যোতির্বিদ গ্রহাদির গতি সম্পর্কে অনেক তথ্য আহরণ করেছিলেন। ঐ তথ্যগুলোকে ভিত্তি করে জোহান্যাস কেপলার তিনটি সূত্র প্রতিষ্ঠা করেন এবং এই সূত্রগুলোর সাহায্যে গ্রহগুলোর গতিকে ব্যাখ্যা করা যায়। এগুলোকে কেপলারের সূত্র বলে। এই সূত্রগুলো হল :

1. প্রতিটি গ্রহ সূর্যের চারিদিকে উপবৃত্তাকার পথে আবর্তন করে এবং সূর্য ঐ উপবৃত্তাকার পথের যে-কোনো একটি ফোকাসে অবস্থান করে। (নীচের চিত্রে দেখানো হয়েছে)। চিত্রে প্রদর্শিত 'O' বিন্দুটি হল সূর্যের অবস্থান।
2. গ্রহ এবং সূর্যের মধ্যে সংযোগকারী সরলরেখা সমান সময়ে সমান ক্ষেত্রফলের অঞ্চল অতিক্রম করে। যদি A থেকে B তে এবং C থেকে D তে যেতে একই সময় লাগে তবে OAB এবং OCD এর ক্ষেত্রফল একই হবে।
3. গ্রহ ও সূর্যের মধ্যে গড় দূরত্বের (r) ত্রিঘাত, গ্রহের পর্যায়কালের (T) বর্গের সঙ্গে সমানুপাতিক।

   অথবা, r^3/T^2 = ধ্রুবক।

উল্লেখ্য যে, কেপলার গ্রহাদির গতি ব্যাখ্যা করার জন্য কোনো তত্ত্ব দিতে পারেননি। নিউটনই দেখিয়েছেন, সূর্য গ্রহগুলোর উপর যে মহাকর্ষ বল প্রয়োগ করে, তা-ই গ্রহগুলোর গতির মূল কারণ। নিউটন, কেপলারের তৃতীয় সূত্র প্রয়োগ করে মহাকর্ষ বলের গণনা করেছিলেন। দূরত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে মহাকর্ষ বলের মান কমে যায়। একটি সহজ যুক্তির অবতারণা করা যাক। আমরা ধরে নিই, গ্রহগুলোর কক্ষপথ বৃত্তাকার।



ধরা যাক, কক্ষীয় বেগ v এবং বৃত্তাকার পথের ব্যাসার্ধ r. সুতরাং, আবর্তনরত গ্রহের উপর ক্রিয়াশীল বল,

$F \propto v^2/r$.

যদি T দ্বারা পর্যায়কাল প্রকাশ করা হয়, তবে

$v = 2\pi r/T$ তাই, $v^2 \propto r^2/T^2$.

আমরা পুনরায় লিখতে পারি,

$$v^2 \propto (1/r) \times (r^3/T^2)$$

যেহেতু, r^3/T^2 হল একটি ধ্রুবক, (কেপলারের তৃতীয় সূত্র থেকে)

আমরা পাই, $v^2 \propto 1/r$, একে

$F \propto v^2/r$, এর সঙ্গে যুক্ত করে পাই, $F \propto 1/r^2$

(10.5) নং সমীকরণে বল, দূরত্ব ও ভরের একক বসিয়ে G এর SI একক পাওয়া যায় N m^2 kg^{-2}.

হেনরি কেভ্যানডিশ (1731 – 1810) একটি সুবেদী তুলাযন্ত্রের সাহায্যে G এর মান নির্ণয় করেন। G এর গ্রহণযোগ্য মান হল 6.673 x 10^{-11} N m^2 kg^{-2}.

আমরা জানি, দুটি বস্তুর মধ্যে একটি আকর্ষণ বল ক্রিয়া করে। তুমি এবং তোমার পাশে থাকা বন্ধুর মধ্যে এই আকর্ষণজনিত বল গণনা করো। বলো তো, এই বলটিকে উপলব্ধি করা যায় না কেন?

আরও জানো

ক্ষুদ্র বা বৃহৎ, পার্থিব বা মহাজাগতিক সব বস্তুর ক্ষেত্রেই এই সূত্রটি প্রযোজ্য। তাই এই সূত্র সর্বজনীন।

ব্যস্ত বর্গ

দুটি বস্তুর মধ্যে ক্রিয়াশীল বল *F*, দূরত্বের বর্গের সঙ্গে ব্যস্তানুপাতিক। উদাহরণস্বরূপ যদি দূরত্ব (*d*) কে 6 গুণ করা হয়, তবে তাদের মধ্যে ক্রিয়াশীল বল $\frac{1}{36}$ গুণ হবে।

উদাহরণ 10.1 পৃথিবীর ভর 6×10^{24} kg এবং চাঁদের ভর 7.4×10^{22} kg. যদি পৃথিবী ও চাঁদের মধ্যে দূরত্ব 3.84×10^5 km হয়, তবে পৃথিবী চাঁদের উপর কী পরিমাণ বল প্রয়োগ করে তা গণনা করো। (ধরে নাও G = 6.7 × 10^{-11} N m^2 kg^{-2})

সমাধান :

পৃথিবীর ভর, $M = 6 \times 10^{24}$ kg

চাঁদের ভর,

$m = 7.4 \times 10^{22}$ kg

পৃথিবী ও চাঁদের মধ্যে দূরত্ব,

$$d = 3.84 \times 10^5 \text{ km} = 3.84 \times 10^5 \times 1000 \text{ m} = 3.84 \times 10^8 \text{ m}$$

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

সমীকরণ (10.4) হতে, পৃথিবী কর্তৃক চাঁদের উপর প্রযুক্ত বল,

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

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

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

সুতরাং, পৃথিবী চাঁদের উপর যে বল প্রয়োগ করে তা হল 2.02×10^{20} N.

প্রশ্নাবলি :

1. *মহাকর্ষের সর্বজনীন সূত্রটি বিবৃত করো।*
2. *পৃথিবী এবং তার পৃষ্ঠে অবস্থিত একটি বস্তুর মধ্যে মহাকর্ষ বলের মান নির্ণয়ের সূত্রটি লেখো।*

10.1.2 সর্বজনীন মহাকর্ষ সূত্রের গুরুত্ব : (Importance of the universal law of gravitation)

নিম্নলিখিত বিভিন্ন ঘটনাবলি যেগুলোকে আগে বিচ্ছিন্ন বলে মনে করা হত, সেগুলোকে সর্বজনীন মহাকর্ষ সূত্রের সাহায্যে সফলভাবে ব্যাখ্যা করা যায় :

(i) যে বল আমাদেরকে পৃথিবীর সঙ্গে আটকে রাখে;
(ii) পৃথিবীর চারিদিকে চাঁদের ঘূর্ণনগতি;
(iii) সূর্যের চারিপাশে গ্রহগুলোর গতি; এবং
(iv) চাঁদ ও সূর্যের জন্য জোয়ারের উৎপত্তি।

10.2 অবাধ পতন (Free Fall)

চলো, আমরা একটি কাজের মাধ্যমে অবাধ পতন বোঝার চেষ্টা করি।

কাজ 10.2

- একটি পাথরের টুকরো নাও।
- এটাকে উর্ধ্বে ছুড়ে দাও।
- এটা একটি নির্দিষ্ট উচ্চতা উঠার পর আবার নীচের দিকে নামতে শুরু করে।

আমরা শিখেছি যে, পৃথিবী সকল বস্তুকে তার দিকে আকর্ষণ করে। অভিকর্ষ বলের জন্য তা ঘটে। শুধুমাত্র পৃথিবীর এই

বলের প্রভাবে পৃথিবীর দিকে পতনশীল বস্তুর গতিকে অবাধ পতন বলে। এক্ষেত্রে পতনশীল বস্তুগুলোর গতিবেগের কোনো পরিবর্তন হয় কি? যখন বস্তুগুলো নীচের দিকে পড়ে, তখন তাদের গতিবেগের অভিমুখের কোনো পরিবর্তন হয় না। কিন্তু পৃথিবীর আকর্ষণ বলের (অভিকর্ষজ বল) জন্য গতিবেগের মানের পরিবর্তন হয়। গতিবেগের যে-কোনো পরিবর্তনের সঙ্গেই ত্বরণ জড়িত। কোনো বস্তু যখন পৃথিবীর দিকে পড়ে তখন তাতে একটি ত্বরণ হয়। পৃথিবীর অভিকর্ষজ বলই এ ত্বরণের জন্য দায়ী। সুতরাং, এই ত্বরণকে অভিকর্ষজ ত্বরণ বলে। এ ত্বরণকে 'g' দ্বারা প্রকাশ করা হয়। g এর একক এবং ত্বরণের একক একই যা m/s^2।

গতির দ্বিতীয় সূত্র থেকে আমরা জানি, বল হল বস্তুর ভর ও ত্বরণের গুণফল। ধরি, (10.2) কাজে ব্যবহৃত পাথর টুকরোটির ভর m। আমরা জেনেছি যে, পড়ন্ত বস্তুগুলো পৃথিবীর অভিকর্ষজ বলের জন্য ত্বরণ লাভ করে এবং এই ত্বরণকে 'g' দ্বারা সূচিত করা হয়। সুতরাং, এই অভিকর্ষজ বল F এর মান হবে, বস্তুর ভর ও অভিকর্ষজ ত্বরণের গুণফল।

অর্থাৎ, $F = m\,g$ (10.6)

সমীকরণ (10.4) এবং (10.6) হতে পাই,

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

বা, $$g = G\,\frac{M}{d^2} \qquad (10.7)$$

যেখানে M হল পৃথিবীর ভর এবং d হল পৃথিবী ও বস্তুর মধ্যে দূরত্ব।

ধরা যাক, একটি বস্তু পৃথিবীপৃষ্ঠে অথবা পৃষ্ঠের খুবই সন্নিকটে আছে। সুতরাং, (10.7) নং সমীকরণে দূরত্ব d, পৃথিবীর ব্যাসার্ধ R এর সমান হবে। তাই পৃথিবীপৃষ্ঠে বা পৃষ্ঠের কাছাকাছি বস্তুর জন্য,

$$m\,g = G\,\frac{M \times m}{R^2} \qquad (10.8)$$

সুতরাং, $$g = G\,\frac{M}{R^2} \qquad (10.9)$$

পৃথিবী যথার্থ গোলক নয়। যেহেতু পৃথিবীর ব্যাসার্ধ মেরু থেকে নিরক্ষীয় অঞ্চলের দিকে ক্রমাগত বৃদ্ধি পায়, তাই অভিকর্ষজ ত্বরণের (g) মান নিরক্ষীয় অঞ্চলের তুলনায় মেরুতে বেশি হয়। অধিকাংশ গণনায় পৃথিবীপৃষ্ঠে বা পৃষ্ঠের সন্নিকটে 'g' এর মান মোটামুটি ধ্রুবক ধরা যায়। কিন্তু পৃথিবী থেকে অনেক দূরে অবস্থিত বস্তুগুলোর বেলায় পৃথিবীর অভিকর্ষ বলের জন্য ত্বরণ, 10.7 নং সমীকরণ দ্বারা দেওয়া হয়।

10.2.1 'g'এর মানের গণনা (TO CALCULATE THE VALUE OF g)

g এর মান গণনা করার জন্য (10.9) নং সমীকরণে G, M এবং R এর মান বসাতে হবে।

সর্বজনীন মহাকর্ষ ধ্রুবক, $G = 6.7 \times 10^{-11}\ \mathrm{N\,m^2\,kg^{-2}}$,

পৃথিবীর ভর, $M = 6 \times 10^{24}\ \mathrm{kg}$,

পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, $R = 6.4 \times 10^6\ \mathrm{m}$.

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

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

$= 9.8\ \mathrm{m\,s^{-2}}$.

সুতরাং, পৃথিবীপৃষ্ঠে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান $g = 9.8\ \mathrm{m\,s^{-2}}$.

10.2.2 পৃথিবীর অভিকর্ষজ বলের প্রভাবে বস্তুসমূহের গতি (MOTION OF OBJECTS UNDER THE INFLUENCE OF GRAVITATIONAL FORCE OF THE EARTH)

ফাঁপা বা নিরেট, ছোটো বা বড়ো বস্তুগুলো সমান উচ্চতা থেকে ছেড়ে দিলে, এরা সমান দ্রুততায় নীচে পড়ে কি না, একটি কাজের সাহায্যে চলো আমরা বোঝার চেষ্টা করি।

কাজ 10.3

- একটি কাগজ ও একটি পাথরের টুকরো নাও। একটি দ্বিতল বাড়ির ছাদ থেকে এদেরকে একই সাথে ছেড়ে দাও এবং লক্ষ করো এরা একই সাথে ভূমি স্পর্শ করে কিনা।
- আমরা দেখি কাগজটি পাথরটি অপেক্ষা একটু পরে ভূমি স্পর্শ করে। বায়ুর বাধাজনিত কারণে এই ঘটনা হয়। পতনশীল বস্তুর উপর বায়ু মাধ্যম ঘর্ষণজনিত বাধা প্রয়োগ করে। পাথরটি অপেক্ষা কাগজের উপর বায়ুর বাধাজনিত বল বেশি। কিন্তু আমরা যদি উপরিউক্ত কাজটি একটি বায়ুশূন্য কাচের জারে করি, তবে দেখব, কাগজ ও পাথরের টুকরোটি একই হারে পড়ে।

আমরা জানি, মুক্তভাবে পতনশীল বস্তুর একটি ত্বরণ থাকে। সমীকরণ (10.9) থেকে দেখা যায় বস্তুর ত্বরণ, তার ভরের উপর নির্ভরশীল নয়। এর অর্থ হল ছোটো বা বড়ো, ফাঁপা বা নিরেট যে কোনো বস্তু সমান দ্রুততায় নীচে পড়ে। কথিত আছে, গ্যালিলিও একে প্রমাণ করার জন্য বিভিন্ন বস্তুকে ইতালিতে অবস্থিত পিসা (Pisa) নামক স্থানের হেলানো স্তম্ভের উপর থেকে ছেড়ে দেন।

যেহেতু পৃথিবীর সন্নিকটে অভিকর্ষজ ত্বরণের (g) মান ধ্রুবক, তাই সুষম ত্বরণ নিয়ে গতিশীল বস্তুর সকল গতীয় সমীকরণগুলোতে a কে g দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা যায় (8.5 অংশটি দেখো)।

সমীকরণগুলো হল ঃ

$$v = u + at \tag{10.10}$$

$$s = ut + \tfrac{1}{2}at^2 \tag{10.11}$$

$$v^2 = u^2 + 2as \tag{10.12}$$

যেখানে u ও v হল প্রাথমিক ও অন্তিম বেগ এবং s হল t সময়ে অতিক্রান্ত দূরত্ব।

এই সমীকরণগুলো প্রয়োগ করার সময় আমরা ত্বরণকে (a) ধনাত্মক ধরব যখন এর অভিমুখ, গতিবেগের অভিমুখে হয়, আবার ত্বরণকে (a) ঋণাত্মক ধরব যখন এটি বস্তুর গতিকে বাধা দেয়।

উদাহরণ 10.2 একটি গাড়ি পাহাড়ের ধার ঘেঁসে 0.5 সেকেন্ড সময়ে নীচে পড়ল। ধর, $g = 10\text{ m s}^{-2}$ (গণনার সুবিধার্থে).

(i) কত দ্রুতি নিয়ে এটি ভূমিকে আঘাত করবে?

(ii) 0.5 সেকেন্ড সময়ে এর গড় দ্রুতি কত?

(iii) ভূমি থেকে পাহাড়ের ধারটি কত উচ্চতায় আছে?

সমাধান :

সময়, $t = ½$ সেকেন্ড,

প্রাথমিক বেগ, $u = 0\text{ m s}^{-1}$

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 10\text{ m s}^{-2}$

∴ গাড়িটির নীচের দিকে ত্বরণ, $a = +\,10\text{ m s}^{-2}$

(i) দ্রুতি, $v = a\,t$

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

$= 5\text{ m s}^{-1}$

(ii) গড় দ্রুতি $= \dfrac{u+v}{2}$

$= (0\text{ m s}^{-1} + 5\text{ m s}^{-1})/2$

$= 2.5\text{ m s}^{-1}$

(iii) অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = ½\,a\,t^2$

$= ½ \times 10\text{ m s}^{-2} \times (0.5\text{ s})^2$

$= ½ \times 10\text{ m s}^{-2} \times 0.25\text{ s}^2$

$= 1.25\text{ m}$

সুতরাং,

(i) গাড়িটি ভূমিকে 5 m s^{-1} দ্রুতিতে আঘাত করে।

(ii) এর 0.5 s সময়ে গড় দ্রুতি 2.5 m s^{-1}

(iii) ভূমি থেকে পাহাড়ের ধারটির উচ্চতা 1.25 m.

উদাহরণ 10.3 একটি বস্তুকে উল্লম্বভাবে ঊর্ধ্বে নিক্ষেপ করা হল এবং এটি 10 মিটার উচ্চতায় উঠল। গণনা করো :

(i) কত বেগে বস্তুটিকে ঊর্ধ্বে নিক্ষেপ করা হল ?

(ii) সর্বোচ্চ উচ্চতায় উঠতে বস্তুটির কত সময় লাগল?

সমাধান :

অতিক্রান্ত দূরত্ব, $s = 10\text{ m}$

অন্তিম গতিবেগ, $v = 0\text{ m s}^{-1}$

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

বস্তুটির ত্বরণ, $a = -\,9.8\text{ m s}^{-2}$ (ঊর্ধ্বমুখী গতি)

(i) $v^2 = u^2 + 2a\,s$

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

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

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

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

(ii) $v = u + a\,t$

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

$t = 1.43\text{ s.}$

সুতরাং,

(i) প্রাথমিক বেগ, $u = 14\text{ m s}^{-1}$, এবং

(ii) ব্যয়িত সময়, $t = 1.43\text{ s.}$

প্রশ্নাবলি :

1. *অবাধ পতন (Freefall) বলতে তুমি কী বোঝ?*
2. *অভিকর্ষজ ত্বরণ বলতে তুমি কী বোঝ?*

10.3 ভর (Mass)

পূর্ববর্তী অধ্যায়ে আমরা জেনেছি, ভরই কোনো বস্তুর জাড্যের পরিমাপক (9.3 অংশ)। আমরা এটাও শিখেছি যে, কোনো বস্তুর ভর যত বেশি, এর জাড্যও তত বেশি। পৃথিবীতে, চাঁদে, এমনকি মহাশূন্যেও এটি অপরিবর্তিত থাকে। তাই কোনো বস্তুর ভর ধ্রুবক এবং স্থানভেদে এটা পরিবর্তিত হয় না।

10.4 ওজন (Weight)

আমরা জানি, পৃথিবী প্রতিটি বস্তুকে একটি নির্দিষ্ট বলে আকর্ষণ করে এবং এ আকর্ষণ বল বস্তুর ভর (m) ও অভিকর্ষজ ত্বরণের (g) উপর নির্ভর করে। কোনো বস্তু যে বলে পৃথিবীর দিকে আকর্ষিত হয়, তাহাই হচ্ছে ঐ বস্তুর ওজন। আমরা জানি,

$$F = m \times a, \qquad (10.13)$$

অর্থাৎ,

$$F = m \times g. \qquad (10.14)$$

পৃথিবী যে বলে কোনো বস্তুকে আকর্ষণ করে, তাই হল বস্তুটির ওজন। একে W দ্বারা সূচিত করা হয়। একে (10.14) সমীকরণে বসিয়ে পাই,

$$W = m \times g \qquad (10.15)$$

যেহেতু কোনো বস্তু যে বলে পৃথিবীর দিকে আকর্ষিত হয়, তাই বস্তুর ওজন। সুতরাং ওজনের SI একক বলের এককের মতো অর্থাৎ নিউটন (N)। ওজন হল একটি বল যা উল্লম্বভাবে নীচের দিকে ক্রিয়াশীল, যার মান এবং অভিমুখ উভয়ই আছে।

আমরা শিখেছি যে, কোনো একটি নির্দিষ্ট স্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান ধ্রুবক। সুতরাং কোনো একটি নির্দিষ্ট স্থানে কোনো বস্তুর ওজন (W), এর ভরের (m) সঙ্গে সমানুপাতিক, অর্থাৎ $W \alpha m$। এ কারণে কোনো একটি নির্দিষ্ট স্থানে, বস্তুর ওজনকে এর ভরের পরিমাপ হিসাবে ব্যবহার করা যায়। পৃথিবীতে এবং অন্য যে কোনো গ্রহে, সর্বত্র বস্তুর ভর একই থাকে কিন্তু বস্তুর ওজন অবস্থানের উপর নির্ভর করে কারণ g অবস্থানের উপর নির্ভর করে।

10.4.1 চাঁদে কোনো একটি বস্তুর ওজন (Weight of an object on the moon)

আমরা জানি, পৃথিবী কোনো বস্তুকে যে বলে আকর্ষণ করে, তা বস্তুটির ওজন। অনুরূপভাবে, চাঁদে কোনো বস্তুর ওজন হল, চাঁদ বস্তুটিকে যে বলে আকর্ষণ করে। চাঁদের ভর পৃথিবীর ভর অপেক্ষা কম। এ কারণে চাঁদ বস্তুর উপর অপেক্ষাকৃত কম বল প্রয়োগ করে।

মনে করো, একটি বস্তুর ভর m, চাঁদে বস্তুটির ওজন W_m। চাঁদের ভর M_m এবং এর ব্যাসার্ধ R_m।

সর্বজনীন মহাকর্ষ সূত্র প্রয়োগ করে পাই, চাঁদে বস্তুটির ওজন,

$$W_m = G\frac{M_m \times m}{R_m^{\ 2}} \qquad (10.16)$$

মনে করো, ঐ একই বস্তুটির পৃথিবীতে ওজন W_e, পৃথিবীর ভর হল M এবং ব্যাসার্ধ R.

সারণি 10.1

মহাজাগতিক বস্তু	ভর (kg)	ব্যাসার্ধ (m)
পৃথিবী	5.98×10^{24}	6.37×10^{6}
চাঁদ	7.36×10^{22}	1.74×10^{6}

সমীকরণ (10.9) ও (10.15) থেকে পাই,

$$W_e = G\frac{M \times m}{R^2} \qquad (10.17)$$

10.1 সারণি থেকে প্রদত্ত মান (10.16) এবং (10.17) সমীকরণে বসিয়ে পাই,

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

$$W_m = 2.431 \times 10^{10} G \times m\ \text{N} \qquad (10.18a)$$

এবং $W_e = 1.474 \times 10^{11} G \times m\ \text{N} \qquad (10.18b)$

সমীকরণ (10.18a) কে (10.18b) দ্বারা ভাগ করে আমরা পাই,

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

বা, $$\frac{W_m}{W_e} = 0.165 \approx \frac{1}{6} \qquad (10.19)$$

সুতরাং, $$\frac{\text{চাঁদে কোনো একটি বস্তুর ওজন}}{\text{পৃথিবীতে ওই বস্তুর ওজন}} = \frac{1}{6}$$

চাঁদে কোনো একটি বস্তুর ওজন

= (1/6) × পৃথিবীতে ওই বস্তুর ওজন।

উদাহরণ 10.4 একটি বস্তুর ভর 10 kg. পৃথিবীতে ওই বস্তুর ওজন কত ?

সমাধান :

ভর, $m = 10$ kg

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8$ m s^{-2}

$W = m \times g$

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

সুতরাং, বস্তুটির ওজন 98 N ।

উদাহরণ 10.5 পৃথিবীপৃষ্ঠে একটি বস্তুর ওজন 10 N । চন্দ্রপৃষ্ঠে ওই বস্তুটির ওজন কত হবে ?

সমাধান :

আমরা জানি,

চন্দ্রপৃষ্ঠে কোনো বস্তুর ওজন

= (1/6) × পৃথিবীপৃষ্ঠে ঐ বস্তুর ওজন

অর্থাৎ

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

$= 1.67$ N

সুতরাং, চন্দ্রপৃষ্ঠে বস্তুটির ওজন 1.67 N ।

প্রশ্নাবলি :

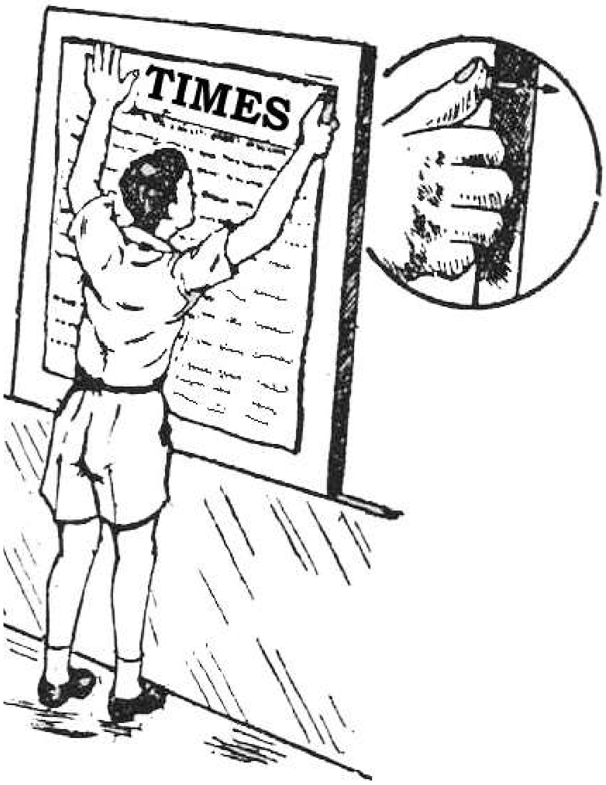
1. *বস্তুর ভর ও ওজনের মধ্যে পার্থক্যগুলো কী ?*
2. *চাঁদে বস্তুর ওজন পৃথিবীতে ঐ বস্তুর ওজনের $\frac{1}{6}$ অংশ হয় কেন ?*

10.5 ঘাত ও চাপ (Thrust and Pressure)

মরুভূমিতে উটকে সহজে দৌড়াতে দেখে তুমি কি কখনও আশ্চর্য হয়েছ ? এক হাজার টনের বেশি ওজনের একটি যুদ্ধ ট্যাংক কীভাবে নিরবিচ্ছিন্ন একটি বেল্টের উপর থাকে ? ট্রাক বা মোটর বাসের টায়ারের বেধ বেশি হয় কেন ? কোনো কিছু কাটার যন্ত্রপাতিগুলোর ধার খুবই তীক্ষ্ণ হয় কেন ? এই প্রশ্নগুলোর উত্তর পাওয়ার জন্য এবং ঘটনাগুলোকে বোঝার জন্য, বস্তুর উপর নির্দিষ্ট অভিমুখে প্রযুক্ত মোট বল (ঘাত) এবং প্রতি একক ক্ষেত্রফল প্রযুক্ত বল (চাপ), এই বিষয়গুলোর পরিচিতি সহায়ক হবে।

চলো আমরা ঘাত ও চাপের অর্থ বোঝার জন্য নিম্নোক্ত পরিস্থিতিগুলো বিবেচনা করি।

পরিস্থিতি **1:** মনে করো একটি বুলেটিন বোর্ডে তুমি একটি পোস্টার (Poster) আবদ্ধ করবে (চিত্র 10.3 তে প্রদর্শিত)। এই কাজটি করার জন্য তোমাকে বোর্ড পিনগুলোকে বৃদ্ধাঙ্গুলি দিয়ে চেপে ধরতে হবে। তুমি পিনটির অগ্রভাগের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলে বল প্রয়োগ করো। এই বলটি বোর্ডের ক্ষেত্রফলের উপর লম্বভাবে প্রযুক্ত হয়। এ বলটি পিনের সুচালো প্রান্তে খুবই কম ক্ষেত্রফলে ক্রিয়াশীল হয়।



চিত্র 10.3: বোর্ডে একটি পোস্টার লাগানোর জন্য এর সঙ্গে লম্বভাবে পিনগুলোকে বুড়ো আঙুল দিয়ে চেপে ধরা হয়।

পরিস্থিতি **2:** তুমি শিথিল (Loose) বালিরাশির উপর দাঁড়িয়ে আছ। দেখবে তামার পাগুলো বালির গভীরে প্রবেশ করে। এখন তুমি বালির উপর শুয়ে পড়ো। তুমি দেখবে তোমার শরীর আর এতোটা বালির গভীরে যাচ্ছে না। উভয় ক্ষেত্রেই বালিতে প্রযুক্ত বল হল তোমার দেহের ওজনের সমান।

তুমি জেনেছ ওজন হল নীচের দিকে উল্লম্বভাবে ক্রিয়াশীল একটি বল। এক্ষেত্রে প্রযুক্ত বল বালিপৃষ্ঠের সঙ্গে লম্বভাবে ক্রিয়াশীল হচ্ছে। বস্তুর তলের সঙ্গে লম্বভাবে ক্রিয়াশীল বলকে ঘাত বলে। তুমি যখন শিথিল বালির উপর দাঁড়ানো ছিলে, তখন তোমার দেহের ওজন প্রযুক্ত বল হিসেবে পায়ের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলে ক্রিয়াশীল হয়। আর যখন তুমি বালিতে শুয়ে ছিলে তখন একই পরিমাণ বল, শরীরের যে অংশ বালির সঙ্গে সংস্পর্শে থাকে, ঐ অংশে লম্বভাবে প্রযুক্ত হয়। এই ক্ষেত্রফল পায়ের তুলনায় অপেক্ষাকৃত বেশি। তাই সমমানের বলের প্রভাব বিভিন্ন ক্ষেত্রফলে বলের প্রভাব বিভিন্ন হয়।

উপরিউক্ত ক্ষেত্রগুলোতে ঘাতের পরিমাণ একই কিন্তু এদের প্রভাব ভিন্ন। সুতরাং ঘাতের প্রভাব, যে তলে এটা ক্রিয়াশীল, ঐ তলের ক্ষেত্রফলের উপর নির্ভর করে।

বালিতে দাঁড়ানো অবস্থায় ঘাতের প্রভাব শুয়ে পড়া অবস্থা অপেক্ষা বেশি হয়। একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলে ক্রিয়াশীল ঘাতকে চাপ বলে।

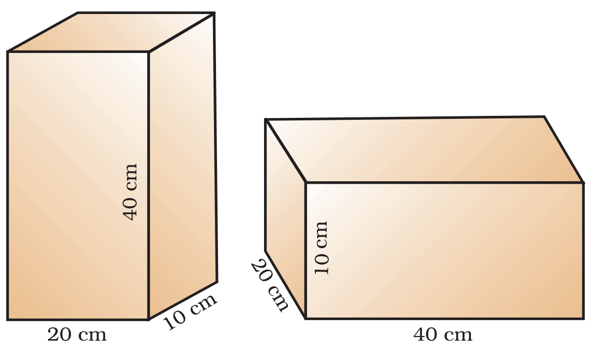
$$\text{তাই, চাপ} = \frac{\text{ঘাত}}{\text{ক্ষেত্রফল}} \qquad (10.20)$$

ঘাত ও ক্ষেত্রফলের SI একক 10.20 সমীকরণে বসিয়ে চাপের SI একক পাওয়া যায় N/m^2 অথবা $N\ m^{-2}$।

বিজ্ঞানী ব্লাইস্ পাস্কেল (Blaise Pascal) এর সম্মানার্থে চাপের SI একককে পাস্কেল বলা হয় এবং Pa দ্বারা সূচিত হয়।

চলো একটি গাণিতিক উদাহরণের সাহায্যে বিভিন্ন ক্ষেত্রফলে প্রযুক্ত ঘাতের প্রভাব বোঝার চেষ্টা করি।

উদাহরণ 10.6 একটি কাঠের ফলক টেবিলে রাখা আছে। কাঠের ফলকটির ভর 5 kg এবং এর মাত্রাগুলো হল যথাক্রমে 40 cm × 20 cm × 10 cm। যখন কাঠের ফলকটির যে তল টেবিল পৃষ্ঠের সঙ্গে সংস্পর্শে থাকে তা (a) 20 cm ×10 cm এবং (b) 40 cm × 20 cm। এ ক্ষেত্রগুলোতে কাঠের ফলকটি টেবিল পৃষ্ঠে যে পরিমাণ চাপ প্রয়োগ করে, তা নির্ণয় করো।



চিত্র 10.4

সমাধান :

কাঠের ফলকটির ভর = 5 kg

ফলকটির মাত্রা = 40 cm × 20 cm × 10 cm

ফলকটির ওজন টেবিল তলের উপর একটি ঘাত প্রয়োগ করে।

অর্থাৎ, ঘাত $= F = m \times g$

$= 5\ kg \times 9.8\ m\ s^{-2}$

$= 49\ N$

তলটির ক্ষেত্রফল = দৈর্ঘ্য × প্রস্থ

$= 20\ cm \times 10\ cm$

$= 200\ cm^2 = 0.02\ m^2$

(10.20) সমীকরণ থেকে পাই,

$$\text{চাপ} = \frac{49\ N}{0.02\ m^2} = 2450\ N\ m^{-2}.$$

যখন ফলকটির তল (40 cm × 20 cm), টেবিল তলের সংস্পর্শে থাকে, তখনও টেবিলতলে প্রযুক্ত ঘাত একই থাকে।

ফলকটির ঐ তলের ক্ষেত্রফল = দৈর্ঘ্য × প্রস্থ

= 40 cm × 20 cm

$= 800\ cm^2 = 0.08\ m^2$

সমীকরণ (10.20) হতে পাই,

$$\text{চাপ} = \frac{49\ N}{0.08\ m^2} = 612.5\ N\ m^{-2}$$

সুতরাং, কাঠের ফলকটির 20 cm × 10 cm তল দ্বারা প্রযুক্ত চাপ 2450 $N\ m^{-2}$ এবং 40 cm × 20 cm তল দ্বারা প্রযুক্ত চাপ 612.5 $N\ m^{-2}$.

এইভাবে একই বল তুলনামুলক কম ক্ষেত্রফলে বেশি চাপ ও বেশি ক্ষেত্রফলে কম চাপ প্রয়োগ করে। এই একই কারণে আলপিনের প্রান্তভাগ সূচালো করা হয়, ছুরির ধার তীক্ষ্ণ করা হয় এবং দালানবাড়ির ভিত প্রশস্ত করা হয়।

10.5.1 প্রবাহীর চাপ (PRESSURE IN FLUIDS)

সকল তরল ও গ্যাসীয় পদার্থগুলো হল প্রবাহী। কঠিন বস্তু উহার ওজনের জন্য কোনো তলে চাপ প্রয়োগ করে। অনুরূপে প্রবাহীরও ওজন আছে এবং যে পাত্রে এদের আবদ্ধ রাখা হয়, ঐ পাত্রের ভূমি ও দেওয়ালে, এরা চাপ প্রয়োগ করে। কোনো আবদ্ধ প্রবাহীতে চাপ প্রয়োগ করলে, ঐ চাপ সর্বদিকে একই মানে সঞ্চালিত হয়। আবদ্ধ প্রবাহীর কোন্ অংশে প্রযুক্ত চাপ অপরিবর্তিত মানে সর্বদিকে সঞ্চালিত হয়।

10.5.2 প্লবতা (Buoyancy)

তুমি কি কখনও সুইমিং পুলে সাঁতার কেটেছ এবং সাঁতার কাটার সময় নিজেকে হালকা বোধ করেছ? কখনও কি কুয়ো থেকে জল তুলেছ এবং জলপূর্ণ বাল্‌তিটির ওজন জলতলের বাইরে বেশি বলে অনুভূত হয়েছে? ইস্পাত ও স্টিল দিয়ে তৈরি একটি জাহাজ সমুদ্রের জলে ডুবে না, কিন্তু একই পরিমাণ ইস্পাত ও স্টিলের তৈরি একটি পাত জলে ডুবে যায়, এটা কি তোমাকে অবাক করে নি? প্লবতার ধারণা বিবেচনা করে এই প্রশ্নগুলোর উত্তর দেওয়া যায়। চলো একটি কাজের মাধ্যমে প্লবতার অর্থ বোঝার চেষ্টা করি।

কাজ ——— *10.4*

- একটি খালি প্লাস্টিকের বোতল নাও। বোতলটির মুখ একটি বায়ু নিরোধক দ্বারা বন্ধ করো। বোতলটিকে একটি জলপূর্ণ পাত্রে ছেড়ে দেওয়া হল। তুমি দেখবে যে বোতলটি ভাসছে।
- বোতলটিকে জলের ভেতর ঠেলে দাও। ঊর্ধ্বমুখী একটি বল অনুভূত হবে। ঠেলে দিয়ে এটাকে আরও গভীরে নাও। দেখবে, জলে একে যত গভীরে নিয়ে যাওয়া হচ্ছে তত বেশি কষ্টকর হচ্ছে। এটা বোঝায় যে, জল বোতলটির উপর একটি ঊর্ধ্বমুখী বল প্রয়োগ করে। বোতলটি সম্পূর্ণভাবে জলে নিমজ্জিত না হওয়া পর্যন্ত যত গভীরে নিয়ে যাওয়া হয়, এটার উপর জল দ্বারা ঊর্ধ্বমুখী ক্রিয়াশীল বলের মান ক্রমাগত বৃদ্ধি পায়।
- এখন বোতলটিকে ছেড়ে দাও। এটা পুনরায় জলের উপরিতলের দিকে ফিরে আসে।
- বোতলটির উপর পৃথিবীর অভিকর্ষজ (আকর্ষণ) বল ক্রিয়া করে কি? যদি তাই হয়, তবে জলে নিমজ্জিত অবস্থায় ছেড়ে দিলে বোতলটি একই জায়গায় থাকে না কেন? তুমি বোতলটিকে কীভাবে জলে নিমজ্জিত রাখবে?

বোতলটির উপর ক্রিয়াশীল পৃথিবীর অভিকর্ষজ বলের অভিমুখ নিম্নাভিমুখী। তাই বোতলটি নীচের দিকে একটি টান অনুভব করে। কিন্তু জল বোতলটিতে উপরের দিকে একটি বল প্রয়োগ করে। তাই বোতলটি উপরের দিকে ঠেলা অনুভব করে। আমরা জানি কোনো বস্তুর ওজন হল পৃথিবী কর্তৃক বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল অভিকর্ষজ বল। বোতলটিকে যখন জলে নিমজ্জিত করা হয় তখন বোতলটিতে জল কর্তৃক উপরের দিকে ক্রিয়াশীল বল, বোতলটির ওজন অপেক্ষা বেশি, তাই ছেড়ে দিলে এটা উপরের দিকে উঠে আসে।

বোতলটিকে জলে সম্পূর্ণভাবে নিমজ্জিত রাখতে গেলে, বোতলটির উপর জল কর্তৃক প্রযুক্ত বলকে প্রতিমিত করতে হবে। বোতলটির উপর নীচের দিকে একটি বাহ্যিক বল প্রয়োগ করে এটা করা যায়। এই বাহ্যিক বলের ন্যূনতম মান বোতলটির উপর জল কর্তৃক প্রযুক্ত বল ও বোতলের ওজনের পার্থক্যের সমান হবে।

বোতলটির উপর জল ঊর্ধ্বমুখী যে বল প্রয়োগ করে, তাকে ঊর্ধ্বঘাত বা প্লবতা বল বলে। প্রকৃতপক্ষে সকল বস্তুই প্রবাহী মাধ্যমে নিমজ্জিত অবস্থায় প্লবতা বল অনুভব করে। প্লবতা বলের এই মান প্রবাহী মাধ্যমের ঘনত্বের উপর নির্ভরশীল।

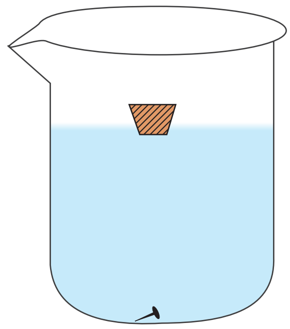
10.5.3 জলের উপর কোনো বস্তু রাখলে ভাসে বা ডোবে কেন? (Why objects float or sink when placed on the surface of water?)

চলো আমরা, নীচে বর্ণিত একটি কাজের মাধ্যমে উপরিউক্ত প্রশ্নের উত্তর খুঁজি।

কাজ ——— *10.5*

- একটি জলপূর্ণ বিকার নাও।
- একটি লোহার পিন নাও এবং একে জলের উপর ছেড়ে দাও।
- কী ঘটে পর্যবেক্ষণ করো।

পিনটি ডুবে যায়। পৃথিবীর অভিকর্ষজ বল লোহার পিনটিকে নীচের দিকে টানে। জল পিনটির উপর একটি ঊর্ধ্বঘাত প্রয়োগ করে, যা পিনটিকে উপরের দিকে ঠেলা দেয়। কিন্তু পিনটির উপর নীচের দিকে ক্রিয়াশীল অভিকর্ষজ বলের মান, এর উপর জল কর্তৃক ঊর্ধ্বঘাতের মান অপেক্ষা বেশি। তাই বস্তুটি জলে ডুবে যায় (চিত্র 10.5) ।



চিত্র 10.5: একটি লোহার পিন জলে ডুবে যায়, কিন্তু একটি কর্ক জলে ভাসে।

কাজ 10.6

- একটি জলপূর্ণ বিকার নাও।
- সমভরের একটি কর্কের টুকরো এবং একটি লোহার পিন নাও।
- এদেরকে জলের উপর ছেড়ে দাও।
- কী ঘটে লক্ষ করো।

কর্কটি ভাসে, যদিও পিনটি ডুবে যায়। এদের উপাদানের ঘনত্বের বিভিন্নতার জন্য এটা হয়। কোনো বস্তুর ঘনত্ব বলতে ইহার প্রতি একক আয়তনে ভরের পরিমাণকে বোঝায়। কর্কের উপাদানের ঘনত্ব জলের ঘনত্ব অপেক্ষা কম। ইহার অর্থ হল জল কর্তৃক কর্কের উপর উর্ধ্বঘাত বা প্লবতা বলের মান, কর্কের ওজন অপেক্ষা বেশি। তাই এটা জলে ভাসে (চিত্র 10.5)।

লোহার পিনটির ঘনত্ব জলের ঘনত্ব অপেক্ষা বেশি। এর অর্থ হল জল কর্তৃক পিনটির উপর উর্ধ্বঘাত বা প্লবতা বলের মান পিনটির ওজন অপেক্ষা কম। তাই এটা ডুবে যায়।

সুতরাং কম ঘনত্বের বস্তুগুলো তুলনামূলক বেশি ঘনত্বের তরলে ভাসে। বস্তুর ঘনত্ব তরলের ঘনত্ব অপেক্ষা তুলনামূলক বেশি হলে বস্তু ঐ তরলে ডুবে যায়।

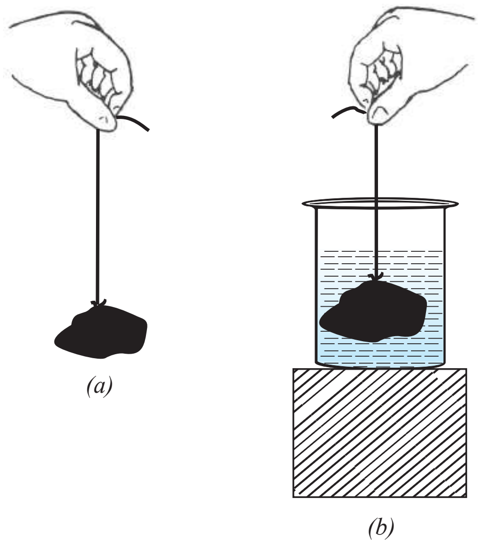
প্রশ্নাবলি :

1. *স্কুল ব্যাগের ফিতা সরু ও শক্ত তার দিয়ে তৈরি করা হলে, ঐ ব্যাগকে ধরে রাখা খুবই কষ্টকর কেন?*
2. *প্লবতা বলতে তুমি কী বোঝ?*
3. *জলের উপর কোনো বস্তু রাখলে, ভাসে অথবা ডুবে কেন?*

10.6 আর্কিমিডিসের নীতি (Archimedes' Principle)

কাজ 10.7

- একটি পাথরের টুকরো নাও এবং এটাকে একটি রাবারের তারের প্রান্তে অথবা একটি স্প্রিং তুলাযন্ত্রে যুক্ত করো।
- পাথরের টুকরোটিকে স্প্রিং তুলাযন্ত্রের সাহায্যে ঝোলাও অথবা 10.6 (a) নং চিত্রের মতো রাবারের তারের সাহায্যে ঝুলিয়ে দাও।
- তারটির দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি লিপিবদ্ধ করো অথবা পাথর টুকরোটির ওজনের জন্য স্প্রিং তুলাযন্ত্রের পাঠ নাও।
- এখন 10.6 (b) নং চিত্রের মতো পাথর টুকরোটিকে ধীরে ধীরে জলে ডোবাও।



চিত্র 10.6: (a) বায়ুতে রাবারের তারের সাহায্যে ঝুলন্ত পাথর টুকরোটির ওজনের জন্য এটার কী পরিমাণ দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি হল - তা লক্ষ করো। (b) ঝুলন্ত পাথরটিকে জলে ডুবানোর ফলে তারটির দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি হ্রাস পেয়েছে।

- তারটির দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি অথবা স্প্রিং তুলাযন্ত্রের পাঠের কী পরিবর্তন হচ্ছে তা লক্ষ করো।

তোমরা দেখবে যে পাথর টুকরোটির ক্রমাগত জলে অবনমনের সঙ্গে তারটির দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি অথবা স্প্রিং তুলাযন্ত্রের পাঠ ক্রমাগত হ্রাস পাচ্ছে। যদিও, একবার পাথরখণ্ডটি সম্পূর্ণভাবে জলে ডুবে গেলে, এরপর আর এই পাঠের কোনো পরিবর্তন হয় না। তারটির দৈর্ঘ্যবৃদ্ধির হ্রাস অথবা স্প্রিং তুলাযন্ত্রের পাঠের অবনমন থেকে তুমি কী বুঝতে পারলে?

আমরা জানি, পাথর টুকরোটির ওজনের জন্য তারটির অথবা স্প্রিং তুলাযন্ত্রের স্প্রিং-এর দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি হয়। যেহেতু পাথর টুকরোটির ক্রমাগত জলে অবনমনের ফলে তারটির দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি কমছে, ইহার অর্থ হল পাথরটির উপর উর্ধ্বমুখী একটি বল প্রযুক্ত হচ্ছে। এ কারণে তারটির উপর মোট বলের মান হ্রাস পায় এবং এজন্য তারটির দৈর্ঘ্য প্রসারণ কমে যায়। পূর্বে আলোচিত, জল কর্তৃক উর্ধ্বমুখী ক্রিয়াশীল এই বলকে প্লবতা বল বলে।

একটি বস্তু কী পরিমাণ প্লবতা বল অনুভব করে? একটি নির্দিষ্ট বস্তুর জন্য সকল প্রবাহী মাধ্যমেই কি এটি একই? সকল বস্তুই কি একটি নির্দিষ্ট প্রবাহী মাধ্যমে একই পরিমাণ প্লবতা বল অনুভব

করে? এ সমস্ত প্রশ্নগুলোর উত্তর আর্কিমিডিসের নীতিতে নিহিত আছে, যা নীচে বিবৃত করা হল।

একটি বস্তু সম্পূর্ণ বা আংশিকভাবে কোনো প্রবাহীতে নিমজ্জিত থাকলে, এটা একটি ঊর্ধ্বমুখী বল অনুভব করে এবং এই বলের মান বস্তু কর্তৃক অপসারিত প্রবাহীর ওজনের সমান।

10.7 কাজে বর্ণিত পাথরখণ্ডটি সম্পূর্ণভাবে জলে নিমজ্জনের পর তারটির দৈর্ঘ্য প্রসারণ আর হচ্ছে না, এটা তুমি কীভাবে ব্যাখ্যা করবে?

Archimedes

আর্কিমিডিস গ্রিক দেশের বিজ্ঞানী ছিলেন। উনি একদিন জলপূর্ণ একটি বাথটবে নামার পর জল উপচে পড়া দেখে, উনার নামে নামাঙ্কিত নীতিটি প্রণয়ন করেন। তিনি রাজপথ ধরে 'ইউরেকা' বলে চিৎকার করে ছুটছিলেন যার অর্থ হল " আমি পেয়েছি"। রাজার জন্য তৈরি করা স্বর্ণের মুকুটের বিশুদ্ধতা যাচাই করার জন্য এই নীতি সহায়ক হয়েছিল।

জ্যামিতি এবং বলবিদ্যায় তাঁর অবদানের জন্য তিনি বিখ্যাত। লিভার, কপিকল, অক্ষ ও চাকা সম্পর্কে তাঁর প্রভূত জ্ঞান গ্রিক সৈন্য বাহিনীকে রোমান সৈন্য বাহিনীর বিরুদ্ধে যুদ্ধ করতে সহায়ক হয়েছিল।

আর্কিমিডিসের নীতির অনেক প্রয়োগ আছে। জাহাজ ও ডুবো জাহাজের নকশা তৈরিতে এই নীতি প্রয়োগ করা হয়। এই নীতির উপর ভিত্তি করে ল্যাকটোমিটার এবং হাইড্রোমিটার তৈরি করা হয়। ল্যাকটোমিটার দুধের নমুনার বিশুদ্ধতা যাচাই করার জন্য এবং হাইড্রোমিটার তরলের ঘনত্ব নির্ণয় করার জন্য ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্নাবলি :

1. *একটি ওজন মাপার যন্ত্রের সাহায্যে তুমি দেখলে যে তোমার ভর 42 kg । তোমার ভর কী 42 kg থেকে বেশি না কম?*
2. *তোমার কাছে একটি তুলোর ব্যাগ এবং একটি লোহার দণ্ড আছে। একটি ওজন মাপার যন্ত্রের সাহায্যে প্রত্যেকটির ভর 100 kg নির্দেশিত হল। বাস্তবে একটি আরেকটি থেকে ভারী হয়। তুমি কী বলতে পারবে কোন্‌টি তুলনামূলক ভারী এবং কেন?*

10.7 আপেক্ষিক ঘনত্ব (Relative Density)

তোমরা জান, পদার্থের একক আয়তনের ভরকে ঘনত্ব বলে। ঘনত্বের একক হল কেজি প্রতি ঘন মিটার ($kg\ m^{-3}$)। নির্দিষ্ট শর্তে কোনো একটি পদার্থের ঘনত্ব একই থাকে। তাই ঘনত্ব পদার্থের বৈশিষ্ট্যগুলোর মধ্যে একটি বৈশিষ্ট্য। এটা বিভিন্ন পদার্থের ক্ষেত্রে বিভিন্ন। উদাহরণ হিসাবে আমরা বলতে পারি, স্বর্ণের ঘনত্ব 19300 kg/m^3, যদিও জলের ঘনত্ব 1000kg/m^3 । একটি পদার্থের প্রদত্ত নমুনার ঘনত্ব উহার বিশুদ্ধতা যাচাই করার কাজে সাহায্য করে।

কোনো পদার্থের ঘনত্ব জলের ঘনত্বের সঙ্গে তুলনা করে প্রকাশ করাই সুবিধাজনক। কোনো পদার্থের আপেক্ষিক ঘনত্ব হল ঐ পদার্থের ঘনত্ব ও জলের ঘনত্বের অনুপাত।

$$\text{আপেক্ষিক ঘনত্ব} = \frac{\text{পদার্থের ঘনত্ব}}{\text{জলের ঘনত্ব}}$$

যেহেতু আপেক্ষিক ঘনত্ব দুটি সমরাশির অনুপাত, তাই এর কোনো একক নেই।

উদাহরণ 10.7 রুপোর আপেক্ষিক ঘনত্ব 10.8, জলের ঘনত্ব $10^3\ kg\ m^{-3}$ । SI এককে রুপোর ঘনত্ব কত?

সমাধান :

রুপোর আপেক্ষিক ঘনত্ব = 10.8

$$\text{আপেক্ষিক ঘনত্ব} = \frac{\text{রুপোর ঘনত্ব}}{\text{জলের ঘনত্ব}}$$

রুপোর ঘনত্ব = রুপোর আপেক্ষিক ঘনত্ব × জলের ঘনত্ব

$= 10.8 \times 10^3\ kg\ m^{-3}$

তোমরা যা শিখলে

- মহাকর্ষ সূত্র অনুযায়ী, দুটি বস্তুর মধ্যে আকর্ষণ বল, বস্তু দুটির ভরের গুণফলের সমানুপাতিক এবং এদের মধ্যে দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক। বিশ্বব্রহ্মাণ্ডের যে-কোনো স্থানের বস্তুর ক্ষেত্রে এই সূত্র প্রযোজ্য। তাই এই সূত্রকে সর্বজনীন সূত্র বলে।
- বস্তুগুলো যদি বৃহৎ না হয়, তবে এই মহাকর্ষ বল খুবই দুর্বল হয়।
- অভিকর্ষজ বল উচ্চতা বৃদ্ধির সঙ্গে হ্রাস পায়। এই বল ভূপৃষ্ঠের বিভিন্ন স্থানে বিভিন্ন হয় এবং মেরু অঞ্চল থেকে নিরক্ষীয় অঞ্চলের দিকে এর মান হ্রাস পায়।
- পৃথিবী যে বলে কোনো বস্তুকে আকর্ষণ করে, তাই হচ্ছে ঐ বস্তুর ওজন।
- ওজন হচ্ছে বস্তুর ভর ও অভিকর্ষজ ত্বরণের গুণফল।
- বস্তুর ওজন স্থানভেদে বিভিন্ন হয়, কিন্তু বস্তুর ভর ধ্রুবক থাকে।
- প্রবাহীতে নিমজ্জিত অবস্থায় সকল বস্তুই প্লবতা বল অনুভব করে।
- বস্তুর উপাদানের ঘনত্ব যদি তরলের ঘনত্ব অপেক্ষা কম হয়, তবে ওই বস্তু ওই তরলের উপরিতলে ভাসবে। আর যদি বস্তুর উপাদানের ঘনত্ব, তরলের ঘনত্ব অপেক্ষা বেশি হয়, তবে বস্তু ওই তরলে ডুবে যাবে।

অনুশীলনী

1. দুটি বস্তুর মধ্যে দূরত্ব যদি পূর্বের দূরত্বের অর্ধেক হয়, তবে বস্তু দুটির মধ্যে মহাকর্ষ বলের কী পরিবর্তন হবে?
2. বিভিন্ন বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল অভিকর্ষ বল তাদের ভরের সমানুপাতিক। তাহলে একটি ভারী বস্তু হালকা বস্তু অপেক্ষা বেশি দ্রুততায় পড়ে না কেন?
3. পৃথিবী এবং পৃথিবীপৃষ্ঠে অবস্থিত একটি 1 kg ভরের বস্তুর মধ্যে মহাকর্ষ বলের মান কত? (দেওয়া আছে পৃথিবীর ভর $= 6 \times 10^{24}$ kg এবং পৃথিবীর ব্যাসার্ধ $= 6.4 \times 10^{6}$ m)
4. পৃথিবী এবং চাঁদ পরস্পরকে মহাকর্ষ বল দ্বারা আকর্ষণ করে। পৃথিবী চাঁদকে যে বলে আকর্ষণ করে, তা কী চাঁদের আকর্ষণ বল অপেক্ষা বেশি, না কম, না সমান? ব্যাখ্যা করো।
5. যদি চাঁদ পৃথিবীকে আকর্ষণ করে, তবে পৃথিবী চাঁদের দিকে যাচ্ছে না কেন?

6. দুটি বস্তুর মধ্যে ক্রিয়াশীল বল কী হবে, যদি —
   (i) একটি বস্তুর ভর দ্বিগুণ করা হয়?
   (ii) বস্তু দুটির মধ্যে দূরত্ব দ্বিগুণ এবং তিনগুণ করা হয়?
   (iii) উভয় বস্তুর ভরই দ্বিগুণ করা হয়?
7. সর্বজনীন মহাকর্ষ সূত্রের গুরুত্ব কী?
8. মুক্তভাবে পতনের ক্ষেত্রে ত্বরণ কত?
9. পৃথিবী এবং একটি বস্তুর মধ্যে মহাকর্ষ বলকে আমরা কী বলি?
10. অমিত তার এক বন্ধুর কথামতো মেরু অঞ্চলে কয়েক গ্রাম স্বর্ণ কিনল। নিরক্ষীয় অঞ্চলে ওই বন্ধুর সঙ্গে দেখা হলে, সে ঐ পরিমাণ স্বর্ণ বন্ধুকে দিল। তার বন্ধু কি ক্রয় করা স্বর্ণের ওজন সম্পর্কে তার সঙ্গে সহমত হবে? যদি না হয়, কেন? [*ইঙ্গিত* : অভিকর্ষজ ত্বরণের মান নিরক্ষীয় অঞ্চল থেকে মেরু অঞ্চলে বেশি]
11. বলের আকারে মোচড়ানো একটি কাগজ অপেক্ষা ওই একটি কাগজের পাতা ধীরে নীচে পড়ে কেন?
12. চন্দ্রপৃষ্ঠে মহাকর্ষ বল, পৃথিবী পৃষ্ঠের মহাকর্ষ বলের $\frac{1}{6}$ অংশ। 10 kg ভরের একটি বস্তুর চন্দ্রপৃষ্ঠে এবং পৃথিবীপৃষ্ঠে নিউটন এককে ওজন কত?
13. একটি বলকে উল্লম্বভাবে 49 m/s বেগে উপরের দিকে ছোড়া হল। গণনা করো —
   (i) এটা সর্বোচ্চ কত উচ্চতায় উঠবে?
   (ii) ভূমিতে ফিরে আসতে মোট কত সময় লাগবে?
14. 19.6 মিটার উচ্চতার একটি স্তম্ভের চূড়া থেকে একটি পাথরের টুকরোকে ছেড়ে দেওয়া হল। ভূমিতে স্পর্শ করার প্রাক্ মুহূর্তে এর চূড়ান্ত বেগ কত হবে তা গণনা করো।
15. একটি পাথর টুকরোকে উল্লম্বভাবে 40 m/s বেগে উপরের দিকে ছোড়া হল। $g = 10$ m/s^2 ধরে নিয়ে, পাথরটি সর্বোচ্চ কতটা উচ্চতা পর্যন্ত উঠবে - তা নির্ণয় করো। পাথর টুকরোটির মোট সরণ ও মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব কত?
16. পৃথিবী ও সূর্যের মধ্যে মহাকর্ষ বলের মান নির্ণয় করো। দেওয়া আছে, পৃথিবীর ভর $= 6 \times 10^{24}$ kg এবং সূর্যের ভর $= 2 \times 10^{30}$ kg। দুটির মধ্যে গড় দূরত্ব $= 1.5 \times 10^{11}$ m
17. 100 মিটার উচ্চতায় একটি স্তম্ভের শীর্ষ থেকে একটি পাথরের টুকরোকে ছেড়ে দেওয়া হল এবং একই মুহূর্তে ভূমি থেকে আরেকটি পাথরের টুকরোকে 25 m/s বেগে উল্লম্বভাবে ঊর্ধ্বে নিক্ষেপ করা হল। কখন এবং কোথায় পাথর দুটির মধ্যে সাক্ষাৎ হবে?
18. উল্লম্বভাবে উপরের দিকে নিক্ষিপ্ত একটি বল 6 s সময় পর আবার নিক্ষেপকারীর হাতে ফিরে আসল। গণনা করো,
   (a) যে বেগে এটাকে নিক্ষেপ করা হয়েছে।
   (b) সর্বোচ্চ যে উচ্চতা পর্যন্ত এটা উঠবে এবং
   (c) 4 s সময় পর এর অবস্থান।

19. তরলে নিমজ্জিত বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল প্লবতা বলের অভিমুখ কোন্ দিকে হয়?

20. প্লাস্টিকের একটি ফলককে জলের গভীরে ছেড়ে দিলে, এটা আবার জলতলে ফিরে আসে কেন?

21. 50 g ভরের একটি বস্তুর আয়তন 20 cm^3, যদি জলের ঘনত্ব 1 g / cm^3 হয়, তবে বস্তুটি জলে ভাসবে, না ডুববে?

22. 500 g ভরের একটি বন্ধ প্যাকেটের আয়তন 350 cm^3। যদি জলের ঘনত্ব 1 g / cm^3 হয়, তবে প্যাকেটটি জলে ভাসবে, না ডুববে? প্যাকেট কর্তৃক অপসারিত জলের ভর কত?

অধ্যায় 11

কার্য এবং শক্তি
WORK AND ENERGY

পূর্ববর্তী কিছু অধ্যায়ে আমরা বস্তুর গতি বর্ণনা করার বিভিন্ন পদ্ধতি, গতির কারণ এবং অভিকর্ষ সম্পর্কে আলোচনা করেছি। আরও একটি বিষয় যা আমাদের বিভিন্ন প্রাকৃতিক ঘটনাবলি ব্যাখ্যা করতে এবং বুঝতে সাহায্য করে তা হল 'কার্য'। কার্যের সঙ্গে অবিচ্ছেদ্যভাবে জড়িত আছে শক্তি এবং ক্ষমতা। এই অধ্যায়ে আমরা এ ধারণাগুলো সম্পর্কে বিশদে জানব।

সকল জীবের খাদ্যের প্রয়োজন আছে। সকল জীব বেঁচে থাকার জন্য প্রাথমিকভাবে বিভিন্ন কার্যাবলি সম্পাদন করে থাকে। জীবের এই ক্রিয়াকলাপগুলোকে আমরা 'জীবন শৈলী' বলি। এ সমস্ত কার্যাবলির জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি খাবার থেকে আসে। এছাড়াও আরও অনেক কাজ যেমন — খেলাধূলা, গান করা, পড়াশোনা, লেখা, চিন্তা করা, লাফানো, সাইকেল চালানো এবং দৌড়ানোর জন্যেও আমাদের শক্তির দরকার হয়। শ্রমসাধ্য কাজের জন্য বেশি শক্তির দরকার।

পশুরাও বিভিন্ন কাজ করে থাকে। উদাহরণস্বরূপ, তারা দৌড়ায়, লাফায়। বেঁচে থাকার জন্য তারা লড়াই করে, শত্রু থেকে দূরে সরে যায়, খাবারের খোঁজ করে এবং নিরাপদ আশ্রয় খোঁজে। এছাড়াও, আমরা কিছু প্রাণীকে ভার উত্তোলন, ভার বহন, গাড়ি টানা এবং জমি চাষের জন্য ব্যবহার করি। এ সকল কার্যাবলির জন্য শক্তির প্রয়োজন।

তুমি মেশিনের কথা ভাবো। তুমি জান, এমন কিছু মেশিনের তালিকা তৈরি করো। কাজ করার জন্য মেশিনগুলোর কীসের দরকার হয়? কিছু কিছু ইঞ্জিনের পেট্রোল এবং ডিজেলের মতো জ্বালানি দরকার হয় কেন? জীবন্ত প্রাণী এবং মেশিনের শক্তির দরকার হয় কেন?

11.1 কার্য (Work)

কার্য কী? দৈনন্দিন জীবনে ব্যবহৃত শব্দ 'কার্য' এবং বিজ্ঞানের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত কার্যের মধ্যে পার্থক্য রয়েছে। এ সম্পর্কে স্পষ্ট ধারণা পেতে আমরা কিছু উদাহরণ নেব।

11.1.1 কঠোর পরিশ্রম করেও খুব বেশি কাজ হল না! (NOT MUCH 'WORK' INSPITE OF WORKING HARD !)

কমলি পরীক্ষার প্রস্তুতি নিচ্ছে। সে পড়াশোনায় প্রচুর সময় দিচ্ছে। সে বই পড়ছে, ছবি আঁকছে, ওর চিন্তাভাবনাগুলো সাজিয়ে নিচ্ছে। প্রশ্নপত্র সংগ্রহ করছে, ক্লাসে উপস্থিত থাকছে, বন্ধুদের সঙ্গে বিভিন্ন সমস্যা নিয়ে আলোচনা করছে এবং পরীক্ষানিরীক্ষা সম্পন্ন করছে। এ সমস্ত ক্রিয়াকলাপে সে অনেক শক্তি ব্যয় করেছে। সাধারণ কথায়, "সে খুব পরিশ্রম করছে"। যদি আমরা কার্যের বিজ্ঞানসম্মত সংজ্ঞা ধরি, তাহলে এই খুব পরিশ্রম কিন্তু অল্প পরিমাণ কাজকেও বুঝাতে পারে। একটি বড়ো পাথরকে সরাতে তুমি অনেক পরিশ্রম করলে। আমরা ধরে নিই, সব প্রচেষ্টা সত্ত্বেও পাথরটি সরল না। তুমি সম্পূর্ণ ক্লান্ত হয়ে পড়লে। যাই হোক, যেহেতু পাথরটির কোনো সরণ হয়নি, তাই তুমি পাথরটি নিয়ে কোনো কাজও করনি।

তুমি মাথায় একটি ভারী বোঝা নিয়ে কয়েক মিনিট দাঁড়িয়ে রইলে। তুমি ক্লান্ত হয়ে পড়লে। তুমি অনেক পরিশ্রম করেছ এবং তোমার অনেক শক্তি ক্ষয় হয়েছে। ভারটি নিয়ে তুমি কাজ করেছ কি? বিজ্ঞানের ভাষায় এখানে কোনো কাজ করা হয়নি।

প্রাকৃতিক দৃশ্য দেখার জন্য তুমি সিঁড়ির ধাপগুলো বেয়ে দোতলায় উঠলে। তুমি একটি উঁচু গাছে বেয়েও উপরে উঠতে পারো। যদি আমরা বিজ্ঞানসম্মত সংজ্ঞা প্রয়োগ করি, তাহলে এ সমস্ত ক্ষেত্রে অনেক কার্য করা হয়েছে।

দৈনন্দিন জীবনে প্রয়োজনীয় যে-কোনো শারীরিক বা মানসিক শ্রমকে আমরা কার্য বলে ধরে নিই। মাঠে খেলা করা, বন্ধুদের সাথে কথা বলা, গুন গুন করে গান গাওয়া, সিনেমা দেখা, সামাজিক অনুষ্ঠানে উপস্থিত হওয়া, এসব ক্রিয়াকলাপকে অনেকসময় কার্য বলে ধরা হয় না। কার্য হল কি না, তা নির্ভর করে আমরা কীভাবে একে সংজ্ঞায়িত করব তার উপর। কার্য শব্দটিকে বিজ্ঞানে আমরা বিভিন্নভাবে ব্যবহার করি এবং এর সংজ্ঞা দিয়ে থাকি। বিষয়টি বোঝার

জন্য আমরা নীচের কাজগুলো করে দেখব।

কাজ 11.1

- উপরের অনুচ্ছেদে আমাদের দৈনন্দিন জীবনে ঘটা কিছু সাধারণ ঘটনাবলি যাদেরকে কার্য বলে ধরা হয় তাদের কথা আলোচনা করা হয়েছে। ঐ কার্যাবলির প্রতিটি ক্ষেত্রের জন্য নীচের প্রশ্নগুলো জিজ্ঞেস করো এবং এদের উত্তর দাও :
  (i) কী কাজ করা হচ্ছে?
  (ii) বস্তুটির কী ঘটেছে?
  (iii) কে কার্য সম্পাদন করেছে?

11.1.2 কার্যের বিজ্ঞানভিত্তিক ধারণা

(SCIENTIFIC CONCEPTION OF WORK)

বৈজ্ঞানিক দৃষ্টিকোণ থেকে কার্যকে বিচার করতে এবং কার্যের সংজ্ঞা দেওয়ার পদ্ধতিগুলো বুঝতে, আমরা কিছু পরিস্থিতি ধরে নিই।

কোনো একটি তলে থাকা একটি নুড়িকে ধাক্কা দাও। নুড়িটি কিছুটা দূরে সরে গেল। তুমি নুড়িটিতে বল প্রয়োগ করলে এবং নুড়িটির স্থান পরিবর্তন হল। এ অবস্থায় কার্য হয়েছে।

একটি মেয়ে একটি ট্রলি টানছে। এতে ট্রলিটি কিছুটা দূরে গেল। মেয়েটি ট্রলিতে বল প্রয়োগ করেছে এবং এতে ট্রলিটির স্থান পরিবর্তন হল। সুতরাং এখানে কার্য হয়েছে।

একটি বইকে উপরে তোলো। এটি করতে তোমাকে কিছু বল প্রয়োগ করতে হয়েছে। বইটি উপরে উঠল। এক্ষেত্রে বইটির উপর একটি বল প্রয়োগ করা হল এবং বইটি সরে গেল। কাজেই কার্য সম্পাদিত হল।

উপরের আলোচনা থেকে এটা স্পষ্ট যে, কার্য সম্পাদনের জন্য দুটো শর্ত পূরণ হওয়া আবশ্যক। (i) বস্তুর উপর একটি বল ক্রিয়াশীল হতে হবে, এবং (ii) অবশ্যই বস্তুর স্থান পরিবর্তন হতে হবে।

এর মধ্যে যে-কোনো একটি শর্ত অনুপস্থিত থাকলেই কার্য সম্পাদন হবে না। বিজ্ঞানে, কার্যকে আমরা এভাবেই বিবেচনা করি।

একটি ষাঁড় একটি গোরুর গাড়িকে টানছে। গাড়িটি চলছে। এখানে গাড়িটির উপর একটি বল প্রয়োগ করা হল এবং গাড়িটি এগিয়ে গেল। তোমার কি মনে হয়, এ অবস্থায় কার্য সম্পাদিত হয়েছে?

কাজ 11.2

- তোমার দৈনন্দিন জীবনের এমন কিছু পরিস্থিতির কথা ভাবো, যেখানে কার্য করা হয়।
- সেগুলোর একটি তালিকা তৈরি করো।
- সে সমস্ত পরিস্থিতিতে আদৌ কার্য করা হয়েছিল কি না, তোমার বন্ধুদের সাথে আলোচনা করো।
- তোমার উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দেওয়ার চেষ্টা করো।
- যদি কার্য হয়, তাহলে বস্তুতে কোন্ ধরনের বল ক্রিয়াশীল ছিল?
- কোন্ বস্তুতে কার্য করা হয়েছিল?
- যে বস্তুতে কার্য করা হল, তার কী ঘটল?

কাজ 11.3

- এমন কোনো অবস্থার কথা ভাবো যেখানে বল প্রয়োগ করা সত্ত্বেও বস্তুর স্থানান্তর হচ্ছে না।
- আবার এমন পরিস্থিতির কথাও চিন্তা করো, যেখানে বলের অনুপস্থিতিতেও বস্তুর স্থানান্তর ঘটে।
- প্রতিক্ষেত্রে তুমি যে অবস্থাগুলো ভেবেছ, সেগুলোর একটি তালিকা তৈরি করো।
- এ সকল পরিস্থিতিতে কার্য সম্পাদিত হয়েছে কি না, তোমার বন্ধুদের সাথে আলোচনা করো।

11.1.3 স্থির মানের বল দ্বারা কৃতকার্য

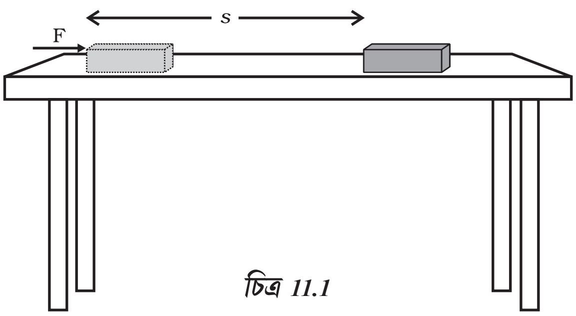
(WORK DONE BY A CONSTANT FORCE)

বিজ্ঞানে কার্যের সংজ্ঞা কীভাবে দেওয়া হয়? বিষয়টি বোঝার জন্য আমরা এমন একটি উদাহরণ নিই, যেখানে বল এবং সরণ একই অভিমুখে ক্রিয়াশীল।

ধরি, বস্তুর উপর একটি স্থির মানের বল 'F' ক্রিয়াশীল। ধরি, বস্তুটি বলের অভিমুখে 's' দূরত্ব অতিক্রম করল (চিত্র 11.1)। ধরি, কৃতকার্য 'W'। সুতরাং, আমরা বল এবং সরণের গুণফল রূপে কার্যকে সংজ্ঞায়িত করি।

কৃতকার্য = বল × সরণ

$$W = F\,s \qquad (11.1)$$



চিত্র 11.1

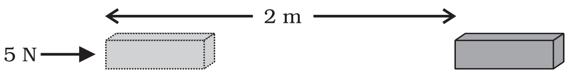
সুতরাং, কোনো বস্তুর উপর একটি বলের প্রভাবে সম্পাদিত কৃতকার্য হবে, প্রযুক্ত বলের মান এবং বলের অভিমুখে বস্তু কর্তৃক অতিক্রান্ত দূরত্বের গুণফলের সমান। কার্যের শুধু মান আছে, এর কোনো অভিমুখ নেই।

সমীকরণ (11.1)-এ যদি, $F = 1$ N এবং $s = 1m$ হয়, তাহলে প্রযুক্ত বল কর্তৃক কৃতকার্য হবে 1 N m। এখানে কার্যের একক হল নিউটন-মিটার (N m) অথবা জুল (J)।

সুতরাং, কোনো বস্তুর উপর 1 N বল প্রয়োগের ফলে, বলের অভিমুখে যদি বস্তুর সরণ 1 m হয়, তাহলে বস্তুর উপর কৃতকার্য হয় এক জুল (1 J)।

সমীকরণ (11.1) দেখো। কোনো বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল বলের মান শূন্য হলে কৃতকার্যের মান কত হবে? বস্তুর সরণ যদি শূন্য হয়, তাহলে কার্যের মান কত হবে? কোন্ কোন্ শর্ত পূরণ হলে বলা যাবে যে, কার্য করা হয়েছে।

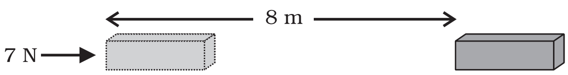
উদাহরণ 11.1 5 N মানের একটি বল একটি বস্তুতে ক্রিয়াশীল। বলের অভিমুখে বস্তুটির 2 m সরণ হল (চিত্র 11.2)। এই সরণের সময় যদি এ বল কার্যকর হয়ে থাকে, তাহলে কৃতকার্য হল, 5 N × 2 m =10 N m অথবা 10 J ।



চিত্র 11.2

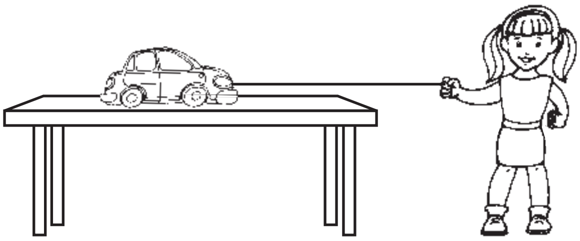
প্রশ্ন :

1. 7 N মানের একটি বল বস্তুতে ক্রিয়াশীল। বলের অভিমুখে বস্তুর সরণ 8 m, (চিত্র 11.3). মনে করো, বল বস্তুর সরণের অভিমুখে ক্রিয়াশীল। এক্ষেত্রে কৃতকার্যের মান কত?



চিত্র 11.3

অন্য আরেকটি পরিস্থিতির কথা ধরা যাক, যেখানে প্রযুক্ত বল এবং সরণ একই অভিমুখে ক্রিয়াশীল হয়। চিত্র 11.4-এ দেখা যাচ্ছে যে, একটি শিশু তার খেলনা গাড়িটিকে ভূমির সমান্তরালে টানছে। শিশুটি খেলনা গাড়িটির সরণের অভিমুখে বল প্রয়োগ করছে। এক্ষেত্রে কৃতকার্য সরণ এবং বলের গুণফলের সমান। এক্ষেত্রে, কার্যকে ধনাত্মক ধরা হয়।



চিত্র 11.4

এবার মনে করো, একটি বস্তু সুষম বেগ নিয়ে একটি নির্দিষ্ট অভিমুখে গতিশীল। এখন এর উপর বিপরীতমুখী একটি বল 'F' (retarding force) প্রয়োগ করা হল। অর্থাৎ, দুই অভিমুখের মধ্যবর্তী কোণ হল 180^0। মনে করো, বস্তুটি 's' দূরত্ব যাওয়ার পর থেমে গেল। এ অবস্থায়, বল 'F' কর্তৃক কৃতকার্য ঋণাত্মক ধরা হয় এবং ঋণাত্মক চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এখানে প্রযুক্ত বল দ্বারা কৃতকার্য হল $F \times (-s)$ অথবা $(-F \times s)$ ।

উপরের আলোচনা থেকে এটা স্পষ্ট যে, প্রযুক্ত বল কর্তৃক কৃতকার্য হয় ধনাত্মক হবে, না হয় ঋণাত্মক হবে। বিষয়টি বোঝার জন্য, চলো আমরা নীচের কাজটি করি।

কাজ 11.4

- একটি বস্তুকে উপরে ওঠাও। বস্তুর উপর তোমার দ্বারা প্রযুক্ত বল কার্য করছে। যেহেতু বস্তুটিকে উপরে সরানো হয়েছে, তাই তোমার দ্বারা প্রযুক্ত বল বস্তুর সরণের অভিমুখী। এখানে কিন্তু, বস্তুর উপর পৃথিবীর অভিকর্ষ বল ক্রিয়াশীল রয়েছে।
- এদের মধ্যে কোন্ বলটি ধনাত্মক কার্য করছে?
- কোন্ বলটি ঋণাত্মক কার্য করছে?
- কারণ দেখাও।

প্রযুক্ত বল এবং সরণ বিপরীতমুখী হলে কৃতকার্য ঋণাত্মক। প্রযুক্ত বল এবং সরণ একই দিকে হলে কৃতকার্য ধনাত্মক।

উদাহরণ 11.2 এক কুলি মাটি থেকে 1.5 m উপরে তার মাথায় 15 kg ওজনের মালপত্র ওঠাল। কুলি কর্তৃক মালপত্রের উপর কৃতকার্যের মান বের করো।

সমাধান :

মালপত্রের (luggage) ভর, $m = 15$ kg

এবং সরণ, $s = 1.5$ m.

কৃতকার্য, W $= F \times s = mg \times s$

$= 15\,\text{kg} \times 10\,\text{m s}^{-2} \times 1.5\,\text{m}$

$= 225\,\text{kg m s}^{-2}\,\text{m}$

$= 225\,\text{N m} = 225\,\text{J}$

কৃতকার্য হল 225 J.

প্রশ্নাবলি :

1. *কখন আমরা বলব যে কার্য করা হয়েছে?*
2. *বস্তুর উপর প্রযুক্ত বল এবং সরণের অভিমুখ একই হলে কৃতকার্যের রাশিমালা কী হবে, লেখো।*
3. *1 J (এক জুল) কার্যের সংজ্ঞা দাও।*
4. *একজোড়া ষাঁড় 140 N বলে লাঙল টানছে। চাষের জমিটির দৈর্ঘ্য 15 মি। জমিটির দৈর্ঘ্য বরাবর চাষ করতে কতটুকু কার্য করতে হবে?*

11.2 শক্তি (Energy)

শক্তি ছাড়া জীবন অসম্ভব। দিন দিন শক্তির চাহিদা বাড়ছে। আমরা কোথা থেকে শক্তি পাই? সূর্য হল সবচেয়ে বড়ো প্রাকৃতিক শক্তির উৎস। আমাদের বেশির ভাগ শক্তির উৎসই সূর্য থেকে উদ্ভূত। পরমাণুর নিউক্লিয়াস, পৃথিবীর অভ্যন্তরভাগ এবং জোয়ারভাটা থেকেও আমরা শক্তি পাই। তোমরা আরও শক্তির উৎস সম্পর্কে কী ভাবতে পারো?

কাজ *11.5*

- উপরে শক্তির কয়েকটি উৎসের নাম বলা হয়েছে। আরও অনেক শক্তির উৎস আছে, সেগুলোর তালিকা তৈরি করো।
- তোমরা নিজেদের মধ্যে আলোচনা করে দেখো, কীভাবে এদের কিছু কিছু শক্তির উৎস সূর্য থেকে আসে।
- এমন কোনো শক্তির উৎস আছে কি, সেগুলোর উৎস সূর্য নয়?

দৈনন্দিন জীবনে আমরা প্রায়ই শক্তি শব্দটি ব্যবহার করে থাকি, কিন্তু বিজ্ঞানে আমরা এর একটি নির্দিষ্ট এবং যথাযথ সংজ্ঞা দেব। চলো, আমরা নীচের উদাহরণগুলো দেখি : যখন একটি দ্রুতগামী ক্রিকেট বল একটি স্থির উইকেটকে আঘাত করে, তখন উইকেটটি দূরে নিক্ষিপ্ত হয়। একইভাবে, কোনো বস্তুকে উপরে তোলা হলে, বস্তুটি কাজ করার সামর্থ্য অর্জন করে। তোমরা নিশ্চয়ই দেখেছ, কাঠের টুকরোয় পেরেক মারার জন্য হাতুড়িকে উপরে তুলে পেরেকের মাথায় আঘাত করা হয়। এতে, পেরেকটি কাঠে ঢুকে যায়। আমরা আরও লক্ষ করেছি, শিশুরা যখন খেলনাগাড়িতে দম দিয়ে মেঝেতে রাখে, তখন এটা চলতে শুরু করে। বায়ুপূর্ণ একটি বেলুনকে চাপ দিলে তার আকৃতির পরিবর্তন আমরা লক্ষ করি। হালকাভাবে চাপ দেওয়ার পর চাপ সরিয়ে নিলে, বেলুন আবার আগের আকৃতি ফিরে পায়। কিন্তু যদি আমরা বেলুনটিকে জোরে চেপে ধরি, তাহলে বেলুনটি জোরে শব্দ করে ফেটেও যেতে পারে। এসব উদাহরণে, বস্তুগুলো বিভিন্ন উপায়ে কার্য করার সামর্থ্য অর্জন করেছে। একটি বস্তু কার্য করার সামর্থ্য অর্জন করলে বলা হয় যে, বস্তুটি শক্তি অর্জন করেছে। যে বস্তু কার্য করে সেটি শক্তি হারায় এবং সে বস্তুতে কার্য করা হয় তা শক্তি অর্জন করে।

শক্তিসম্পন্ন একটি বস্তু কীভাবে কাজ করে?

শক্তিসম্পন্ন একটি বস্তু অন্য বস্তুতে বলপ্রয়োগ করতে পারে। যখন এমনটা ঘটে, তখন প্রথম বস্তু থেকে দ্বিতীয় বস্তুতে শক্তির সঞ্চালন হয়। দ্বিতীয় বস্তুটি শক্তি গ্রহণ করে চলা শুরু করতে পারে এবং তখন কিছু কার্য করে। কাজেই, প্রথম বস্তুটির কার্য করার সামর্থ্য ছিল। এ থেকে বোঝা যায়, শক্তিসম্পন্ন যে-কোনো বস্তুই কার্য করতে পারে।

তাই, কোনো বস্তুর শক্তি বস্তুটির কার্য করার সামর্থ্য দিয়ে পরিমাপ করা হয়। সুতরাং, শক্তি ও কার্যের একক একই, অর্থাৎ জুল (J)।

1 J কার্য করতে 1 J শক্তির দরকার হয়। অনেক সময় শক্তির বড়ো একক হিসাবে কিলোজুল (kJ) ব্যবহার করা হয়। 1 kJ হল 1000 J (জুল)-এর সমান।

11.2.1 শক্তির বিভিন্নরূপ (Forms of energy)

সৌভাগ্যবশত আমরা যে বিশ্বে বসবাস করি তা আমাদের বিভিন্নরূপে শক্তির যোগান দেয়। শক্তির বিভিন্নরূপের মধ্যে রয়েছে - যান্ত্রিক শক্তি (স্থিতিশক্তি + গতিশক্তি), তাপশক্তি, রাসায়নিক শক্তি, তড়িৎশক্তি এবং আলোকশক্তি।

ভেবে দেখো !

তুমি কীভাবে বুঝবে, কোনো একটি জিনিস শক্তিরই একটি রূপ? তোমার বন্ধু এবং শিক্ষকদের সঙ্গে আলোচনা করো।

জেমস্ প্রেসকট জুল
(1818 – 1889)

জেমস্ প্রেসকট জুল (James Prescott Joule) ছিলেন একজন সুবিদিত ব্রিটিশ পদার্থবিদ। তিনি তড়িৎ এবং তাপগতিবিদ্যায় তাঁর গবেষণা কাজের জন্য বিশেষভাবে পরিচিত। অন্যান্য বিষয়ের মধ্যে তড়িৎপ্রবাহের তাপীয় ফলের সূত্র প্রণয়ন করেন। তিনি শক্তির সংরক্ষণ সূত্র পরীক্ষার দ্বারা যাচাই করেন এবং তাপের যান্ত্রিক তুল্যাঙ্কের মান নির্ণয় করেন। তাঁর নামানুসারেই কার্য এবং শক্তির এককের নাম হয়েছে জুল।

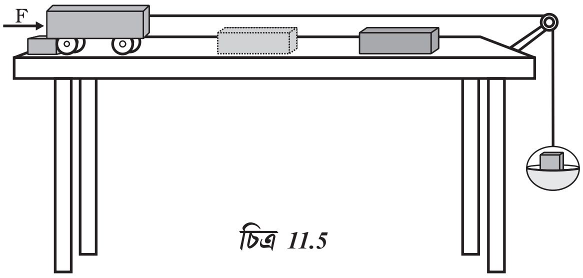
11.2.2 গতিশক্তি (Kinetic energy)

কাজ 11.6

- একটি ভারী বল নাও। বালির পুরু স্তরে বলটিকে ফেল। ভিজে বালির স্তর হলে ভালো হবে। প্রায় 25 cm উপর থেকে বলটিকে ফেলে দাও। বলটি বালিতে একটি গর্ত তৈরি করে।
- 50 cm, 1 m এবং 1.5 m উচ্চতা নিয়ে কাজটি আবার করো।
- খেয়াল রেখো, প্রতিটি গর্ত যেন আলাদাভাবে দেখা যায়।
- কোন্ উচ্চতা থেকে কোন্ বলটি পড়ে কোন্ গর্তগুলো সৃষ্টি করেছে তা চিহ্নিত করো।
- গর্তের গভীরতাগুলো তুলনা করো।
- কোন্ গর্তটির গভীরতা সবচেয়ে বেশি?
- কোন্ গর্তটি সবচেয়ে অগভীর? কেন?
- কী কারণে গভীর গর্ত তৈরি হয়েছে?
- আলোচনা এবং ব্যাখ্যা করো।

কাজ 11.7

- চিত্র 11.5 অনুসারে যন্ত্রপাতি সাজাও।
- ট্রলির সামনে উপযুক্ত দূরত্বে জানা ভরের একটি কাঠের ব্লক রাখো।
- পাত্রে একটি জানা ভর রাখো যাতে ট্রলিটি চলতে শুরু করে।



চিত্র 11.5

- ট্রলিটি সামনের দিকে চলতে শুরু করে এবং কাঠের ব্লকে আঘাত করে।
- টেবিলে এমনভাবে একটি বাধা আটকাও, যাতে ট্রলিটি কাঠের ব্লকে আঘাত করার পর থেমে যায়। ব্লকটি স্থানচ্যুত হয় বা তার সরণ হয়।
- ব্লকটির সরণ লিখে রাখো। এটি বোঝায় যে, যেহেতু ব্লকটি শক্তি অর্জন করেছে তাই ট্রলিটি ব্লকটির উপরে কার্য করেছে।
- এই শক্তি কোথা থেকে আসে?
- পাত্রে ভর বাড়িয়ে এই পরীক্ষাটি আবার করো। কোন্ ক্ষেত্রে সরণ বেশি?
- কোন্ ক্ষেত্রে কৃতকার্যের পরিমাণ বেশি?
- এই পরীক্ষায় গতিশীল ট্রলিটি কার্য করে এবং তাই এর শক্তি আছে।

একটি গতিশীল বস্তু কার্য করতে পারে। একটি দ্রুত গতিশীল বস্তু, একইরকম কিন্তু অপেক্ষাকৃত ধীরে গতিশীল বস্তু অপেক্ষা বেশি কাজ করতে পারে।

একটি গতিশীল বুলেট, প্রবহমান বায়ু, ঘূর্ণায়মান চাকা, দ্রুতগামী পাথর কার্য করতে পারে। কীভাবে একটি বুলেট টার্গেটকে ভেদ করতে পারে? বায়ু কীভাবে বায়ুকলের পাখাকে সচল করে। গতিশীল বস্তু শক্তির অধিকারী। এই শক্তিকে আমরা গতিশক্তি বলি। পড়ন্ত নারকেল, গতিশীল গাড়ি, গড়ানো পাথরখণ্ড, উড়ন্ত বায়ুযান, প্রবহমান জল ও বায়ু, ধাবমান ক্রীড়াবিদ প্রত্যেকে গতিশক্তির অধিকারী হয়। সংক্ষেপে বলা যায়, বস্তু তার গতির জন্য যে শক্তি অর্জন করে, তাই হল - গতিশক্তি। বস্তুর দ্রুতি বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে তার গতিশক্তি বৃদ্ধি পায়।

গতিশীল বস্তু তার গতির জন্য কতটুকু শক্তি অর্জন করে? সংজ্ঞা অনুসারে আমরা বলতে পারি, নির্দিষ্ট বেগে গতিশীল কোনো বস্তুর গতিশক্তি, ঐ বেগ অর্জনের জন্য তার উপর যে কার্য করা হয় তার সমান।

চলো, আমরা বস্তুর গতিশক্তিকে একটি সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ করি। ধরি, m ভরের একটি বস্তু u বেগে গতিশীল। ধরা যাক, বস্তুটির সরণের অভিমুখে স্থির মানের একটি বল 'F' প্রয়োগ করায় বস্তুটি 's' দূরত্ব অতিক্রম করল। সমীকরণ (11.1) অনুসারে কৃতকার্য W হল Fs। বস্তুর উপর কৃতকার্য বস্তুর বেগের পরিবর্তন ঘটায়। ধরা যাক, বস্তুর বেগ u থেকে পরিবর্তিত হয়ে v হল। ধরি, বস্তুতে উৎপন্ন ত্বরণ হল 'a'।

অনুচ্ছেদ 8.5-এ আমরা গতির তিনটি সমীকরণ পেয়েছি। প্রাথমিক বেগ (u), অন্তিম বেগ (v) এবং a সুষম ত্বরণে গতিশীল বস্তুর অতিক্রান্ত দূরত্ব 's' এর মধ্যে সংযোগকারী সমীকরণটি হল —

$$v^2 - u^2 = 2a\,s \qquad (8.7)$$

বা, $$s = \frac{v^2 - u^2}{2a} \qquad (11.2)$$

অনুচ্ছেদ 9.4 থেকে আমরা জানি, $F = ma$. সুতরাং, 11.1 সমীকরণে 11.2 সমীকরণ ব্যবহার করে আমরা লিখতে পারি, বল 'F' কর্তৃক কৃতকার্যের মান,

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

অথবা,

$$W = \tfrac{1}{2} m\,(v^2 - u^2) \qquad (11.3)$$

যদি বস্তু স্থির অবস্থা থেকে যাত্রা শুরু করে, তাহলে $u = 0$

$$\text{সুতরাং, } W = \tfrac{1}{2} m\,v^2 \qquad (11.4)$$

এটি স্পষ্ট যে, বস্তুর গতিশক্তির পরিবর্তন, বস্তু কর্তৃক কৃতকার্যের সমান।

যদি, $u = 0$ হয়, কৃতকার্য হবে $\tfrac{1}{2} m\,v^2$ ।

সুতরাং, m ভরের এবং v সুষম বেগ নিয়ে গতিশীল কোনো বস্তুর অর্জিত গতিশক্তি হল —

$$E_k = \tfrac{1}{2} m\,v^2 \qquad (11.5)$$

উদাহরণ 11.3 15 kg ভরের একটি বস্তু 4 m s^{-1} সুষম বেগে চলছে। বস্তুটি কর্তৃক অর্জিত গতিশক্তি কত?

সমাধান :

বস্তুর ভর, m = 15 kg, বস্তুর বেগ, v = 4 m s^{-1}.
(11.5) সমীকরণ থেকে

$$E_k = \tfrac{1}{2} m\,v^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 15 \text{ kg} \times 4 \text{ m s}^{-1} \times 4 \text{ m s}^{-1}$$
$$= 120 \text{ J}$$

সুতরাং, বস্তুটির গতিশক্তি হল 120 J ।

উদাহরণ 11.4 1500 kg ভরের একটি গাড়ির বেগ 30 km h^{-1} থেকে 60 km h^{-1} বৃদ্ধি করতে কতটুকু কার্য করতে হবে?

সমাধান :

গাড়িটির ভর, m =1500 kg,
গাড়িটির প্রাথমিক বেগ, u = 30 km h^{-1}

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

একইভাবে, গাড়িটির অন্তিম বেগ,

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

সুতরাং, গাড়িটির প্রাথমিক গতিশক্তি,

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

গাড়িটির অন্তিম গতিশক্তি,

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

সুতরাং, কৃতকার্য = গতিশক্তির পরিবর্তন

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

প্রশ্নাবলি :

1. বস্তুর গতিশক্তি কাকে বলে?
2. বস্তুর গতিশক্তির রাশিমালা লেখো।
3. m ভর এবং $5\ m\ s^{-1}$ বেগে গতিশীল একটি বস্তুর গতিশক্তি 25 J। বস্তুটির গতিবেগ দ্বিগুণ হলে এর গতিশক্তি কত হবে? বেগ 3 গুণ বৃদ্ধি পেলে, বস্তুটির গতিশক্তি কত হবে?

11.2.3 স্থিতিশক্তি (POTENTIAL ENERGY)

কাজ 11.8

- একটি রাবারের ফিতা (Rubber band) নাও।
- এর একপ্রান্ত শক্ত করে আটকে রেখে, অন্য প্রান্ত ধরে টান দাও। ফিতাটি প্রসারিত হয়।
- ফিতাটির যে-কোনো প্রান্ত ছেড়ে দাও।
- কী ঘটে?
- ফিতাটি পূর্বের দৈর্ঘ্য ফিরে পেতে চায়। স্পষ্টতই ফিতাটি টান অবস্থায় শক্তি অর্জন করেছিল।
- টান অবস্থায় বস্তুটি কীভাবে শক্তি অর্জন করেছিল?

কাজ 11.9

- একটি স্লিংকি (slinky) নাও (ছবিতে দেখানো হয়েছে)
- তোমার বন্ধুকে এর একপ্রান্ত ধরতে বলো। অন্যপ্রান্তটি তুমি ধরো এবং বন্ধুর থেকে দূরে সরে যাও। এখন তুমি স্লিংকিটি ছেড়ে দাও।

- কী ঘটল?
- প্রসারিত অবস্থায় স্লিংকিটি কীভাবে শক্তি অর্জন করেছিল?
- স্লিংকিটি যখন সংকুচিত হয়েছিল, তখন কি এতে শক্তি সঞ্চিত হয়েছিল?

কাজ 11.10

- একটি খেলনাগাড়ি নাও। চাবির সাহায্যে এতে দম দাও।
- গাড়িটিকে মেঝেতে রাখো।
- এটি চলছে কি?
- এটি কোথা থেকে শক্তি পেল?
- এক্ষেত্রে শক্তি কি দমের (winding) সংখ্যার উপর নির্ভর করে?
- তুমি এটি কীভাবে পরীক্ষা করবে?

কাজ 11.11

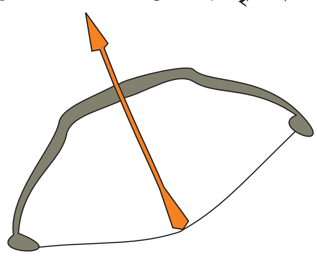
- একটি বস্তুকে একটি নির্দিষ্ট উচ্চতায় ওঠাও। বস্তুটি এখন কিছু কার্য করতে পারবে। যখন একে ওপর থেকে ছেড়ে দেওয়া হয় তখন এটি নীচে পড়তে শুরু করে।
- এর থেকে বোঝা যায় এটি কিছু শক্তি অর্জন করেছিল। যদি বস্তুটিকে আরও বেশি উচ্চতায় ওঠানো হয় তাহলে সেটি আরও বেশি কার্য করতে পারবে। এর অর্থ হচ্ছে বস্তুটি আরও বেশি শক্তি অর্জন করেছে।
- বস্তুটি কোথা থেকে শক্তি পেল? ভেবে দেখো এবং আলোচনা করো।

উপরের আলোচনা থেকে দেখা যায়, বস্তুর উপর কার্যের ফলেই বস্তুতে শক্তি সঞ্চিত হয়। বস্তুতে সঞ্চালিত শক্তি যদি বস্তুর বেগ বা দ্রুতির পরিবর্তন ঘটাতে ব্যবহৃত না হয়, তাহলে সেটি বস্তুতে স্থিতিশক্তি হিসাবে সঞ্চিত থাকে।

তুমি যখন একটি রাবারের ফিতাকে (Rubber band) প্রসারিত কর, তুমি তাতে শক্তির সঞ্চালন কর। ফিতায় সঞ্চালিত শক্তি হল এর স্থিতিশক্তি। খেলনা গাড়িতে চাবি দিয়ে দম দেওয়ার সময় তুমি কাজ কর। গাড়ির ভেতরে স্প্রিং-এ এই সঞ্চালিত শক্তি স্থিতিশক্তি হিসাবে সঞ্চিত থাকে। বস্তু তার অবস্থান এবং আকৃতিগত বৈশিষ্ট্যের জন্য যেশক্তি অর্জন করে, তা বস্তুতে স্থিতিশক্তি হিসাবে সঞ্চিত থাকে।

কাজ 11.12

- একটি বাঁশের ছড়ি নাও এবং চিত্র 11.6 -এর মতো একটি ধনুক বানাও।
- হালকা ছড়ি দিয়ে তৈরি একটি তিরকে ধনুকের টান করা গুণের উপর রাখো।
- এখন গুণটিকে টেনে ধরে তিরটিকে ছেড়ে দাও।
- ধনুক থেকে ছুটে যাওয়া তিরটিকে লক্ষ করো। একইসঙ্গে ধনুকের আকৃতির পরিবর্তন লক্ষ করো।
- আকৃতির পরিবর্তনের জন্য ধনুকে সঞ্চিত স্থিতিশক্তি নিক্ষিপ্ত তীরের গতিশক্তিতে ব্যবহৃত হয়।



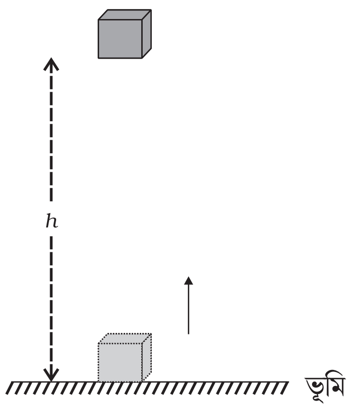
চিত্র 11.6 : একটি তির এবং ধনুকে টানা গুণ।

11.2.4 উচ্চতার জন্য বস্তুর স্থিতিশক্তি (POTENTIAL ENERGY OF AN OBJECT AT A HEIGHT)

উচ্চতা বৃদ্ধির জন্য বস্তুর শক্তি বৃদ্ধি পায়। কারণ, বস্তুটিকে উপরে ওঠানোর জন্য অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে কার্য করা হয়েছে। বস্তুতে সঞ্চিত এই শক্তি হল অভিকর্ষীয় স্থিতিশক্তি।

ভূমি থেকে কোনো বস্তুকে উপরে একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে অভিকর্ষীয় বলের বিরুদ্ধে ওঠাতে যতটুকু কার্য করা হয় - তাই হল ঐ বিন্দুতে বস্তুর অভিকর্ষীয় স্থিতিশক্তি।

একটি নির্দিষ্ট উচ্চতায় বস্তুর অভিকর্ষীয় স্থিতিশক্তিকে সমীকরণ দ্বারা সহজেই প্রকাশ করা যায়।



চিত্র 11.7

ধরা যাক, একটি বস্তুর ভর m। ভূমি থেকে বস্তুটিকে 'h' উচ্চতায় উঠানো হল। এ কাজটির জন্য বলের দরকার।

বস্তুটিকে উপরে ওঠানোর জন্য ন্যূনতম যে বলের দরকার তা বস্তুটির ওজন mg-এর সমান। বস্তুটি তার উপর কৃতকার্যের সমান শক্তি অর্জন করে। ধরি, অভিকর্ষের বিরুদ্ধে বস্তুর উপর কৃতকার্য হল W। অর্থাৎ,

কৃতকার্য, $W =$ বল $\times$ সরণ

$= mg \times h$

$= mgh$

যেহেতু, বস্তুর উপর কৃতকার্য mgh-এর সমান, বস্তুটি mgh এককের সমান মানের শক্তি অর্জন করে। এটিই হল বস্তুর স্থিতিশক্তি (E_p)।

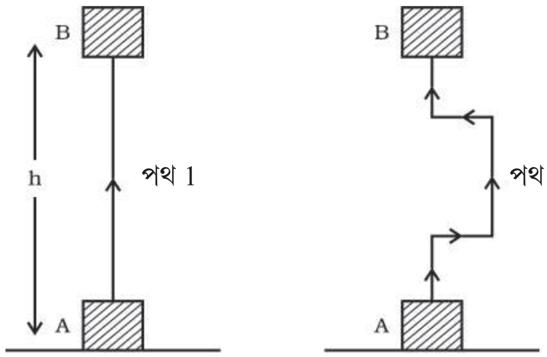
$$E_p = mgh \qquad (11.6)$$

আরও জানো

কোনো নির্দিষ্ট উচ্চতায় বস্তুর স্থিতিশক্তি, ভূমিতল বা তোমার পছন্দ করা শূন্যতলের উপর নির্ভর করে। কোনো তলের সাপেক্ষে একটি নির্দিষ্ট অবস্থানে বস্তুর স্থিতিশক্তি অন্য একটি তলের সাপেক্ষে ভিন্ন হয়।

মনে রাখা দরকার যে, অভিকর্ষ বল দ্বারা কৃতকার্য বস্তুর প্রাথমিক এবং অন্তিম অবস্থানের উল্লম্ব উচ্চতার পার্থক্যের উপর নির্ভর করে, বস্তুটির গতিপথের উপর নির্ভর করে না।

11.8 চিত্রে একটি ব্লককে A থেকে B তে উঠানোর জন্য দুটো আলাদা পথ দেখানো হয়েছে। ধরা যাক, উচ্চতাটি হল $AB = h$। উভয়ক্ষেত্রেই ব্লকটির উপর কৃতকার্য হল mgh।



চিত্র 11.8

উদাহরণ 11.5 ভূমি থেকে 6 m উপরে থাকা 10 kg ভরের একটি বস্তুর অর্জিত শক্তির মান নির্ণয় করো। দেওয়া আছে $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$

সমাধান :

বস্তুর ভর, $m = 10$ kg, সরণ (উচ্চতা), $h = 6$ m এবং অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$।

(11.6) সমীকরণ থেকে

স্থিতিশক্তি $= mgh$

$= 10 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \times 6 \text{ m}$

$= 588$ J।

সুতরাং, স্থিতিশক্তি হল 588 J।

উদাহরণ 11.6 12 kg ভরের একটি বস্তু ভূমি থেকে একটি নির্দিষ্ট উচ্চতায় রয়েছে। যদি বস্তুর স্থিতিশক্তির মান 480 J হয়, ভূমির সাপেক্ষে বস্তুর উচ্চতা নির্ণয় করো। দেওয়া আছে, $g = 10\ m\ s^{-2}$।

সমাধান :

বস্তুর ভর, $m = 12$ kg এবং স্থিতিশক্তি, $E_p = 480$ J।

$$E_p = mgh$$

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

$$h = \frac{480\ J}{120\ kg\ m\ s^{-2}} = 4\ m$$

বস্তুটি 4 m উচ্চতায় রয়েছে।

11.2.5 শক্তির বিভিন্নরূপ কি পারস্পরিক রূপান্তরযোগ্য? (ARE VARIOUS ENERGY FORMS INTERCONVERTIBLE?)

আমরা শক্তিকে কি একরূপ থেকে অন্যরূপে রূপান্তর করতে পারি? প্রকৃতিতে শক্তির রূপান্তরের অসংখ্য উদাহরণ আমরা দেখতে পাই।

কাজ 11.13

- ছোটো ছোটো গ্রুপে বসো।
- প্রকৃতিতে শক্তির রূপান্তরের উপায়গুলো নিয়ে আলোচনা করো।
- তোমরা গ্রুপে নীচের প্রশ্নগুলো আলোচনা করো :
  (a) সবুজ উদ্ভিদ কীভাবে খাবার তৈরি করে?
  (b) তারা কোথা থেকে শক্তি পায়?
  (c) কেন বায়ু একস্থান থেকে অন্যস্থানে চলাচল করে?
  (d) পেট্রোলিয়াম এবং কয়লার মতো জ্বালানিগুলো কীভাবে তৈরি হয়?
  (e) কোন্ কোন্ প্রকারের শক্তির রূপান্তর জলচক্রকে চালু রাখে?

কাজ 11.14

- মানুষের বিভিন্ন ক্রিয়াকলাপ এবং যন্ত্রপাতিতে শক্তির রূপান্তর দেখা যায়।
- এধরনের কার্যাবলি এবং যন্ত্রাদির তালিকা তৈরি করো।
- এধরনের ক্রিয়াকলাপ এবং যন্ত্রাদিতে কী ধরনের শক্তির রূপান্তর হয় তা চিহ্নিত করো।

11.2.6 শক্তির সংরক্ষণ সূত্র (LAW OF CONSERVATION OF ENERGY)

কাজ 11.13 এবং 11.14-এ আমরা শিখেছি শক্তি কীভাবে একরূপ থেকে অন্যরূপে পরিবর্তিত হয়। এই রূপান্তরের সময় বা পরে সংস্থাটির মোট শক্তির ক্ষেত্রে কী ঘটে? যখনই শক্তির রূপান্তর হয় তখন মোট শক্তি অপরিবর্তিত থাকে। এটিই শক্তির সংরক্ষণ সূত্র। এই সূত্র অনুসারে শক্তি কেবল এক রূপ থেকে অন্যরূপে রূপান্তরিত হয়, একে সৃষ্টিও করা যায় না অথবা ধ্বংসও করা যায় না। রূপান্তরের আগে ও পরে মোট শক্তি একই থাকে। শক্তির সংরক্ষণ সূত্র সব পরিস্থিতিতে এবং সব ধরনের রূপান্তরের ক্ষেত্রে সমানভাবে প্রযোজ্য।

একটি সহজ উদাহরণ নেওয়া যাক। ধরি, m ভরের একটি বস্তু h উচ্চতা থেকে অবাধে পড়ছে। শুরুতে বস্তুর স্থিতিশক্তি mgh এবং গতিশক্তি শূন্য। গতিশক্তি শূন্য কেন? গতিশক্তি শূন্য, কারণ বস্তুর বেগ শূন্য। সুতরাং, বস্তুর মোট শক্তি mgh, পড়ার সময় ইহার স্থিতিশক্তি গতিশক্তিতে পরিবর্তিত হতে থাকে। কোনো মুহূর্তে বস্তুর বেগ v হলে এটির গতিশক্তি হবে $\frac{1}{2}mv^2$। বস্তুটির পতন বজায় থাকলে এর স্থিতিশক্তি হ্রাস পায়, যদিও গতিশক্তি বৃদ্ধি পায়। যখন বস্তুটি ভূমি স্পর্শ করবে, তখন $h = 0$ এবং v-এর মান সর্বোচ্চ হবে। অর্থাৎ গতিশক্তি সর্বোচ্চ এবং স্থিতিশক্তি সর্বনিম্ন হবে। যাই হোক, প্রত্যেক বিন্দুতে বস্তুর স্থিতিশক্তি ও গতিশক্তির যোগফল সমান হবে।

অর্থাৎ,

স্থিতিশক্তি + গতিশক্তি = ধ্রুবক।

অথবা, $mgh + \frac{1}{2}mv^2 =$ ধ্রুবক। (11.7)

বস্তুর স্থিতিশক্তি এবং গতিশক্তির যোগফল হল বস্তুর মোট যান্ত্রিক শক্তি।

অবাধে পতনশীল বস্তুর পতনকালে আমরা দেখি যে বস্তুর গতিপথের যে-কোনো বিন্দুতে বস্তুর স্থিতিশক্তির হ্রাস, সমপরিমাণ গতিশক্তির বৃদ্ধিরূপে দেখা দেয় (এক্ষেত্রে বস্তুর গতিতে বায়ুর বাধাকে উপেক্ষা করা হয়েছে)। কাজেই এক্ষেত্রে অভিকর্ষীয় স্থিতিশক্তি ক্রমাগত গতিশক্তিতে রূপান্তরিত হচ্ছে।

কাজ **11.15**

- 20 kg ভরের একটি বস্তুকে 4 m উচ্চতা থেকে ফেলা হল। প্রতিক্ষেত্রে স্থিতিশক্তি এবং গতিশক্তি গণনা করে নীচের সারণিতে লেখো।

ভূমি থেকে বস্তুর উচ্চতা m	স্থিতিশক্তি (E_p = mgh) J	গতিশক্তি ($E_k = mv^2/2$) J	E_p+E_k J
4			
3			
2			
1			
মাটি থেকে ঠিক উপরে			

- গণনার সুবিধার জন্য, g -এর মান 10 m s^{-2} নাও।

ভেবে দেখো!

কী হত, যদি প্রকৃতি শক্তির রূপান্তর মেনে না নিত? একটি কথা প্রচলিত আছে, শক্তির রূপান্তর ছাড়া জীবন সম্ভব নয়। এর সাথে তুমি একমত কি?

11.3 কৃতকার্যের হার (Rate of Doing Work)

আমরা সবাই কি একই হারে কাজ করি? মেশিন কি একই হারে শক্তি ব্যয় বা স্থানান্তর করে? যেসব সংস্থা শক্তি সঞ্চালন করে, তাদের কার্যের হার আলাদা। চলো, আমরা বিষয়টি নীচের কাজটি থেকে বুঝতে চেষ্টা করি।

কাজ **11.16**

- ধরা যাক, দুটি শিশু A এবং B। ধরি, দুজনের ওজন একই। দুজনেই আলাদাভাবে দড়ি বেয়ে উপরে উঠতে শুরু করল। দুজনেই 8 m উঁচুতে উঠল। এ কাজটি শেষ করতে A-র 15 s সময় লেগেছে, যেখানে B-র লেগেছে 20 s ।
- প্রত্যেকের কৃতকার্যের পরিমাণ কত?
- কৃতকার্যের পরিমাণ একই। যদিও কাজটি সম্পন্ন করতে B-এর চেয়ে A কম সময় নিয়েছিল।
- প্রদত্ত সময়ে, ধরা যাক 1 s-এ কে বেশি কার্য করেছে?

একজন শক্তিশালী ব্যক্তি কোনো একটি নির্দিষ্ট কাজ অপেক্ষাকৃত অল্প সময়ে করতে পারে। বেশি ক্ষমতাসম্পন্ন একটি গাড়ি, কম ক্ষমতাসম্পন্ন গাড়ি অপেক্ষা কম সময়ে একটি নির্দিষ্ট দূরত্ব অতিক্রম করে। আমরা মোটর বাইক বা মোটরগাড়ির মতো যন্ত্রের ক্ষমতার কথা বলে থাকি। যে দ্রুততায় এ যানবাহনগুলো শক্তি পরিবর্তন করে বা কার্য করে তার উপর ভিত্তি করে সেগুলোর শ্রেণিবিভাগ করা হয়। ক্ষমতা দ্বারা কৃতকার্যের হার পরিমাপ করা হয়, অর্থাৎ কতটা আস্তে বা তাড়াতাড়ি কার্য করা হচ্ছে। কার্য করার হার বা শক্তি সঞ্চালনের হারকে ক্ষমতা (Power) বলা হয়। যদি কোনো সংস্থা t সময়ে W পরিমাণ কার্য করে, তাহলে সংস্থাটির ক্ষমতা হবে,

ক্ষমতা = কার্য / সময়

বা, $$P = \frac{W}{t} \qquad (11.8)$$

ক্ষমতার একক হল ওয়াট [বিজ্ঞানী জেমস্ ওয়াটের (1736 – 1819) সম্মানার্থে]। একে 'W' দিয়ে লেখা হয়। কোনো সংস্থার কৃতকার্যের হার প্রতি সেকেন্ডে 1 জুল হলে, সংস্থাটির ক্ষমতাকে 1 ওয়াট বলে। যখন ব্যয়িত শক্তির হার হয় 1 J s^{-1}, তখনও আমরা বলতে পারি ক্ষমতা হল 1 W।

1 ওয়াট = 1 জুল/সেকেন্ড, অথবা, 1W = 1 Js^{-1}।

বেশি হারে শক্তির সঞ্চালনকে আমরা কিলোওয়াট (kW) দ্বারা প্রকাশ করি।

1 কিলোওয়াট = 1000 ওয়াট
1 kW = 1000 W
1 kW = 1000 J s^{-1}। কোনো সংস্থার ক্ষমতা সময়ের সাথে পরিবর্তিত হতে পারে। এ থেকে বোঝা যায়, বিভিন্ন সময়ে কোনো সংস্থার কৃতকার্যের হার বিভিন্ন হতে পারে। সুতরাং, গড় ক্ষমতার ধারণাটি বিশেষ উপযোগী। ব্যয়িত মোট শক্তিকে মোট সময় দিয়ে ভাগ করে আমরা গড় ক্ষমতা পাই।

উদাহরণ 11.7 দুজন মেয়ে যাদের প্রত্যেকের ওজন 400 N, একটি দড়ি বেয়ে 8 m উঁচুতে উঠল। আমরা ওদের একজনের নাম A এবং অপরজনের নাম B দিলাম। এ কাজটি সম্পন্ন করতে A মেয়েটির লেগেছে 20 s যেখানে B মেয়েটির লেগেছে 50 s। প্রতিটি মেয়ের ব্যয়িত ক্ষমতা কত?

সমাধান :

(i) A মেয়েটির ব্যয়িত ক্ষমতা :

মেয়েটির ওজন, mg = 400 N

সরণ (উচ্চতা) h = 8 m

ব্যয়িত সময়, $t = 20$ s

সমীকরণ (11.8) থেকে,

ক্ষমতা, P = কৃতকার্য / ব্যয়িত সময়

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

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

$$= 160\ \text{W}$$

(ii) B মেয়েটির ব্যয়িত ক্ষমতা :

মেয়েটির ওজন, $mg = 400$ N

সরণ (উচ্চতা), $h = 8$ m

ব্যয়িত সময়, $t = 50$ s

$$\text{ক্ষমতা, } P = \frac{mgh}{t}$$

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

$$= 64\ \text{W}$$

A মেয়েটির ব্যয়িত ক্ষমতা হল 160 W ।

B মেয়েটির ব্যয়িত ক্ষমতা হল 64 W ।

উদাহরণ 11.8 50 kg ভরের একটি ছেলে 9 s একটি সিঁড়ির 45 টি ধাপ দৌড়ে উঠল। যদি প্রতিটি ধাপের উচ্চতা 15 cm হয়, ছেলেটির ক্ষমতা নির্ণয় করো। ধরো, $g = 10$ m s^{-2}.

সমাধান :

ছেলেটির ওজন,

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

সিঁড়ির উচ্চতা,

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

সিঁড়ি উঠতে ব্যয়িত সময়, $t = 9$ s

সমীকরণ (11.8) থেকে,

ব্যয়িত ক্ষমতা, P = কৃতকার্য / সময়

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

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

$$= 375\ \text{W}$$

ক্ষমতা হল 375 W ।

প্রশ্নাবলি :

1. ক্ষমতা কী?

2. 1 ওয়াট ক্ষমতার সংজ্ঞা দাও।

3. একটি বাতি (lamp) 10 সেকেন্ডে 1000 J তড়িৎশক্তি ব্যয় করে। বাতিটির ক্ষমতা কত?

4. গড় ক্ষমতা কাকে বলে?

11.3.1 শক্তির বাণিজ্যিক একক

(COMMERCIAL UNIT OF ENERGY)

জুল এককটি খুব ছোটো হওয়ায়, খুব বড়ো মানের শক্তিকে এর সাহায্যে প্রকাশ করা অসুবিধাজনক। তাই, আমরা কিলোওয়াট ঘণ্টা (Kilowatt hour বা kW h) নামক শক্তির একটি বড়ো একক ব্যবহার করি।

1 kW h কী? আমরা ধরি, একটি মেশিন প্রতি সেকেন্ডে 1000 J শক্তি ব্যবহার করে। যদি এ মেশিনকে একনাগাড়ে এক ঘণ্টা চালানো হয়, তাহলে মেশিনটির ব্যবহৃত শক্তির পরিমাণ হয় 1 kWh। কাজেই 1000 Js^{-1} (বা 1 kW) হারে এক ঘণ্টায় ব্যবহৃত শক্তির পরিমাণই হল 1 kWh।

$$1\ \text{kW h} = 1\ \text{kW} \times 1\ \text{h}$$
$$= 1000\ \text{W} \times 3600\ \text{s}$$
$$= 3600000\ \text{J}$$
$$1\ \text{kW h} = 3.6 \times 10^{6}\ \text{J}$$

বাড়িঘরে, শিল্প-কারখানায় এবং বাণিজ্যিক সংস্থায় ব্যবহৃত শক্তিকে কিলোওয়াট ঘণ্টা এককে প্রকাশ করা হয়। উদাহরণস্বরূপ, একমাসে ব্যবহৃত বৈদ্যুতিক শক্তিকে 'ইউনিট' (unit) দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এখানে 1 ইউনিট মানে 1 কিলোওয়াট-ঘণ্টা।

উদাহরণ 11.9 60 ওয়াটের একটি বৈদ্যুতিক বাতি প্রতিদিন 6 ঘণ্টা করে জ্বালানো হয়। বাতিটি প্রতিদিন কত 'ইউনিট' বৈদ্যুতিক শক্তি খরচ করে হিসাব করো।

সমাধান :

বৈদ্যুতিক বাতিটির ক্ষমতা = 60 W

= 0.06 kW

ব্যবহারের সময়, $t = 6$ h

শক্তি = ক্ষমতা × ব্যবহারের সময়

= 0.06 kW × 6 h

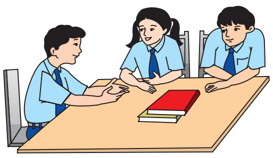
= 0.36 kW h

= 0.36 'units' ।

বাতিটি দ্বারা ব্যয়িত বৈদ্যুতিক শক্তি 0.36 ইউনিট।

কাজ **11.17**

- তোমার বাড়ির বৈদ্যুতিক মিটারটিকে কাছ থেকে ভালোভাবে দেখো। বিশদভাবে এর বৈশিষ্ট্যগুলো লক্ষ করো।
- প্রত্যেকদিন সকাল 6.30 এবং সন্ধ্যা 6.30 -এ মিটারটির পাঠ নাও।
- এ কাজটি প্রায় এক সপ্তাহ ধরে করো।
- দিনের বেলায় কত 'ইউনিট' শক্তি খরচ হয়?
- রাতের বেলায় কত 'ইউনিট' শক্তি খরচ হয়?
- তোমার পর্যবেক্ষণ একটি সারণিতে লেখো।
- এই পরিসংখ্যান থেকে কী সিদ্ধান্ত নেওয়া যায়?
- বিস্তারিতভাবে দেওয়া মাসিক বিদ্যুতের বিলের সঙ্গে তোমার পর্যবেক্ষণের তুলনা করো (ওয়াট এককে তড়িৎযন্ত্রগুলোর বিদ্যুৎশক্তি এবং ঘণ্টা এককে ব্যবহৃত সময়কে সারণিতে লিপিবদ্ধ করে মোট বিদ্যুৎশক্তির খরচ কত হবে তা হিসেব করা যেতে পারে)।



তোমরা যা শিখলে

- কোনো বস্তুর উপর কৃতকার্যকে ঐ বস্তুর উপর প্রযুক্ত বলের মান এবং বলের অভিমুখে বস্তুর সরণের গুণফল দ্বারা সংজ্ঞায়িত করা হয়। কার্যের একক হল জুল:

  1 জুল = 1 নিউটন $\times$ 1 মিটার।
- কোনো বস্তুর সরণ শূন্য হলে বস্তুর উপর প্রযুক্ত বল দ্বারা কৃতকার্য শূন্য।
- বস্তুর কার্য করার সামর্থ্য থাকলে তার শক্তি আছে বলা হবে। কার্য এবং শক্তির একক একই।
- একটি গতিশীল বস্তু গতির জন্য যে শক্তির অধিকারী হয় তাকে বস্তুর গতিশক্তি বলে। m ভরের একটি বস্তু v বেগে চললে বস্তুর গতিশক্তি হবে $\frac{1}{2}mv^2$ ।
- বস্তুর আকৃতি বা অবস্থান পরিবর্তনের জন্য যে বস্তু শক্তি অর্জন করে তাকে বলে স্থিতিশক্তি। m ভরের একটি বস্তুকে ভূপৃষ্ঠ থেকে h উচ্চতায় উঠানো হলে বস্তুটির অভিকর্ষীয় স্থিতিশক্তি হবে mgh ।
- শক্তির সংরক্ষণ সূত্র অনুসারে, শক্তি এক রূপ থেকে অন্যরূপে পরিবর্তিত হয়; একে সৃষ্টিও করা যায় না আবার ধ্বংসও করা যায় না। রূপান্তরের আগে ও পরে মোট শক্তি অপরিবর্তিত থাকে।
- প্রকৃতিতে শক্তি বিভিন্নরূপে থাকে; যেমন-গতিশক্তি, স্থিতিশক্তি, তাপশক্তি, রাসায়নিক শক্তি ইত্যাদি। গতিশক্তি এবং স্থিতিশক্তির যোগফলকে বস্তুর যান্ত্রিক শক্তি বলে।
- কার্য করার হারকে ক্ষমতা বলে। ক্ষমতার SI একক হল ওয়াট। 1 W = 1 J/s
- প্রতি ঘণ্টায় 1kW হারে শক্তি ব্যবহৃত হলে তাকে 1 kW h বলে।

অনুশীলনী

1. নীচের কাজগুলোর দিকে তাকাও। তোমার যুক্তিতে কোন্‌গুলোতে কার্য করা হয়েছে এবং কোন্‌গুলোতে হয়নি তার কারণ দেখাও।
    - সোমা পুকুরে সাঁতার কাটছে।
    - একটি গাধা তার পিঠে ভার বহন করছে।
    - একটি বায়ুকল কুয়ো থেকে জল তুলছে।
    - একটি সবুজ গাছে সালোকসংশ্লেষ হচ্ছে।
    - একটি ইঞ্জিন একটি ট্রেন টানছে।
    - খাদ্যশস্য রোদে শুকোচ্ছে।
    - একটি পালতোলা নৌকা বায়ুশক্তি দ্বারা চলছে।
2. একটি বস্তুকে ভূমির সঙ্গে একটি নির্দিষ্ট কোণে ছুড়ে দিলে বস্তুটি বক্রপথে মাটিতে গিয়ে পড়ে। বস্তুটির গতিপথের প্রাথমিক এবং অন্তিম বিন্দু একই অনুভূমিক রেখায় রয়েছে। বস্তুটির উপর অভিকর্ষ বল দ্বারা কৃতকার্য কত হবে?
3. একটি ব্যাটারি একটি বাতি জ্বালাল। এক্ষেত্রে শক্তির পরিবর্তন বর্ণনা করো।
4. 20 kg ভরের একটি বস্তুতে একটি নির্দিষ্ট বল ক্রিয়াশীল হওয়ায় বস্তুটির বেগ 5 m s^{-1} থেকে 2 m s^{-1} হল। বলের দ্বারা কতৃকার্যের মান বের করো।
5. টেবিলের উপর A বিন্দুতে 10kg ভরের একটি বস্তু আছে। এটি B বিন্দুতে সরে গেল। A ও B সংযোগকারী রেখা যদি অনুভূমিক হয়, তাহলে অভিকর্ষ বলের প্রভাবে বস্তুর উপর কৃতকার্যের মান কত হবে? তোমার উত্তর ব্যাখ্যা করো।
6. মুক্তভাবে পতনশীল কোনো বস্তুর স্থিতিশক্তি ক্রমশ কমতে থাকে। এটি কি শক্তির সংরক্ষণ নীতি লঙ্ঘন করে? কেন?
7. তোমার বাইসাইকেল চালানোর সময় শক্তির বিভিন্ন ধরণের রূপান্তরগুলো কী কী?
8. একটি বড়ো পাথরকে তুমি তোমার সমস্ত শক্তি দিয়ে ধাক্কা দিয়েও পাথরটিকে সরাতে পারলে না এক্ষেত্রে শক্তির রূপান্তর হয় কি? তোমার ব্যয়িত শক্তি কোথায় গেল?
9. একটি পরিবার এক মাসে 250 units শক্তি খরচ করেছে। জুল এককে এ শক্তির পরিমাণ কত হবে?
10. 40 kg ভরের একটি বস্তুকে মাটি থেকে 5 m উপরে উঠানো হল। বস্তুটির স্থিতিশক্তি কত? বস্তুটিকে নীচের দিকে পড়তে দিলে অর্ধেক পথে বস্তুটির গতিশক্তি বের করো।
11. পৃথিবীর চারদিকে আবর্তনরত উপগ্রহের উপর অভিকর্ষ বলের দ্বারা কৃতকার্য কত হবে? তোমার উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও।
12. বলের অনুপস্থিতিতে কোনো বস্তুতে সরণ থাকা কি সম্ভব? ভেবে দেখো। প্রশ্নটি তোমার শিক্ষক এবং বন্ধুদের সাথে আলোচনা করো।

13. এক ব্যক্তি এক আঁটি খড় মাথায় নিয়ে 30 মিনিট দাঁড়িয়ে থেকে ক্লান্ত হয়ে গেল। উনি কোনো কাজ করেছেন কি? তোমার উত্তরের পক্ষে যুক্তি দাও।

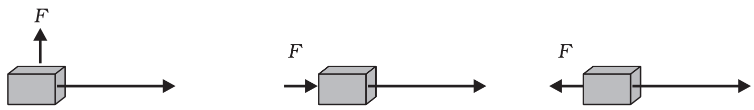
14. একটি বৈদ্যুতিক হিটারের ক্ষমতা (rated) 1500 W। 10 ঘণ্টায় এটি কতটুকু শক্তি খরচ করবে?

15. সরলদোলকের দোলনের ক্ষেত্রে শক্তির যে রূপান্তর হয়, সেক্ষেত্রে শক্তির সংরক্ষণ সূত্রটি আলোচনা করো। শেষে দোলকটি স্থির হয়ে যায় কেন? তখন দোলকের শক্তির ক্ষেত্রে কী ঘটে? এটি কি শক্তির সংরক্ষণ সূত্রকে লঙ্ঘন করে?

16. m ভরের একটি বস্তু v স্থিরবেগে গতিশীল। বস্তুটিকে স্থির অবস্থায় আনার জন্য কতটুকু কার্য করতে হবে?

17. 60 km/h বেগে গতিশীল 1500 kg ভরের একটি গাড়িকে থামাতে কতটুকু বল প্রয়োগ করতে হবে?

18. নীচের প্রতিক্ষেত্রে m ভরের বস্তুর উপর F বল ক্রিয়াশীল। সরণের অভিমুখ পশ্চিম থেকে পূর্বদিকে যা দীর্ঘ তির চিহ্ন দিয়ে দেখানো হয়েছে। ছবিগুলো ভালোভাবে লক্ষ করে বলো প্রযুক্ত বল দ্বারা কৃতকার্য ঋণাত্মক, ধনাত্মক অথবা শূন্য।



19. সোনি বলল কোনো বস্তুতে একাধিক বল ক্রিয়াশীল থাকলেও বস্তুর ত্বরণ শূন্য হতে পারে। তুমি তার এ বক্তব্যের সঙ্গে একমত কি? কেন?

20. 10 ঘণ্টা করে চলা প্রতিটি 500 W ক্ষমতাসম্পন্ন চারটি বৈদ্যুতিক যন্ত্র কতটুকু শক্তি খরচ করবে তা kWh এককে প্রকাশ করো।

21. অবাধে পতনশীল একটি বস্তু অবশেষে ভূপৃষ্ঠে পৌঁছে থেমে যায়। এর গতিশক্তির কী ঘটবে?

অধ্যায় 12

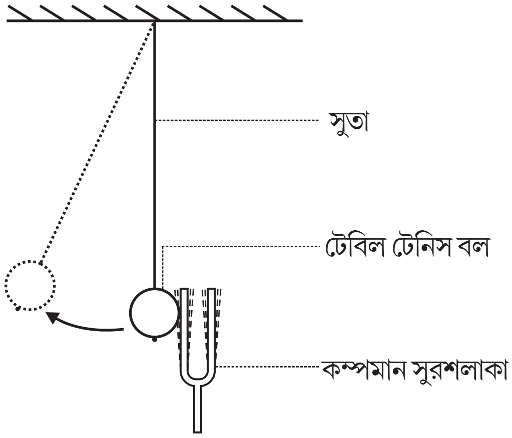
শব্দ
SOUND

প্রতিদিন আমরা বিভিন্ন উৎস যেমন মানুষ, পাখি, ঘণ্টা, যন্ত্র, যানবাহন, দূরদর্শন (television), বেতার (radio) ইত্যাদি থেকে শব্দ শুনি। শব্দ হল একপ্রকার শক্তি যা আমাদের কানে শোনার অনুভূতি সৃষ্টি করে। এছাড়া আরও বিভিন্ন প্রকার শক্তি আছে যেমন, যান্ত্রিক শক্তি, আলোক শক্তি ইত্যাদি। পূর্বের অধ্যায়গুলোতে আমরা যান্ত্রিক শক্তি নিয়ে আলোচনা করেছি। তোমরা শক্তির সংরক্ষণ সূত্র শিখেছ, যেখানে বলা হয়েছে আমরা শক্তি সৃষ্টি বা ধ্বংস করতে পারি না। আমরা শুধুমাত্র শক্তিকে একরূপ থেকে অন্যরূপে রূপান্তর করতে পারি। যখন আমরা হাতে তালি দিই তখন একটি শব্দ তৈরি হয়। তুমি কি শক্তির প্রয়োগ ছাড়া শব্দ তৈরি করতে পারবে? ঐ শব্দ তৈরি করতে তুমি কোন্ শক্তি ব্যবহার করেছিলে? এই অধ্যায়ে আমরা শব্দ কীভাবে তৈরি হয়, মাধ্যমের মধ্য দিয়ে শব্দের সঞ্চালন পদ্ধতি এবং আমাদের কর্ণ দ্বারা তার গ্রহণ পদ্ধতি শিখব।

12.1 শব্দের উৎপত্তি (Production of Sound)

কাজ 12.1

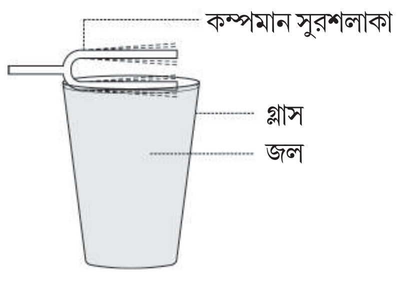
- একটি সুরশলাকার একটি বাহুকে রাবার প্যাডে আঘাত করে কম্পন তৈরি করো এবং তোমার কানের কাছে আনো।
- তুমি কি কোনো শব্দ শুনতে পাচ্ছ?
- তোমার আঙুল দ্বারা সুরশালাকার একটি কম্পমান বাহুকে স্পর্শ করো এবং তোমার অভিজ্ঞতা বন্ধুদের সঙ্গে আলোচনা করো।
- এখন একটি অবলম্বন থেকে একটি টেবিল টেনিস বল বা একটি ছোটো প্লাস্টিকের বলকে সরু সুতার সাহায্যে ঝোলাও। (একটি বড়ো সুচ এবং একটি সুতা নাও। সুতার এক প্রান্তে একটি গিঁট দাও এবং অন্যপ্রান্ত সুচের সাহায্যে বলটির মধ্য দিয়ে ঢোকাও।
- এখন কম্পমান সুরশলাকার বাহুকে আলতোভাবে বলটিতে স্পর্শ করাও (চিত্র 12.1)।
- কী ঘটে পর্যবেক্ষণ করো এবং তোমার বন্ধুদের সাথে আলোচনা করো।



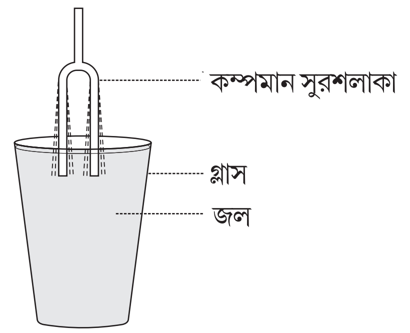
চিত্র 12.1: কম্পমান সুরশলাকার বাহু ঝুলন্ত টেবিল টেনিস বলকে স্পর্শ করছে।

কাজ 12.2

- একটি বিকার বা গ্লাসের কানায় কানায় ভর্তি করে জল নাও। একটি কম্পমান সুরশলাকার একটি বাহুকে জলের উপরিতলকে আলতোভাবে স্পর্শ করাও (চিত্র 12.2)।
- তারপর কম্পমান সুরশলাকার বাহু দুটিকে জলে ডুবাও (চিত্র 12.3)।
- দুই ক্ষেত্রে কী ঘটে লক্ষ করো।
- কেন এরূপ হচ্ছে তা তোমার বন্ধুদের সঙ্গে আলোচনা করো।



চিত্র 12.2: কম্পমান সুরশলাকার একটি বাহু জলতলকে স্পর্শ করছে।



চিত্র 12.3: কম্পমান সুরশলাকার উভয় বাহুকে জলে ডোবানো হয়েছে।

উপরের কাজ থেকে তুমি কী সিদ্ধান্তে এলে? কম্পমান বস্তু ছাড়া কি তুমি শব্দ তৈরি করতে পারবে?

উপরের কাজে আমরা সুরশলাকাকে আঘাত করে শব্দ সৃষ্টি করেছি। বিভিন্ন বস্তুকে টেনে, আঁচড় কেটে, ঘষে, ফুঁ দিয়ে অথবা নেড়েও শব্দ সৃষ্টি করতে পারি। উপরের কাজে বস্তুকে নিয়ে আমরা কী করেছি? আমরা বস্তুতে কম্পন তৈরি করে শব্দ সৃষ্টি করেছি। কম্পন বলতে বোঝায় কোনো একটি বস্তুর খুব দ্রুত এদিক-ওদিক গতি। কণ্ঠের স্বরযন্ত্রের কম্পনের ফলে মানুষ শব্দ সৃষ্টি করে। যখন একটি পাখি তার ডানা ঝাপটায় তখন কি তুমি কোনো শব্দ শুনতে পাও? মৌমাছি কীভাবে গুঞ্জন করে সে সম্পর্কে একটু ভাবো। একটি টান করা রাবার ফিতাকে টেনে ছেড়ে দেওয়া হলে এটি কম্পিত হয় এবং শব্দ সৃষ্টি করে। যদি এটি কখনও না করে থাক তবে করো এবং টান করা রাবার ফিতার কম্পন পর্যবেক্ষণ করো।

কাজ 12.3

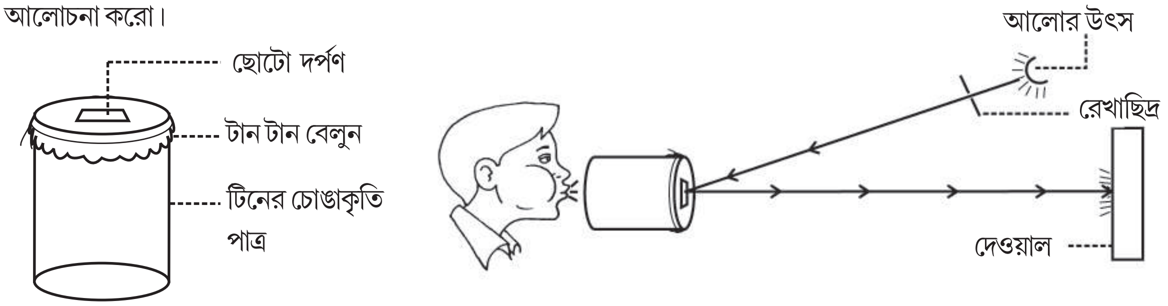
- বিভিন্ন প্রকার বাদ্যযন্ত্রের একটি সারণি তৈরি করো এবং ঐ বাদ্যযন্ত্রগুলির কোন্ অংশগুলির কম্পনের ফলে শব্দ সৃষ্টি হয় তা বন্ধুদের সঙ্গে আলোচনা করো।

12.2 শব্দের বিস্তার (Propagation of Sound)

বস্তুর কম্পনের ফলে শব্দ সৃষ্টি হয়। যেসব পদার্থ বা উপাদানের মধ্য দিয়ে শব্দ বিস্তার লাভ করে তাদেরকে মাধ্যম বলে। এই মাধ্যম কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় হতে পারে। শব্দ কোনো মাধ্যমের মধ্য দিয়ে উৎস থেকে শ্রোতার কাছে পৌঁছায়। যখন কোনো বস্তু কম্পিত হয় তখন সে তার চারিদিকের মাধ্যমের কণাগুলোকে কম্পিত করে। এইসব কম্পমান কণাগুলো কিন্তু সোজা শ্রোতার কানে পৌঁছায় না। কম্পিত বস্তুর সংস্পর্শে থাকা মাধ্যমের কণা প্রথমে সাম্যাবস্থান থেকে সরে যায়। এই কণাগুলো তখন তাদের পাশে থাকা কণাগুলোতে বল প্রয়োগ করে। ফলে পাশে থাকা কণাগুলোও তাদের সাম্যাবস্থান থেকে সরে যায়। পাশের কণাগুলোকে সরিয়ে দিয়ে প্রথমোক্ত কণাগুলো তাদের আগের অবস্থানে ফিরে আসে।

শব্দ কি কোনো আলোকবিন্দুকে নাচাতে পারে?

চোঙাকৃতি একটি টিনের পাত্র নাও। পাত্রটির প্রান্তীয় তল দুটিকে খুলে নাও এবং দুই মুখ খোলা চোঙ-এ পরিণত করো। এবার একটি বেলুন নিয়ে পাত্রটির একমুখে জড়িয়ে দিয়ে রাবার দিয়ে শক্ত করে বেঁধে দাও। এক টুকরো ছোটো দর্পণ নিয়ে রাবারের পর্দার মাঝখানে আঠা দিয়ে আটকে দাও। একটি রেখাছিদ্রের মধ্য দিয়ে কোনো উৎস থেকে আলো দর্পণের উপর ফেলা হল। দর্পণ কর্তৃক এই আলো প্রতিফলিত হয়ে দেয়ালে একটি আলোকবিন্দু সৃষ্টি করে (চিত্র 12.4 এ দেখানো হয়েছে)। এখন টিনের পাত্রের খোলা মুখে জোরে কথা বললে বা চিৎকার করলে দেওয়ালের উপর আলোক বিন্দুর নাচ দেখতে পাবে। আলোক বিন্দুর এই নাচের কারণ বন্ধুদের সাথে আলোচনা করো।

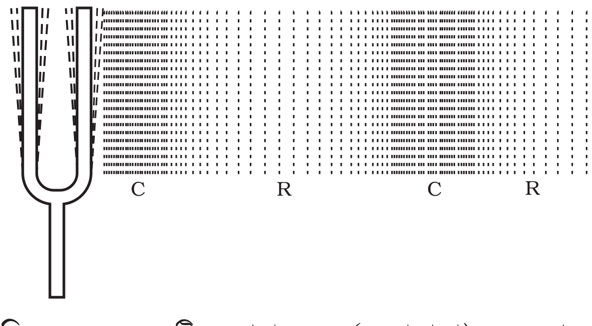


চিত্র 12.4: আলোক উৎস থেকে রেখাছিদ্রের মধ্য দিয়ে আগত আলোকরশ্মি দর্পণে প্রতিফলিত হয়ে দেওয়ালে পড়ছে।

উৎস থেকে শব্দ শ্রোতার কানে পৌঁছানো পর্যন্ত এই প্রক্রিয়াটি চলতে থাকে। শব্দের উৎস দ্বারা মাধ্যমে সৃষ্ট এই আন্দোলন মাধ্যমের মধ্য দিয়ে অগ্রসর হয়, কিন্তু মাধ্যমের কণাগুলোর স্থানচ্যুতি হয় না।

তরঙ্গ হল আন্দোলন যা মাধ্যমের পার্শ্ববর্তী কণাগুলোকে কম্পিত করে বিস্তার লাভ করে। পালাক্রমে এই আন্দোলন পরবর্তী কণাগুলোতে স্থানান্তরিত হয়ে সেগুলোতে গতি সৃষ্টি করতে থাকে এবং সামনের দিকে অগ্রসর হয়। কিন্তু মাধ্যমের কণাগুলোর কোনো স্থানচ্যুতি হয় না। মাধ্যমের মধ্য দিয়ে শব্দ বিস্তারের সময় এই ঘটনাটিই ঘটে। তাই শব্দকে তরঙ্গারূপে কল্পনা করা যেতে পারে। মাধ্যমের কণাগুলোর কম্পন গতির সাহায্যে আমরা শব্দতরঙ্গাকে চিহ্নিত করি এবং এই তরঙ্গাকে যান্ত্রিক তরঙ্গা বলে।

বায়ু হল একটি অতি পরিচিত মাধ্যম যার মধ্য দিয়ে শব্দ চলাচল করে। যখন কোনো কম্পমান বস্তুর সম্মুখ কম্পন বায়ুতে অগ্রসর হয় তখন এটি বায়ুকে ধাক্কা দিয়ে সামনের অঞ্চলের বায়ুকে ঘনীভূত করে এবং উচ্চচাপ সৃষ্টি হয়। উচ্চচাপযুক্ত বায়ুর এই অঞ্চলকে ঘনীভবন (Compression-C) বলে, যা চিত্র 12.5-এ দেখানো হয়েছে। এই ঘনীভবন কম্পমান বস্তু থেকে দূরে সরতে শুরু করে। কম্পমান বস্তুর পশ্চাদমুখী কম্পনের সময় এটি কম চাপযুক্ত অঞ্চলের সৃষ্টি করে থাকে। আমরা একে বলি লঘুভবন বা তনুভবন (Rarefraction-R), যা চিত্র 12.5-এ দেখানো হয়েছে। এভাবে কম্পমান বস্তুটির দ্রুত সামনে-পেছনের গতি বায়ুতে ক্রমান্বয়ে অনেকগুলো ঘনীভবন ও তনুভবনের সৃষ্টি করে। এভাবে শব্দতরঙ্গা সৃষ্টি হয়ে মাধ্যমের মধ্য দিয়ে অগ্রসর হয়। ঘনীভবন হল উচ্চচাপ যুক্ত অঞ্চল এবং তনুভবন হল নিম্নচাপ যুক্ত অঞ্চল। কোনো একটি নির্দিষ্ট আয়তনে উপস্থিত মাধ্যমকণার সংখ্যার সঙ্গো চাপ সম্পর্কযুক্ত। মাধ্যমকণার অধিক ঘনত্ব অধিক চাপ সৃষ্টি করে এবং কম ঘনত্ব কম চাপ সৃষ্টি করে। এভাবে শব্দের বিস্তারকে মাধ্যমের মধ্য দিয়ে ঘনত্বের পরিবর্তন বা চাপের পরিবর্তনের বিস্তার বলে মনে করা যেতে পারে।



চিত্র 12.5: একটি কম্পমান বস্তু (সুরশলাকা) অনেকগুলো ঘনীভবন (C) ও তনুভবন (R) সৃষ্টি করছে।

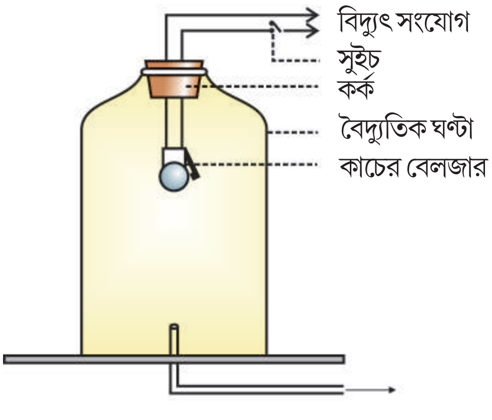
প্রশ্ন :

1. *কম্পনের ফলে সৃষ্ট শব্দ কীভাবে মাধ্যমের মধ্য দিয়ে তোমার কানে পৌঁছায়?*

12.2.1 শব্দের বিস্তারের জন্য মাধ্যমের প্রয়োজন (SOUND NEEDS A MEDIUM TO TRAVEL)

শব্দ হল এক প্রকার যান্ত্রিক তরঙ্গা যা বিস্তারের জন্য কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় মাধ্যমের প্রয়োজন। শব্দ শূন্য মাধ্যমের মধ্য দিয়ে বিস্তার লাভ করতে পারে না। নীচের পরীক্ষার সাহায্যে তা বর্ণনা করা হল—

একটি বৈদ্যুতিক ঘণ্টা ও একটি বায়ুনিরুদ্ধ কাচের বেলজার নাও। বৈদ্যুতিক ঘণ্টাটিকে বায়ু নিরুদ্ধভাবে কর্কের সাহায্যে কাচের বেলজারে ঝুলাও। বেলজারটির সঙ্গো একটি বায়ু নিষ্কাশন যন্ত্র লাগানো আছে (চিত্র 12.6)। বিদ্যুৎ সংযোগ করলে তোমরা ঘণ্টাধ্বনি শুনতে পাবে। এখন বায়ু নিষ্কাশন যন্ত্র চালু করা হল। যদিও বিদ্যুৎ প্রবাহ একই থাকছে, কিন্তু ধীরে ধীরে বেলজার থেকে বায়ু বের হওয়ার সঙ্গো সঙ্গো ঘণ্টাধ্বনি ক্ষীণ হতে ক্ষীণতর হতে থাকে। কিছু সময় পর যখন বেলজারের ভেতর খুব কম বায়ু থাকে তখন ঘণ্টাধ্বনি আরও ক্ষীণতর হয়। যদি বেলজার থেকে সম্পূর্ণ বায়ু বের করে নেওয়া হয় তাহলে কী ঘটে? তুমি কি তখনও ঘণ্টাধ্বনি শুনতে পাবে?



চিত্র 12.6: বেলজারের পরীক্ষা, মাধ্যম ছাড়া শব্দ বিস্তার লাভ করে না।

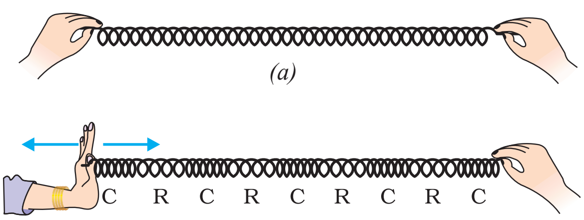
প্রশ্নাবলি :

1. *তোমার বিদ্যালয়ের ঘণ্টা কীভাবে শব্দ উৎপন্ন করে তা ব্যাখ্যা করো?*
2. *শব্দ তরঙ্গাকে যান্ত্রিক তরঙ্গা বলা হয় কেন?*
3. *মনে করো, তুমি ও তোমার বন্ধু চাঁদে আছ। তুমি কি তোমার বন্ধুর দ্বারা সৃষ্ট শব্দ শুনতে পাবে?*

12.2.2 শব্দ তরঙ্গা হল অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গা (SOUND WAVES ARE LONGITUDINAL WAVES)

কাজ *12.4*

- একটি স্লিঙ্কি (লম্বা চুড়ির মতো প্যাঁচানো নমনীয় স্প্রিং) নাও। তোমার বন্ধুকে স্লিঙ্কির একপ্রান্ত ধরতে বলো এবং অন্যপ্রান্ত তুমি ধরো। এখন চিত্র 12.7 (a) এর মতো স্লিঙ্কিকে টেনে লম্বা করো। তারপর একে তোমার বন্ধুর দিকে জোরে ধাক্কা দাও।
- তুমি কী লক্ষ করলে? যদি তুমি হাত দ্বারা স্লিঙ্কিকে পর্যায়ক্রমে টান ও ধাক্কা দাও তাহলে তুমি কী দেখবে?
- যদি তুমি স্লিঙ্কির উপর একটি বিন্দু চিহ্নিত করো, তাহলে দেখবে যে বিন্দুটির আন্দোলন বিস্তারের সমান্তরালে সামনে-পেছনে আসা-যাওয়া করছে।



চিত্র 12.7: স্লিঙ্কিতে সৃষ্ট অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গা।

স্লিঙ্কির যে অঞ্চলের পাকগুলো পরস্পরের কাছাকাছি আসে তাদেরকে ঘনীভবন (C) এবং যে অঞ্চলের পাকগুলো পরস্পর থেকে দূরে সরে যায় তাদেরকে তনুভবন (R) বলে। আমরা আগেই জেনেছি, শব্দ মাধ্যমের মধ্য দিয়ে কতগুলো পর্যায়ক্রমিক ঘনীভবন ও তনুভবনের সাহায্যে বিস্তার লাভ করে। এখন আমরা স্লিঙ্কির মধ্য দিয়ে আন্দোলনের বিস্তার এবং মাধ্যমের মধ্য দিয়ে শব্দের বিস্তারের তুলনা করব। এইসব তরঙ্গাদের বলা হয় অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গা। এইসব তরঙ্গো মাধ্যমের প্রতিটি কণা আন্দোলনের গতির অভিমুখে গতিশীল হয়। কণাগুলো একস্থান থেকে অন্যস্থানে স্থানান্তরিত হয় না, কিন্তু তারা তাদের স্থির অবস্থানের (মূলবিন্দুর) সামনে-পেছনে আন্দোলিত হয়। শব্দতরঙ্গাও ঠিক এভাবেই বিস্তার লাভ করে। সেজন্য শব্দতরঙ্গাকে বলে অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গা।

আরেক প্রকার তরঙ্গা আছে, যাকে আমরা তির্যক তরঙ্গা বলি। তির্যক তরঙ্গো মাধ্যমের কণাগুলো তরঙ্গোর গতিপথের সমান্তরালে কম্পিত হয় না, কিন্তু তারা তরঙ্গোর গতিপথের সঙ্গো সাম্যাবস্থানটির উপরে নীচে গতিশীল হয়। এভাবে, তির্যক তরঙ্গো মাধ্যমের প্রতিটি কণা তরঙ্গোর গতির অভিমুখের সঙ্গো লম্বভাবে তাদের সাম্যাবস্থানের স্বাপেক্ষে গতিশীল হয়। তুমি এক টুকরো পাথরকে একটি পুকুরের জলে নিক্ষেপ করলে, জলস্তরে যে তরঙ্গা দেখতে পাবে তা হল এক প্রকার তির্যক তরঙ্গোর উদাহরণ। আলোক তরঙ্গা হল তির্যক তরঙ্গা, কিন্তু আলোর ক্ষেত্রে এই আন্দোলন মাধ্যমের কণাগুলো তাদের চাপ বা ঘনত্বের জন্য নয়। আলোক তরঙ্গা কোনো যান্ত্রিক তরঙ্গা নয়। তুমি উপরের শ্রেণিতে তির্যক তরঙ্গা সম্পর্কে আরও জানতে পারবে।

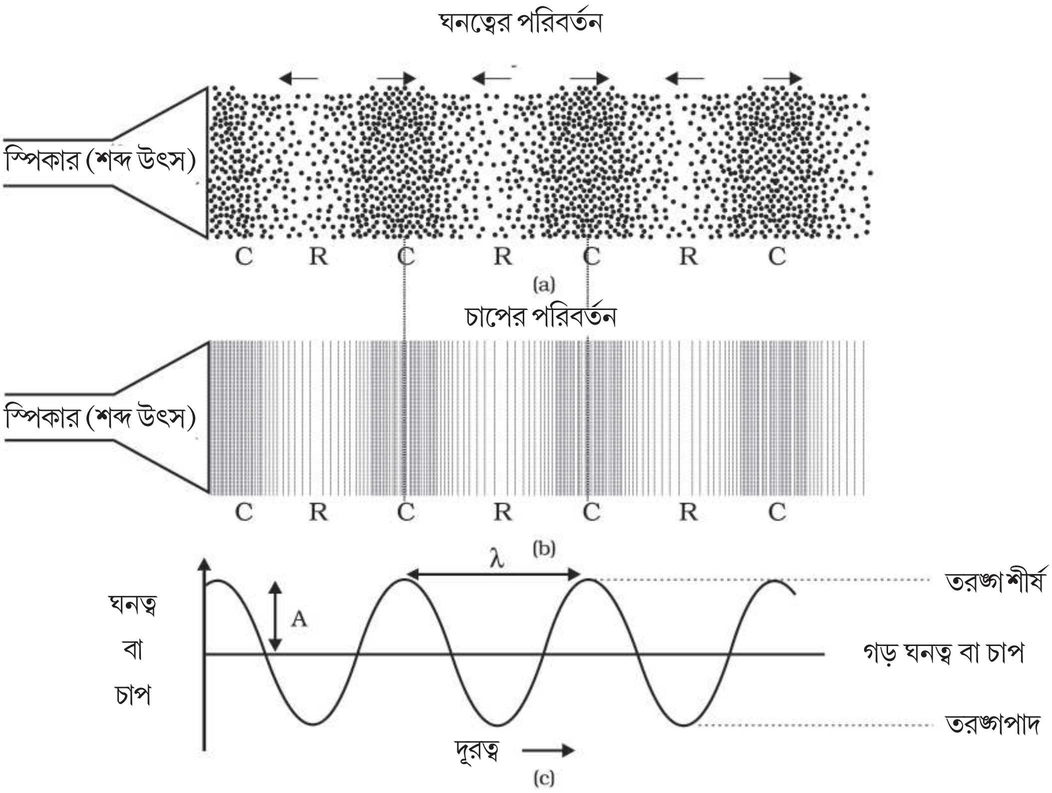
12.2.3 শব্দ তরঙ্গোর বৈশিষ্ট্য (CHARACTERISTICS OF A SOUND WAVE)

শব্দ তরঙ্গাকে আমরা নিম্নলিখিত রাশিগুলো দ্বারা বর্ণনা করি।

- কম্পাঙ্ক (frequency)
- বিস্তার (amplitude)
- দ্রুতি (speed)

চিত্র 12.8(c) তে একটি শব্দ তরঙ্গোর লেখচিত্র দেখানো হয়েছে। শব্দ যখন কোনো মাধ্যমের মধ্য দিয়ে বিস্তার লাভ করে তখন মাধ্যমের ঘনত্ব ও চাপ কীভাবে পরিবর্তিত হয় তা ঐ লেখচিত্রে দেখানো হয়েছে। প্রদত্ত সময়ে দূরত্বের সঙ্গো ঘনত্ব ও চাপের পরিবর্তন হয়। এগুলো তাদের গড়মান থেকে বাড়ে ও কমে। মাধ্যমের মধ্য দিয়ে শব্দ বিস্তারের সঙ্গো সঙ্গো ঘনত্ব ও চাপের পরিবর্তন যথাক্রমে চিত্র 12.8(a) ও চিত্র 12.8(b) তে দেখানো হয়েছে।

ঘনীভবনে মাধ্যমের কণাগুলো একত্রে ঘন সন্নিবিষ্টভাবে থাকে। 12.8(c) লেখচিত্রের উপরের অংশ দ্বারা তা প্রকাশ করা হয়েছে। লেখচিত্রের চূড়া সর্বাপেক্ষা বেশি ঘনীভবনকে প্রকাশ করছে। এভাবে ঘনীভবন হল বেশি চাপ ও বেশি ঘনত্বসম্পন্ন অঞ্চল। তনুভবন হল কম চাপ সম্পন্ন অঞ্চল যেখানে মাধ্যমের কণাগুলো তুলনামূলকভাবে দূরে থাকে। এদেরকে লেখচিত্র 12.8(c) তে উপত্যকা অর্থাৎ



চিত্র 12.8: ঘনত্বের পরিবর্তনের সঙ্গে শব্দের বিস্তার চিত্র (a) তে, চাপ পরিবর্তনের সঙ্গে শব্দের বিস্তার চিত্র (b) তে এবং চিত্র (c) তে লেখচিত্রের সাহায্যে ঘনত্ব ও চাপের পরিবর্তন দেখানো হয়েছে।

লেখচিত্রের নীচের অংশ দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে। লেখচিত্রের চূড়াকে তরঙ্গাশীর্ষ (crest) এবং উপত্যকাকে তরঙ্গাপাদ (trough) বলা হয়।

পরপর দুটি ঘনীভবন (C) বা তনুভবনের (R) মধ্যবর্তী দূরত্বকে তরঙ্গাদৈর্ঘ্য বলে (চিত্র 12.8(c) তে দেখানো হয়েছে)। সাধারণত তরঙ্গা দৈর্ঘ্যকে 'λ' চিহ্ন দ্বারা (গ্রিক বর্ণ লেমডা) প্রকাশ করা হয়। SI পদ্ধতিতে তরঙ্গা দৈর্ঘ্যের একক হল মিটার (m)।

H. R. Hertz

Heinrich Rudolph Hertz 1857 খ্রিস্টাব্দের 22 ফেব্রুয়ারি জার্মানির হামবার্গ-এ জন্মগ্রহণ করেন এবং পড়াশোনা করেন বার্লিন ইউনিভার্সিটিতে। তিনি তার পরীক্ষার মাধ্যমে J.C. Maxwell-এর তড়িৎ-চুম্বকীয় তত্ত্বের (Electro-magnetic Theory) সত্যতা যাচাই করেন। তিনি রেডিয়ো, টেলিফোন, টেলিগ্রাফ এমনকি টেলিভিশনের ভবিষ্যত উন্নতির ভিত্তি স্থাপন করেন। তিনি আলোক তড়িৎক্রিয়াও আবিষ্কার করেন যা পরে অ্যালবার্ট আইনস্টাইন ব্যাখ্যা করেছিলেন। তাঁর সম্মানার্থে SI পদ্ধতিতে কম্পাঙ্কের একক রাখা হয় হার্ৎজ।

কম্পাঙ্ক বলতে বুঝায় একটি ঘটনা কত দ্রুততায় ঘটে। ধরো তুমি একটি ড্রামকে আঘাত করছ। একক সময়ে তুমি কতবার ড্রামটিকে আঘাত করছ তা হল ড্রামকে আঘাত করার কম্পাঙ্ক। আমরা জানি যখন শব্দতরঙ্গ মাধ্যমের মধ্য দিয়ে সঞ্চালিত হয়, মাধ্যমের ঘনত্ব একটি সর্বোচ্চ থেকে একটি সর্বনিম্ন মানের মধ্যে আন্দোলিত হয়। ঘনত্বের সর্বোচ্চ মান থেকে সর্বনিম্ন মানে পরিবর্তন এবং আবার সর্বোচ্চ মানে পৌঁছালে একটি পূর্ণ দোলন সম্পন্ন হয়। প্রতি একক সময়ে সংঘটিত এরূপ মোট দোলন হল শব্দ তরঙ্গের কম্পাঙ্ক। প্রতি একক সময়ে আমাদেরকে অতিক্রম করে যাওয়া ঘনীভবন ও তনুভবনের সংখ্যা যদি গণনা করা যায়। তবে আমরা শব্দ তরঙ্গের কম্পাঙ্ক পাব। কম্পাঙ্ককে সাধারণত υ (গ্রিক বর্ণ 'নিউ') দ্বারা প্রকাশ করা হয়। SI তে এর একক হল হার্ৎজ (চিহ্ন, Hz)।

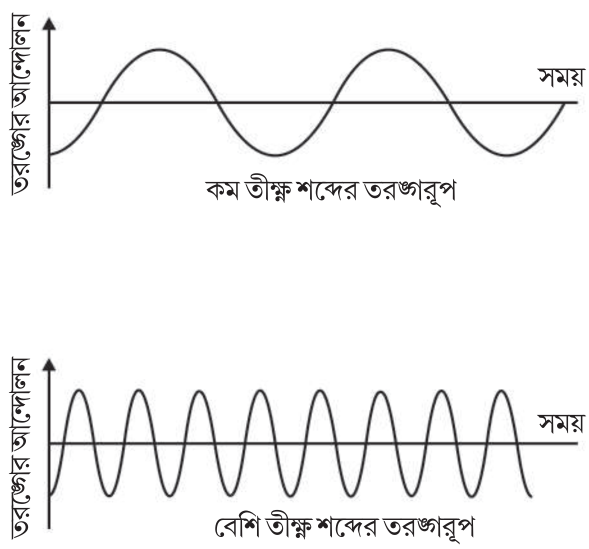
একটি নির্দিষ্ট বিন্দুকে পর পর দুটি ঘনীভবন বা তনুভবন অতিক্রম করতে যে সময় প্রয়োজন তাকে তরঙ্গের পর্যায়কাল বলে। অন্যভাবে আমরা বলতে পারি — একটি দোলন সম্পূর্ণ করতে যে সময় লাগে তাকে শব্দতরঙ্গের পর্যায়কাল বা দোলনকাল বলে। একে ‘T’ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। SI তে এর একক হল সেকেন্ড (s)। কম্পাঙ্ক ও পর্যায়কালের মধ্যে সম্পর্ক হল

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

একটি অর্কেস্ট্রাতে একটি বেহালা এবং একটি বাঁশি একত্রে বাজানো হচ্ছে। দুটি শব্দই একই মাধ্যম অর্থাৎ বায়ুর মধ্য দিয়ে একই সময়ে আমাদের কানে এসে পৌঁছায়। উৎস নির্বিশেষে শব্দ দুটি একই দ্রুতিতে চলে। কিন্তু আমরা দুটি ভিন্ন শব্দ শুনি। এটা হয় শব্দের বিভিন্ন বৈশিষ্ট্যের জন্য। তীক্ষ্নতা হল শব্দের এমন একটি বৈশিষ্ট্য।

নিঃসৃত শব্দের কম্পাঙ্ককে আমাদের মস্তিষ্ক কীভাবে ব্যাখ্যা করে তাই হল শব্দের তীক্ষ্নতা। শব্দ উৎসের কম্পন যত বেশি হবে শব্দের কম্পাঙ্ক তত বেশি হবে এবং তার তীক্ষ্নতাও তত বেশি হবে (চিত্র 12.9-এ দেখানো হয়েছে)। এভাবে একটি বেশি তীক্ষ্নতার শব্দের অর্থ হল, বেশি সংখ্যক ঘনীভবন ও তনুভবনের কোনো একটি নির্দিষ্ট বিন্দুকে প্রতি সেকেন্ডে অতিক্রম করা।

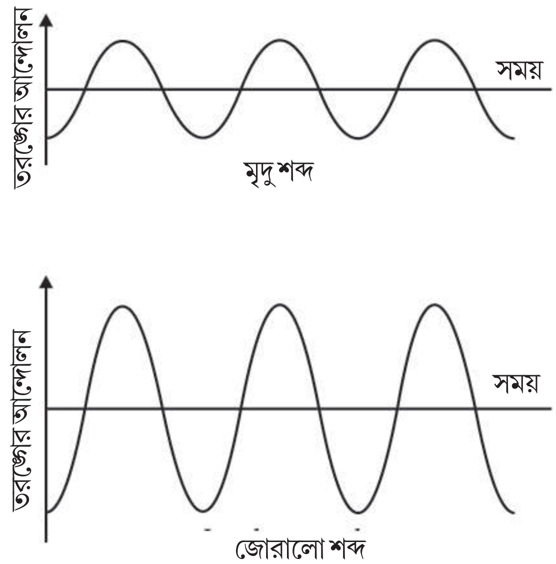
বিভিন্ন আকার ও শর্তাধীন বস্তু বিভিন্ন কম্পাঙ্কে কম্পিত হয়ে বিভিন্ন তীক্ষ্নতার শব্দ সৃষ্টি করে।



চিত্র 12.9: কম তীক্ষ্ন শব্দের কম্পাঙ্ক কম এবং বেশি তীক্ষ্ন শব্দের কম্পাঙ্ক বেশি।

সাম্যমান থেকে দু-পাশে মাধ্যমে আন্দোলনের সর্বোচ্চ মানকে তরঙ্গের বিস্তার বলে। একে সাধারণত ‘A’ বর্ণ দ্বারা প্রকাশ করা হয় চিত্র 12.8(c)। শব্দের ক্ষেত্রে এর একক হবে ঘনত্ব বা চাপের একক।

শব্দ কত জোরালো বা কত ক্ষীণ শোনাবে তা নির্ভর করে মূলত শব্দের বিস্তারের উপর। কোনো একটি বস্তুতে কত বল দ্বারা কম্পন সৃষ্টি করা হয়েছে তার উপর বিস্তার নির্ভরশীল। আমরা যদি একটি টেবিলকে হালকাভাবে আঘাত করি তাহলে যে শব্দ তৈরি হবে তা ক্ষীণ শোনা যাবে কারণ আমরা শব্দ সৃষ্টি করেছি কম শক্তি (বিস্তার) দ্বারা। আমরা যদি টেবিলকে জোরে আঘাত করি আমরা জোরালো শব্দ শুনতে পাই। তুমি কী বলতে পারো কেন? উৎস থেকে সৃষ্টি হয়ে শব্দ চারিদিকে ছড়িয়ে পড়ে। উৎস থেকে দূরত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে তার বিস্তার কমতে থাকে, সে সঙ্গে তার প্রাবল্যমাত্রাও (Loudness) কমতে থাকে। বেশি তীব্র শব্দ অনেক দূর পর্যন্ত যেতে পারে কারণ এর শক্তি বেশি। 12.10 নং চিত্রে একই কম্পাঙ্কবিশিষ্ট জোরালো শব্দ ও মৃদু শব্দের আকৃতি দেখানো হয়েছে।



চিত্র 12.10: মৃদুশব্দের বিস্তার কম এবং জোরালো শব্দের বিস্তার বেশি।

গুণ বা জাতি হল শব্দের সেই ধর্ম যার সাহায্যে একই তীক্ষ্নতার এবং একই প্রাবল্য মাত্রার দুটি শব্দকে পরস্পর থেকে পৃথক করা যায়। যে শব্দ যত বেশি শ্রুতিমধুর সে শব্দকে তত বেশি গুণ বা

জাতির বলা হয়। একটিমাত্র কম্পাঙ্কযুক্ত শব্দকে সুর বলে। যদি কোনো শব্দ একাধিক কম্পাঙ্কযুক্ত শব্দের মিশ্রণে তৈরি হয়, তাহলে সে শব্দকে স্বর বলে এবং তা শুনতেও মধুর হয়। সুরবর্জিত শব্দ আমাদের কানের জন্য শ্রুতিমধুর নয়, কিন্তু সংগীতের শব্দ শুনতে শ্রুতিমধুর হয় এবং এর গুণ বা জাতি উচ্চমানের।

প্রশ্নাবলি :

1. *তরঙ্গের কোন্ ধর্মের উপর নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্যগুলো নির্ভর করে (a) প্রাবল্যমাত্রা (b) তীক্ষ্ণতা?*
2. *কোন্ শব্দের তীক্ষ্ণতা বেশি : গিটার, না কি গাড়ির হর্ন?*

শব্দ বিস্তারের সময় মাধ্যমের ঘনীভবন বা তনুভবনের কোনো একটি বিন্দু একক সময়ে যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে শব্দের দ্রুতি বলে।

আমরা জানি,

$$\text{বেগ } v = \text{দূরত্ব / সময়} = \frac{\lambda}{T}$$

এখানে λ হল শব্দতরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য। একটি পূর্ণ দোলনকালে (T) শব্দতরঙ্গ যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে তরঙ্গদৈর্ঘ্য (λ) বলে। সুতরাং,

$$v = \lambda\,\upsilon \quad (\text{যেহেতু}, \frac{1}{T} = \upsilon)$$

বা, $v = \lambda\,\upsilon$

অর্থাৎ, দ্রুতি = তরঙ্গদৈর্ঘ্য × কম্পাঙ্ক।

একই ভৌত অবস্থা সম্পন্ন কোনো একটি নির্দিষ্ট মাধ্যমে বিভিন্ন কম্পাঙ্কের শব্দের দ্রুতি প্রায় একই থাকে।

উদাহরণ 12.1 একটি শব্দ তরঙ্গের কম্পাঙ্ক ও তরঙ্গদৈর্ঘ্য হল যথাক্রমে 2 kHz এবং 35 cm। তরঙ্গটি 1.5 km দূরত্ব অতিক্রম করতে কত সময় নেবে?

সমাধান :

দেওয়া আছে,

কম্পাঙ্ক, υ = 2 kHz = 2000 Hz

তরঙ্গদৈর্ঘ্য, λ = 35 cm = 0.35 m

আমরা জানি, তরঙ্গের দ্রুতি = তরঙ্গদৈর্ঘ্য × কম্পাঙ্ক

$$v = \lambda\,\upsilon = 0.35\text{ m} \times 2000\text{ Hz} = 700\text{ m/s}$$

সুতরাং, 1.5 km দূরত্ব (d) অতিক্রম করতে প্রয়োজনীয় সময় হল,

$$t = \frac{d}{v} = \frac{1.5 \times 1000\text{ m}}{700\text{ m s}^{-1}} = \frac{15}{7}\text{ s} = 2.1\text{ s}$$

সুতরাং, 1.5 km দূরত্ব অতিক্রম করতে শব্দের 2.1 s সময় লাগে।

প্রশ্নাবলি :

1. *শব্দ তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, কম্পাঙ্ক, পর্যায়কাল এবং বিস্তার বলতে কী বোঝ?*
2. *শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য এবং কম্পাঙ্ক তার দ্রুতির সঙ্গে কীভাবে সম্পর্কিত?*
3. *কোনো একটি মাধ্যমে শব্দ তরঙ্গের কম্পাঙ্ক এবং দ্রুতি যথাক্রমে 220 Hz এবং 440 m/s হলে তার তরঙ্গদৈর্ঘ্য বের করো।*
4. *এক ব্যক্তি একটি 500 Hz এর সুর 450 m দূরত্ব থেকে শুনছেন। উৎস থেকে উৎপন্ন পর পর দুটি ঘনীভবনের মধ্যবর্তী সময় অবকাশ কত হবে?*

একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে এক সেকেন্ড সময়ে যে পরিমাণ শব্দশক্তি অতিক্রম করে তাকে শব্দের প্রাবল্য বলা হয়। আমরা কখনো-কখনো প্রাবল্যমাত্রা (loudness) এবং প্রাবল্যকে (intensity) একই অর্থে ব্যবহার করি, কিন্তু প্রকৃতপক্ষে তারা এক নয়। প্রাবল্যমাত্রা (loudness) হল আমাদের কান কোনো শব্দের কীভাবে প্রতিক্রিয়া ব্যক্ত করে। এমনকি দুটি ভিন্ন উৎস থেকে একই তীব্রতার দুটি শব্দের মধ্যে একটিকে অন্যটির চেয়ে বেশি প্রাবল্যের শুনি কারণ আমাদের কান সেভাবে শনাক্ত করে।

প্রশ্ন :

1. *প্রাবল্যমাত্রা (loudness) এবং প্রাবল্য (Intensity) এর মধ্যে পার্থক্য লেখো।*

12.2.4 বিভিন্ন মাধ্যমে শব্দের দ্রুতি (SPEED OF SOUND IN DIFFERENT MEDIA)

কোনো একটি মাধ্যমের মধ্য দিয়ে শব্দ একটি সসীম দ্রুতিতে বিস্তার লাভ করে। মেঘের বিদ্যুৎ ঝলক দেখার কিছু সময় পর আমরা মেঘগর্জন শুনতে পাই। সুতরাং, আমরা বুঝতে পারি যে, আলোর

বেগ অপেক্ষা অনেক কম বেগে শব্দ গতিশীল হয়। শব্দ যে মাধ্যমের মধ্য দিয়ে গতিশীল হয়, শব্দের বেগ সে মাধ্যমের ধর্মের উপর নির্ভর করে। মাধ্যমের উপর এই নির্ভরশীলতা তোমরা উচ্চ শ্রেণিতে পড়বে। কোনো মাধ্যমের উষ্ণতার উপর শব্দের বেগ নির্ভরশীল। কঠিম মাধ্যম অপেক্ষা গ্যাসীয় মাধ্যমে শব্দের বেগ কম হয়। মাধ্যমের উষ্ণতা বৃদ্ধি করলে শব্দের বেগ বৃদ্ধি পায়। উদাহরণস্বরূপ, বায়ুতে 0^0c উষ্ণতার শব্দের বেগ 331 ms^{-1} এবং 22^0C উষ্ণতায় 344 ms^{-1}। একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বিভিন্ন মাধ্যমে শব্দের বেগ নীচের 12.1 নং সারণিতে দেওয়া হল। তোমাদের এই মানগুলো মুখস্থ রাখার দরকার নেই।

সারণি 12.1: 25 °C তাপমাত্রায় বিভিন্ন মাধ্যমে শব্দের বেগ

অবস্থা	পদার্থ	m/s এককে বেগ
কঠিন	অ্যালুমিনিয়াম	6420
	নিকেল	6040
	স্টিল	5960
	লোহা	5950
	পিতল	4700
	গ্লাস (ফ্লিন্ট)	3980
তরল	জল (সমুদ্র)	1531
	জল (পাতিত)	1498
	ইথানল	1207
	মিথানল	1103
গ্যাসীয়	হাইড্রোজেন	1284
	হিলিয়াম	965
	বায়ু	346
	অক্সিজেন	316
	সালফার-ডাই-অক্সাইড	213

প্রশ্ন :

1. একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বায়ু, জল এবং লোহা এই তিনটি মাধ্যমের মধ্যে কোন্‌টিতে শব্দ সবচেয়ে বেশি দ্রুতিতে গতিশীল?

সোনিক বোম্ **(Sonic boom):** কোনো বস্তুর বেগ শব্দের বেগ অপেক্ষা বেশি হলে সে বস্তুর বেগকে শব্দোত্তর বেগ (Supersonic speed) বলে। গুলি, জেট প্লেন ইত্যাদি প্রায়ই শব্দোত্তর বেগে গতিশীল হয়। যখন কোনো শব্দ সৃষ্টিকারী বস্তু শব্দের বেগ অপেক্ষা বেশি বেগে গতিশীল হয়, তখন এটা বায়ুতে অভিঘাত তরঙ্গ (shock wave) সৃষ্টি করে। এই অভিঘাত তরঙ্গ বিশাল পরিমাণ শক্তি বহন করে। এর ফলে বায়ুতে চাপের পরিবর্তন হয় এবং তীক্ষ্ণ ও জোরালো শব্দ তৈরি হয়। এই শব্দকে সোনিক বোম্ (Sonic boom) বলে। সুপারসনিক বিমান (এয়ারক্র্যাফ্‌ট) কর্তৃক যে অভিঘাত তরঙ্গের সৃষ্টি হয় তা এত বেশি শক্তিশালী যে তা জানলার কাচ ভাঙতে পারে এমনকি অট্টালিকারও ক্ষতি সাধন করতে পারে।

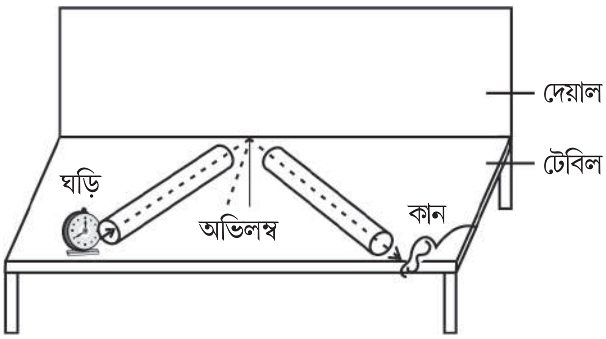
12.3 শব্দের প্রতিফলন (Reflection of Sound)

রাবার বল যেভাবে কোনো দেওয়াল থেকে প্রতিক্ষিপ্ত হয় শব্দও কঠিন বা তরল থেকে তেমনভাবে প্রতিক্ষিপ্ত হয়। আলোর মতো শব্দও কঠিন বা তরল মাধ্যমের তল থেকে প্রতিফলিত হয় এবং আগের শ্রেণিতে তোমরা প্রতিফলনের যে সূত্রগুলো পড়েছিলে সেগুলো মেনে চলে। আপতিত শব্দতরঙ্গ ও প্রতিফলিত শব্দতরঙ্গের অভিমুখ আপাতন বিন্দুতে বিভেদতলের উপর অঙ্কিত অভিলম্বের সঙ্গে সমান কোণ তৈরি করে। এরা একই সমতলে অবস্থান করে। শব্দতরঙ্গ প্রতিফলনের জন্য মসৃণ বা অমসৃণ বিশাল আকৃতির প্রতিফলক তল প্রয়োজন।

কাজ 12.5

- চিত্র 12.11-এর মতো দুটি একই রকম নল নাও। তুমি চার্টপেপার দিয়েও নলগুলো তৈরি করতে পারো। নলগুলো যথেষ্ট লম্বা হওয়া আবশ্যক (চিত্রে দেখানো)।
- একটি দেয়ালের কাছে টেবিলের উপর এদের রাখো।
- যে-কোনো একটি নলের এক খোলামুখের কাছে একটি ঘড়ি রাখো এবং অন্য নলটির খোলা মুখ দিয়ে ঘড়ির শব্দ শোনার চেষ্টা করো।
- তুমি নলগুলোকে এমনভাবে সাজাও যাতে ঘড়ির শব্দ খুব ভালো শোনা যায়।
- এখন আপাতন কোণ ও প্রতিফলন কোণ পরিমাপ করো এবং তাদের মধ্যে সম্পর্ক দেখো।

- ডানদিকে নলটিকে উল্লম্বভাবে অল্প উপরে তোলো এবং কী ঘটে পর্যবেক্ষণ করো। (ঘড়ির পরিবর্তে একটি মোবাইল ফোনের কম্পমান অবস্থা ব্যবহার করতে পারো)



চিত্র 12.11: শব্দের প্রতিফলন

12.3.1 প্রতিধ্বনি (ECHO)

আমরা যদি সুনির্দিষ্ট প্রতিফলক বস্তু যেমন উঁচু দালান বা পাহাড়ের কাছে চিৎকার করি বা হাতে তালি দিই, কিছুক্ষণ পর একইরকম শব্দ পুনরায় শুনতে পাই। পুনরাবৃত্ত এই শব্দকে প্রতিধ্বনি বলে। কোনো শব্দের রেশ আমাদের মস্তিষ্কে 0.1 s স্থায়ী হয়। একটি স্পষ্ট প্রতিধ্বনি শুনতে হলে মূল শব্দ এবং প্রতিফলিত শব্দের মধ্যে সময়ের ব্যবধান নূন্যতম 0.1 s অবশ্যই হতে হবে। যদি আমরা একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বায়ুতে শব্দের বেগ 344 m/s (ধরি 22 ºC তাপমাত্রায়), শব্দকে 0.1 s পরে উৎস থেকে প্রতিফলকে পৌঁছে প্রতিফলিত হয়ে অবশ্যই শ্রোতার কানে পৌঁছাতে হবে। সুতরাং, উৎস থেকে প্রতিফলকে পৌঁছানো এবং পুনরায় প্রতিফলক থেকে শ্রোতার কাছে পৌঁছাতে মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব (344 m/s) × 0.1 s = 34.4 m। সুতরাং, স্পষ্ট প্রতিধ্বনি শুনতে হলে উৎস থেকে প্রতিফলকের নূন্যতম দূরত্ব এই দূরত্বের অর্ধেক অর্থাৎ 17.2 m হতে হবে। বায়ুর তাপমাত্রার পরিবর্তন হলে এই দূরত্বেরও পরিবর্তন হবে। শব্দের পর পর বা বহুসংখ্যক প্রতিফলনের জন্যে একাধিক প্রতিধ্বনি শোনা যেতে পারে। মেঘ এবং ভূমির মতো প্রতিফলককে মেঘের গর্জনের বারবার প্রতিফলনের জন্য গুরু গুরু শব্দ শোনা যায়।

12.3.2 অনুরণন (REVERBERATION)

কোনো বড়ো হল ঘরে উৎপন্ন শব্দ যতক্ষণ পর্যন্ত শোনা যাওয়ার মতো পর্যায়ে থাকে ততক্ষণ পর্যন্ত বিভিন্ন দেয়াল দ্বারা বারবার প্রতিফলিত হতে থাকে। এভাবে বারবার প্রতিফলনের ফলে শব্দের দীর্ঘক্ষণ যাবৎ অস্তিত্ব থাকাকে বলে অনুরণন। প্রেক্ষাগৃহ বা বড়ো হলঘরে অতিরিক্ত অনুরণন একেবারেই অভিপ্রেত নয়। অনুরণন কমানোর জন্য প্রেক্ষাগৃহের ছাদ এবং দেয়ালগুলো শব্দশোষক বস্তু, যেমন তন্তু দ্বারা তৈরি পাটাতন, অমসৃণ আস্তরণ (Plaster) বা ঝালর জাতীয় পদার্থ দ্বারা ঢেকে দেওয়া হয়। বসার আসনগুলো তৈরির উপাদান এমনভাবে নির্বাচন করা হয় যাদের শব্দ শোষণ করার ক্ষমতা আছে।

উদাহরণ 12.2 এক ব্যক্তি একটি খাড়া বাঁধের কাছে হাতে তালি দিলেন এবং 2 s পর তার প্রতিধ্বনি শুনতে পেলেন। যদি শব্দের দ্রুতি (v) 346 m s^{-1} হয়, তবে ওই ব্যক্তি থেকে খাড়া বাঁধের দূরত্ব কত?

সমাধান :

দেওয়া আছে,

শব্দের দ্রুতি, $v = 346$ m s^{-1}

প্রতিধ্বনি শুনতে প্রয়োজনীয় সময়, $t = 2$ s

শব্দ দ্বারা অতিক্রান্ত দূরত্ব

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

2 s এ শব্দ খাড়া বাঁধ ও ব্যক্তির মধ্যে দুবার যাতায়াত করে। সুতরাং, খাড়া বাঁধ এবং ব্যক্তির মধ্যবর্তী দূরত্ব

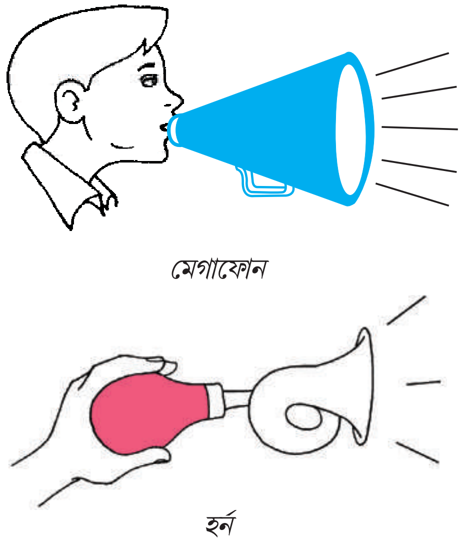
$= 692 \text{ m}/2 = 346 \text{ m}.$

প্রশ্ন :

1. একটি প্রতিধ্বনি 3 s এ শোনা গেল। উৎস থেকে প্রতিফলিত তলের দূরত্ব কত? দেওয়া আছে শব্দের দ্রুতি 342 m s^{-1}.

12.3.3 শব্দের বহুসংখ্যক প্রতিফলনের ব্যবহার (USES OF MULTIPLE REFLECTION OF SOUND)

1. মেগাফোন (loudhailers), হর্ন, বাদ্যযন্ত্র যেমন ট্রামপেটস্ এবং সানাই এর আকৃতি এরূপ করা হয় যাতে করে শব্দ সমস্ত দিকে না ছড়িয়ে একটি নির্দিষ্ট দিকে যায়, (চিত্র 12.12 তে দেখানো হয়েছে)।



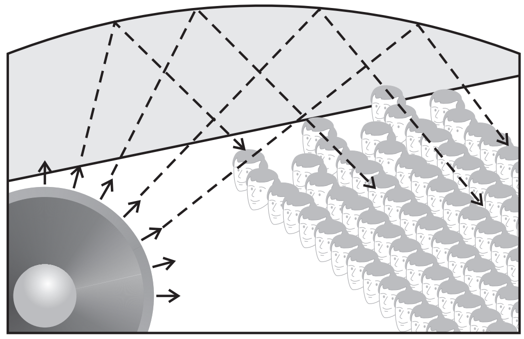
চিত্র 12.12 : একটি মেগাফোন ও একটি হর্ন।

এসকল যন্ত্রপাতিতে, একটি নলের সম্মুখ ভাগ শঙ্কু আকৃতিবিশিষ্ট হয় তাতে পুনঃপুন শব্দের প্রতিফলন ঘটে এবং তা উৎস থেকে শ্রোতাদের অভিমুখে ধাবিত হয়।

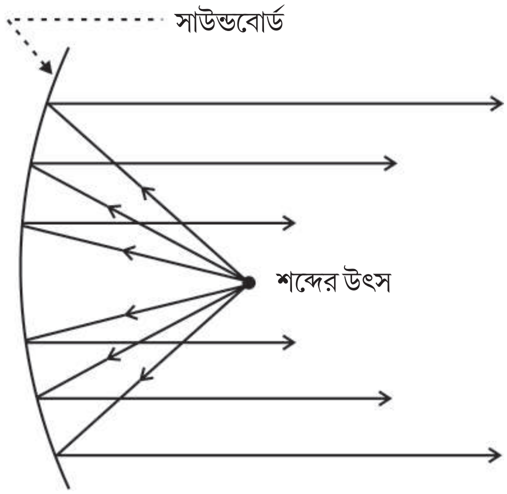
2. চিকিৎসায় ব্যবহৃত একটি যন্ত্র হল স্টেথোস্কোপ যা দেহের অভ্যন্তরের প্রধানত হৃৎপিণ্ড ও ফুসফুসের শব্দ শোনার কাজে ব্যবহৃত হয়। রোগীর হৃৎপিণ্ডের হৃদস্পন্দন স্টেথোস্কোপে বারবার প্রতিফলিত হয়ে ডাক্তারদের কানে পৌঁছায় (চিত্র 12.13 তে দেখানো হয়েছে)।

চিত্র 12.13 : স্টেথোস্কোপ

3. সংগীতানুষ্ঠানের হল, সম্মেলন ভবন এবং সিনেমা হলের ছাদগুলি সাধারণত বাঁকা করা হয়। ফলে শব্দ প্রতিফলনের পরে হলের প্রতিটি কোণায় পৌঁছায় (চিত্র 12.14 তে দেখানো হয়েছে)। অনেক সময় রঙ্গমঞ্চের পেছনে বাঁকা সাউন্ডবোর্ড স্থাপন করা হয়, শব্দ সাউন্ডবোর্ডে প্রতিফলিত হয়ে সমানভাবে সমস্ত হল ঘরে বিস্তার লাভ করে (চিত্র 12.15 তে দেখানো হয়েছে)।



চিত্র 12.14 : সম্মেলন ভবনের বাঁকা ছাদ।



চিত্র 12.15 : বড়ো হলঘরে ব্যবহৃত সাউন্ডবোর্ড।

প্রশ্ন :

1. *কোনো সংগীতানুষ্ঠানের হলঘরের ছাদ বাঁকানো থাকে কেন?*

12.4 শ্রুতিসীমা (Range of Hearing)

মানুষের ক্ষেত্রে শব্দের শ্রুতিগোচর সীমা 20 Hz থেকে 20000 Hz এর মধ্যে বিস্তৃত (1 Hz = 1 Cycle/s)। পাঁচ বছরের নীচের শিশু

এবং কিছু কিছু প্রাণী যেমন কুকুর 25 kHz (1 kHz = 1000 Hz) পর্যন্ত শব্দ শুনতে পারে। বয়স বাড়ার সাথে সাথে মানুষের কর্ণের উচ্চ কম্পাঙ্ক সম্পন্ন শব্দ শোনার অনুভূতি হ্রাস পেয়ে থাকে। 20 Hz এর নীচের কম্পাঙ্কযুক্ত শব্দকে শব্দেতর শব্দ (infrasonic sound or infrasound) বলে। আমরা যদি 20 Hz এর কম কম্পাঙ্কের শব্দ শুনতে পারতাম তাহলে মৌমাছিদের ডানার কম্পনের শব্দ যেমন শুনতে পাই তেমনি সরলদোলকের কম্পনের শব্দও শুনতে পেতাম। গন্ডারেরা 5Hz এর মতো নিম্ন কম্পাঙ্কের শব্দেতর শব্দ ব্যবহার করে যোগাযোগ করে। তিমি এবং হাতিরা শব্দেতর শব্দ উৎপন্ন করে। এটা লক্ষ করা যায় যে কিছু কিছু প্রাণীরা ভূমিকম্পের পূর্বে অসংলগ্ন আচরণ করে। ভূমিকম্পের মূল ভূকম্পন তরঙ্গ (Shock wave) সৃষ্টির পূর্বে কম কম্পাঙ্কের শব্দেতর শব্দ হয় যা সম্ভবত ঐ প্রাণীদের সতর্ক করে। শব্দের কম্পাঙ্ক 20 kHz অপেক্ষা বেশি হলে সে শব্দকে 'শব্দোত্তর শব্দ' বা 'আল্ট্রা সাউন্ড' বলে। কিছু কিছু প্রাণী যেমন ডলফিন, বাদুর, শুশুক (porpoises) শব্দোত্তর শব্দ উৎপন্ন করে। কিছু প্রজাতির মথদের খুব উচ্চ সংবেদনশীল শ্রবণেন্দ্রিয় আছে। এরা বাদুড় দ্বারা সৃষ্ট উচ্চ কম্পাঙ্কের চিঁ-চিঁ শব্দ শুনতে পায় ও বুঝতে পারে কখন একটি বাদুড় উড়ে যাচ্ছে এবং এরা আত্মগোপন করতে পারে। ইঁদুররাও আল্ট্রাসাউন্ড তৈরি করে খেলা করে।

শ্রবণ সহায়ক যন্ত্র (Hearing Aid): যে সকল ব্যক্তি শ্রবণ ক্ষমতা হারিয়ে ফেলে তাদের শ্রবণ সহায়ক যন্ত্র প্রয়োজন। শ্রবণ সহায়ক যন্ত্র হল ব্যাটারি চালিত একপ্রকার ইলেকট্রনিক্স যন্ত্র। শ্রবণ সহায়ক যন্ত্র মাইক্রোফোনের সাহায্যে শব্দ গ্রহণ করে। মাইক্রোফোন শব্দ তরঙ্গাকে বৈদ্যুতিক সংকেতে পরিবর্তিত করে। এই বৈদ্যুতিক সংকেত বিবর্ধক যন্ত্রের সাহায্যে বিবর্ধিত হয়। বিবর্ধিত বৈদ্যুতিক সংকেত শ্রবণ সহায়ক যন্ত্রের কথক (Speaker)-এ সঞ্চালিত হয়। কথক এই সংকেতকে শব্দে রূপান্তরিত করে এবং স্পষ্টভাবে শোনার জন্য কর্ণে প্রেরণ করে।

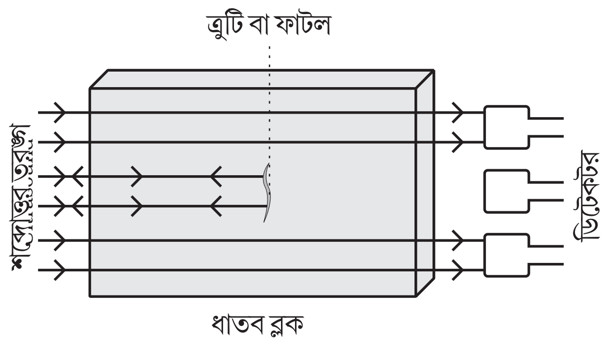
প্রশ্নাবলি :

1. *মানুষের কর্ণের স্বাভাবিক শ্রুতিগোচর সীমা কত?*
2. *নিম্নলিখিত শব্দগুলির কম্পাঙ্কের সীমা কত?*
   (a) *শব্দেতর শব্দ?*
   (b) *শব্দোত্তর শব্দ?*

12.5 শব্দোত্তর শব্দের প্রয়োগ (Applications of Ultrasound)

শব্দোত্তর শব্দ (Ultra Sound) হল উচ্চ কম্পাঙ্কবিশিষ্ট তরঙ্গা। শব্দোত্তর শব্দ উপস্থিত বাধাকে অতিক্রম করে সুনির্দিষ্ট পথে যেতে সক্ষম হয়। শব্দোত্তর শব্দ ব্যাপকভাবে শিল্পক্ষেত্র এবং চিকিৎসায় ব্যবহৃত হয়।

- যে সকল অঞ্চলে পৌঁছানো কষ্টকর, যেমন কুণ্ডলি, নল, অসম আকৃতির অংশ, ইলেকট্রনিকস উপাদান ইত্যাদিকে পরিষ্কার করার কাজে আলট্রা সাউন্ড ব্যবহৃত হয়। যে সকল বস্তুকে পরিষ্কার করতে হবে তাদেরকে পরিষ্করণ দ্রবণে রেখে দ্রবণের মধ্য দিয়ে আল্ট্রাসাউন্ড বা শব্দোত্তর শব্দতরঙ্গা প্রেরণ করা হয়। উচ্চ কম্পাঙ্কের জন্য ধূলিকণা, তৈলজ পদার্থ এবং ময়লাগুলি আলাদা হয়ে পড়ে যায়। এভাবে বস্তু সম্পূর্ণভাবে পরিষ্কার হয়।
- ধাতব ব্লকে ফাটল বা ত্রুটি বের করার জন্য শব্দোত্তর শব্দ ব্যবহৃত হয়। সাধারণত বড়ো বড়ো নির্মাণে যেমন দালান, ব্রিজ, যন্ত্র এবং বৈজ্ঞানিক বিভিন্ন উপকরণ তৈরিতে ধাতব উপাদান ব্যবহৃত হয়। ধাতব ব্লকের মধ্যে যে সকল ফাটল বা ছিদ্রগুলি বাইরে থেকে দেখা যায় না তারা বড়ো বড়ো নির্মাণগুলির শক্তি কমিয়ে দেয়। শব্দোত্তর তরঙ্গাকে এইসকল ধাতব ব্লকের মধ্য দিয়ে পাঠানো হয় এবং ডিটেকটর যন্ত্রের সাহায্যে প্রেরিত তরঙ্গা পরীক্ষা করা হয়। যদি খুব সামান্য ত্রুটি থাকে তাহলে শব্দোত্তর তরঙ্গা প্রতিফলিত হয়ে ফিরে যায় এবং ধাতব ব্লকে ত্রুটি চিহ্নিত করে দেয় (চিত্র 12.16 এ দেখানো হয়েছে)।



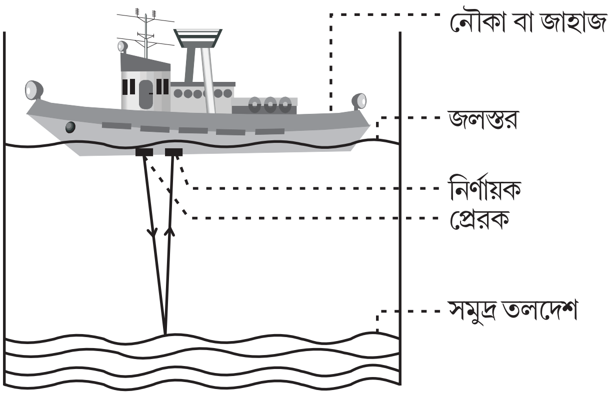
চিত্র 12.16: ধাতব ব্লকের ত্রুটিপূর্ণ অংশ থেকে প্রতিফলিত শব্দোত্তর তরঙ্গা।

দীর্ঘ তরঙ্গাদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট সাধারণ শব্দকে এ কাজে ব্যবহার করা যায় না, কারণ ইহা ত্রুটিপূর্ণ অঞ্চল ঘেষে বেঁকে ডিটেকটরে চলে যায়।

- শব্দোত্তর শব্দকে হৃদপিণ্ডের বিভিন্ন অংশ থেকে প্রতিফলিত করিয়ে হৃদপিণ্ডের ছবি তৈরি করা হয়। এই প্রযুক্তিকে "ইকোকার্ডিওগ্রাফি" বলা হয়।
- 'আল্টা সাউন্ড স্কেনার' যন্ত্রে শব্দোত্তর শব্দ তরঙ্গ ব্যবহার করে মানব শরীরের অভ্যন্তরীণ অঙ্গসমূহের ছবি তোলা হয়। ডাক্তাররা রোগীদের বিভিন্ন অঙ্গের যেমন লিভার, গলব্লাডার, ইউটেরাস, কিডনি ইত্যাদির ছবি তোলেন। ইহা রোগীর শরীরের অস্বাভাবিকতা যেমন গল ব্লাডার এবং কিডনির পাথর বা অন্যান্য অঙ্গে টিউমার আছে কি না খুঁজে বের করতে ডাক্তারকে সাহায্য করে। এই প্রযুক্তিতে শব্দোত্তর তরঙ্গ শরীরের বিভিন্ন কলা (tissues)-র মধ্য দিয়ে পাঠানো হয় এবং অস্বাভাবিক কলা ঘনত্বের অঞ্চল থেকে প্রতিফলিত হয়। এই প্রকার তরঙ্গকে তারপর বৈদ্যুতিক সংকেতে রূপান্তরিত করা হয় যাহা ঐ অঙ্গের প্রতিচ্ছবি তৈরিতে ব্যবহৃত হয়। অতপর এই প্রতিচ্ছবিকে মনিটরে প্রদর্শন করা হয় বা ফিল্ম এ ছাপা হয়। এই প্রযুক্তিকে বলা হয় 'আল্ট্রা সনোগ্রাফি'। গর্ভাবস্থায় ভ্রূণের জন্মগত ত্রুটি (congenial) এবং বৃদ্ধির অস্বাভাবিকতা নির্ধারণে ও 'আল্ট্রা সনোগ্রাফি' ব্যবহার করা হয়।
- শব্দোত্তর শব্দের সাহায্যে কিডনিতে সৃষ্ট পাথরকে ভেঙে ছোটো ছোটো কণাতে পরিণত করা যায়। এই কণাগুলো পরে মূত্রস্রোতের সাথে বের হয়ে যায়।

12.5.1 সোনার (SONAR)

সোনার (SONAR) এর পুরো নাম (acronym) হল সাউন্ড নেভিগেশান অ্যান্ড রেঞ্জিং (Sound Navigation and Ranging)। সোনার হল একটি যন্ত্র যার সাহায্যে জলের নীচে অবস্থিত বস্তুর দূরত্ব, দিক্ এবং দ্রুতি নির্ণয় করা যায়। সোনার কীভাবে কাজ করে? প্রেরক ও নির্ণায়ক (detector) -এই দুটি অংশ দ্বারা সোনার গঠিত, যাদেরকে নৌকা বা জাহাজের তলদেশে স্থাপন করা হয় (চিত্র 12.17-এ দেখানো হয়েছে)।



চিত্র 12.17: প্রেরক দ্বারা শব্দোত্তর তরঙ্গের প্রেরণ এবং নির্ণায়ক দ্বারা গ্রহণ।

প্রেরক যন্ত্র শব্দোত্তর তরঙ্গ সৃষ্টি এবং প্রেরণ করে। এই তরঙ্গ জলের মধ্য দিয়ে গিয়ে সমুদ্র তলদেশের বস্তুতে আঘাত করে এবং প্রতিফলিত হয়ে নির্ণায়ক (detector) যন্ত্রে এসে অনুভূত হয়। নির্ণায়ক শব্দোত্তর তরঙ্গকে উপযুক্ত বৈদ্যুতিক সংকেতে রূপান্তরিত করে এবং উপযুক্তভাবে বিশ্লেষণ করে অনুবাদ করে। শব্দোত্তর তরঙ্গের জলে গতিবেগ এবং প্রেরণ ও গ্রহণের মধ্যবর্তী সময় জেনে যে বস্তু থেকে শব্দতরঙ্গের প্রতিফলন ঘটে তার দূরত্ব নির্ণয় করা যায়। ধরি, প্রেরিত ও গৃহীত শব্দোত্তর তরঙ্গের মধ্যবর্তী সময় হল 't' এবং সমুদ্র জলে শব্দের বেগ v। শব্দোত্তর তরঙ্গ কর্তৃক মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব, $2d = v \times t$ ।

উপরিউক্ত পদ্ধতিকে বলে প্রতিধ্বনি-বিস্তার (echo-ranging) পদ্ধতি। সোনার প্রযুক্তির সাহায্যে সমুদ্রের গভীরতা নির্ণয় করা যায় এবং জলের তলদেশে অবস্থিত পাহাড়, উপত্যকা, ডুবো জাহাজ, হিমশৈল এবং ডুবে যাওয়া জাহাজের অবস্থান ইত্যাদি নির্ণয় করা যায়।

উদাহরণ 12.3 একটি জাহাজ থেকে একটি শব্দোত্তর তরঙ্গ সমুদ্রতলে প্রতিফলিত হয়ে নির্ণায়ক-এ আসতে 3.42 s সময় নেয়। যদি সমুদ্রজলে শব্দের দ্রুতি 1531 m/s হয়, তবে ঐ জাহাজ থেকে সমুদ্র তলদেশের দূরত্ব কত?

সমাধান :

দেওয়া আছে,

প্রেরণ ও গ্রহণের মধ্যবর্তী সময়, $t = 3.42$ s

সমুদ্রজলে শব্দোত্তর শব্দের দ্রুতি,

$v = 1531$ m/s

শব্দোত্তর শব্দ দ্বারা অতিক্রান্ত দূরত্ব

$= 2 \times$ সমুদ্রের গভীরতা $= 2d$

যেখানে, d হল সমুদ্রের গভীরতা।

$2d =$ শব্দের দ্রুতি $\times$ সময়

$= 1531 \text{ m/s} \times 3.42 \text{ s} = 5236 \text{ m}$

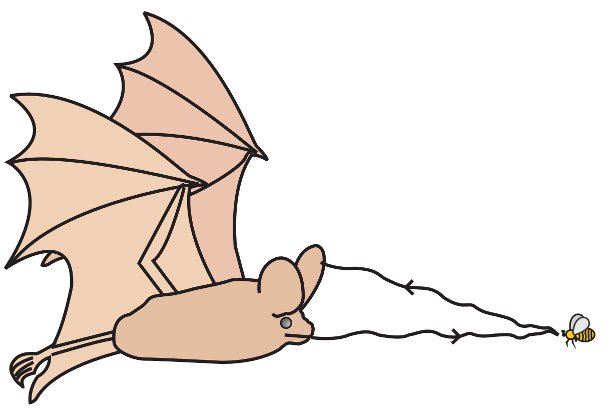
$d = 5236 \text{ m}/2 = 2618 \text{ m}.$

সুতরাং, জাহাজ থেকে সমুদ্র তলদেশের দূরত্ব হল 2618 m বা 2.62 km.

প্রশ্ন :

1. *একটি ডুবোজাহাজ একটি সোনার পালস্ নিঃসৃত করে যা জলের নীচে অবস্থিত পর্বতগাত্র থেকে 1.02 s পর প্রতিফলিত হয়ে ফিরে আসে। যদি লবণাক্ত জলে শব্দের দ্রুতি 1531 m/s হয়, তবে কত দূরত্বে পর্বত গাত্রটি অবস্থিত?*

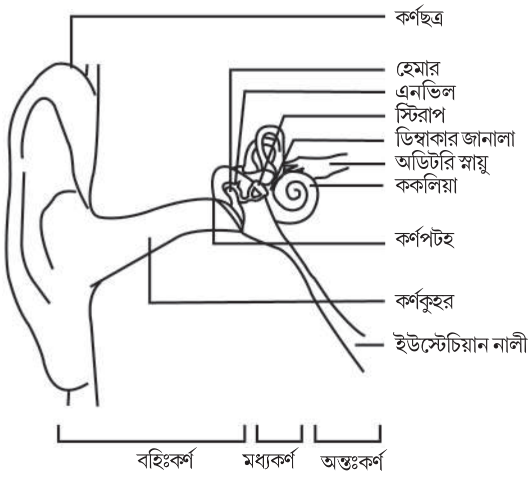
আগেই বলা হয়েছে যে, বাদুড় শব্দোত্তর তরঙ্গ প্রেরণ ও গ্রহণের মাধ্যমে তার শিকারকে খুঁজতে পারে এবং অন্ধকার রাত্রে উড়তে পারে। বাদুর দ্বারা সৃষ্ট বেশি তীক্ষ্ণ চিঁ-চিঁ শব্দোত্তর শব্দ কোনো বাধা বা শিকার দ্বারা প্রতিফলিত হয়ে বাদুড়দের কানে পৌঁছায় (চিত্র 12.18 এ দেখানো হয়েছে)। প্রতিফলনের ধরন বাদুড়কে বলে দেয় যে বাধা বা শিকারটি কী জাতীয় এবং কোথায় অবস্থিত। শুশুকও অন্ধকারে চলতে এবং খাদ্য খুঁজে বের করতে শব্দোত্তর শব্দ ব্যবহার করে।



চিত্র 12.18: বাদুড় দ্বারা প্রেরিত শব্দোত্তর শব্দ এবং শিকার বা বাধা দ্বারা প্রতিফলিত শব্দ।

12.6 মানব কর্ণের গঠন (Structure of Human Ear)

আমরা কীভাবে শুনি? আমরা খুব উচ্চ সংবেদনশীল একটি যন্ত্রের সাহায্যে শুনতে পাই যাকে আমরা কান বা কর্ণ বলি। বায়ুতে চাপের পরিবর্তনকে শ্রুতিগোচর কম্পাঙ্কের বৈদ্যুতিক সংকেতে পরিবর্তন করতে সহায়তা করে এবং এই সংকেত শ্রবণ স্নায়ু (auditory nerve) এর সাহায্যে মস্তিষ্কে প্রেরিত হয়। মানব কর্ণের শ্রবনেন্দ্রিয়ের গঠন নীচে বর্ণনা করা হল।



চিত্র 12.19: মানব কর্ণের শ্রবণ সংক্রান্ত বিভিন্ন অংশ।

বহিঃকর্ণের নাম হল কর্ণছত্র (pinna), এটি পরিবেশ থেকে শব্দ সংগ্রহ করে। সংগৃহীত শব্দ অডিটরি নল দিয়ে প্রবেশ করে। অডিটরি নলের শেষ প্রান্তে যে পাতলা পর্দা থাকে তাকে কর্ণপটহ (ear drum) বলে। মাধ্যমের ঘনীভবন যখন কর্ণপটহে পৌঁছে কর্ণপটহের বাইরে চাপের মান বৃদ্ধি পায় এবং কর্ণপটহের পাতলা পর্দাকে ভেতরের দিকে ঠেলে দেয়। একইভাবে কর্ণপটহ বাইরের দিকে সরে যখন একটি তনুভবন ইহাতে পৌঁছে। এইভাবে কর্ণপটহ কাঁপতে থাকে। এই কম্পন মধ্যকর্ণের হাড়ত্রয় হেমার, এনভিল এবং স্টিরাপ এর সাহায্যে বহুগুণ বিবর্ধিত হয়। মধ্যকর্ণ শব্দতরঙ্গ থেকে প্রাপ্ত এই বিবর্ধিত চাপের পরিবর্তনকে অন্তঃকর্ণে পাঠায়। অন্তঃকর্ণে ককলিয়ার সাহায্যে এই চাপের পরিবর্তন বৈদ্যুতিক সংকেতে পরিবর্তিত হয়। অডিটরি স্নায়ুর সাহায্যে এই বৈদ্যুতিক সংকেত মস্তিষ্কে পৌঁছায় এবং মস্তিষ্ক এই সংকেতকে সংশ্লিষ্ট শব্দে পরিণত করে।

তোমরা যা শিখলে

- বিভিন্ন বস্তুর কম্পনের ফলে শব্দ সৃষ্টি হয়।
- জড় মাধ্যমের মধ্য দিয়ে শব্দ অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ রূপে সঞ্চালিত হয়।
- মাধ্যমের মধ্য দিয়ে শব্দ ধারাবাহিক ঘনীভবন ও তনুভবনের সাহায্যে গমন করে।
- শব্দ বিস্তারে মাধ্যমের মধ্য দিয়ে শব্দশক্তি গমন করে, কিন্তু মাধ্যমের কণাগুলি স্থানান্তরিত হয় না।
- শব্দ শূন্য মাধ্যমের মধ্য দিয়ে গমন করতে পারে না।
- ঘনত্বের পরিবর্তন একটি সর্বোচ্চ মান থেকে সর্বনিম্ন মানে পৌঁছে পুনরায় সর্বোচ্চ মানে পৌঁছলে একটি পূর্ণ দোলন সম্পন্ন হয়।
- পর পর দুটি ঘনীভবন বা দুটি তনুভবনের মধ্যবর্তী দূরত্বকে বলে তরঙ্গাদৈর্ঘ্য, λ।
- মাধ্যমের ঘনত্বের বা চাপের একটি পূর্ণদোলন সম্পন্ন হতে যে সময় নেয়, তাকে পর্যায়কাল T বলে।
- একক সময়ে মোট যত সংখ্যক পূর্ণদোলন সম্পন্ন হয়, তাকে কম্পাঙ্ক (υ) বলে, $\upsilon = \dfrac{1}{T}$.
- শব্দের বেগ v, কম্পাঙ্ক υ, এবং তরঙ্গাদৈর্ঘ্য λ, পরস্পর $v = \upsilon\lambda$ সম্পর্কে সম্পর্কিত।
- প্রাথমিকভাবে শব্দের বেগ মাধ্যমের প্রকৃতি এবং তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল।
- শব্দের প্রতিফলনের সূত্রানুযায়ী যে দিক বরাবর শব্দ প্রতিফলক তলে আপতিত হয় এবং প্রতিফলক তল থেকে প্রতিফলিত হয় তারা আপতন বিন্দুতে প্রতিফলক তলের অভিলম্বের সঙ্গে সমান কোণ সৃষ্টি করে। এরা একই সমতলে অবস্থান করে।
- একটি স্বতন্ত্র শব্দ স্পষ্টভাবে শোনার জন্য মূল শব্দ এবং প্রতিফলিত শব্দের মধ্যে সময়ের ব্যবধান অবশ্যই নূন্যতম 0.1 s হতে হবে।
- প্রেক্ষাগৃহে শব্দের পুনঃপুন প্রতিফলনের ফলে শব্দটির রেশের স্থায়িত্ব বেড়ে যায় এবং একে অনুরণন (reverberation) বলে।
- শব্দের বৈশিষ্ট্যগুলো যথা তীক্ষ্ণতা, প্রাবল্যমাত্রা এবং গুণ আনুষঙ্গিক তরঙ্গ বৈশিষ্ট্য দ্বারা নির্ধারিত হয়।
- শব্দের প্রাবল্যমাত্রা (loudness) হল প্রাবল্য সম্পর্কিত কর্ণের শরীরবৃত্তীয় প্রতিক্রিয়া।
- একক সময়ে একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত শব্দশক্তি হল শব্দের প্রাবল্য (Intensity)।
- মানুষের শ্রুতিগোচর শব্দের কম্পাঙ্কের সীমা হল 20 Hz – 20 kHz ।

- শ্রুতিগোচর সীমার নীচের কম্পাঙ্কের শব্দ হল 'শব্দেতর শব্দ' (infrasonic) এবং শ্রুতিগোচর সীমার উচ্চ কম্পাঙ্কযুক্ত শব্দ হল 'শব্দোত্তর শব্দ' (ultrasonic)।
- চিকিৎসা বিদ্যায় এবং শিল্পক্ষেত্রে শব্দোত্তর শব্দ বা আল্ট্রা সাউন্ডের অনেক ব্যবহার আছে।
- সোনার (SONAR) প্রযুক্তি ব্যবহার করে সমুদ্রের গভীরতা নির্ণয় করা যায় এবং জলের নীচে অবস্থিত পাহাড়, উপত্যকা, ডুবোজাহাজ, হিমশৈল, নিমজ্জিত জাহাজের অবস্থান জানা যায়।

অনুশীলনী

1. শব্দ কী এবং কীভাবে উৎপন্ন হয়?
2. উৎসের নিকট বায়ুতে কীভাবে ঘনীভবন ও তনুভবন সৃষ্টি হয় তা চিত্র অঙ্কন করে বর্ণনা করো।
3. একটি পরীক্ষা উদ্ধৃত করে দেখাও যে শব্দ বিস্তারের জন্য জড় মাধ্যমের প্রয়োজন।
4. শব্দ তরঙ্গাকে কেন অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গা বলা হয়?
5. শব্দের কোন্ বৈশিষ্ট্য তোমাকে অন্ধকার কক্ষে বসে থাকা তোমার বন্ধুর কণ্ঠস্বর চিনতে সাহায্য করে?
6. বিদ্যুৎ ঝলকানি এবং বজ্রধ্বনি একই সঙ্গো তৈরি হয়। কিন্তু ঝলকানি দেখার কয়েক সেকেন্ড পর বজ্রধ্বনি শোনা যায় কেন?
7. একজন মানুষের শ্রুতিগোচর সীমা 20 Hz থেকে 20 kHz। বায়ুতে এই দুই কম্পাঙ্ক সম্পর্কিত শব্দ তরঙ্গোর তরঙ্গাদৈর্ঘ্য কত? বায়ুতে শব্দের দ্রুতি 344 m s^{-1} ধরে নাও।
8. দুটি শিশু একটি অ্যালুমিনিয়াম দণ্ডের দুপ্রান্তে অবস্থিত। একটি শিশু একটি পাথরখণ্ড দ্বারা দণ্ডটির এক প্রান্তে আঘাত করে। বায়ু মাধ্যমে ও অ্যালুমিনিয়ামের মধ্য দিয়ে শব্দতরঙ্গা অন্যপ্রান্তের শিশুর নিকট পৌঁছার সময়ের অনুপাত বের করো।
9. একটি শব্দ উৎসের কম্পাঙ্ক হল 100 Hz । এক মিনিটে এটি কত সংখ্যক বার কম্পিত হয়?
10. আলোর প্রতিফলনের সূত্রগুলির মতো শব্দও কি প্রতিফলনের সূত্র মেনে চলে? ব্যাখ্যা করো।
11. দূরবর্তী একটি বস্তু থেকে শব্দ প্রতিফলিত হলে একটি প্রতিধ্বনির সৃষ্টি হয়। ধরো, শব্দ উৎস এবং প্রতিফলক তলের মধ্যবর্তী দূরত্ব অপরিবর্তিত থাকে। গরমের দিনে তুমি কি প্রতিধ্বনি শুনতে পাবে?
12. শব্দতরঙ্গোর প্রতিফলনের দুটি ব্যবহারিক প্রয়োগ উল্লেখ করো।
13. 500 m উঁচু একটি টাওয়ারের শীর্ষ থেকে একটি পাথরকে পাদদেশে অবস্থিত পুকুরের জলে ফেলা হল। কখন টাওয়ারের উপর থেকে পাথরের টুকরোর জলে ঝপাৎ করে পড়ার শব্দ শোনা যাবে? দেওয়া আছে, $g = 10$ m s^{-2} এবং শব্দের বেগ = 340 m s^{-1}।
14. একটি শব্দতরঙ্গা 339 m s^{-1} বেগে গমন করে। যদি এর তরঙ্গাদৈর্ঘ্য 1.5 cm হয়, তবে তরঙ্গোর কম্পাঙ্ক কত? এটি কি শুনতে পাওয়া যাবে?

15. অনুরণন কী? এটি কীভাবে কমানো যায়?

16. শব্দের প্রাবল্যমাত্রা (Loudness) বলতে কী বোঝ? কী কী বিষয়ের উপর এটি নির্ভরশীল?

17. বাদুড় শিকার ধরার জন্য কীভাবে শব্দোত্তর শব্দ ব্যবহার করে তা বর্ণনা করো।

18. পরিষ্কার করার কাজে কীভাবে শব্দোত্তর শব্দ ব্যবহৃত হয়?

19. সোনার (SONAR) -এর কার্যনীতি ও প্রয়োগ বর্ণনা করো।

20. একটি ডুবোজাহাজে থাকা সোনার (SONAR) একটি তরঙ্গ প্রেরণ করার 5 s পর তার প্রতিধ্বনি গ্রহণ করে। যদি বস্তুটি ডুবোজাহাজ থেকে 3625 m দূরত্বে অবস্থিত হয়, তবে জলে শব্দের দ্রুতি কত ?

21. শব্দোত্তর শব্দ ব্যবহার করে কীভাবে ধাতব ব্লকের ত্রুটি নির্ধারণ করা যায় বর্ণনা করো।

22. মানব কর্ণ কীভাবে কাজ করে বর্ণনা করো।

অধ্যায় 13 আমরা অসুস্থ হই কেন?

Why Do We Fall Ill?

কাজ ——— 13.2

- আমরা সবাই লাতুর, ভুজ, কাশ্মীরে ঘটে যাওয়া ভূমিকম্প অথবা তটীয় অঞ্চল বিধ্বস্তকারী সাইক্লোনের কথা শুনেছি। ভেবে দেখো, এগুলোর মতো আরও বিপর্যয় যদি আমাদের চারপাশে ঘটত, তাহলে মানুষের স্বাস্থ্য সম্ভাব্য কত বিভিন্নভাবে বিপর্যস্ত হতে পারত।
- বাস্তবে এধরনের বিপর্যয় ঘটলে এর প্রভাব আমাদের ওপর কতভাবে পড়তে পারে তা আমরা ভাবতে পারি কি?
- বিপর্যয় ঘটার দীর্ঘ সময় পর কেবলমাত্র বিপর্যয়জনিত কারণে কত প্রকারের স্বাস্থ্য সম্পর্কিত সমস্যা দেখা দিতে পারে?
- স্বাস্থ্য সম্পর্কিত এই সমস্যাগুলোর মধ্যে কিছু সমস্যাকে প্রথম গোষ্ঠীতে (First Group) এবং অবশিষ্টগুলোকে দ্বিতীয় গোষ্ঠীতে (Second Group) রাখা হয় কেন?

এই কাজটি করার সময় আমরা বুঝতে পেরেছি যে মানব সম্প্রদায়ের কাছে স্বাস্থ্য এবং রোগ খুবই জটিল একটি সমস্যা, যার জন্য পরস্পর সম্পর্কযুক্ত অনেক কারণ দায়ী। আমরা এটাও বুঝতে পেরেছি যে, 'স্বাস্থ্য' এবং 'রোগ' সম্পর্কিত বিষয়গুলো বলতে যা বোঝায় তা খুবই জটিল। কোনো রোগের কারণ এবং তার প্রতিরোধ-ব্যাবস্থা নিয়ে ভাবতে গেলে প্রথমে এই বিষয়ে একটি স্পষ্ট ধারণা থাকা প্রয়োজন।

আমরা জানি যে কোশই হল সজীব দেহের মৌলিক একক। কোশ বিভিন্ন প্রকারের রাসায়নিক পদার্থ যেমন— প্রোটিন, কার্বোহাইড্রেট, ফ্যাট বা স্নেহ পদার্থ এবং আরও অন্যান্য বস্তু দ্বারা গঠিত। কোশ এমন একটি সক্রিয় স্থান যেখানে সবসময় গতিময়তা বজায় রয়েছে। কোশে বিভিন্ন জটিল বিক্রিয়া এবং প্রয়োজনীয় মেরামতির কাজ চলতেই থাকে। সময় সময় নতুন নতুন কোশ তৈরি হচ্ছে। আমাদের দেহে কলা ও অঙ্গে বিভিন্ন বিশেষিত ক্রিয়াকলাপ চলছে। যেমন—হৃৎপিণ্ড স্পন্দিত হচ্ছে, ফুসফুসের সাহায্যে শ্বাসকার্য চলছে, পরিস্রাবণের মাধ্যমে বৃক্ক মূত্র তৈরি করছে এবং মস্তিস্ক আমাদের ভাবতে সাহায্য করছে। এই সব কাজগুলো পরস্পর সম্পর্কিত। উদাহরণস্বরূপ, যদি বৃক্ক মূত্র প্রস্তুত না করে, তাহলে বিষাক্ত পদার্থসমূহ আমাদের শরীরে জমতে থাকবে। এই পরিস্থিতিতে মস্তিষ্ক যথাযথভাবে চিন্তা করতে পারবে না। এই সব পরস্পর সম্পর্কযুক্ত কাজ সম্পন্ন করতে শক্তি এবং কাঁচামাল উভয়েরই প্রয়োজন। কোশ এবং কলার ক্রিয়াশীলতার জন্য খাদ্যের প্রয়োজন। কোনো কিছুর প্রভাবে দেহের কোশ ও কলার সঠিক ক্রিয়াকলাপ বাধাপ্রাপ্ত হলে আমাদের দেহে সঠিক ক্রিয়াকলাপও বিঘ্নিত হবে।

উপরিউক্ত তথ্যাবলির ভিত্তিতে আমরা 'স্বাস্থ্য' এবং 'রোগ' সম্পর্কে' ধারণা লাভ করব।

13.1 স্বাস্থ্য এবং এর অবনতি (Health & its failure)

13.1.1 স্বাস্থ্যের তাৎপর্য

প্রায়শই আমরা 'স্বাস্থ্য' শব্দটি ব্যবহার করে থাকি। আমরা যেমন নিজেদের মধ্যে এই শব্দটি নিয়ে বলাবলি করি, তেমনি আবার এমনও বলি যে "আমার ঠাকুরমার স্বাস্থ্য ততটা ভালো না।" আমাদের শিক্ষক মশাইরাও অনেক সময় বলেন যে 'এটি স্বাস্থ্যকর মনোভাব নয়।" তাহলে 'স্বাস্থ্য' শব্দটি বলতে আমরা কী বুঝি?

যদি আমরা স্বাস্থ্য শব্দটিকে নিয়ে ভাবি, তাহলে আমরা অনুধাবন করতে পারি যে এই শব্দটি সবসময়ই আমাদের ভালো থাকাকে নির্দেশ করে। এই ভালো থাকা বলতে আমরা দেহের কার্যকরী ভূমিকার কথাকে ভাবতে পারি। আমাদের ঠাকুমা দিদিমাদের কাছে 'ভালো থাকার' লক্ষণ হল এই যে তারা বাজারে যেতে বা প্রতিবেশীর বাড়ি যেতে সমর্থ হচ্ছেন। অপরদিকে এই কাজগুলো করতে সমর্থ না হলেই তারা এটিকে দুর্বল স্বাস্থ্যের লক্ষণ ভাবেন। শ্রেণিকক্ষে পঠন-পাঠনকালে কোনো শিক্ষার্থী মনোযোগ সহকারে জানতে আগ্রহী হলে তার মনোভাবকে স্বাস্থ্যকর মনোভাব বলে ধরা হয়। অপরদিকে যদি সে অমনোযোগী হয় ও কোনো কিছু জানতে আগ্রহী না হয় তবে তার মনোভাবকে অস্বাস্থ্যকর মনোভাব বলা হয়। সুতরাং স্বাস্থ্য হল দেহের সেই অবস্থা যে অবস্থায় শারীরিক, মানসিক এবং সামাজিকভাবে সুস্থ থেকে ভালো ভাবে কাজ করা যায়।

13.1.2 ব্যাক্তিগত এবং সম্পদায়গত দুটি বিষয়ই স্বাস্থ্যকে প্রভাবিত করে

যেহেতু 'স্বাস্থ্য' বলতে শারীরিক, মানসিক এবং সামাজিকভাবে সুস্থ অবস্থাকে বোঝায়, তাই স্বাস্থ্য এমন এক অবস্থা যা কোনো ব্যক্তি সম্পূর্ণ এককভাবে অর্জন করতে

পারে না। সব জীবের স্বাস্থ্যই তার পারিপার্শ্বিক অবস্থা বা পরিবেশের উপর নির্ভর করে। যেহেতু ভৌত পরিবেশ ও পরিবেশের একটি অংশ তাই সাইক্লোনের প্রভাবেও আমাদের স্বাস্থ্য বিভিন্নভাবে ক্ষতিগ্রস্ত হতে পারে।

মানুষ সামাজিক জীব। তাই আমাদের সামাজিক পরিবেশ আমাদের ব্যক্তিগত স্বাস্থ্যরক্ষার ক্ষেত্রে একটি অন্যতম প্রভাবক। আমরা গ্রাম, শহর বা নগরে বাস করি এবং এই সব স্থানে আমাদের ভৌত পরিবেশ আমাদের সামাজিক পরিবেশ দ্বারাও প্রভাবিত হয়।

ভেবে দেখ যদি আবর্জনা সংগ্রহ করা এবং অপসারণ করার জন্য কোন 'সংস্থা' না থাকে তাহলে কী হবে? আবার রাস্তা এবং খোলা জায়গায় জল জমা রোধ করতে যদি কেউ পয়প্রণালী পরিষ্কারের দায়িত্ব না নেয় তাহলেই বা কী হবে? দেখা গেছে রাস্তায় ফেলে রাখা স্তূপীকৃত আবর্জনা এবং আমাদের বাসস্থানের আশেপাশে জমে থাকা নর্দমার জল স্বাস্থ্যহানির সম্ভবনাকে অনেকটাই বাড়িয়ে দেয়। সামুদায়িক পরিচ্ছন্নতা ব্যক্তিস্বাস্থ্য রক্ষার ক্ষেত্রে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।

কাজ 13.2

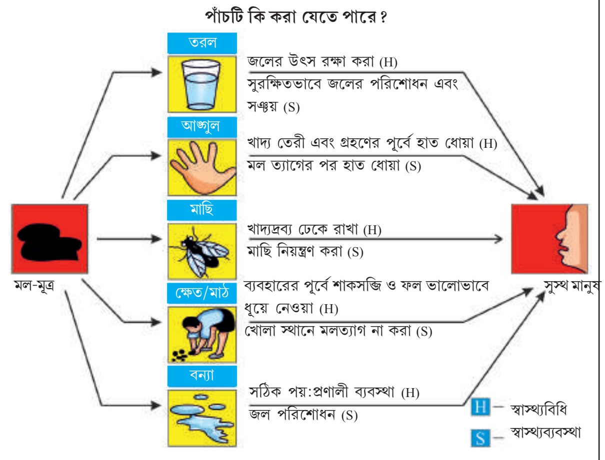
- খোঁজ করে দেখো, তোমার স্থানীয় কর্তৃপক্ষ (পঞ্চায়েত / পুরসভা) পরিস্রুত পানীয় জল সরবরাহ করার ক্ষেত্রে কী কী ব্যবস্থাপনা গ্রহণ করেছে।
- তোমার এলাকার সব জনসাধারণ কি এই সুবিধা গ্রহণ করতে পারছে?

কাজ 13.3

- তোমার চারপাশে উৎপন্ন কঠিন বর্জ্য অপসারণের ক্ষেত্রে স্থানীয় কর্তৃপক্ষ কী ভূমিকা পালন করছে তা খুঁজে দেখো।
- এই ব্যবস্থাপনা কি পর্যাপ্ত?
- যদি তা না হয়, তাহলে তুমি এর উন্নতি সাধনের জন্য কী প্রস্তাব রাখবে?
- একদিনে বা এক সপ্তাহে উৎপন্ন কঠিন বর্জ্যের পরিমান হ্রাসে তোমার পরিবারের ভূমিকা কী হতে পারে?

সুস্থ থাকার জন্য আমাদের খাদ্য গ্রহণ করা প্রয়োজন এবং কাজের মাধ্যমেই আমাদের খাদ্য সংগ্রহ করতে হয়। এই কারণে কর্মসংস্থানের যথেষ্ট সুযোগ থাকাও দরকার।

প্রকৃত অর্থে সুস্থ থাকার জন্য আমাদের হাসি-খুশি থাকা জরুরি এবং যদি আমরা একে অপরের সঙ্গো দুর্ব্যবহার করি ও একে অপরকে ভয় পাই তাহলে আমরা কখনই সুখী বা সুস্থ থাকতে পারব না। সুতরাং সামাজিক সমতা এবং মেলবন্ধন ব্যক্তিগত স্বাস্থ্যরক্ষার জন্য একান্ত প্রয়োজন। আমরা এমন অন্য অনেক উদাহরণ ভাবতে পারি যেখানে সম্প্রদায়গত সমস্যা এবং ব্যক্তিগত স্বাস্থ্য অঙ্গাঙ্গীভাবে জড়িত।



স্বাস্থ্যবিধি এবং স্বাস্থ্যব্যবস্থা ও স্বাস্থ্যবিধি বজায় রাখার মাধ্যমে রোগ সংক্রমণ প্রতিরোধ

3.1.3 'স্বাস্থ্যবান' এবং রোগমুক্ত অবস্থা — এদের মধ্যে পার্থক্য

এতক্ষণ পর্যন্ত যা আমরা জেনেছি তাই যদি স্বাস্থ্য হয় তাহলে রোগ কী? ইংরাজি 'ডিজিজ' (disease) শব্দটিকে বিশ্লেষণ করলেই আমরা এর মানে খুঁজে পাই, অন্যদিকে রোগ বলতে আমরা বুঝি শারীরিক স্বাচ্ছন্দ্যের অভাব বোধ করা। যদিও এই শব্দটির ব্যবহার সুনির্দিষ্ট। যখনই আমরা আমাদের অস্বাচ্ছন্দ্যের কোনো একটি বিশেষ এবং সুনির্দিষ্ট কারণ খুঁজে পাই তখনই তাকে রোগ বলি। এর মানে এটা নয় যে রোগ হয়েছে বলতে গেলে রোগ সৃষ্টির জন্য দায়ী সুনির্দিষ্ট অন্তিম কারণটি জানতেই হবে। পাতলা পায়খানা হওয়ার সঠিক কারণ না জেনেও আমরা বলতে পারি যে একজন ব্যক্তির ডায়ারিয়া হয়েছে।

আমরা ইদানীং দেখতে পাই যে বাস্তবিক পক্ষে কোনো নির্দিষ্ট রোগে আক্রান্ত না হয়েও কোনো ব্যক্তি দুর্বল স্বাস্থ্যের অধিকারী হতে পারে। নীরোগ থাকা মানেই সুস্থ থাকা নয়। একজন নৃত্যশিল্পীর ক্ষেত্রে সুস্বাস্থ্য বলতে তার জটিল ও শোভনীয় দেহভঙ্গিমা প্রদর্শনের ক্ষমতাকে বোঝায়। অন্যদিকে একজন সুরকারের ক্ষেত্রে সুস্বাস্থ্য হল তার ফুসফুসের সেই ক্ষমতা যা তার বাঁশির সুর নিয়ন্ত্রণে সক্ষম। প্রকৃত স্বাস্থ্যের জন্য প্রত্যেকের ভিতরকার বিশেষ ক্ষমতাকে উপলব্ধি করার সুযোগ থাকাও প্রয়োজন।

সুতরাং আমাদের দেহে কোনো রোগের লক্ষণের সামান্যতম বহি:প্রকাশ না ঘটলেও আমরা দুর্বল স্বাস্থ্যের অধিকারী হতে পারি। এই কারণেই স্বাস্থ্যের কথা ভাবতে গেলে পাশাপাশি আমাদেরকে সামাজিক সমুদায়ের কথাও ভাবতে হয়। অন্যদিকে, যখন আমরা কোনো একটি রোগের বিষয়ে ভাবি তখন আমরা ঐ রোগাক্রান্ত ব্যাক্তির কথাই ভেবে থাকি।

প্রশ্নাবলি:

১. সুস্বাস্থ্যের জন্য প্রয়োজনীয় যে-কোনো দুটি শর্ত উল্লেখ করো।
২. রোগমুক্ত থাকার জন্য প্রয়োজনীয় যে-কোনো দুটি শর্ত উল্লেখ করো।
৩. উপরিউক্ত দুটির উত্তর একই হবে না ভিন্ন? কারণ দর্শাও।

13.2 রোগ এবং তার কারণসমূহ (Disease and its Causes)

13.2.1 রোগের প্রকৃতি কীরূপ হয়?

চলো আমরা বিস্তৃতভাবে রোগ সম্পর্কে জানি। প্রথমত দেহে রোগের উপস্থিতি কীভাবে বুঝব। অন্যভাবে বলতে গেলে আমরা কীভাবে বুঝব যে দেহে কোনো অসুবিধা হচ্ছে কিনা? আমরা ষষ্ঠ অধ্যায়ে দেখেছি যে আমাদের দেহ বহু কলার সমন্বয়ে গঠিত। এই সকল কলা দেহের শারীরবৃত্তীয় গঠন এবং অঙ্গাতন্ত্র তৈরি করে যা দেহের বিভিন্ন কার্যাবলি সম্পাদন করে। প্রতিটি অঙ্গাতন্ত্র কতগুলি নির্দিষ্ট অঙ্গা নিয়ে গঠিত যা নির্দিষ্ট কার্য সম্পাদনে নিয়োজিত। তাই পৌষ্টিকতন্ত্রের অংশ পাকস্থলী এবং ক্ষুদ্রান্ত্র গৃহীত খাদ্যের পরিপাকে সাহায্য করে। অস্থি এবং পেশির সমন্বয়ে গঠিত পেশি-কঙ্কালতন্ত্র আমাদের শরীরের বিভিন্ন অংশকে একত্রে ধরে রাখে এবং দেহের নড়াচড়ায় সাহায্য করে।

শরীরে কোনো রোগ দেখা দিলে দেহের এক বা একাধিক তন্ত্রের কাজের পরিবর্তন ঘটে এবং এই পরিবর্তন ক্রমশ দেহকে অসুস্থ করে। এই পরিবর্তনগুলোর ফলে দেহে রোগের লক্ষণ ও উপসর্গ দেখা দেয়। রোগের উপসর্গ বলতে সেগুলোকেই বোঝায় যার ফলে আমরা অসুস্থ বোধ করি। যেমন, মাথা ব্যাথা, সর্দি বা কফ, পাতলা পায়খানা, পূঁজযুক্ত ক্ষত ইত্যাদি এই সবই হল কোনো না কোনো রোগের উপসর্গ। এই রোগের উপসর্গগুলো কোনো কোনো রোগের ইঙ্গিতবহ কিন্তু নির্দিষ্ট রোগটিকে নির্দেশ করে না। উদাহরণ হিসাবে বলা যায় মাথাব্যথা উপসর্গটি পরীক্ষার চাপজনিত কারণে বা কদাচিৎ মেনিনজাইটিসের কারণে অথবা আরোও বিভিন্ন বহু রোগের যে-কোনো একটির কারণে হতে পারে। একজন চিকিৎসক উপসর্গের ভিত্তিতে রোগীর দেহে যে রোগ-বৈশিষ্ট্য দেখতে পান তাকেই রোগ-লক্ষণ বলে। চিকিৎসক রোগের সঠিক কারণ নির্ণয় করতে ল্যাবরেটরিতে কিছু পরীক্ষাও করাতে পারেন।

13.2.2 স্বল্পস্থায়ী এবং দীর্ঘস্থায়ী রোগ

কোনো একটি নির্দিষ্ট রোগের লক্ষণের প্রকার বিভিন্ন কারণের ওপর নির্ভর করে। কিছু রোগ দেহে খুব অল্প সময়ের জন্য স্থায়ী হয়। এদেরকে স্বল্পস্থায়ী রোগ (Acute disease)বলে। যেমন অভিজ্ঞতা থেকে আমরা সবাই জানি সর্দিজ্বর মাত্র কয়েকদিনের জন্য স্থায়ী হয়। অপরপক্ষে, অন্য এমন কিছু রোগ রয়েছে যেগুলো দীর্ঘ সময় এমনকি সারাজীবন ধরেও দেহে স্থায়ী হতে পারে। এদেরকে দীর্ঘস্থায়ী রোগ (Chronic disease)বলে। উদাহরণ হিসেবে গোদ রোগের সংক্রমণের কথা উল্লেখ করা যায় যা ভারতবর্ষের কিছু অংশে প্রায়ই দেখা যায়। এছাড়া হাঁপানিও একটি দীর্ঘস্থায়ী রোগের উদাহরণ।

কাজ 13.5

- নিম্নলিখিত বিষয়গুলোর ওপর তথ্য সংগ্রহের জন্য এলাকায় একটি সমীক্ষা করো:
  1। বিগত তিন মাসে কতজন লোক স্বল্পস্থায়ী রোগে আক্রান্ত হয়েছে?
  2। ওই একই সময়ে (তিন মাস) কতজন দীর্ঘস্থায়ী রোগে আক্রান্ত হয়েছে?
  3। সর্বশেষ হিসাব অনুযায়ী এখন পযন্ত তোমার এলাকায় মোট কতজন লোক দীর্ঘস্থায়ী রোগে আক্রান্ত।
- প্রশ্ন (1) এবং (2) — এর উত্তর কি আলাদা হবে?
- প্রশ্ন (2) এবং (3) — এর উত্তর কি ভিন্ন হবে?
- এই পার্থক্যের কারণ সম্পর্কে তোমার ধারণা কী? এই এলাকার জনগণের সাধারণ স্বাস্থ্যের উপর এই পার্থক্যের কোনো প্রভাব পড়বে কি? — তোমার অভিমত ব্যক্ত করো।

13.2.3 দীর্ঘস্থায়ী রোগ এবং দুর্বল স্বাস্থ্য

স্বল্পস্থায়ী এবং দীর্ঘস্থায়ী দুই ধরনের রোগই আমাদের স্বাস্থ্যকে বিভিন্নভাবে প্রভাবিত করে। যেকোন রোগই দেহের স্বাভাবিক ক্রিয়াকলাপকে ব্যহত করে এবং সাধারণ স্বাস্থ্যকে প্রভাবিত করে। কারণ সুস্বাস্থ্যের জন্য দেহের সব অংশেরই সঠিক ক্রিয়াশীলতার প্রয়োজন। কিন্তু স্বল্পস্থায়ী রোগ খুব কম সময়ের জন্য দেহে

স্থায়ী হয় এবং সময়ের স্বল্পতার দরুণ তা সাধারণ স্বাস্থ্যকে তেমনভাবে প্রভাবিত করতে পারে না। আবার দীর্ঘস্থায়ী রোগ দেহে দীর্ঘসময় স্থায়ী হয় বলে দেহকে অনেকটাই প্রভাবিত করে।

উদাহরণস্বরূপ, সর্দি-কাশির কথা ভাবো, যার দ্বারা আমরা সময় সময় আক্রান্ত হই। আক্রান্তদের মধ্যে অধিকাংশই প্রায় এক সপ্তাহের মধ্যে সুস্থ হয়ে ওঠে এবং তা আমাদের স্বাস্থ্যের উপর তেমন কোনো স্থায়ী প্রভাব ফেলে না। কিন্তু আমরা যদি ফুসফুসের যক্ষ্মা রোগের মতো কোনো দীর্ঘস্থায়ী রোগে আক্রান্ত হই, তাহলে রোগের দীর্ঘস্থায়িত্বের কারণে আমরা দীর্ঘদিন অসুস্থ থাকি। ফলস্বরূপ দেহের ওজন কমে যায় এবং সবসময় ক্লান্তি বোধ হয়।

স্বল্পস্থায়ী যে-কোনো রোগে আক্রান্ত হলে আমরা বেশ কিছু দিন পর্যন্ত বিদ্যালয়ে যেতে পারি না। কিন্তু কোনো দীর্ঘস্থায়ী রোগের আক্রমণ আমাদেরকে বিদ্যালয়ের পঠন-পাঠনে অমনোযোগী করে তোলে এবং এর ফলে আমাদের শিখন ক্ষমতাও হ্রাস পায়। অন্যভাবে বলতে গেলে, দেহে কোনো দীর্ঘস্থায়ী রোগের উপস্থিতি আমাদের সাধারণ স্বাস্থ্যের ওপর এমন দীর্ঘমেয়াদি প্রভাব ফেলে যা কিনা দীর্ঘসময় আমাদের স্বাস্থ্যকে খারাপ রাখে। সুতরাং, স্বল্পস্থায়ী রোগের তুলনায় দীর্ঘস্থায়ী রোগ স্বাস্থ্যের ওপর মারাত্মক দীর্ঘমেয়াদি প্রভাব ফেলতে পারে।

13.2.4 রোগের কারণসমূহ

কোনো একটি রোগের কারণ নিয়ে অনুসন্ধান করতে গেলে আমাদের অবশ্যই মনে রাখতে হবে যে এই সব কারণগুলোর বিভিন্ন বিবেচ্য স্তর রয়েছে। চলো, একটি উদাহরণ নিয়ে দেখা যাক। যদি কোনো শিশুর পাতলা পায়খানা হয়, আমরা এটা অনুমান করতে পারি যে, সম্ভবত কোনো সংক্রমণজনিত কারণে এই রোগ দেখা দিয়েছে।

কিন্তু পরবর্তী প্রশ্নটি হল—এই সংক্রমণের উৎস কোথায়? মনে করো, এই সংক্রমণ শিশুটিকে অপরিশোধিত জল পান করানোর ফলে ঘটেছে। অনেক শিশুই অপরিশোধিত জল পান করে। কিন্তু কেবল এই শিশুটিরই পাতলা পায়খানা হল কেন, যেখানে বাকি শিশুরা সুস্থ আছে।

এর একটি কারণ হতে পারে যে শিশুটির স্বাস্থ্য ভালো নয়। এর ফলে সংক্রমণ ঘটার সম্ভাব্য স্থানের সংস্পর্শে এলেই শিশুটি আক্রান্ত হচ্ছে। কিন্তু দেখা যায় স্বাস্থ্যবান শিশুরা আক্রান্ত হচ্ছেনা। এই শিশুটির স্বাস্থ্য ভালো নয় কেন? হয়তো শিশুটি সঠিক পরিচর্যা পায়নি এবং সে তার প্রয়োজনমত খাদ্যও পায়নি। সুতরাং রোগসৃষ্টির দ্বিতীয় কারণটি হলো সঠিক পরিচর্যার অভাব। এখন ভাবো শিশুটি সঠিক পরিচর্যা পায়নি কেন? হয়তো বা শিশুটি দরিদ্র পরিবারের সন্তান। আবার এটাও হতে পারে যে এই আক্রান্ত শিশুর সাথে বাকি সুস্থ শিশুদের জিনগত পার্থক্য রয়েছে যার কারণে সে জীবাণুর সংস্পর্শে আসতেই অতি সহজেই আক্রান্ত হচ্ছে। তবে জীবাণুর সংক্রমণ ছাড়া জিনগত ভিন্নতা বা সঠিক পরিচর্যার অভাব এককভাবে এই পাতলা পায়খানার কারণ হতে পারেনা। কিন্তু এগুলো রোগের সহযোগী কারণ হতে পারে। শিশুটি কেন পরিস্রুত পানীয় জল পেল না? সম্ভবত যেখানে শিশুটির পরিবার বসবাস করে সেখানকার জনসেবা ব্যবস্থা ত্রুটিপূর্ণ। সুতরাং রোগ সৃষ্টির তৃতীয় কারণটি হল শিশুটির দারিদ্র্য এবং ত্রুটিপূর্ণ জনসেবা ব্যবস্থা।

এখন এটা স্পষ্ট যে রোগ সৃষ্টির মূলে কিছু তাৎক্ষণিক এবং কিছু সহায়ক কারণ রয়েছে। তবে এটাও ঠিক যে বেশিরভাগ রোগ সৃষ্টির জন্যই একটি নয় একাধিক কারণ দায়ী।

13.2.5 সংক্রামক এবং অসংক্রামক রোগের কারণসমূহ

আমরা দেখেছি যে যখনই আমরা কোনো রোগের কারণ নিয়ে ভাবি তখন আমাদেরকে জনস্বাস্থ্য ও সামাজিক স্বাস্থ্য নিয়ন্ত্রণকারী প্রভাবকগুলোর কথাও মাথায় রাখতে হয়। আমরা এই বিষয়ক চর্চাটিকে আরোও এগিয়ে নিয়ে যেতে পারি। রোগগুলো দুটি স্বতন্ত্র ধরনের হওয়ায় এদের তাৎক্ষণিক কারণগুলো নিয়ে ভাবা প্রয়োজন। এদের মধ্যে একটি কারণ হল সংক্রামক জীব দ্বারা রোগ সৃষ্টি। এই জীবগুলো মূলত জীবাণু বা অণুজীব। যে সব রোগের তাৎক্ষণিক কারণ অণুজীব সংক্রমণ, সেগুলোকে বলা হয় সংক্রামক রোগ। জীবসম্প্রদায়ের মধ্যে অণুজীবের বিস্তারের সাথে সাথে এদের মাধ্যমে সৃষ্ট রোগগুলোও এদেরই মাধ্যমে ছড়িয়ে পড়ে।

ভেবে দেখো

১। সব ধরনের রোগই কি কোনো অসুস্থ ব্যক্তির সংস্পর্শে এলে ছড়িয়ে পড়ে?

২। কোন্ কোন্ রোগগুলো এভাবে ছড়ায় না?

৩। যে সব রোগগুলো আক্রান্ত ব্যক্তির সংস্পর্শে এলে ছড়িয়ে পড়ে সেই রোগগুলির সৃষ্টি দেহে হয় কীভাবে?

অন্যদিকে, এমন বেশ কিছু রোগও রয়েছে যা সংক্রমণের ফলে ঘটে না। এদের কারণ ভিন্ন ভিন্ন হয়। অণুজীবের মাধ্যমে যেভাবে কোনো সম্প্রদায়ের মধ্যে রোগ ছড়িয়ে পড়ে সে রকম কোনো বাহ্যিক কারণে এধরণের রোগ সৃষ্টি হয় না। এই রোগগুলো মূখ্যত আভ্যন্তরীণ, অসংক্রামক কারণ দ্বারা সৃষ্ট।

উদাহরণস্বরুপ, কিছু ক্যান্সারের জন্য জিনগত অস্বাভাবিকতাই দায়ী। দেহের ওজন অস্বাভাবিকভাবে বেড়ে গেলে এবং শারীরিক কসরত না করলে উচ্চ রক্তচাপজনিত সমস্যা দেখা দিতে পারে। তুমি আরও বেশ কিছু রোগের কথা ভাবতে পারো যেক্ষেত্রে রোগ সৃষ্টির তাৎক্ষনিক কারণ সংক্রমণ নয়।

পেপটিক আলসার এবং নোবেল পুরস্কার

বহু বছর ধরে এই ধারণাই প্রচলিত ছিল যে জীবনশৈলীর কারণেই পেপটিক আলসার হয়। উল্লেখ্য, এই রোগে পাকস্থলী ও ক্ষুদ্রান্ত্রের ডিওডেনামে অম্লতা বৃদ্ধিজনিত ব্যথা এবং রক্তক্ষরণ হয়। সবাই এটাই ভাবত যে জীবনযাপনের ক্ষেত্রে অত্যধিক চাপ বৃদ্ধিজনিত কারণে পাকস্থলীতে অ্যাসিডের মাত্রাতিরিক্ত ক্ষরণ ঘটে এবং এর ফলশ্রুতিতেই পেপটিক আলসার দেখা দেয়।

তখনই দুই অস্ট্রেলিয় বিজ্ঞানী আবিষ্কার করেছিলেন যে *Helicobacter pylori* নামক ব্যাকটেরিয়া পেপটিক আলসার সৃষ্টির জন্য দায়ী। অস্ট্রেলিয়ার পার্থ অঞ্চলের প্যাথোলজিস্ট Robin Warren (জন্ম-1937) বহু রোগীর পাকস্থলীর নিম্নাংশে এই ধরনের ক্ষুদ্র বাঁকানো ব্যাকটেরিয়া দেখতে পান। তিনি লক্ষ করেন যে প্রদাহের লক্ষণগুলো সর্বদা পাকস্থলীর ব্যাকটেরিয়া সংলগ্ন অঞ্চলে সীমাবদ্ধ। Barry Marshall (জন্ম-1951) অস্ট্রেলিয়ার একজন তরুণ চিকিৎসক, Warren-এর গবেষণালব্ধ ফলাফল দ্বারা অনুপ্রাণিত হন এবং সেইসব উৎস থেকে সংগৃহীত ব্যাকটেরিয়ার কর্ষণ করতে সফল হন।

রোগীর চিকিৎসার সময় Marshall এবং Warren দেখে ছিলেন যে পাকস্থলীতে উপস্থিত ব্যাকটেরিয়াগুলোকে মেরে ফেললেই পেপটিক আলসারের রোগী সুস্থ হয়ে ওঠে। marshall এবং Warren -এর এই যুগান্তকারী আবিষ্কারের ফলেই পেপটিক আলসার রোগ এখন আর প্রায়শই ভুগতে হয় এমন কোনো দীর্ঘস্থায়ী রোগ নয়, বরং

অ্যান্টিবায়োটিক প্রয়োগে খুব স্বল্প সময়েই এই রোগটিকে সারিয়ে তোলা যায়।

এই কৃতিত্বের জন্যই Marshall এবং Warren 2005 সালে (চিত্রে দেখানো হয়েছে) শারীরবিদ্যা ও চিকিৎসাবিদ্যায় নোবেল পুরস্কার লাভ করেন।

সামাজিকস্তরে রোগ ছড়ানোর উপায়, এর চিকিৎসা পদ্ধতি এবং এর প্রতিরোধের উপায় ভিন্ন ভিন্ন রোগের ক্ষেত্রে ভিন্ন ভিন্ন হয়। এটি অনেকটাই নির্ভর করে রোগ সৃষ্টির তাৎক্ষণিক কারণগুলো সংক্রমণজনিত নাকি সংক্রমণজনিত নয় তার উপর।

প্রশ্নাবলি

১. এমন তিনটি কারণের উল্লেখ করো যাতে তুমি নিজেকে অসুস্থ বলে ভাবছ এবং চিকিৎসকের পরামর্শ নেবে বলে ভাবছ। যদি এদের মধ্যে একটি উপসর্গও দেখা দেয়, তবেও কি তুমি চিকিৎসকের পরামর্শ নেবে? কেন নেবে অথবা কেন নেবে না?

২. নিম্নলিখিত অবস্থাগুলোর মধ্যে কোন্‌টিতে তোমার শরীরের উপর দীর্ঘস্থায়ী ক্ষতিকারক প্রভাব পড়ার সম্ভাবনা রয়েছে বলে তুমি মনে কর এবং কেন?

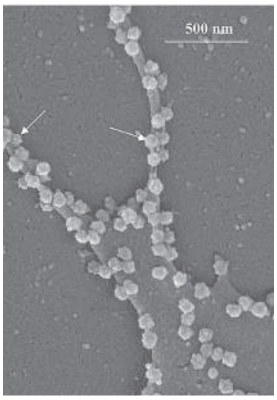
- যদি তোমার জন্ডিস হয়।
- যদি তোমার দেহে উকুনের সংক্রমণ হয়।
- যদি তোমার মুখে ব্রণ দেখা দেয়।

13.3 সংক্রামক রোগসমূহ (Infectious Diseases)

13.3.1 সংক্রমণ সৃষ্টিকারী জীবসমূহ

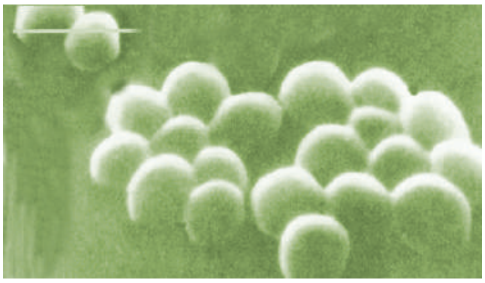
আমরা দেখেছি যে পৃথিবীর বৈচিত্র্যপূর্ণ জীবগোষ্ঠীকে কয়েকটি বিভাগে শ্রেণিবিভক্ত করা যেতে পারে। বিভিন্ন জীবে উপস্থিত সাধারণ বৈশিষ্ট্যের উপর ভিত্তি করে এই শ্রেণিবিন্যাস করা হয়। রোগ সৃষ্টিকারী জীবদেরকে শ্রেণিবিন্যাসের বিভিন্ন বিভাগে বিস্তৃত অঞ্চল জুড়ে পাওয়া যায়। রোগসৃষ্টিকারী জীবদের মধ্যে রয়েছে কিছু ভাইরাস, কিছু ব্যাকটেরিয়া, কিছু ছত্রাক, কিছু এককোশী প্রাণী বা প্রোটোজোয়া (চিত্র: 13.1)। আবার কিছু রোগ বহুকোশী জীবের সংক্রমণেও ঘটে। যেমন— বিভিন্ন ধরনের কৃমি।

ভাইরাসঘটিত কিছু পরিচিত রোগ হল সর্দি-কাশি, ইনফ্লুয়েঞ্জা, ডেঙ্গু জ্বর এবং AIDS। টাইফয়েড জ্বর, কলেরা, যক্ষ্মা এবং অ্যানথ্রাক্স এর মতো রোগগুলো ব্যাকটিরিয়াঘটিত। বিভিন্ন ধরনের ছত্রাক ত্বকের সংক্রমণ ঘটায়। কিছু প্রোটোজোয়া-অণুজীব ম্যালেরিয়া এবং কালাজ্বরের মতো পরিচিত রোগ সৃষ্টি করে। আমরা সবাই ক্ষুদ্রান্ত্রে কৃমির সংক্রমণের সাথে পরিচিত। এছাড়া বিভিন্ন প্রজাতির কৃমি গোদের মতো কিছু রোগও সৃষ্টি করে।

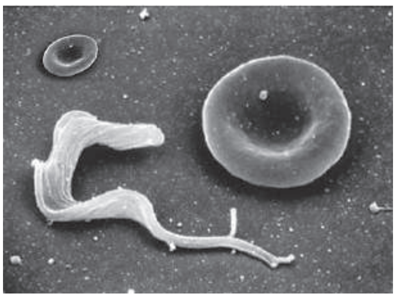


চিত্র 13.1 (A) : সংক্রমিত কোশের বহি:প্রাচীর বিদীর্ণ করে বেরিয়ে আসা SARS ভাইরাসের চিত্র (তির চিহ্নের সাহায্যে দেখানো হয়েছে)। চিত্রে দেখানো স্কেল লাইনের সাহায্যে 500 নেনোমিটার বোঝানো হয়েছে, যা এক মাইক্রোমিটারের অর্ধেক এবং এক মিলিমিটারের এক হাজার ভাগের একভাগ হয়। এই স্কেল লাইনটি থেকে জীবগুলি যে কত ছোটো এর ধারণা পাওয়া যায়।

Courtesy : Emerging Infectious Diseases, a journal of CDC, U.S.



চিত্র 13.1 (B) : ব্রন সৃষ্টিকারী ব্যাকটেরিয়া স্টেফাইলোকক্কাসের চিত্র। চিত্রের বাম বার্শ্বে উপরের দিকে প্রদত্ত স্কেলটি 5 মাইক্রোমিটার লম্বা।



চিত্র 13.1 (C) : ঘুম রোগ সৃষ্টিকারী প্রোটোজোয়া Tryparosoma এর চিত্র। জীবটি যে কত ছোটো সে সম্পর্কে ধারণা পাওয়ার জন্য একে একটি ছোটো ডিম আকৃতির লোহিত রক্ত কণিকার সাথে দেখানো হয়েছে।

Copyright : Oregon Health and Science, University, U.S.

চিত্র 13.1. (D) : কালা জ্বর সৃষ্টিকারী প্রযোজোয়া Leishmania-র চিত্র। জীবগুলি ডিম্বাকার এবং প্রত্যেকের একটি চাবুকের মতো গঠন রয়েছে। তীর চিহ্ন দ্বারা দেখানো জীবটি বিভাজিত হচ্ছে। চিত্রের নিচের ডান দিকের অংশে রদেখা যাচ্ছে যে একটি অনাক্রম্য কোশ বিভাজনশীল কোশটিকে আটকে রেখেছে এবং ঐ অনাক্রম্য কোশ থেকে নির্গত প্রবর্ধকগুলি জীবটিকে ভক্ষণ করার জন্য ঘিরে রয়েছে। অনাক্রম্য কোশটির ব্যাস প্রায় দশ (10mm) মাইক্রোমিটার

চিত্র 13.1 (E) : ক্ষুদ্রান্ত্রে প্রাপ্ত একটি পরিণত গোলকৃমির (Ascaris lumbricoides) চিত্র। জীবটির পাশে 4 cm-এর একটি স্কেল রয়েছে যার সাহায্যে আমরা জীবটির আকার সম্পর্কে ধারণা পেতে পারি।

বিভিন্ন গোষ্ঠীর সংক্রামক জীবদের নিয়ে চিন্তা ভাবনা করা কেন এত গুরুত্বপূর্ণ? এর উত্তর হল এই যে রোগ নিরাময়ে কি ধরনের চিকিৎসা পদ্ধতি ব্যবহৃত হবে তা নির্ণয়ে এই বিশেষ জীবগোষ্ঠীগুলো গুরুত্বপূর্ণ প্রভাবক হিসাবে কাজ করে। একেকটি জীবগোষ্ঠীর প্রতিটি সদস্যের মধ্যে বহু জীবজ বৈশিষ্ট্যের মিল রয়েছে। এই জীবগোষ্ঠীর মধ্যে রয়েছে ভাইরাস, ব্যাকটিরিয়া ইত্যাদি।

উদাহরণস্বরূপ সব ভাইরাসই অন্ত:পরজীবী অর্থাৎ পোষক জীব কোশের ভেতরে বাস করে। অপরদিকে খুব কম ব্যাকটিরিয়াই আছে যারা অন্ত:পরজীবী হয়। কৃমির তুলনায় ভাইরাস, ব্যাকটিরিয়া এবং ছত্রাকেব সংখ্যা বৃদ্ধি দ্রুত ঘটে। ভাইরাস গোষ্ঠীর সাথে ব্যাকটেরিয়াগোষ্ঠীর সম্পর্কের তুলনায় ব্যাকটিরিয়া গুলো নিজেদের মধ্যে অধিক সম্পর্কযুক্ত হয় এবং এই ঘটনাটি বিপরীত ভাবেও সত্যি। এর অর্থ হল এই যে বহু গুরুত্বপূর্ণ জৈবিক প্রক্রিয়াগুলো সব ব্যাকটিরিয়ার ক্ষেত্রে একই রকমভাবে ঘটে কিন্তু এগুলো ভাইরাসের ক্ষেত্রে আবার ভিন্নভাবে ঘটে। এই কারণে যদি কোনো ড্রাগ একটি গোষ্ঠীর কোনো এক সদস্যের কোনো একটি জৈবনিক প্রক্রিয়াকে বন্ধ করে, তাবে সেই ড্রাগটি সেই গোষ্ঠীর অন্য জীবের ক্ষেত্রেও একইভাবে কার্যকরী হওয়ার সম্ভাবনা রয়েছে। কিন্তু একই ড্রাগ অন্য গোষ্ঠীর জীবাণুদের উপর কার্যকরী হবে না।

উদাহরণস্বরূপ, অ্যান্টিবায়োটিকের কথা ধরা যাক। এগুলো সাধারণত ব্যাকটিরিয়ার গুরুত্বপূর্ণ জৈবরাসায়নিক প্রক্রিয়াগুলোকে বন্ধ করে দেয়। যেমন, অনেক ব্যাকটেরিয়া নিজেদের সুরক্ষার কোশপ্রাচীর তৈরি করে। পেনিসিলিন অ্যান্টিবায়োটিকটি ব্যাকটিরিয়ার কোশপ্রাচীর গঠন প্রক্রিয়াকে বন্ধ করে দেয়। এর ফলে বর্ধনশীল ব্যাকটিরিয়া কোশপ্রাচীর তৈরি করতে পারে না, তাই খুব সহজেই মারা যায়। মানবদেহের কোশগুলো কোশপ্রাচীর বিহীন হওয়ায় এদের উপর পেনিসিলিনের কোনো প্রভাব পড়ে না। যে সব ব্যাকটিরিয়ায় একই পদ্ধতিতে কোশপ্রাচীর তৈরি হয় পেনিসিলিন সেই সব ব্যাকটিরিয়াগুলোকে ধ্বংস করে। একইভাবে বহু অ্যান্টিবায়োটিক ড্রাগ শুধুমাত্র একটি ব্যাকটিরিয়ার বিরুদ্ধে কাজ করে এমন নয়, এরা বিভিন্ন প্রজাতির ব্যাকটিরিয়ার বিরুদ্ধেও কাজ করে। কিন্তু ভাইরাসে কোশপ্রাচীর গঠনকারী কোনো বিক্রিয়া পথ না থাকায়, ভাইরাস-সংক্রমণ রোধে অ্যান্টিবায়োটিক কোনো কাজে আসে না। উদাহরণ হিসাবে বলা যায় সাধারণ সর্দি-জ্বরে অ্যান্টিবায়োটিক প্রয়োগে রোগের প্রাবল্য বা স্থিতিকাল কোনোটাই হ্রাস পায় না। তবে সর্দি-জ্বরের সাথে যদি ব্যাকটিরিয়ার সংক্রমণও ঘটে সেক্ষেত্রে অ্যান্টিবায়োটিকের ব্যবহার ফলদায়ী হয়। এক্ষেত্রে অ্যান্টিবায়োটিক শুধুমাত্র ব্যাকটিরিয়ার সংক্রমণের বিরুদ্ধেই কাজ করবে, কিন্তু ভাইরাস সংক্রমণের বিরুদ্ধে কোনো কাজ করবে না।

কাজ — ***13.5***

- সম্প্রতি তোমাদের শ্রেণিকক্ষের কতজন সহপাঠী সর্দি/কাশি/জ্বরে আক্রান্ত হয়েছো তা বের করো।
- তোমরা কতদিন ধরে রোগে ভুগেছিলে?
- তখন তোমাদের মধ্যে কতজন অ্যান্টিবায়োটিক ব্যবহার করেছ? (তোমরা অ্যান্টিবায়োটিক নিয়েছ কিনা তা তোমাদের পিতামাতার কাছ থেকে জেনে নাও।)
- যারা অ্যান্টিবায়োটিক ব্যবহার করেনি তারাই বা কতদিন অসুস্থ ছিল?
- যারা অ্যান্টিবায়োটিক ব্যবহার করেছে এবং যারা করেনি এই দুই দলের মধ্যে কোনো পার্থক্য লক্ষ করা গেছে কি?
- যদি হ্যাঁ হয় তাহলে কেন? যদি না হয় তাহলেই বা কেন নয়?

13.3.2 রোগ বিস্তারের মাধ্যম

সংক্রামক রোগ কীভাবে ছড়ায়? সংক্রমণ সৃষ্টিকারী বহু অণুজীব সাধারণত একজন আক্রান্ত ব্যক্তি থেকে অন্য ব্যক্তির দেহে বিভিন্ন উপায়ে ছড়িয়ে পড়তে পারে। অন্যভাবে বলতে গেলে, এই রোগগুলো এক দেহ থেকে অন্য দেহে সংক্রমিত হতে পারে বলে এদেরকে সংক্রামক রোগ বলে।

এই ধরনের রোগ সৃষ্টিকারী অণুজীব বায়ুর মাধ্যমে ছড়িয়ে পড়তে পারে। সংক্রমিত ব্যক্তির হাঁচি বা কাশির সাথে বেরিয়ে আসা অতিসুক্ষ্ম জলকণার মাধ্যমেই এই সব রোগসৃষ্টিকারী জীবাণু ছড়িয়ে পড়ে। আক্রান্ত ব্যক্তির খুব কাছে থাকা কোনো ব্যক্তি এই সব জীবাণুবহনকারী জলীয় কণা প্রশ্বাসের মাধ্যমে গ্রহণ করে এবং এভাবেই অণুজীবগুলো নতুনভাবে সংক্রমণ ঘটানোর একটি সুযোগ পায়। বায়ুর মাধ্যমে ছড়িয়ে পড়ে এমন রোগগুলোর মধ্যে রয়েছে সর্দি-কাশি, নিউমোনিয়া এবং যক্ষ্মা।

সর্দি-কাশিতে আক্রান্ত ব্যক্তির সংস্পর্শে এসে আক্রান্ত হওয়ার অভিজ্ঞতা আমাদের সকলেরই রয়েছে। স্পষ্টতই এলাকা যত ঘন জনবসতিপূর্ণ হবে বায়ু বাহিত রোগের ছড়িয়ে পড়ার সম্ভাবনাও তত বেশি হবে।

জলের মাধ্যমেও রোগ ছড়াতে পারে। কলেরার মতো আন্ত্রিক

রোগে আক্রান্ত কোনো ব্যক্তির মলমূত্র পানীয় জলের উৎসে মিশে গেলে এবং পার্শ্ববর্তী অঞ্চলের লোকজন সেই জল ব্যবহার করার ফলে জলবাহিত রোগ ছড়িয়ে পড়ে। জলপানের মাধ্যমে কলেরা সৃষ্টিকারী জীবাণু একজন সুস্থ ব্যক্তির দেহে প্রবেশ করে এবং তাদের দেহে রোগ সৃষ্টি করে। নিরাপদ পানীয় জলের সরবরাহ সুনিশ্চিত না হলে এই ধরনের রোগ ছড়িয়ে পড়ার সম্ভাবনা বেড়ে যায়।

দুটি লোকের শারীরিকভাবে পরস্পরের খুব কাছাকাছি আসার সম্ভাবনাগুলোর মধ্যে একটি হচ্ছে যৌনসংসর্গ। আশ্চর্যজনক হলেও এটা সত্যি যে বাস্তবে কিছু অণুজীব-সংক্রমিত রোগ যেমন— সিফিলিস, AIDS যৌনসংসর্গের মাধ্যমে এক ব্যক্তি থেকে তার সঙ্গীর দেহে ছড়িয়ে পড়ে। তবে কখনোই নিছক শারীরিক সংস্পর্শের মাধ্যমে এই ধরনের যৌন সংক্রমিত রোগগুলো ছড়িয়ে পড়ে না। নিছক শারীরিক সংস্পর্শর বলতে করমর্দন বা আলিঙ্গান বা মল্লযুদ্ধের মতো ক্রিড়া বা অন্য সামাজিক সংস্কার, যেখানে আমরা একে অপরকে স্পর্শ করি সেগুলোকে বোঝায়। যৌনসংসর্গ ছাড়াও AIDS সৃষ্টিকারী জীবাণু (HIV) আরো কিছু উপায়ে যেমন- সুস্থ ব্যক্তির রক্ত আক্রান্ত ব্যক্তির সংস্পর্শে এলে, গর্ভাবস্থায় আক্রান্ত মা থেকে তার শিশুতে বা স্তন্যদানের মাধ্যমেও ছড়িয়ে পড়তে পারে।

আমরা এমন একটি পরিবেশে বসবাস করি যেখানে আমরা ছাড়াও অন্যান্য আরও বহু জীব বসবাস করে। সুতরাং, এটা অনিবার্য যে কিছু রোগ অন্য প্রাণীদের দ্বারাও সংক্রমিত হবে। এই সব প্রাণীরা একজন অসুস্থ ব্যক্তি থেকে রোগ সংক্রামক জীবাণু একজন উপযুক্ত পোষকের দেহে প্রবেশ করায়। অতএব এই সব প্রাণীরা মধ্যস্থতাকারী জীব হিসাবে পরিগণিত হয় এবং এদেরকে বাহক বা ভেক্টর বলা হয়।

চিত্র 13.2 : রোগ সংক্রমণের সাধারণ পদ্ধতিসমূহ

আমরা জানি মশা খুবই সাধারণ একটি বাহক। মশার বহু প্রজাতিতে স্ত্রী মশা পরিণত ডিম উৎপাদনের জন্য উচ্চ পুষ্টিগুণসম্পন্ন খাদ্যের উৎস হিসাবে রক্ত পান করে। মশা মানুষসহ বিভিন্ন উষ্ণশোনিত প্রাণীর উপর এই রক্তের জন্য নির্ভরশীল। রক্ত পান করার সময় এরা এক ব্যক্তি থেকে অপর ব্যক্তির মধ্যে রোগের সংক্রমণ ঘটাতে পারে।

13.3.3 অঙ্গানির্দিষ্ট এবং কলানির্দিষ্ট রোগের প্রকাশ

রোগসৃষ্টিকারী অণুজীবেরা বিভিন্নভাবে দেহে প্রবেশ করে। তারপর এরা কোথায় যায়? জীবাণুর তুলনায় আমাদের দেহ অনেকটাই বড়ো। সুতরাং আমাদের দেহে অনেক সম্ভাব্য স্থান, অঙ্গ অথবা কলা রয়েছে যেখানে এরা প্রবেশ করতে পারে। সব জীবাণুই কি একই কলা বা অঙ্গো প্রবেশ করে নাকি এরা দেহের ভিন্ন ভিন্ন কলা বা অঙ্গো প্রবেশ করে?

দেহের বিভিন্ন অংশকে বাসস্থান হিসাবে নির্বাচনের জন্য বিভিন্ন প্রজাতির অণুজীবদের মধ্যে বিশেষ বৈশিষ্ট্য পরিলক্ষিত হয়। এই স্থান নির্বাচন এদের প্রবেশপথের সাথে সম্পর্কিত। যদি এরা বায়ু থেকে নাকের মাধ্যমে প্রবেশ করে তাহলে এরা ফুসফুসে যেতে পারে। এই ঘটনাটি যক্ষ্মারোগ সৃষ্টিকারী ব্যাকটিরিয়ায় দেখা যায়। যদি এরা মুখগহ্বরের মাধ্যমে প্রবেশ করে তাহলে এরা পাকস্থলীর প্রাকারে অবস্থান করে। যেমন- টাইফয়েড সৃষ্টিকারী ব্যাকটিরিয়া। কিছু জীবাণু আবার যকৃতেও যেতে পারে। যেমন- জন্ডিস সৃষ্টিকারী ভাইরাস।

কিন্তু সবসময় যে এভাবেই সংক্রমণ ঘটবে এটা ভাবা ঠিক নয়। HIV যৌনাঙ্গের মাধ্যমে দেহে প্রবেশ করে এবং সারা দেহের লসিকা গুটিতে ছড়িয়ে পড়ে। ম্যালেরিয়া সৃষ্টিকারী অণুজীব মশার কামড়ের মাধ্যমে দেহে প্রবেশ করার পর প্রথমে যকৃতে যায় এবং সেখান থেকে বেরিয়ে লোহিত রক্ত কণিকায় প্রবেশ করে। একইভাবে, জাপানী এনকেফেলাইটিস্ অথবা মস্তিষ্ক প্রদাহ (Brain Fever) সৃষ্টিকারী ভাইরাস মশার কামড়ের মাধ্যমে দেহে প্রবেশ করে এবং মস্তিষ্কে সংক্রমণ ঘটায়।

কোনো রোগের উপসর্গ এবং লক্ষণের প্রকাশ দেহের কোন্ কলায় বা অঙ্গো জীবাণু সংক্রমণ ঘটেছে, তার উপর নির্ভর করবে। যদি ফুসফুস আক্রান্ত হয়, তবে এর লক্ষণ হবে কাশি এবং শ্বাসকষ্ট। লিভার বা যকৃৎ আক্রান্ত হলে দেখা দেবে জন্ডিস। আবার যদি মস্তিষ্কে সংক্রমণ ঘটে তবে মাথাব্যথা, বমি বমি ভাব এবং সজ্ঞালোপ পাওয়া ইত্যাদি লক্ষণগুলো প্রকাশ পায়। তবে কোনো কলা বা অঙ্গো সংক্রমণ ঘটেছে এবং এরা দেহে কী ধরনের কাজে নিযুক্ত রয়েছে তা জানতে পারলেই সংক্রমণের লক্ষণ ও উপসর্গ সম্পর্কে ধারণা পেতে পারি।

এই কলাভিত্তিক লক্ষণ ছাড়াও সংক্রামক রোগের আরও বেশ কিছু সাধারণ লক্ষণ দেখা যায়। এই সাধারণ লক্ষণগুলোর বেশিরভাগেরই প্রকাশের সংক্রমণ জনিত কারণে দেহের অনাক্রম্য তন্ত্র কতটা সক্রিয় হল তার উপর নির্ভর করে। একটি সক্রিয় অনাক্রম্যতন্ত্র আক্রান্ত কলাসমূহে উপস্থিত রোগসৃষ্টিকারী অণুজীবকে ধ্বংস করতে বহুসংখ্যক কোশকে নিয়োজিত করে। অনাক্রম্যতন্ত্রের এই নিযুক্তিকরণ প্রক্রিয়াকে প্রদাহ বলে। এই প্রক্রিয়ার অঙ্গ হিসেবে আক্রান্ত স্থান ফুলে ওঠে এবং ব্যথা অনুভূত হয়। এছাড়া সাধারণ লক্ষণ হিসেবে দেহে জ্বর আসে। কিছু কিছু ক্ষেত্রে সংক্রমণের ফলে কলা-নির্দিষ্ট লক্ষণগুলো, আপাতদৃষ্টিতে দেহের উপর খুবই সাধারণ প্রভাব ফেলে। সংক্রমণকালে HIV দেহের অনাক্রম্য তন্ত্রকে আক্রমণ করে এবং এর কার্যকারিতা বিনষ্ট করে। ফলে দৈনন্দিন জীবনের বহু ছোটোখাটো সংক্রমণকেও আমাদের দেহ প্রতিহত করতে পারে না। ফলস্বরূপ দেহে HIV-AIDS এর বহু লক্ষণ প্রকাশ পায়। যেমন প্রতিবার ঠান্ডা লাগা থেকেই নিউমোনিয়া হতে পারে এবং একইভাবে পৌষ্টিকনালীর অল্প বিস্তর সংক্রমণ থেকেই রক্তক্ষরণ সহ মারাত্মক ডায়ারিয়া হতে পারে। তাই দেখা যায় HIV-AIDS আক্রান্ত ব্যক্তি শেষপর্যন্ত এইসব সাধারণ সংক্রমণের ফলেই মারা যায়। এটাও মনে রাখা খুব জরুরি যে রোগের বহি:প্রকাশের প্রাবল্য দেহে উপস্থিত সংক্রামক জীবাণুর সংখ্যার উপরও নির্ভর করে। যদি জীবণুর সংখ্যা খুব নগণ্য হয় তবে রোগের লক্ষণের বহি:প্রকাশও ঘটে অতি সামান্য এবং এক্ষেত্রে রোগ-লক্ষণ প্রায় বোঝা যায় না বললেই চলে। আবার যদি জীবাণু অধিক সংখ্যায় আক্রান্ত ব্যক্তির দেহে উপস্থিত থাকে তবে রোগের প্রাবল্য এত বেশি হয় যে রোগির মৃত্যু পর্যন্ত ঘটতে পারে। আমাদের দেহে বসবাসকারী জীবাণুর সংখ্যা নির্ধারণ এবং নিয়ন্ত্রণে অনাক্রম্যতন্ত্র একটি প্রধান ভূমিকা গ্রহণ করে। এই অধ্যায়ের শেষের দিকে আমরা এ বিষয়ে আরও কিছু জানব।

13.3.4 চিকিৎসার নীতিসমূহ

তুমি অসুস্থ হলে, তোমাকে সুস্থ করে তুলতে তোমার পরিবার কী ভূমিকা নেবে বা কী কী পদক্ষেপ গ্রহণ করবে তা কখনো ভেবেছ কি? কিছুক্ষণ ঘুমিয়ে উঠার পর তুমি কিছুটা আরাম বোধ কর কেন? চিকিৎসা চলাকালীন সময়ের কোন্ পর্যায়ে ঔষধ ব্যবহারের প্রয়োজন হয়?

আমরা এ পর্যন্ত যা জেনেছি তার উপর ভিত্তি করে দুটি উপায়ে সংক্রামক রোগের চিকিৎসা করা যায়। এর মধ্যে একটি উপায় হল রোগের লক্ষণকে হ্রাস করা এবং অপরটি হল রোগসৃষ্টিকারী জীবাণুকে ধ্বংস করা। প্রথমক্ষেত্রে আমরা এমন চিকিৎসা পরিসেবা প্রদান করতে পারি যাতে রোগ লক্ষণ সমূহ হ্রাস পায়। আক্রান্ত স্থানের প্রদাহের কারনেই সাধারণত রোগলক্ষণগুলো প্রকাশপায়। উদাহরণ হিসাবে বলা যায়—আমরা জ্বর কমাতে, ব্যথা বা পাতলা পায়খানা সারাতে ঔষধ ব্যবহার করি। আমরা বিশ্রামে থেকেও অনেকটা শক্তি সঞ্চয় করতে পারি যা রোগ নিরাময়ে সাহায্য করে।

কিন্তু এই ধরনের লক্ষণভিত্তিক চিকিৎসায় দেহ অণুজীবমুক্ত হয় না এবং রোগও সারে না। এর জন্য দেহে উপস্থিত রোগ সৃষ্টিকারী অণুজীবদের মেরে ফেলা প্রয়োজন। তাহলে এখন ভাবতে হবে কিভাবে এই অণুজীবদের ধ্বংস করা সম্ভব। এর একটি উপায় হল ঔষধ প্রয়োগে অণুজীবদের ধ্বংস করা। আগে আমরা দেখেছি যে, অণুজীবদের কয়েকটি গোষ্ঠীতে শ্রেণিবিভক্ত করা যেতে পারে। এরা হল ভাইরাস, ব্যাকটিরিয়া, ছত্রাক এবং প্রোটোজোয়া। অণুজীবদের প্রতিটি গোষ্ঠীর মধ্যে এমন কিছু আবশ্যক জৈব রাসায়নিক প্রক্রিয়া দেখা যায় যা কেবলমাত্র ঐ গোষ্ঠীরই বিশেষ বৈশিষ্ট্য এবং অন্য কোনো গোষ্ঠীর জীবে ঐসব জৈব রাসায়নিক প্রক্রিয়াগুলো পরিলক্ষিত হয় না। এই প্রক্রিয়াগুলো বলতে নতুন বস্তুসমূহের সংশ্লেষণ প্রক্রিয়া অথবা শ্বসনে সংঘটিত বিক্রিয়াগুলোকে বোঝায়।

এই জৈব রাসায়নিক প্রক্রিয়াগুলো আমাদের দেহে ঘটেনা। উদাহরণ হিসেবে আমাদের দেহের কোশগুলো যে পদ্ধতিতে নতুন বস্তু সংশ্লেষ করে, ব্যাকটিরিয়াতে সেই একই পদ্ধতিতে নতুন বস্তু সংশ্লেষিত হয় না। তাহলে আমাদের এমন ঔষধ খুঁজে বের করতে হবে যা আমাদের দেহের ক্ষতিসাধন না করে শুধুমাত্র ব্যাকটিরিয়ার সংশ্লেষণমূলক বিক্রিয়াপথকে বন্ধ করে দেয়। এইভাবে যে ঔষধটি ব্যাকটিরিয়া ধ্বংস করতে পারে তা হল আমাদের অতি পরিচিত অ্যান্টিবায়োটিক। আবার এমন কিছু ঔষধ রয়েছে যারা ম্যালেরিয়ার পরজীবীর মতো প্রোটোজোয়াকে মারতে পারে। ভাইরাস প্রতিরোধী ঔধধ তৈরি অপেক্ষা ব্যাকটিরিয়া প্রতিরোধী ঔধধ তৈরি কঠিনতর কেন এর একটি কারণ হল ভাইরাস-দেহে কেবলমাত্র তাদের নিজস্ব অল্প কয়েকটি জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়াপথ রয়েছে। আমাদের দেহে প্রবেশ করার পর, ভাইরাস আমাদেরই কোশীয় যন্ত্রপাতিকে কাজে লাগিয়ে তাদের জীবন প্রক্রিয়াগুলোকে চালায়।এর অর্থ হল এই যে, আমাদের দেহে তুলনামূলকভাবে খুব কম অঙ্গাই রয়েছে যেগুলোতে ভাইরাসের সংক্রমণ ঘটলে সেই সংক্রমণ প্রতিহত করা যায়। তবে এইসব সীমাবদ্ধতা থাকা সত্ত্বেও বর্তমানে বেশ কিছু ভাইরাস-প্রতিরোধী ঔষধ বেরিয়েছে। উদাহরণ হিসেবে কিছু ভাইরাস-প্রতিরোধী ড্রাগ HIV সংক্রমণ নিয়ন্ত্রণে সাহায্য করে।

13.3.5 রোগ প্রতিরোধকরণের নীতিসমূহ

এখন পর্যন্ত যে বিষয়টি আমরা কিছুটা জেনেছি তা হল কীভাবে একজন রোগাক্রান্ত ব্যক্তি রোগমুক্ত হতে পারে। পূর্বে আলোচিত

সংক্রামক রোগ নিরাময়ের পদ্ধতিগুলো অনুসরণ করার ক্ষেত্রে, তিন ধরণের সীমাবদ্ধতা রয়েছে। প্রথমক্ষেত্রে কোনো ব্যক্তি একবার রোগাক্রান্ত হলে তার শারীরিক ক্রিয়াকলাপ এমন ভাবে ক্ষতিগ্রস্ত হয় যে সে আর সম্পূর্ণ সুস্থ হয়ে উঠতে পারে না।

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, চিকিৎসা পরিসেবা পাওয়ার পরও যে দীর্ঘদিন শয্যাশায়ী থাকতে পারে। তৃতীয়ত সংক্রামক রোগে আক্রান্ত কোনো ব্যক্তি নিজেই অন্য কোনো সুস্থলোকের জন্য সংক্রমণের কারণ হতে পারে, এই কারণেই চিকিৎসার মাধ্যমে রোগ নিরাময়ের চেয়ে রোগ প্রতিরোধ ব্যবস্থা গ্রহণ করা অধিকতর শ্রেয়।
তাহলে কিভাবে আমরা রোগকে প্রতিরোধ করতে পারি? এক্ষেত্রে দুটি উপায় রয়েছে। একটি হল সাধারণ উপায় এবং অন্যটি রোগ-নির্দিষ্ট উপায়। সংক্রমণ প্রতিরোধের ক্ষেত্রে সাধারণ উপায়গুলো সংক্রমণ ছড়িয়ে পড়ার ক্ষেত্রে প্রতিরোধ গড়ে তোলা সঙ্গে সম্পর্কিত। তাহলে আমরা সংক্রমণকারী অণুজীবদের ছড়িয়ে পড়াকে কীভাবে প্রতিরোধ করতে পারি?
আমরা যদি এদের বিস্তারের মাধ্যমগুলোকে নিয়ে ভাবি, তবে খুব সহজেই এর উত্তর পেতে পারি। বায়ুবাহিত জীবাণুর প্রভাব থেকে রক্ষা পেতে আমরা বসবাসের জন্য তুলনামূলকভাবে অপেক্ষাকৃত কম জনবসতিপূর্ণ স্থানকে বেছে নিতে পারি। আবার জলবাহিত জীবাণুর হাত থেকে রক্ষা পেতে আমরা নিরাপদ পানীয় জল ব্যবহার করতে পারি। জলকে জীবাণুমুক্ত করতে জলশোধন পদ্ধতির সাহায্য নেওয়া যেতে পারে। অর্থাৎ এই পদ্ধতির মাধ্যমে জলে জীবাণুর সংক্রমণ প্রতিরোধ করা সম্ভব। বাহক-সৃষ্ট সংক্রমণ প্রতিরোধ করতে আমরা পরিবেশকে পরিচ্ছন্ন রাখতে পারি। পরিচ্ছন্ন পরিবেশ মশার প্রজননে বাধা দিতে পারে। অন্যভাবে বলতে গেলে জন সাধারণের স্বাস্থ্য সচেতনতাই সংক্রামক রোগ প্রতিরোধের মূল চাবিকাঠি।

সংক্রামক রোগ প্রতিরোধ করতে পরিবেশ সংক্রান্ত বিষয় ছাড়াও আরও কিছু সাধারণ নিয়মনীতিও রয়েছে। এইসব নিয়মনীতি পালনের আগে আমাদের মনে এমন কিছু প্রশ্ন জাগে যা আজ পর্যন্ত আমাদের নজরে আসেনি। সাধারণত প্রতিদিনই আমরা কোনো না কোনো সংক্রমণের সংস্পর্শে আসি। যদি শ্রেণিকক্ষে সর্দি কাশিতে আক্রান্ত কোনো শিক্ষার্থী থাকে তাহলে তার চারপাশের সব শিক্ষার্থীর মধ্যেই সংক্রমণ ছড়িয়ে পড়ার সম্ভাবনা থাকে। কিন্তু বাস্তবে সবাই রোগক্রান্ত হয় না। কেন?
এক্ষেত্রে এর কারণ হল, স্বাভাবিকভাবে আমাদের দেহের অনাক্রম্য তন্ত্র দেহে প্রবিষ্ট রোগ জীবাণুকে প্রতিহত করে। দেহে প্রবিষ্ট সংক্রামক জীবাণুগুলোকে ধ্বংস করতে আমাদের দেহে কিছু বিশেষ ধরনের কোশ রয়েছে। যখনই দেহে কোনো সংক্রামক জীবাণু প্রবেশ করে তখনই এই বিশেষ কোশগুলো সক্রিয় হয়ে ওঠে। যদি এই কোশগুলো জীবাণু ধ্বংস করতে সফল হয় তাহলে আমরা কোনো রোগেই আক্রান্ত হব না। অনাক্রম্য কোশসমূহ, দেহে জীবাণু সংক্রমণ বেশি মাত্রায় ছড়িয়ে পড়ার অনেক আগেই জীবাণুগুলোকে ধ্বংস করে ফেলে। যদি সংক্রামক জীবাণুর সংখ্যা নিয়ন্ত্রণ করা যায়, তাহলে রোগ-লক্ষণের প্রকাশ খুবই কম হয়। অর্থাৎ সংক্রামক জীবাণুর সম্মুখীন হওয়া বা সংক্রামিত হওয়া মানেই দেহে কোন রোগের বহি:প্রকাশ ঘটবে এমন নয়।

সুতরাং একদিক থেকে বিচার করলে এটা বলা যায় যে, কোনো ব্যক্তির দেহে সংক্রামক রোগের মারাত্মক সংক্রমণ তার অনাক্রম্য তন্ত্রের অসফলতাকেই নির্দেশ করে। অনাক্রম্যতন্ত্রের সঠিক এবং সফল কার্যকারীতা দেহের অন্যান্য তন্ত্রের মতোই পর্যাপ্ত খাদ্য এবং পুষ্টির উপর নির্ভর করে। সুতরাং সংক্রামক রোগ প্রতিরোধের ক্ষেত্রে দ্বিতীয় মূলনীতিটি হল—প্রত্যেকের জন্য যথাযথ এবং পর্যাপ্ত খাদ্যের যোগান বজায় রাখা।

কাজ—13.6

- তোমার এলাকায় একটি সমীক্ষা করো। দশটি স্বচ্ছল পরিবার এবং দশটি খুব দরিদ্র (তোমরা ধারণা অনুযায়ী) পরিবারের সাথে কথা বলো। এই দুই শ্রেণির পরিবারেই পাঁচ বৎসরের কম বয়সি শিশু থাকতে হবে। সব শিশুদের উচ্চতা পরিমাপ করো। দুই শ্রেণির পরিবারের জন্যই প্রতিটি শিশুর উচ্চতার সাপেক্ষে বয়সের একটি লেখচিত্র অঙ্কন করো।
- দুটি শ্রেণির মধ্যে কোনো পার্থক্য আছে কি? তোমার উত্তর যদি হ্যাঁ হয় তবে কেন?
- যদি এদের মধ্যে কোনো পার্থক্য না থাকে, তাহলে কি তোমার মনে হবে, পরিবারের স্বচ্ছলতা বা দারিদ্র্য কোনটিই রোগ সংক্রমণকে প্রভাবিত করে না?

এগুলো হল সংক্রমণ প্রতিরোধের সাধারণ উপায়। তাহলে সংক্রমণ প্রতিরোধের রোগ-সুনির্দিষ্ট উপায়গুলো কী কী? অনাক্রম্যতন্ত্রের যে স্বতন্ত্র বৈশিষ্ট্যের জন্য এটি জীবাণু সংক্রমণের বিরুদ্ধে লড়তে পারে তা সংক্রমণ প্রতিরোধের সুনির্দিষ্ট উপায়গুলোর সাথে সম্পর্কিত।

বর্তমানে বিশ্বের কোথাও গুটি বসন্তের সংক্রমণের কোনো খবর নেই। কিন্তু মাত্র একশো বছর আগেও গুটি বসন্তের কারণে সৃষ্ট মহামারি কোনও বিরল ঘটনা ছিল না। এই ধরনের মহামারি হলে রোগাক্রান্ত হওয়ার ভয়ে লোকেরা গুটি বসন্তে আক্রান্ত রোগীর সংস্পর্শে যেতে খুব ভয় পেত।

যদিও একশ্রেণির কিছু লোকের কাছে এই গুটি বসন্ত কোনো ভয়ের কারণ ছিল না। এরা গুটি বসন্তে আক্রান্ত ব্যক্তিদেরকে সেবা করতো। এরা সেইসব লোক যারা পূর্বে গুটি বসন্তে আক্রান্ত হয়েছিল এবং বেঁচে গিয়েছিল। তবে তাদের দেহে গুটি বসন্তের ক্ষতচিহ্ন রয়ে গিয়েছিল। অন্যভাবে বলতে গেলে যদি তোমার

একবার গুটি বসন্ত হয়ে থাকে, তাহলে পুনরায় গুটি বসন্তে আক্রান্ত হওয়ার সম্ভাবনা থাকে না। সুতরাং একবার কোনো রোগে আক্রান্ত হওয়ার অর্থ হল, সেই রোগের পরবর্তী আক্রমণের বিরুদ্ধে দেহে প্রতিরোধ ব্যবস্থা গড়ে ওঠা। এর কারণ হল, যখনই দেহের অনাক্রম্যতন্ত্র কোন সংক্রামক জীবাণুর সংস্পর্শে আসে তখন জীবাণুর বিরুদ্ধে প্রতিক্রিয়া করে এবং তার নির্দিষ্ট গঠনটিকে মনে রাখে। সুতরাং পরবর্তী সময় যখন আবার সেই নির্দিষ্ট জীবাণু বা তার নিকট সম্বন্ধীয় কোন অণুজীব দেহে প্রবেশ করে, তখন অনাক্রম্যতন্ত্র প্রথমবার অপেক্ষা আরও অধিকমাত্রায় সক্রিয় হয়ে এদের উপর ক্রিয়া করে। এর ফলে দ্বিতীয়বার সংক্রমণের ক্ষেত্রে প্রথমবারের তুলনায় অধিক দ্রুত গতিতে সংক্রমণের নিরসন ঘটে। এটি টিকাকরণের মূলনীতির ভিত্তি হিসাবে কাজ করে।

টিকাকরণ

ভারতীয় এবং চিনদেশীয় চিরাচরিত পদ্ধতিতে কখনও কখনও সুচিন্তিতভাবে গুটি বসন্তে আক্রান্ত ব্যক্তির ত্বকের খোসা সুস্থ ব্যক্তির ত্বকে ঘষে দেওয়া হত। তাদের বিশ্বাস ছিল যে এই পদ্ধতিতে কোন সুস্থ ব্যক্তির দেহে গুটি বসন্তের মৃদু সংক্রমণ ঘটিয়ে ঐ রোগের বিরুদ্ধে প্রতিরোধ ব্যবস্থা গড়ে তোলা সম্ভব।

প্রায় দুশো বছর আগে একজন বিখ্যাত ইংরেজ চিকিৎসক এডওয়ার্ড জেনার এটা বুঝতে পেরেছিলেন যে, যেসব গোয়ালিনিদেরএকবার গো-বসন্ত হয়েছে তারা মহামারির সময়ও গুটি বসন্তে আক্রান্ত হয় না। গো -বসন্ত একটি সাধারণ রোগ। জেনার সুচিন্তিতভাবে বিভিন্ন ব্যক্তির দেহে গো-বসন্তের জীবাণু প্রবেশ করানোর চেষ্টা করেছিলেন এবং দেখেছিলেন যে তারা গুটি বসন্ত প্রতিরোধে সক্ষম হয়েছে। এর কারণ হল এই যে গুটি বসন্তের ভাইরাস গো-বসন্তের ভাইরাসের নিকট সম্পর্কিত অণুজীব। ল্যাটিন ভাষায় Cow বা গোরুর অর্থ হল ভ্যাক্কা (vacca) এবং গো- বসন্ত(Cow Pox) এর অর্থ হল ভেক্সিনিয়া (vaccinia) এর থেকেই 'ভেক্সিনেশন' (vaccination) শব্দটির ব্যবহার শুরু হয়েছে।

(চিত্রে জেনার একটি শিশুর দেহে গো-বসন্তের জীবাণু প্রবেশ করাচ্ছেন তা দেখানো হয়েছে)।

আমরা দেখেছি, যে নির্দিষ্ট অণুজীবের বিরুদ্ধে টিকাকরণ করা হবে তার অনুরূপ কোনো গঠন দেহে প্রবেশ করিয়ে অনাক্রম্যতন্ত্রকে বোকা বানিয়ে ঐ অণুজীবদের সংক্রমণ প্রতিরোধের জন্য স্মৃতিকোশ (memory cell) গঠন করা যায়। এই কাজটি টিকাকরণের মূলনীতির উপর ভিত্তি করেই করা হয়। ঐ অণুজীবদের সংক্রমণ প্রতিরোধের জন্য বাস্তবে টিকাকরণ দেহে কোনো রোগ সৃষ্টি করে না কিন্তু এটি সংক্রমণ সৃষ্টিকারী জীবাণুর পরবর্তী সংক্রমণে বাধা দিয়ে দেহে ঐ জীবাণুঘটিত রোগসৃষ্টি হতে দেয় না। বিশাল পরিসরে ব্যাপ্ত সংক্রামক রোগ প্রতিরোধী এ ধরনের অসংখ্য ভ্যাক্সিন এখন সহজলভ্য এবং এই ভ্যাক্সিনগুলো নির্দিষ্ট রোগ প্রতিরোধে সাহায্য করে। উদাহরণস্বরূপ, টিটেনাস, ডিপথেরিয়া, হুপিংকাশি, হাম, পোলিও এবং আরো বহু রোগ প্রতিরোধী ভ্যাক্সিন রয়েছে। এগুলোকে নিয়েই সংক্রামক রোগ প্রতিরোধে শিশুদের টিকাকরণের জন্য জনস্বাস্থ্য কর্মসূচী তৈরি করা হয়। তবে সব শিশুদের কাছে এ ধরনের স্বাস্থ্য পরিসেবা পৌঁছে দিতে পারলেই এ জাতীয় কর্মসূচি সফল হতে পারে। কেন এমনটাই হওয়া উচিত বলে তুমি মনে কর?

জন্ডিস রোগসৃষ্টিকারী কিছু হেপাটাইটিস ভাইরাস জলের মাধ্যমে ছড়ায়। এদের মধ্যে হেপাটাইটিস A প্রতিরোধী ভ্যাক্সিন বাজারে পাওয়া যায়। আমাদের দেশের বিভিন্ন অঞ্চলের পাঁচ বছর বয়সি বেশির ভাগ শিশুর দেহে ইতোমধ্যেই হেপাটাইটিস A এর বিরুদ্ধে অনাক্রম্যতা গড়ে ওঠে। এর কারণ হল এই যে, বেশির ভাগ শিশুই জল ব্যবহারের মাধ্যমে ইতিমধ্যেই এই ভাইরাসের সংস্পর্শে চলে আসে। এই পরিস্থিতিতে তোমরা কি হেপাটাইটিস A প্রতিরোধী ভ্যাক্সিন নেবে?

কাজ : **13.7**

- রেবিস আক্রান্ত কুকুর ও অন্য প্রাণীর কামড়ে র‍্যাবিস ভাইরাস ছড়িয়ে পড়ে। মানুষ এবং অন্যান্য প্রাণী উভয়ের জন্যই অ্যান্টির‍্যাবিস ভ্যাক্সিন রয়েছে। তোমাদের এলাকায় র‍্যাবিস নিয়ন্ত্রণে স্থানীয় প্রশাসন কী পরিকল্পনা গ্রহণ করেছে তা জানার চেষ্টা করো। রেবিস নিয়ন্ত্রণের জন্য এই পরিকল্পনাই কি যথেষ্ট? যদি তা না হয় তবে এর উন্নতিকল্পে তুমি কী কী প্রস্তাব রাখবে?

প্রশ্নাবলি:

১. অসুস্থ হলে সাধারণত আমাদের তন্তু বর্জিত এবং সুষম পরিপোষক খাবার খেতে বলা হয় কেন?

২. সংক্রামক রোগগুলো কী কী ভিন্ন ভিন্ন উপায়ে ছড়িয়ে পড়ে?

৩. তোমাদের বিদ্যালয়ে সংক্রামক রোগের প্রাদুর্ভাব হ্রাসে কী কী সতর্কতা অবলম্বন করতে পার?

৪. টিকাকরণ কী?

৫. তোমাদের এলাকার নিকটবর্তী কোনো স্বাস্থ্যকেন্দ্রে কী কী টিকাকরণ কর্মসূচি রয়েছে? তোমাদের এলাকায় কোন কোন রোগগুলো গুরুতর স্বাস্থ্যহানির জন্য দায়ী?

তোমরা যা শিখলে:

- স্বাস্থ্য হল কোনো ব্যক্তির শারীরিক, মানসিক এবং সামাজিক দিক থেকে সুস্থ অবস্থা।
- কোনো ব্যক্তির স্বাস্থ্য তার বাহ্যিক পরিবেশ এবং অর্থনৈতিক অবস্থার উপর নির্ভর করে।
- রোগের স্থিতিকালের উপর ভিত্তি করে রোগকে স্বল্পস্থায়ী রোগ এবং দীর্ঘস্থায়ী রোগ এই দুইভাগে ভাগ করা যায়।
- রোগ মূলত: সংক্রমণজনিত কারণ অথবা অসংক্রমণজনিত কারণে ঘটতে পারে।
- সংক্রমণকারী জীবরা বিভিন্ন গোষ্ঠীভুক্ত হতে পারে। এরা এককোশী, আনুবীক্ষণিক বা বহুকোশী হতে পারে।
- রোগ সৃষ্টিকারী জীবাণুরা কোনো গোষ্ঠীভুক্ত তার উপর ভিত্তি করেই চিকিৎসা পদ্ধতি নির্ধারিত হয়।
- সংক্রমণ সৃষ্টিকারী জীবাণুরা বায়ু, জল, দৈহিক সংস্পর্শ অথবা বাহকের মাধ্যমে ছড়ায়।
- কোনো রোগের সফল চিকিৎসার তুলনায়, সেই রোগকে প্রতিরোধ করা অনেক বেশি শ্রেয়।
- জনস্বাস্থ্য পরিসেবা-ব্যবস্থা রোগসৃষ্টিকারী জীবাণুদের বিস্তার রোধ করে। তাই এই পরিসেবার মাধ্যমে সংক্রামক রোগ প্রতিরোধ করা যেতে পারে।
- টিকাকরণের মাধ্যমেও সংক্রামক রোগ প্রতিরোধ করা যায়।
- সমাজে সংক্রামক রোগের কার্যকরী প্রতিরোধ ব্যবস্থা গড়ে তুলতে হলে প্রত্যেককেই জনস্বাস্থ্যবিধি মেনে চলতে হবে এবং টিকাকরণের আওতায় আসতে হবে।

অনুশীলনী:

১। বিগত একবছরে তুমি কতবার অসুস্থ হয়েছ? তুমি এই এক বৎসরে কী কী রোগে আক্রান্ত হয়েছিলে?

ক) এই রোগগুলোর একটি বা বেশিরভাগ থেকে দূরে থাকতে তোমার দৈনন্দিন অভ্যাসগুলোর মধ্যে এমন একটি অভ্যাসের কথা ভাবো যেটি তুমি পরিবর্তন করতে পারবে।

খ) ওই রোগগুলোকে বা এদের মধ্যে বেশিরভাগ রোগকে প্রতিরোধ করতে তুমি তোমার চারপাশে কোন্ পরিবর্তনটি আনতে পার বলে মনে কর।

২। সমাজের অন্য ব্যক্তিদের তুলনায় চিকিৎসক, সেবিকা, স্বাস্থ্যকর্মীরা অনেক বেশি রোগাক্রান্ত ব্যক্তির সংস্পর্শে আসেন। অনুসন্ধান করে দেখো কীভাবে তারা নিজেদেরকে রোগসংক্রমণের হাত থেকে রক্ষা করেন।

৩। তোমার নিজস্ব এলাকায় একটি সমীক্ষা করো এবং বের করো এলাকায় কোন্ তিনটি রোগের প্রাদুর্ভাব সবচাইতে বেশি। এই রোগগুলোর প্রাদুর্ভাব কমাতে তোমার স্থানীয় কর্তৃপক্ষ কোন্ তিনটি পদক্ষেপ নিতে পারে বলে তুমি মনে কর।

৪। একটি শিশু তার তত্ত্বাবধায়ককে তার অসুস্থতার কথা বোঝাতে পারে না। কী পন্থা অবলম্বন করলে শিশুটি সম্পর্কে আমরা নিম্নলিখিত বিষয়গুলো জানতে পারবো?

ক) শিশুটি অসুস্থ কিনা।

খ) তার অসুস্থতার কারণ কী?

৫। নিম্নলিখিত কোন্ পরিস্থিতিতে কোন্ ব্যক্তির অসুস্থ হয়ে পড়ার সম্ভাবনা সবচাইতে বেশি এবং কেন?

ক) যখন সে ম্যালেরিয়া রোগে ভোগার পর সুস্থ হয়ে উঠছে।

খ) যখন সে ম্যালেরিয়া রোগে ভোগার পর সম্পূর্ণ সুস্থ হয়ে, জলবসন্তে আক্রান্ত কোনো ব্যক্তির শুশ্রূষা করছে।

গ) ম্যালেরিয়া রোগ থেকে সেরে উঠে চারদিন অভুক্ত থাকার পর যখন সে জলবসন্তে আক্রান্ত কোনো ব্যক্তির শুশ্রুষা করছে।

৬। নিম্নলিখিত কোন্ অবস্থায় তোমার রোগাক্রান্ত হওয়ার সম্ভাবনা সবচেয়ে বেশি এবং কেন?

ক) যখন তোমার পরীক্ষা চলছে।

খ) যখন তুমি দুদিন ধরে বাসে এবং ট্রেনে সফর করছ।

গ) যখন তোমার বন্ধু হাম রোগে ভুগছে।

অধ্যায় 14

প্রাকৃতিক সম্পদ
NATURAL RESOURCES

আমরা জানি গ্রহগুলোর মধ্যে আমাদের গ্রহ 'পৃথিবী'তেই একমাত্র প্রাণের অস্তিত্ব আছে। পৃথিবীতে প্রাণের অস্তিত্ব অনেক উপাদানের উপর নির্ভরশীল। আমরা জানি বিভিন্ন জীবকূল বেঁচে থাকার জন্য সহনশীল তাপমাত্রা, জল এবং খাদ্যের প্রয়োজন। পৃথিবীর জীবকূলের মূল চাহিদাগুলো মেটানোর জন্য পৃথিবীর বিভিন্ন সম্পদ এবং সূর্য থেকে প্রাপ্ত শক্তির ভীষণ প্রয়োজন।

পৃথিবীর এ ধরনের সম্পদগুলো কী কী?

এগুলো হল মৃত্তিকা, জল এবং বায়ু। পৃথিবীর উপরিভাগে যে কঠিন আবরণ থাকে, তাকে শিলামণ্ডল (Lithosphere) বলে। পৃথিবী পৃষ্ঠের 75% জল দ্বারা আবৃত। ভূগর্ভেও জলের অস্তিত্ব আছে। এগুলো নিয়েই তৈরি হয় বারিমণ্ডল (Hydrosphere)। বায়ু, যা আমাদের পৃথিবীকে কম্বলের মতো আবৃত করে রেখেছে, সেটাই হল বায়ুমণ্ডল। এই তিনটি জিনিষ যেখানে থাকে, সেখানেই প্রাণের অস্তিত্ব খুঁজে পাওয়া যায়। জীবনধারণের উপযোগী পৃথিবীর এই অঞ্চলগুলোতে, শিলামণ্ডল, বারিমণ্ডল এবং বায়ুমণ্ডলের মিথস্ক্রিয়ার ফলে পৃথিবীতে প্রাণের উদ্ভব হয়েছে, যা জীবমণ্ডল (Biosphere) নামে পরিচিত।

জীবমণ্ডলের জৈব উপাদান সজীব বস্তুদের নিয়ে গঠিত। বায়ু, জল এবং মৃত্তিকা হল জীবমণ্ডলের অজৈব বা নির্জিব উপাদান। এসো, এই অজৈব উপাদানগুলিকে নিয়ে বিশদভাবে অধ্যয়ন করি, যার দ্বারা পৃথিবীতে জীবকূলের অস্তিত্ব রক্ষায় এদের ভূমিকা সম্পর্কে জানতে পারব।

14.1 জীবনের স্পন্দন ঃ বায়ু (The Breath of Life: Air)

প্রথম অধ্যায় থেকে বায়ুর উপাদানগুলো সম্পর্কে আমরা ইতিমধ্যেই জেনেছি। বায়ু অনেকগুলো গ্যাসীয় পদার্থের একটি মিশ্রণ— যেমন নাইট্রোজেন, অক্সিজেন, কার্বন-ডাই অক্সাইড এবং জলীয় বাষ্প। আমরা আশ্চর্য হয়ে যাই যখন ভালোভাবে লক্ষ করি যে বায়ুর এই সাংগঠনিক সংযুতিই পৃথিবীতে প্রাণের অস্তিত্বের কারণ। শুক্র এবং মঙ্গল-এর মত গ্রহ, যেখানে প্রাণের অস্তিত্ব খুঁজে পাওয়া যায়নি, সেখানকার বায়ুমণ্ডলের প্রধান উপাদান গ্যাসটি কিন্তু কার্বন-ডাই অক্সাইড। প্রকৃতপক্ষে শুক্র এবং মঙ্গল গ্রহের বায়ুমণ্ডলের 95.97% কার্বন-ডাই অক্সাইড দ্বারা গঠিত।

আদর্শ নিউক্লিয়াসযুক্ত কোষ (Eukaryotic cells) এবং আদি নিউক্লিয়াসযুক্ত কোষ (Prokaryotic cells) যাদের সম্পর্কে আমরা অধ্যায়-5 এ পড়েছি— তাদেরও সক্রিয়তার (ক্রিয়াকর্মের) জন্য শর্করা ভেঙ্গে শক্তি তৈরী করতে, অক্সিজেনের প্রয়োজন হয়। যার ফলস্বরূপ কার্বন-ডাই-অক্সাইড তৈরী হয়। আরেকটি প্রক্রিয়া হল 'দহন'--- যেখানে অক্সিজেন ব্যবহৃত হয়, সঙ্গে কার্বন-ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। মানুষ তার প্রয়োজনে জ্বালানী পোঁড়ায় শক্তির জন্য, শুধু তাই নয় সঙ্গে আছে দাবানল।

তা স্বত্ত্বেও বায়ুমণ্ডলে কার্বন-ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ শতাংশের হিসাবে এক শতাংশেরও ভগ্নাংশ, কারণ বায়ুমণ্ডলে এর পরিমাণ নির্দিষ্ট (fixed) থাকে দুটি উপায়ে ঃ (i) সবুজ উদ্ভিদ সূর্যালোকের উপস্থিতিতে কার্বন-ডাই-অক্সাইড থেকে শর্করা তৈরী করে এবং (ii) বহু জলচর প্রাণী (animals) সমুদ্রের জলে দ্রবীভূত কার্বনেট লবণ ব্যবহার করে তাদের খোলস (shell) তৈরী করে।

14.1.1 জলবায়ু নিয়ন্ত্রণে বায়ুমণ্ডলের ভূমিকা (Role of atmosphere in climate control)

আমরা ইতিমধ্যেই জেনে গেছি, বায়ুমণ্ডল আমাদের পৃথিবীকে কম্বলের মতো আবৃত করে রেখেছে। আমরা জানি বায়ু তাপের কুপরিবাহী। দিনের বেলায় এবং সারা বছর ধরে বায়ুমণ্ডলই পৃথিবীর গড় তাপমাত্রাকে প্রায় অবিচলিত (steady) রাখে। দিনের আলোতে তাপমাত্রার হঠাৎ বৃদ্ধি থেকে বায়ুমণ্ডলই আমাদের রক্ষা করে। আবার রাতের বেলা মহাকাশে (outer space) তাপের ছড়িয়ে পড়ার হার কমিয়ে দেয়। একবার চাঁদের কথা ভাব, সূর্য থেকে যার দূরত্ব পৃথিবী থেকে সূর্যের দূরত্বের প্রায় সমান। তথাপি চাঁদের পরিমণ্ডলে কোন বায়ুমণ্ডল না থাকায় তাপমাত্রার পরিধি (-190^0C) থেকে (110^0C) এর মধ্যে হয়।

কাজ ______ *14.1*

- নীচের দ্রব্যগুলোর উষ্ণতা পরিমাপ করো ঃ সংগ্রহ কর ঃ (i) একটি জলপূর্ণ বিকার (ii) মাটি/বালি দ্বারা পূর্ণ একটি বিকার (iii) থার্মোমিটার রাখা আছে এমন একটি বন্ধ বোতল। সমস্ত কিছুকে তিন ঘন্টা সময় পর্যন্ত তীব্র রৌদ্রে রাখো। এখন তিনটি পাত্রের উষ্ণতা পরিমাপ করো। এবার ছায়াতে রেখে পাত্রগুলোর উষ্ণতা পরিমাপ করো।

প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও ঃ

1. কোন্‌টির উষ্ণতা বেশী — কাজ (i) না কাজ (ii) এর ?
2. উপরের পর্যবেক্ষণ থেকে বলো— স্থলভাগ এবং সমুদ্রের মধ্যে কোন্‌টি দ্রুত উত্তপ্ত হবে ?
3. ছায়াতে বায়ুর থার্মোমিটার পাঠে কি বালি এবং জলের উষ্ণতার সমান ? তোমার কী মনে হয়, এর কারণ কী ? তাছাড়া কেন ছায়াতে তাপমাত্রা পরিমাপ করা করতে হবে ?
4. বন্ধ কাঁচের পাত্রে/ বোতলে রাখা বায়ুর তাপমাত্রা কি খোলা/মুক্ত বায়ুর উষ্ণতার সমান ? (i) তোমার কি মনে হয়, এর সঠিক কারণ কী ? (ii) দৈনন্দিন জীবনে আমরা কি কখনো এমন ঘটনার সম্মুখীন হয়েছি ?

উপরের আলোচনায় আমরা দেখেছি, বালি ও জল সমহারে উত্তপ্ত হয় না। এদের শীতলীকরণের হার সম্পর্কে তোমার ধারণা কী ? তোমার ধারণার স্বপক্ষে আমরা কোন পরীক্ষা করার কথা ভাবতে পারি কি ?

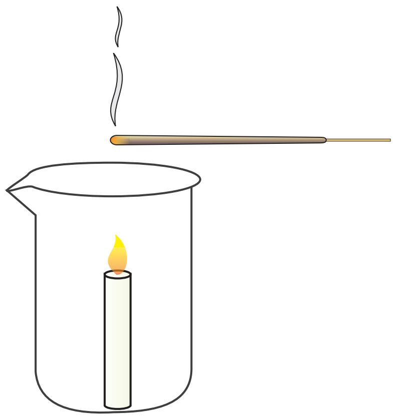
14.1.2 বায়ুপ্রবাহ ঃ বাতাস (The movement of Air:Wind) ঃ

দিনের গরমের পর সন্ধ্যের শীতল মৃদু হাওয়াতে আমরা স্বস্তিবোধ করি। আবার কখনো কখনো কয়েকদিনের তীব্র গরমের পর বৃষ্টি আমাদের কাছে সৌভাগ্যসূচক হয়। বায়ু প্রবাহিত হওয়ার কারণ কি এবং কীভাবে নির্ধারিত হয় মৃদু বাতাস, ঝড়ো বাতাস বা ঘূর্ণাবর্ত (সাইক্লোন) হবে ? যে বৃষ্টির জন্য আমরা অধীর আগ্রহে অপেক্ষা করি, তা কি করে সৃষ্টি হয় ?

বায়ুর উত্তপ্ত হওয়া এবং জলীয় বাষ্প তৈরী হওয়ার কারণে বায়ুমণ্ডলে যে পরিবর্তন সংঘটিত হয়, এ সমস্ত ঘটনার জন্য সেটাই দায়ী। জলাশয় উত্তপ্ত হলে বা সজীব বস্তুর কার্যকলাপ-এর ফলে জলীয় বাষ্প তৈরী হয়। বায়ুমণ্ডলের নীচের মাটি বা জলাশয় থেকে যে বিকিরণ প্রতিফলিত হয়ে বায়ুমণ্ডলে আসে তা থেকেও বায়ুমণ্ডল উত্তপ্ত হতে পারে। উত্তপ্ত হওয়ার ফলে বায়ুতে পরিচলন প্রবাহের সৃষ্টি হয়। পরিচলন প্রবাহ (convection current) সম্পর্কে ধারণা অর্জন করার জন্য চলো আমরা নীচের কাজ (activity)টির বাস্তবায়ন করি।

কাজ ______ *14.2*

- একটি বিকারে বা একটি বড় মুখযুক্ত বোতলে একটি মোমবাতি রাখো এবং এটিকে প্রজ্জ্বলন করো। একটি ধূপকাঠি জ্বালাও এবং বোতল বা বিকারের মুখে ধরো (চিত্র-14.1)।
- ধূপকাঠিটি যদি বিকার বা বোতলের মুখের একধারে ধরা হয় তবে ধোঁয়া কোন্ দিকে প্রবাহিত হবে।
- ধূপকাঠিটি যদি মোমবাতির কিছুটা ওপরে ধরা হয় তবে ধোঁয়া কোন্‌দিকে প্রবাহিত হবে।
- ধূপকাঠিটি অন্য কোন অঞ্চলে ধরা হলে ধোঁয়া কোন্ দিকে প্রবাহিত হবে।



চিত্র 14.1ঃ অসম তাপ প্রয়োগের ফলে সৃষ্ট বায়ুপ্রবাহ

ধোঁয়ার ধাবিত হবার ধরন আমাদের উষ্ণ এবং শীতল বায়ুর অভিমুখ নির্দেশ করে। একই কারণে উত্তপ্ত মাটি বা জল থেকে নির্গত বিকিরণ দ্বারা বায়ু যখন উত্তপ্ত হয়, তখন বায়ু উপরের দিকে উঠতে থাকে। যেহেতু মাটি জলের চেয়ে দ্রুত উত্তপ্ত হয় সেহেতু মাটির উপরের বায়ু, জলের উপরের বায়ুর চেয়ে দ্রুত উত্তপ্ত হয়।

তাই দিনের বেলায় সমুদ্র উপকূলবর্তী অঞ্চলের দিকে লক্ষ করলে আমরা দেখতে পাই, মাটির উপরিভাগের বায়ু দ্রুত

উত্তপ্ত হয় এবং ক্রমশ উপরের উঠতে শুরু করে। বায়ুর এই উর্ধ্বগতির ফলে নিম্নচাপের সৃষ্টি হয় এবং সমুদ্রজলের উপরি ভাগের বায়ু ঐ নিম্নচাপ অঞ্চলের দিকে ধাবিত হয়। এক অঞ্চল থেকে অন্য অঞ্চলের দিকে বায়ুর এই গতি, বায়ুপ্রবাহ (বাতাস) সৃষ্টি করে। দিনের বেলায় বায়ুর এই গতি সমুদ্রপৃষ্ঠ থেকে স্থলভাগের দিকে ধাবিত হয়।

রাতের বেলায় স্থলভাগ এবং সমুদ্রের জল উভয়েই শীতল হতে শুরু করে। যেহেতু জল স্থলভাগের চেয়ে মন্থর গতিতে শীতল হয়, জলের উপরিভাগের বায়ুর উষ্ণতা স্থলভাগের উপরিভাগের বায়ুর উষ্ণতার চেয়ে বেশি হয়।

উপরের আলোচনা থেকে তুমি কিভাবে নীচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দেবে?

1. রাতের বেলায় উপকূলবর্তী অঞ্চলে কিভাবে নিম্নচাপ এবং উর্ধ্ব চাপের সৃষ্টি হয়?
2. উপকূলবর্তী অঞ্চলে রাতের বেলায় বায়ুপ্রবাহ কোন্ দিকে ধাবিত হবে?

একই কারণে অঞ্চলভেদে বায়ুর উষ্ণতার পার্থক্যের জন্যই পৃথিবীর বিভিন্ন অঞ্চলে বায়ুপ্রবাহের গতি আলাদা হয়। বায়ুপ্রবাহের এই গতি অন্যান্য কারণেও প্রভাবিত হয়, যেমন পৃথিবীর আবর্তন গতি এবং বায়ুপ্রবাহের পথে পর্বতমালার উপস্থিতি— এর প্রধান দুটি কারণ। এগুলো সম্পর্কে এই অধ্যায়ে আমরা বিশদ আলোচনা করব না, কিন্তু হিমালয়ের উপস্থিতি কিভাবে এলাহাবাদ থেকে বায়ুপ্রবাহের গতির অভিমুখ উত্তর দিকে পরিবর্তন করে, সে সম্পর্কে চিন্তাভাবনা করব।

14.1.3 বৃষ্টি (Rain)ঃ

মেঘ কী করে তৈরি হয় এবং কিভাবে বৃষ্টিপাত হয়— এই প্রশ্নের উত্তর খুঁজতে চলো আমরা কিছুটা পেছনে ফিরে যাই। আবহাওয়ার পরিবর্তনের উপর প্রভাব সৃষ্টিকারী বিষয়গুলি প্রদর্শন করার জন্য আমরা এই সহজ পরীক্ষাটি করতে পারি।

কাজ ________________ 14.3

- বোতলের জল বিক্রি হয়ে গেছে, এমন একটি খালি বোতল নাও। বোতলের ভিতর 5-10 মিলিমিটার জল ঢোকানোর পর ছিপিটি শক্ত করে লাগাও। বোতলটিকে ভালো করে ঝাঁকানোর পর 10 মিনিট সূর্যালোকে রাখো। এতে করে বোতলের ভেতরের বায়ু জলীয়বাষ্প দ্বারা সংপৃক্ত হবে।
- এবার একটি জ্বলন্ত ধূপকাঠি নাও। বোতলের ছিপিটি খুলে ধূপকাঠির কিছুটা ধোঁয়া বোতলে প্রবেশ করতে দাও এবং দ্রুত বোতলের ছিপিটি আগের মত বন্ধ করে দাও। দেখবে ছিপিটি যেন শক্ত করে লাগানো থাকে। এরপর দুই হাতের সাহায্যে যত জোরে সম্ভব বোতলটিকে চাপতে থাকো এবং মোচরাতে থাক। এভাবে কয়েক সেকেন্ড রেখে হাতের চাপ ছেড়ে দাও। পুনরায় যতটা জোরে সম্ভব বোতলটির ওপর চাপ প্রয়োগ করো।

এবার নীচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাওঃ

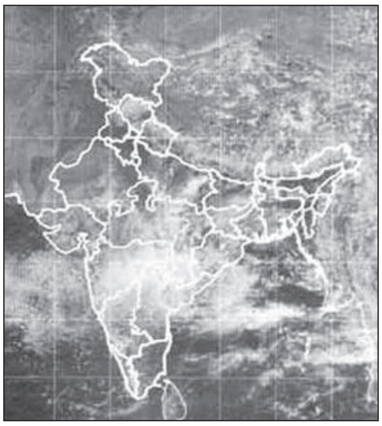
1. কখন তুমি দেখলে বোতলের ভিতরের জল কুয়াশার মতো হয়ে গেছে?
2. কখন এই কুয়াশার মত বাষ্প দূরীভূত হল?
3. কখন বোতলের ভেতরের চাপ সর্বাধিক ছিল?
4. বোতলের ভেতরের চাপ যখন বেশি ছিল বা কম ছিল, তখনো কি কুয়াশার মত বাষ্প দেখা যাচ্ছিল?
5. এই পরীক্ষাটির জন্য বোতলের ভেতরে ধোঁয়ার কণা প্রবেশ করানোর কেন প্রয়োজন হল?
6. ধূপকাঠির ধোঁয়া ছাড়া তুমি পরীক্ষাটি করলে, কী হতে পারতো? এবার সেটি করার চেষ্টা করো এবং দেখে নাও তোমার অনুমান সঠিক ছিল কিনা। ধোঁয়ার কণা ছাড়া পরীক্ষাটি করার সময় কী কী সংঘটিত হচ্ছিল?

উপরের পরীক্ষাটি খুব ছোট্ট করে হলেও, আমাদের একটি ধারণা দেয়, যে অধিক পরিমাণ জলীয়বাষ্প সমৃদ্ধ বায়ু উচ্চচাপযুক্ত অঞ্চল থেকে নিম্নচাপযুক্ত অঞ্চলের দিকে প্রবাহিত হলে বা উল্টো ঘটনা সংঘটিত হলে কী হতে পারে।

দিনের বেলায় জলাশয়ের জল উত্তপ্ত হলে প্রচুর জলীয় বাষ্প মুক্ত হয় এবং তা বায়ুতে মিশে যায়। বিভিন্ন জৈবিক ক্রিয়ার ফলেও বায়ুমণ্ডলে কিছু পরিমাণ জলীয়বাষ্প মুক্ত হয়। ফলে বায়ু উত্তপ্ত হয়ে উঠে। এই গরম বায়ু জলীয়বাষ্প সহযোগে বায়ুমণ্ডলের উর্ধ্বাংশে উঠতে থাকে। বায়ু যতই উর্ধ্বগামী হয় ততই সেটি প্রসারিত এবং শীতলীকৃত হয়। এই শীতলীভবনের ফলে বায়ুর জলীয়বাষ্প ঘনীভূত হয় এবং ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র জলবিন্দুতে পরিণত হয়। বায়ুতে ভাসমান কণা কেন্দ্রক (নিউক্লিয়াস) হিসেবে কাজ করে বলে ঘণীভবনের এই ঘটনা আরো ত্বরান্বিত হয়। সাধারণত বায়ুতে ভাসমান ধূলিকণা এবং অন্যান্য কণা এই কাজকে সংগঠিত করে।

একবার ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র জলবিন্দু তৈরি হয়ে গেলে, সেগুলো ঘনীভবনের ফলে বৃহৎ জলবিন্দুতে পরিণত হয়। যখন জলবিন্দুগুলো যথেষ্ট বড় এবং ভারী হয়, তখন সেগুলি বৃষ্টিরূপে

নীচে নেমে আসে। কখনো কখনো বায়ুমণ্ডলের তাপমাত্রা যথেষ্ট কমে গেলে জলবিন্দুগুলো ঘনীভূত হয়ে তুষারকণায়, শিলাবৃষ্টিতে বা শিলে পরিণত হয়। বায়ুপ্রবাহের বিভিন্ন ধরনগুলোই, কীধরনের বৃষ্টিপাত হবে, তা নিয়ন্ত্রণ করে। ভারতের অধিকাংশ জায়গায় দক্ষিণ-পশ্চিম অথবা উত্তর-পূর্ব মৌসুমী বায়ুপ্রবাহের জন্যই বৃষ্টিপাত হয়। আবহাওয়ার খবরে আমরা এও শুনেছি যে, বঙ্গোপসাগরে নিম্নচাপের ফলে কিছু কিছু অঞ্চলে বৃষ্টিপাত হয়। (চিত্র 14.2)



চিত্র 14.2 ঃ ভারতের উপরিভাগে মেঘের অবস্থানের উপগ্রহ-চিত্র

কাজ 14.4

- সংবাদপত্র কিংবা দূরদর্শনের আবহাওয়া সংক্রান্ত খবর থেকে দেশের বিভিন্ন অঞ্চলের বৃষ্টিপাতের ধরন সম্পর্কে খবর সংগ্রহ করো। বৃষ্টি পরিমাপক যন্ত্র (Rain-gauge) কীভাবে বানাতে হয় জেনে নাও এবং এমন একটি যন্ত্র তৈরী করো। এই যন্ত্রটি দ্বারা সঠিক পরিমাপ পাওয়ার জন্য কী কী অগ্রিম সতর্কতা নেওয়া দরকার? এবার নীচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও ঃ
- তোমার শহর/নগর/গ্রামে কোন্ মাসে সর্বাধিক বৃষ্টিপাত হয়?
- কোন্ মাসে তোমার রাজ্যে/কেন্দ্রীয় শাসিত অঞ্চলে সর্বাধিক বৃষ্টিপাত হয়?
- বৃষ্টিপাতের সময় সর্বদাই কি বজ্রপাত এবং বিদ্যুৎঝলক দেখা যায়? যদি তা না হয়, তবে কোন্ ঋতুতে বৃষ্টিপাতের সঙ্গে সর্বাধিক বজ্রপাত এবং বিদ্যুৎঝলক (lightning) দেখা যায়?

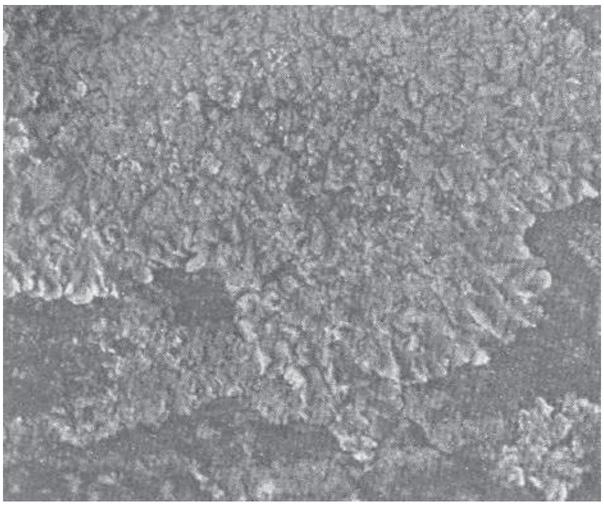
কাজ 14.5

- মৌসুমী বায়ু এবং ঘূর্ণিঝড় সম্পর্কে বিদ্যালয়ের লাইব্রেরী থেকে আরো তথ্য সংগ্রহ করো। অন্য কোনো দেশের বৃষ্টিপাতের ধরন সম্পর্কিত তথ্য সংগ্রহ করো। সারা পৃথিবীতে বৃষ্টিপাতের জন্য মৌসুমী বায়ুই কি একমাত্র দায়ী?

14.1.4 বায়ু দূষণ (Air Pollution) ঃ

আমরা প্রায়শই শুনতে পাই যে বায়ুতে নাইট্রোজেন এবং সালফারের অক্সাইড যৌগের পরিমাণ ক্রমশ বেড়ে চলেছে। লোকজন প্রায়শই আক্ষেপ করে যে বায়ুর বিশুদ্ধতা তাদের শিশুকাল থেকেই ক্রমশ কমে যাচ্ছে। বায়ুর বিশুদ্ধতা কীভাবে প্রভাবিত হয় এবং বিশুদ্ধতার এই পরিবর্তন আমাদের বা অন্যান্য প্রাণীদের কিভাবে প্রভাবিত করে?

জীবাশ্ম জ্বালানী যেমন কয়লা এবং খনিজ তেলের সাথে সামান্য পরিমাণে নাইট্রোজেন এবং সালফার মিশে থাকে। এই জ্বালানীগুলোকে যখন পোড়ানো হয়, নাইট্রোজেন এবং সালফারও পোড়ে এবং এর ফলে নাইট্রোজেন ও সালফারের বিভিন্ন অক্সাইড উৎপন্ন হয়। শ্বাস-প্রশ্বাসের সাথে এই গ্যাসগুলো গ্রহণ করা বিপজ্জনক, শুধু তাই নয় এই গ্যাসগুলো বৃষ্টির জলে দ্রবীভূত হয়ে অম্লবৃষ্টি (Acid rain) সৃষ্টি করে। জীবাশ্ম জ্বালানীর দহন বায়ুতে ভাসমান কণার পরিমানও বৃদ্ধি করে। এই ভাসমান কণাগুলো হতে পারে কার্বন কণা, যাদের দহন হয়নি বা হাইড্রোকার্বন নামক যৌগ। অধিকমাত্রায় এইসব দূষক পদার্থের উপস্থিতি দৃশ্যমানতা (visibility) কমিয়ে দেয়, বিশেষ করে শীতকালে যখন বায়ুর জলীয় বাষ্পও ঘণীভূত হতে থাকে। একেই ধোঁয়াশা (smog) বলে এবং যা বায়ুদূষণ পর্যবেক্ষণ করার একটা নির্দেশক। গবেষণা করে জানা গেছে, শ্বাস প্রশ্বাসের সাথে প্রতিনিয়ত বায়ুতে উপস্থিত এইসব পদার্থ গ্রহণ করার কারণে এলার্জি, ক্যান্সার এবং হৃদরোগের মতো অসুখ দিনদিন বাড়ছে। বায়ুতে এইসব ক্ষতিকারক পদার্থের পরিমাণ বৃদ্ধিকেই বায়ুদূষণ বলে।



চিত্র 14.3ঃ লাইকেন (Lichen)

কাজ ______________________ 14.6

- দেখা গেছে লাইকেন (lichens) নামক জীবটি সালফার ডাই-অক্সাইডের মত বায়ুদূষকের প্রতি অত্যন্ত সংবেদনশীল। 7.3.3 অংশে পূর্বেই আলোচনা করা হয়েছে যে লাইকেনকে সাধারণত সবুজাভ-সাদা বর্ণের স্তর হিসাবে গাছের শক্ত গুঁড়ির ওপর বেড়ে উঠতে দেখা যায়। তোমার এলাকার গাছগুলোতে লাইকেন আছে কিনা তা খোঁজ করলে, খুঁজে পেতেও পার।
- ব্যস্ত রাস্তার ধারের এবং বেশকিছুটা দূরের গাছের লাইকেনগুলোর মধ্যে তুলনা করো।
- রাস্তার ধারের গাছগুলোর, রাস্তারদিকের অংশে এবং বিপরীত দিকের অংশের লাইকেনের মধ্যে তুলনা করো।

ওপরের অনুসন্ধান থেকে তুমি রাস্তার ধারে ও দূরবর্তী স্থানে দূষক পদার্থের পরিমাপ সম্পর্কে কী অনুমান করতে পারলে?

প্রশ্নাবলি

১. আমাদের বায়ুমণ্ডল, শুক্র এবং মঙ্গল গ্রহের বায়ুমণ্ডল থেকে কী করে আলাদা?
২. কীভাবে বায়ুমণ্ডল কম্বলের মতো কাজ করে?
৩. বায়ুপ্রবাহ (বাতাস) কীভাবে সৃষ্টি হয়?
৪. কীভাবে মেঘের সৃষ্টি হয়?
৫. মনুষ্যসৃষ্ট এরূপ তিনটি কাজ লিপিবদ্ধ করো, যেগুলো বায়ু দূষণের জন্য দায়ী।

14.2 জল ঃ একটি আশ্চর্য তরল (Water: A Wonder Liquid) ঃ

পৃথিবীপৃষ্ঠের একটা বড়ো অংশই জল দ্বারা অধিকৃত এবং ভূগর্ভেও জলের অস্তিত্ব আছে। বায়ুমণ্ডলেও জলীয়বাষ্পরূপে কিছু পরিমাণ জলের অস্তিত্ব আছে। পৃথিবীপৃষ্ঠের বেশিরভাগ জলই হল সাগর এবং মহাসাগরের জল এবং এই জল লবণাক্ত। বরফ-ঢাকা মেরু অঞ্চলে এবং তুষারাবৃত পর্বতে স্বাদুজল (Fresh water) পাওয়া যায়। ভূগর্ভস্থ জল এবং নদীর জল, হ্রদের জল এবং পুকুরের জলও অবশ্য স্বাদুজল (Fresh water)। স্থানভেদে স্বাদু জলের প্রাচুর্য-এর তারতম্য দেখা যায়। বাস্তবে প্রত্যেক গীষ্মেই বিভিন্ন অঞ্চলে জল সংকট দেখা যায়। প্রত্যন্ত গ্রামগুলিতে, যেখানে জল সরবরাহ ব্যবস্থা গড়ে উঠেনি-সেখানকার অধিবাসীরা দূরবর্তী উৎস থেকে জল সংগ্রহ করতে হয় বলে যথেষ্ট সময় অপচয় করতে বাধ্য হয়।

কাজ ______________________ 14.7

- বহু পৌরসভা জল সরবরাহ বৃদ্ধির জন্য জল বিশুদ্ধকরণের বিভিন্ন প্রযুক্তি কাজে লাগানোর চেষ্টা করছে।
- এই প্রযুক্তিগুলো সম্পর্কে খোঁজ নাও এবং কীভাবে এরা ব্যবহারযোগ্য জলের পরিমাণ বৃদ্ধি করে, তা জানার চেষ্টা করো।

কিন্তু, জলের এতো প্রয়োজন হয় কেন? তাছাড়া প্রত্যেক জীবেরই কি জলের প্রয়োজন হয়? কোষের সমস্ত প্রক্রিয়াগুলি জলীয় মাধ্যমে সংগঠিত হয়। আমাদের দেহের ভেতর বা সজীব কোষের সমস্ত বিক্রিয়াগুলো জলে দ্রবীভূত বিভিন্ন দ্রব্যের মধ্যে সংঘটিত হয়। দ্রবীভূত অবস্থায় বিভিন্ন দ্রব্য আমাদের শরীরের এক স্থান থেকে অন্য স্থানে পরিবাহিত হয়। তাই বেঁচে থাকার জন্য জীবকূলের নিজেদের দেহের জলের পরিমাণ নিয়ন্ত্রণ রাখা আবশ্যক। পৃথিবীর সমস্ত স্থলজীবীদের (Terrestrial life-forms) স্বাদু জলের প্রয়োজন হয়। কেননা, তাদের দেহ লবণাক্ত জলে দ্রবীভূত লবণগুলো অতিরিক্ত মাত্রায় সহ্য করতে পারে না বা লবণগুলোকে দেহ থেকে নির্গমণও করতে পারে না। তাই, স্থলভাগে প্রাণী ও উদ্ভিদের অস্তিত্ব রক্ষার জন্য জলের উৎসগুলিকে সহজলভ্য করে তোলার প্রয়োজন।

কাজ ______________________ 14.8

- জলাশয় যেমন নদী, ঝরনা, হ্রদ বা পুকুরের নিকটবর্তী দূরত্বে একটি অঞ্চল (ধর-1বর্গমিটার) নির্বাচন করো, অঞ্চলটিতে যে বিভিন্ন প্রাণী এবং উদ্ভিদ আছে তা গণনা করো। এছাড়াও প্রত্যেক জাতির সংখ্যাগুলিও গণনা করো।
- একটি শুষ্ক, পাথুরে অঞ্চলের সমপরিমাণ জায়গায় কত সংখ্যক বিভিন্ন প্রজাতির প্রাণী এবং উদ্ভিদ পাওয়া যায়, ওপরের ফলাফলের সাথে তার তুলনা করো।
- উভয় অঞ্চলের প্রাণী এবং উদ্ভিদের বৈচিত্র্য (1 বর্গমিটার) কী একইরকম?

কাজ ______________________ 14.9

- তোমার স্কুলের মধ্যে অথবা নিকটবর্তী অঞ্চলে একটি ছোট্ট (ধর 11 বর্গমিটার) অব্যবহৃত অঞ্চল নির্বাচন করো।
- ওপরের কাজ-14.8 এর মতোই ঐ অঞ্চলের বিভিন্ন প্রজাতির প্রাণী ও উদ্ভিদের সংখ্যা এবং প্রত্যেক প্রজাতির সংখ্যা গণনা করো।

- মনে রাখবে এই কাজটি বছরে দু'বার করতে হবে। একবার গ্রীষ্মকালে বা শুষ্ক আবহাওয়ায় এবং আরেকবার বৃষ্টিপাতের পর।

প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও ঃ

1. *উভয় সময়ে জীবের সংখ্যা সমান ছিল কী?*
2. *কোন্ ঋতুতে তুমি অধিক প্রজাতির প্রাণী এবং উদ্ভিদের বৈচিত্র্য দেখতে পেলে?*
3. *কোন্ ঋতুতে তুমি প্রত্যেক প্রজাতিকে সর্বাধিক সংখ্যায় দেখতে পেলে?*

কোনো একটি অঞ্চলে জলের প্রাচুর্য্য এবং সেখানে বসবাসকারী উদ্ভিদ ও প্রাণীর সংখ্যা ও বৈচিত্র্যের মধ্যে কোন সম্পর্ক আছে কি? উক্ত দুটি পর্যবেক্ষণ ভিত্তিক ফলাফল থেকে ভেবে দেখো। যদি সম্পর্ক থাকে, তাহলে বলো বছরে 5 সেমি ও 200 সেমি বৃষ্টিপাত হয় এমন দুটি স্থানের মধ্যে কোন্‌টিতে জীবের সংখ্যার আধিক্য ও বৈচিত্র্যের মাত্রা বেশি হবে? মানচিত্র বই ও অ্যাটলাস (Atlas) থেকে যে মানচিত্রটিতে বৃষ্টিপাতের প্রকৃতি (ধরন) দেখানো হয়েছে, সেটি খুঁজে বের করো এবং অনুমান করো ভারতবর্ষের কোন্ রাজ্যটির জীববৈচিত্র্য সর্বাধিক এবং কোন্ রাজ্যটির সবচেয়ে কম? অনুমান সঠিক কিনা, তা যাচাই করার কোনো পদ্ধতি আমরা ভাবতে পারছি কি? জলের প্রাচুর্য্য কেবলমাত্র কোন একটি অঞ্চলে প্রতিটি প্রজাতির সংখ্যা এবং বেঁচে থাকাই নিয়ন্ত্রণ করে না, সেই অঞ্চলের জীববৈচিত্র্যও নির্ধারণ করে। যদিও জলের প্রাচুর্য্যই কোনো একটি অঞ্চলে জীবের বেঁচে থাকার একমাত্র কারণ নয়। উষ্ণতা এবং মাটির প্রকৃতির মতো শর্তগুলোও গুরুত্বপূর্ণ। তবে জল একটি গুরুত্বপূর্ণ প্রাকৃতিক সম্পদ যা স্থলভাগে জীবনের অস্তিত্ব নিরূপণ করে।

14.2.1 জল দূষণ (Water Pollution) ঃ

কৃষিক্ষেত্রে আমরা যে সার এবং কীটনাশক ব্যবহার করি সেগুলো জলে দ্রবীভূত হয়। এইসব পদার্থের একটি অংশ বৃষ্টির জলের সাথে ধুয়ে বিভিন্ন জলাশয়ে মিশে যায়। শহর এবং নগরের আবর্জনা এবং কারখানার বর্জ্য পদার্থগুলিও নদী বা হ্রদের জলেই ফেলা হয়। নির্দিষ্ট কিছু কারখানায় বিভিন্ন কাজে শীতলীকরণের জন্য জল ব্যবহার করা হয় এবং এরপর এই গরম জল জলাশয়ে ফিরিয়ে দেওয়া হয়। নদীর জলের উষ্ণতা প্রভাবিত হওয়ার অপর একটি উপায় হল, বাঁধ (Dams) থেকে জল নিষ্কাশন। জলাধারের গভীরে সঞ্চিত জল, উপরিতলের জলের চেয়ে ঠান্ডা হয়। কারণ উপরিতলের জল সূর্য থেকে তাপ গ্রহণ করে গরম হয়।

এ সমস্ত কারণগুলো বিভিন্নভাবে জলে বসবাসকারী জীবগোষ্ঠীকে প্রভাবিত করে। এতে করে কিছু কিছু জীবকুলের বৃদ্ধি ত্বরান্বিত হয়, আবার কিছু কিছু হ্রাস পায়। প্রকৃতিতে বিভিন্ন জীবকুলের মধ্যে যে ভারসাম্য রয়েছে তা এর দ্বারা প্রভাবিত হয়। তাই আমরা জলদূষণ শব্দটি ব্যবহার করার সময় নীচের প্রভাবগুলোকেও সংযুক্ত করব —

1. জলাশয়গুলোতে অপ্রয়োজনীয় ক্ষতিকারক পদার্থ ফেলা হয়। এই ক্ষতিকারক পদার্থগুলো হতে পারে কৃষিকার্যে ব্যবহৃত সার বা কীটনাশক অথবা অন্য কোনো বিষাক্ত পদার্থ যেমন পারদ গঠিত লবণ, যেগুলো কাগজের কারখানায় ব্যবহার করা হয়। এগুলি রোগ সংক্রমণকারী জীবাণুও হতে পারে, যেমন কলেরা রোগ সৃষ্টিকারী ব্যাক্টেরিয়া।
2. জলাশয় থেকে প্রয়োজনীয় অত্যাবশ্যকীয় পদার্থের নির্গমন। জলজ উদ্ভিদ এবং প্রাণীরা দ্রবীভূত অক্সিজেন ব্যবহার করে। কোন পরিবর্তনের ফলে এই দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ যদি যথেষ্ট পরিমাণ কমে যায়, তবে জলজ জীবকূল ভীষণভাবে ক্ষতিগ্রস্ত হয়। অন্যান্য পুষ্টিকর পরিপোষক পদার্থও জলাশয় থেকে নিঃষেশিত হতে পারে।
3. উষ্ণতা পরিবর্তন ঘটলে, জলজ জীবকুলের জলে বেঁচে থাকার জন্য জলাশয়ের উষ্ণতা একটি নির্দিষ্ট সীমার ভেতর থাকা দরকার এবং জলাশয়ের তাপমাত্রার হঠাৎ কোন পরিবর্তন তাদের জন্য খুবই বিপজ্জনক বা প্রজননেও বাধার সৃষ্টি করে। উষ্ণতা পরিবর্তনের প্রতি বিভিন্ন প্রাণীর ডিম এবং শূককীটগুলো অত্যন্ত সংবেদনশীল।

প্রশ্নাবলি

1. *জীবকুলের জলের প্রয়োজন হয় কেন?*
2. *তুমি যে শহর/নগর/গ্রামে বাস কর সেখানে স্বাদু জলের প্রধান উৎসটি কী?*
3. *এমন কোন মনুষ্যসৃষ্ট কারণ তোমার জানা আছে কি, যার কারণে জলের উৎসটি দূষিত হতে পারে?*

14.3 মাটির পুষ্টিকর খনিজ ভান্ডার (Mineral Riches in the Soil)

কোনো একটি অঞ্চলের মাটির সম্পদই ঐ অঞ্চলের জীববৈচিত্র্যকে নির্ধারণ করে। কিন্তু 'মাটি' জিনিষটা কী এবং কীভাবেই বা এটি তৈরি হয়? পৃথিবীর সর্ববহিঃস্থ স্তরটিকে বলা হয় ভূত্বক এবং এই স্তরটিতে যে খনিজ পদার্থগুলো পাওয়া যায়, সেগুলোই জীবকূলকে বিভিন্নরকম পুষ্টি প্রদান করে। কিন্তু এই খনিজ পদার্থগুলো যদি শিলাখণ্ডের মধ্যে বিপুল পরিমাণে আবদ্ধ থাকে, জীবকূল তা গ্রহণ করতে সক্ষম হবে না। হাজার হাজার বছর ধরে ভূত্বক এবং ভুত্বকের নিকটবর্তী স্থানের শিলাগুলো বিভিন্ন ভৌত, রাসায়নিক এবং জৈবিক প্রক্রিয়ায় চূর্ণ-বিচূর্ণ হচ্ছে। এই চুর্ণীকরণের ফলে প্রাপ্ত মিহি কণাগুলোই হল মাটি। কিন্তু কোন্ কোন্ শর্তে বা পদ্ধতিতে এই মাটি তৈরি হয়?

- **সূর্য ঃ** সূর্য দিনের বেলায় তার কিরণের সাহায্যে শিলাকে উত্তপ্ত করে ফলে শিলা প্রসারিত হয়। রাতের বেলায় এই শিলাগুলো শীতল হয় এবং সংকুচিত হয়। শিলার সমস্ত অংশ একই হারে প্রসারিত এবং সংকুচিত হয় না, ফলে শিলাখণ্ডের মধ্যে ফাটল তৈরি হয় এবং পরিশেষে বিশাল শিলাখণ্ডগুলো চূর্ণ-বিচূর্ণ হয়ে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণায় পরিণত হয়।
- **জল ঃ** মাটি সৃষ্টিতে জল দুভাবে সাহায্য করে। প্রথমতঃ সূর্যকিরণের দ্বারা শিলাখণ্ডগুলোর অসম উত্তপ্তীকরণ-এর ফলে শিলাতে যে ফাটল তৈরি হয়, তার ভিতর জল প্রবেশ করতে পারে। যদি এই জল পরবর্তী সময়ে জমে বরফ হয়, তবে তা এই ফাটলগুলোকে আরো প্রশস্ত হতে সাহায্য করে। তুমি কী ভাবতে পারছো, কেন এরকম হয়? দ্বিতীয়তঃ প্রবহমান জল দ্বারা কঠিন শিলাখণ্ডের দীর্ঘকাল ধরে ক্ষয়প্রাপ্ত হওয়া। তীব্র জলস্রোত প্রায়শই বড়ো বা ছোট শিলাখণ্ডকে নদীর নীচের দিকে ভাসিয়ে নিয়ে যায়। এই শিলাগুলো একে অপরের সাথে ঘর্ষিত হয় এবং এই ঘর্ষনজনিত ক্ষয়প্রাপ্তির কারণে শিলাখণ্ড ক্রমশঃ ছোটো থেকে ছোটো কণায় পরিণত হয়। জল তখন এই ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণাগুলোকে সঙ্গে নিয়ে বাহিত হয় এবং নিম্নাঞ্চলে অধঃক্ষেপণের মাধ্যমে সঞ্চিত করে। মাটিকে তাই মূল শিলাখণ্ড থেকে অনেক দূরে পাওয়া যায়।
- **বাতাস ঃ** একইভাবে জলের মতোই উচ্চ গতির বাতাস শিলাখণ্ডগুলোর ক্ষয় সাধন করে। জলের মতো বাতাসও বালির কণাগুলোকে এক স্থান থেকে অন্য স্থানে বয়ে নিয়ে যায়।
- মাটি সৃষ্টিতে সজীব বস্তুগুলোরও একটি গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রয়েছে। লাইকেন (Lichen), যার সম্বন্ধে আমরা আগেই পড়েছি, এরাও শিলাখণ্ডের গায়ে (তলে) জন্মায়। যখন এদের বৃদ্ধি ঘটতে থাকে তখন এরা নির্দিষ্ট কিছু পদার্থ ত্যাগ করে যেগুলো শিলাখণ্ডের পৃষ্ঠতলকে পাউডারের মত গুঁড়োয় পরিণত করে এবং মাটির পাতলা স্তর গঠন করে। এরপর শিলাখণ্ডের পৃষ্ঠতলে মস এর মতো অন্যান্য ক্ষুদ্র উদ্ভিদ পুনরায় বেড়ে উঠতে থাকে এভাবেই শিলাখণ্ডটির ভাঙন প্রক্রিয়াটি চলতে থাকে। অনেক সময় শিলাখণ্ডের ফাটলের মধ্য দিয়ে বড় গাছের মূল প্রবেশ করে এবং ফাটলের মধ্যে আরো বেশি বল প্রয়োগ করে আরও বড় ফাটল তৈরি করে।

কাজ _______________ 14.10

- একটি জলপূর্ণ বিকারে কিছু মাটি নেওয়া হল। মাটির তুলনায় কমপক্ষে পাঁচগুণ পরিমাণ জল নিতে হবে। মাটি ও জলকে ভালভাবে নাড়ানো হল, এবার মাটিকে জলের মধ্যে থিতু হতে দেওয়া হল। কিছু সময় পর পর্যবেক্ষণ করো।
- বিকারের নীচের থিতু হওয়া মাটি কি সমসত্ত্ব বা কোন স্তর গঠন করেছে।
- যদি স্তর গঠন করে থাকে তবে একটি স্তরের সাথে আরেকটি স্তরের পার্থক্য কি?
- জলের উপরিতলে কোন কিছু ভাসছে কি?
- তুমি কি মনে করো কিছু পদার্থ জলের মধ্যে দ্রবীভূত হয়েছে? তুমি কিভাবে এটি পরীক্ষা করবে?

তাহলে তুমি দেখলে মাটি একটি মিশ্রণ। এর মধ্যে বিভিন্ন আকৃতির ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র শিলাখণ্ড রয়েছে। এতে সজীব বস্তুর বিয়োজিত কণাও রয়েছে যাদের হিউমাস বলা হয়। তাছাড়াও মাটিতে বিভিন্ন প্রকারের আণুবীক্ষনিক জীবাণুও রয়েছে। মাটিতে উপস্থিত বিভিন্ন প্রকার কণার গড় আকারের উপর ভিত্তি করে মাটির প্রকার নির্ধারিত হয় এবং হিউমাস ও বিভিন্ন প্রকার আণুবীক্ষনিক জীবাণুর পরিমাণের উপর ভিত্তি করে মাটির গুণগতমান নির্ধারিত হয়। মাটির গঠন নির্ধারণে হিউমাসের একটি বড় ভূমিকা রয়েছে, কারণ এটি মাটিকে স্বছিদ্র করে, এর ফলে জল ও বায়ু মাটির অনেক গভীরে প্রবেশ করতে পারে। একটি বিশেষ প্রকার মাটিতে কোন্ কোন্ খনিজ পুষ্টি পদার্থ পাওয়া যাবে তা মাটিটি কোন্ ধরনের শিলাখণ্ড থেকে তৈরি হয়েছে তার উপর নির্ভর করে।

মাটির পুষ্টি উপাদান, মাটিতে থাকা হিউমাসের পরিমাণ এবং মাটির গভীরতা ইত্যাদি কয়েকটি শর্তের উপর নির্ভর করে ঐ মাটিতে কোন্ ধরনের উদ্ভিদ বেঁচে থাকতে পারবে। মাটির সবচেয়ে উপরের স্তর যেখানে মাটির কণাগুলো ছাড়াও হিউমাস, সজীব বস্তু রয়েছে তাকে

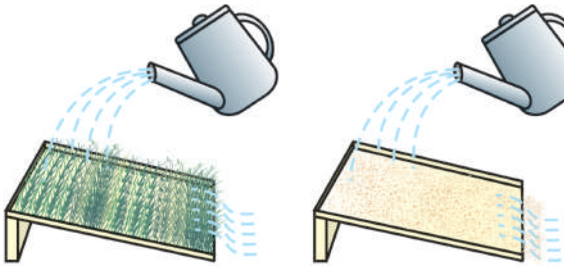
ভূত্বক (top soil) বলে। কোন একটি অঞ্চলের জৈব বৈচিত্র্য নির্ধারণে ভূত্বক (top soil) এর গুণগতমান একটি গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।

আধুনিক কৃষিকাজে বিশাল পরিমাণে সার এবং কীটনাশক ব্যবহৃত হচ্ছে। দীর্ঘ সময় ধরে এদের ব্যবহার মাটির পুষ্টির উপাদান পুনরাবর্তনকারী আনুবীক্ষণিক জীবাণুদের মেরে ফেলে মাটির গঠনকে ধ্বংস করে। মাটিতে উপস্থিত কেঁচো যারা হিউমাস তৈরিতে বড় ভূমিকা নেয় তাদেরও এরা মেরে ফেলে। যদি সুস্থিত (স্থিতিশীল) ব্যবস্থা গ্রহণ না করা হয় তবে অচিরেই উর্বর জমি অনুর্বর জমিতে রূপান্তর হবে। মাটির প্রয়োজনীয় উপাদানগুলোর নিষ্কাশন এবং অন্য উপাদানের সংযোগের ফলে মাটির উর্বরতার উপর যে বিরূপ প্রভাব পড়ে এবং এতে মাটির জৈব বৈচিত্র ধ্বংস হওয়াকেই মাটি দূষণ বলে।

যে মাটি এখন আমরা দেখি তা প্রকৃতপক্ষে দীর্ঘ সময় ধরে সৃষ্টি হয়েছে। যা হোক, যে বিষয়গুলোর জন্য কোন জায়গায় মাটি সৃষ্টি হয় অথবা অন্য জায়গার মাটি সে জায়গায় স্থানান্তরিত হয়, উভয়ই মাটির অপসারণের জন্য দায়ী। মাটির সূক্ষ্ম দানাগুলো প্রবহমান জল বা বাতাস দ্বারা স্থানান্তরিত হয়। যদি সব মাটি অপসারিত হয়ে যায় এবং শিলাখণ্ডগুলো উন্মুক্ত হয়ে পড়ে তবে আমরা একটি মূল্যবান সম্পদ হারাব, কারণ তখন সেই শিলাখণ্ডে খুব সামান্য পরিমাণেই উদ্ভিদ জন্মায়।

কাজ **14.11**

- দুটি একই রকম দেখতে ট্রে নাও ও মাটি দিয়ে পূর্ণ করো। একটি ট্রেতে সরিষা বা সবুজ ছোলা বা ধান রোপণ করো এবং যতদিন না প্রথম ট্রেটিতে থাকা চারাগুলো বড় হয়ে মাটি ঢেকে না যায় ততদিন দুটো ট্রেতে জল দাও। এখন দুটি ট্রেকেই কাত করা অবস্থায় রেখে দাও। দুটো ট্রেকেই ঠিক একই কোণে কাত করে রাখো। এখন খুব সাবধানে দুটো ট্রেতেই এমনভাবে সমান পরিমাণ জল ঢালো যেন জল ট্রে'র গা বেয়ে পড়ে যায় (চিত্র 14.4)
- দেখো দুটো ট্রে থেকে কি পরিমাণ মাটি সরে গেল। দুটো থেকেই সমান পরিমাণ মাটি সরল কি?
- এখন একটু উপর থেকে দুটো ট্রেতে সমান পরিমাণ জল ঢালো। আগে যে পরিমাণ জল ঢেলে ছিলে এবার তার তিন চারগুণ বেশি জল ঢালো।
- দেখো ট্রে দুটো থেকে কি পরিমাণ মাটি সরল। দুটো থেকে সমান পরিমাণ মাটি সরল কি?
- প্রথমবারের তুলনায় এবার সরে যাওয়া মাটির পরিমাণ বেশি না কম না সমান?



চিত্র 14.41ঃ মাটির উপরের স্তরে জল প্রবাহের প্রভাব

মাটির ক্ষয় রোধে উদ্ভিদের মূলের একটা গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রয়েছে। সারা পৃথিবী জুড়ে যে বিশাল পরিমাণে বন ধ্বংস হচ্ছে তা শুধুমাত্র জৈব বৈচিত্রকেই ধ্বংস করছে না, মাটিরও ক্ষয় সাধন করছে। মাটির উপরের স্তরে সেখানে কোন গাছপালা নেই, সেই স্তরের মাটি তাড়াতাড়ি অপসারিত হয়। এই অপসারণের ঘটনাটি উঁচু ও পাহাড়ী অঞ্চলে ত্বরান্বিত হয়। এভাবে অপসারিত হওয়া মাটিকে পুনরুদ্ধার করা খুব কঠিন। ভূত্বকে জন্মানো গাছপালার আস্তরণের একটি গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রয়েছে মাটির গভীরের স্তরগুলিতে জল অনুপ্রবেশের ক্ষেত্রে।

প্রশ্নাবলি

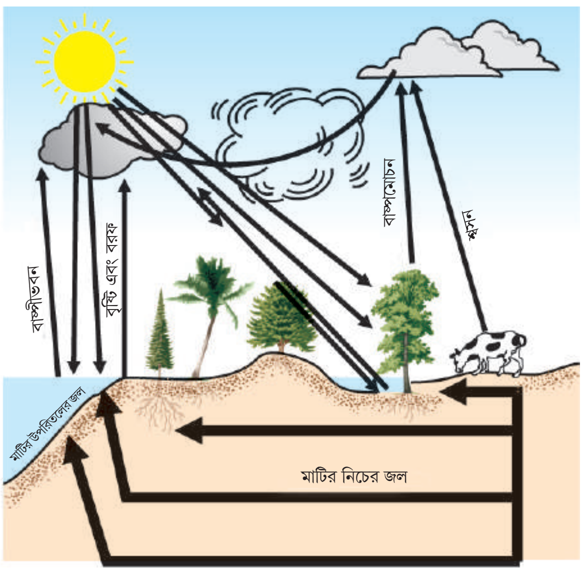
i) মাটি কি ভাবে সৃষ্টি হয়?
ii) ভূমিক্ষয় কী?
iii) ভূমিক্ষয় রোধ করা বা কমানোর বিভিন্ন উপায়গুলো কী কী?

14.4. জৈব-ভূ-রাসায়নিক চক্র (Biogeochemical Cycles)

জীবমণ্ডলের জৈব ও অজৈব উপাদানগুলোর মধ্যে নিরন্তর গতিশীল অথচ সুস্থিত আদান প্রদান হয়। জীবমণ্ডলের বিভিন্ন উপাদানগুলোর মধ্যে পদার্থ এবং শক্তির আদান প্রদানের মাধ্যমে এই স্থিতিশীল অবস্থার সৃষ্টি হয়। চলো আমরা এমন কিছু প্রক্রিয়া খুঁজে বের করি যারা এই সমতাটি বজায় রাখার কাজে যুক্ত রয়েছে।

14.4.1 জল চক্র (The Water Cycle)

তোমরা দেখেছো যে, জলের বিভিন্ন উৎস থেকে জল বাষ্পীভূত হয় এবং সেই বাষ্পীভূত জল ঘণীভূত হয়ে বৃষ্টি হয়। কিন্তু আমরা সমুদ্র, মহাসমুদ্রের জলকে শুকিয়ে যেতে দেখি না। তাহলে এই জলাশয়গুলো কিভাবে জল দ্বারা পূর্ণ হয়। জলের বাষ্পীভূত হওয়া এবং বৃষ্টির আকারে মাটিতে ফিরে আসা, এরপর এই জলের নদীপথ হয়ে সমুদ্রে ফিরে আসার সমগ্র প্রক্রিয়াটি জলচক্র নামে পরিচিত। যতটা সহজে কথাগুলো বলা হলো, সমগ্র প্রক্রিয়াটি ততটা সরল এবং সহজ নয়। বৃষ্টিরূপে যে জল মাটিতে পড়ে তার সবটাই সাথে সাথে সমুদ্রে ফিরে আসে না। এই জলের একটি অংশ মাটি চুঁইয়ে মাটির গভীরে প্রবেশ করে ভূগর্ভস্থ স্বাদু জল ভান্ডারে সঞ্চিত হয়। এই ভূগর্ভস্থ জলের কিছু অংশ প্রস্রবন রূপে ভূত্বকে ফিরে আসে। নলকূপ বা কূপের মাধ্যমে দৈনন্দিন কাজে ব্যবহারের জন্য এই জলকে আমরা ভূত্বকে উত্তোলন করি। স্থলভাগের উদ্ভিদ এবং প্রাণীরা তাদের জীবনধারা বজায় রাখার জন্যও জল ব্যবহার করে (চিত্র -14.5)



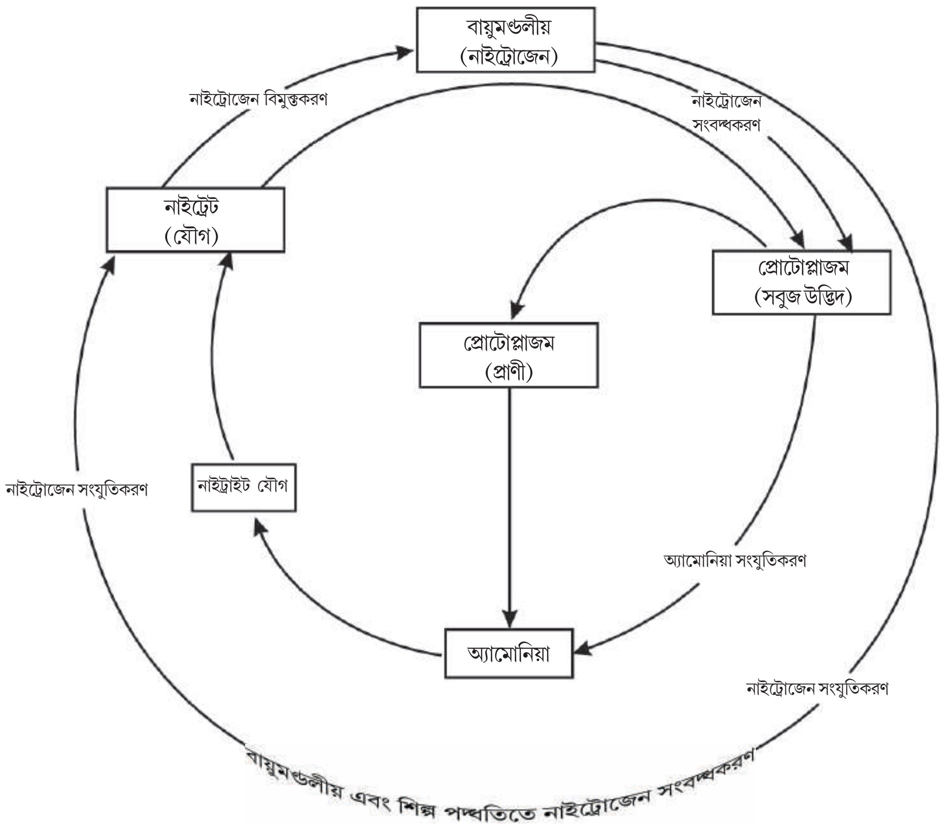
চিত্র 14.5ঃ প্রাকৃতিক জলচক্র

চলো অন্যভাবে দেখে নিই জলচক্র চলার সময় জলের সাথে আর কী কী ঘটে। তুমি জান যে, জল অনেক পদার্থকে দ্রবীভূত করতে পারে। জল শিলাখণ্ডের ওপর দিয়ে প্রবাহিত হওয়ার সময় শিলাখণ্ডে উপস্থিত খনিজ পদার্থের কয়েকটি জলের মধ্যে দ্রবীভূত হয়। নদীর জলের সাথে এই দ্রবীভূত খনিজগুলো সমুদ্রের জলে মেশে এবং এগুলো সামুদ্রিক জীবমণ্ডলের পুষ্টিতে ব্যবহৃত হয়।

14.4.2 নাইট্রোজেন চক্র (The Nitrogen Cycle)

আমাদের বায়ুমণ্ডল 78% নাইট্রোজেন নিয়ে গঠিত এবং জীবন গঠনকারী কিছু অত্যাবশ্যক উপাদান, যেমন প্রোটিন, নিউক্লিক অ্যাসিড (DNA এবং RNA) এবং কিছু ভিটামিনের মধ্যেও নাইট্রোজেন থাকে। উপক্ষার এবং ইউরিয়ার মত কিছু জৈবিক গুরুত্বপূর্ণ যৌগেও নাইট্রোজেন থাকে। তাই নাইট্রোজেন সমস্ত জীবেরই একটি গুরুত্বপূর্ণ পুষ্টি উপাদান। যদি সমস্ত জীব বায়ুমণ্ডল থেকে সরাসরি নাইট্রোজেন গ্রহণ করতে পারতো তবে তাদের জীবনধারা আরো অনেক সহজ হতো। কিছু ব্যাক্টেরিয়া ও সজীব বস্তু তুলনামূলক নিষ্ক্রিয় নাইট্রোজেন অণুকে নাইট্রেট বা নাইট্রাইটে পরিণত করে এবং প্রয়োজনীয় অণু গঠনের জন্য ব্যবহার করতে পারে। কিন্তু সকল সজীব বস্তু তা পারে না। এই নাইট্রোজেন সংবন্ধকারী ব্যাক্টেরিয়াগুলি এককভাবে যেমন বাঁচতে পারে তেমনি দ্বিবীজপত্রী কিছু উদ্ভিদের সাথে মিলেমিশেও থাকতে পারে। নাইট্রোজেন সংবন্ধকারী এ ধরনের ব্যাক্টেরিয়া সবচেয়ে বেশি পাওয়া যায় শীম জাতীয় উদ্ভিদ (সাধারণভাবে ডাল উৎপাদন করে এমন উদ্ভিদ) এর বিশেষভাবে গুটি জাতীয় মূলে। এই ব্যাক্টেরিয়াগুলো ছাড়া আর একটি মাত্র ভৌত (প্রাকৃতিক) প্রক্রিয়া রয়েছে যাতে নাইট্রোজেন পরমাণুগুলো নাইট্রেট এবং নাইট্রাইট যৌগে রূপান্তর হয়। বিদ্যুৎ চমকালে বায়ুতে উচ্চ তাপমাত্রা এবং উচ্চচাপ তৈরি হয়। এতে বায়ুর নাইট্রোজেন, নাইট্রোজেনের অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়। এই অক্সাইডগুলি এরপর বৃষ্টির জলে দ্রবীভূত হয়ে নাইট্রিক এবং নাইট্রাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে এবং বৃষ্টির জলের সাথে মাটিতে পড়ে। তখন এইসব যৌগ বিভিন্ন জীবেরা ব্যবহার করতে পারে।

বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেনকে রূপান্তরিত করে জীবের গ্রহণযোগ্য নাইট্রোজেনযুক্ত অণুতে পরিণত করার পর ব্যবহৃত নাইট্রোজেনের কি পরিণতি হয়? উদ্ভিদ নাইট্রেট এবং নাইট্রাইট গ্রহণ করে এবং এদের অ্যামিনো অ্যাসিডে রূপান্তর করে যা প্রোটিন তৈরিতে ব্যবহৃত হয়। অন্যান্য জটিল নাইট্রোজেন ঘটিত যৌগ বিভিন্ন জৈবরাসায়নিক প্রক্রিয়ায় তৈরি হয়।



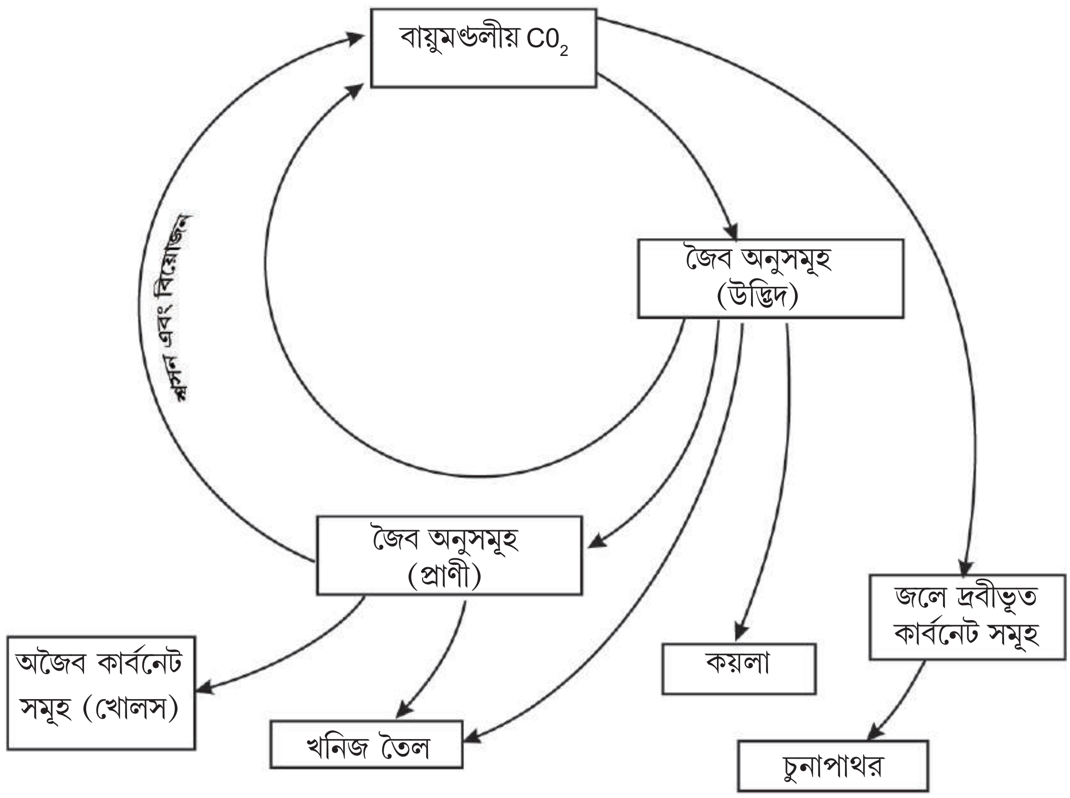
চিত্র নং- 14.6 প্রাকৃতিক নাইট্রোজেন চক্র

এই প্রোটিন এবং জটিল যৌগগুলো পরবর্তী সময়ে প্রাণীরা ব্যবহার করে। কোনো প্রাণী বা উদ্ভিদের মৃত্যুর পর মাটিতে উপস্থিত কিছু ব্যাক্টেরিয়া এদের দেহাবশেষকে পুনরায় নাইট্রেট ও নাইট্রাইট যৌগে পরিণত করে। একটি বিশেষ ধরনের ব্যাক্টেরিয়া নাইট্রেট ও নাইট্রাইট থেকে নাইট্রোজেনকে মুক্ত করে। তাহলে, প্রকৃতিতে একটি নাইট্রোজেন চক্র রয়েছে যেখানে বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেন মৌলগুলো জল এবং মাটিতে সরল অণুগঠন করে থাকে। এই সকল অণুগুলো জৈব বস্তুতে গিয়ে জটিল অণু গঠন করে। পরবর্তীকালে এগুলি সরল নাইট্রোজেন অনু গঠন করে পুনরায় বায়ুমণ্ডলে ফিরে আসে।

14.4.3 কার্বন চক্র (The Carbon Cycle)

পৃথিবীতে কার্বনকে বিভিন্ন রূপে পাওয়া যায়। হীরক এবং গ্রাফাইট এই দুটি মৌল রূপে এটিকে পাওয়া যায়। বায়ুমণ্ডলে কার্বন ডাই অক্সাইড রূপে, বিভিন্ন খনিজে কার্বনেট এবং হাইড্রোজেন কার্বনেট লবণ রূপে এটি সংযুক্ত অবস্থায় যৌগ রূপে থাকে। আবার সমস্ত জীবের জীবনই কার্বন গঠিত অণু যেমন প্রোটিন, কার্বহাইড্রেট, ফ্যাট, নিউক্লিক অ্যাসিড, ভিটামিন ইত্যাদির উপর ভিত্তি করে আছে। বিভিন্ন প্রাণীদের অন্ত ও বহিঃ কঙ্কালও বিভিন্ন কার্বনেট লবণ দিয়ে তৈরী। যে সকল জীবদেহে ক্লোরোফিল রয়েছে তারা সূর্যালোকের উপস্থিতিতে সালোকসংশ্লেষ প্রক্রিয়া সম্পাদন করে আর এই মূল প্রক্রিয়ায় বায়ুর কার্বনডাই অক্সাইড বা জলে দ্রবীভূত কার্বন ডাই অক্সাইড গ্লুকোজ অনুতে রূপান্তরিত হয়। এই গ্লুকোজ অণুগুলো হয় অন্য পদার্থে রূপান্তরিত হয় বা জৈবিকভাবে গুরুত্বপূর্ণ অন্যান্য অণুগুলোকে সংশ্লেষের জন্য শক্তি উৎপাদনের কাজে ব্যবহৃত হয় (চিত্র- 14.7)।

অক্সিজেনের ব্যবহারের মাধ্যমে বা অক্সিজেন ছাড়া সজীব বস্তুর শ্বসন প্রক্রিয়ায় গ্লুকোজকে পুনরায় কার্বন ডাই অক্সাইডে রূপান্তরের জন্য যে শক্তির প্রয়োজন হয় তার জন্যও



চিত্র নং- 14.7 প্রাকৃতিক কার্বন চক্র

গ্লুকোজের ব্যবহার রয়েছে। উৎপন্ন কার্বন-ডাই-অক্সাইড পুনরায় বায়ুমণ্ডলে ফিরে যায়। রান্না করা, তাপ উৎপন্ন করা পরিবহণ, ও বিভিন্ন শিল্প প্রক্রিয়ায় শক্তি উৎপাদনের জন্য যেসকল জ্বালানী পোড়ানো হয়, তার ফলেও কার্বন-ডাই-অক্সাইড বায়ুমণ্ডলে যুক্ত হয়। প্রকৃপক্ষে শিল্প বিপ্লবের পর থেকে মানুষ জীবাশ্ম জ্বালানীগুলোকে বেশি পরিমাণে পোড়াতে শুরু করার ফলে বায়ুমণ্ডলের কার্বন ডাই অক্সাইড এর পরিমাণ শতাংশ হিসেবে প্রায় দ্বিগুণ হয়ে গেছে। বিভিন্ন প্রাকৃতিক ও জৈব কার্যকলাপের ফলে জলের মতো কার্বনও বিভিন্ন রূপে বারবার চক্রাকারে ফিরে আসে।

14.4.3 (i) গ্রীনহাউজপ্রভাব (The Greenhouse Effect)

কাজ 14.1 এর ভাগ (iii) এ ফলাফলগুলো কি পেয়েছিলে তুমি তা মনে করে দেখ। তাপ কাঁচ দ্বারা আবদ্ধ হয় ফলে কাঁচের বোতলের ভিতরের উষ্ণতা পরিবেশের তা উষ্ণতার চেয়ে বেশি হয়। শীতকালের অপেক্ষাকৃত ঠান্ডা আবহাওয়ায় গ্রীষ্মকালীন উদ্ভিদকে উষ্ণ রাখার জন্য এই ব্যবস্থাটি ব্যবহৃত হয়েছিল। এই ব্যবস্থাটিকে গ্রীনহাউজ বলে। কোন বায়ুমণ্ডলীয় ঘটনার উপর ভিত্তি করে গ্রীনহাউজগুলো নামাঙ্কিত হয়। কিছু গ্যাস পৃথিবী থেকে তাপ মুক্ত হতে বাধা দেয়। বায়ুমণ্ডলে শতাংশ হিসেবে এসব গ্যাসের বৃদ্ধিই সারা পৃথিবীর গড় উষ্ণতা বৃদ্ধির কারণ এবং একেই বলে গ্রীনহাউজ প্রভাব। কার্বন ডাই অক্সাইড হল এমন একটি গ্রীনহাউজ গ্যাস। বায়ুমণ্ডলে কার্বন-ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ বৃদ্ধির ফলে বায়ুমণ্ডলে অধিক তাপ থেকে যায়, ফলস্বরূপ বিশ্ব উষ্ণায়ণ হচ্ছে।

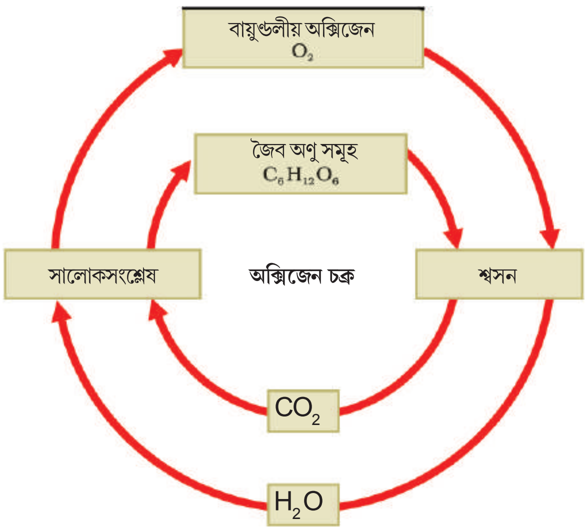
কাজ 14.12

- বিশ্ব উষ্ণায়ণের ফলে কী কী হতে পারে লিখো।
- আরো কয়েকটি গ্রীনহাউজ গ্যাসের নামও খুঁজে বের করো।

14.4.4 অক্সিজেন চক্র (The Oxygen Cycle)

আমাদের পৃথিবীতে অক্সিজেন প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। বায়ুমণ্ডলে মৌল রূপে এর পরিমাণ 21%- পর্যন্ত হতে পারে। যৌগ হিসাবে একে বায়ুণ্ডলে কার্বন-ডাই-অক্সাইড রূপে এবং ভূপৃষ্ঠে একে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। ভূ-পৃষ্ঠে বেশিরভাগ ধাতু ও সিলিকনের অক্সাইড রূপে ও কার্বনেট, সালফেট, নাইট্রেট ও অন্যান্য খনিজ হিসেবেও একে পাওয়া যায়। কার্বনহাইড্রেট (শ্বেতসার), প্রোটিন, নিউক্লিক অ্যাসিড এবং স্নেহজাতীয় পদার্থ (লিপিড) এর মতো জৈব অণুর একটি অতি প্রয়োজনীয় উপাদান হল অক্সিজেন।

কিন্তু আমরা যখন অক্সিজেন চক্রের কথা বলি তখন যে চক্র বায়ুমণ্ডলে অক্সিজেনের সমতা বজায় রাখে সে চক্রকেই বুঝি। বায়ুমণ্ডলের অক্সিজেন মূলত তিনটি উপায়ে ব্যবহৃত হয় সেগুলি হল — দহন, শ্বসন এবং নাইট্রোজেনের অক্সাইড গঠন। একটি মাত্র বড় প্রক্রিয়ার মাধ্যমে অক্সিজেন বায়ুমণ্ডলে ফিরে আসে, সেটি হল সালোকসংশ্লেষ এবং এটি প্রকৃতিতে অক্সিজেন চক্রের বিশাল সীমারেখা তৈরি করে। (চিত্র 14.8)



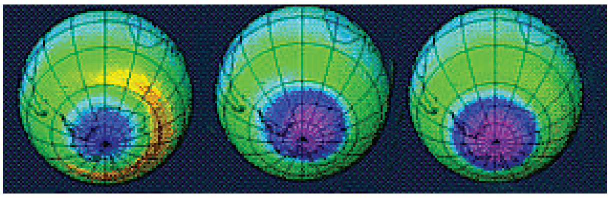
চিত্র নং- 14.8 ঃ প্রাকৃতিক অক্সিজেন চক্র

যদিও আমরা মনে করি যে জীবনধারণের ক্ষেত্রে শ্বসনের মতো প্রক্রিয়ায় অক্সিজেন জরুরি, তবুও তোমরা এটা জেনে আনন্দ পাবে যে, বিশেষত ব্যাক্টেরিয়ার মতো কিছু জীব অক্সিজেনের দ্বারা বিষাক্ত হয়ে পড়ে। প্রকৃত পক্ষে অক্সিজেনের উপস্থিতিতে ব্যাক্টেরিয়ার দ্বারা নাইট্রোজেন সংবদ্ধনও হয় না।

14.5 ওজোন স্তর (Ozone Layer)

অক্সিজেন মৌলকে সাধারণভাবে দ্বিপারমাণবিক অণু হিসেবে পাওয়া যায়। যা হোক, বায়ুমণ্ডলের উপরের স্তরে তিনটি অক্সিজেন পরমাণু নিয়ে গঠিত একটি অণু পাওয়া যায়। অর্থাৎ এর সংকেত হল O_3। একে ওজোন বলে। এটি সাধারণ দ্বিপারমাণবিক অনু অক্সিজেনের মতো নয়, এটি বিষাক্ত এবং আমরা ভাগ্যবান যে, পৃথিবী পৃষ্ঠের কাছাকাছি এটি সুস্থিত হয় না। এটি যেখানে পাওয়া যায় সেখানে সেটি একটি গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা গ্রহণ করে। এটি সূর্যের ক্ষতিকর বিকিরণগুলোকে শোষণ করে। এটি সেসব ক্ষতিকর বিকিরণগুলোকেই শোষণ করে যেগুলো পৃথিবী পৃষ্ঠে পৌঁছলে অনেক প্রজাতির জীবন নষ্ট হতে পারে।

সম্প্রতি আবিষ্কৃত হয়েছে যে, ওজনস্তর ভেঙ্গো যাচ্ছে। অনেক প্রকারের মনুষ্য সৃষ্ট যৌগ যেমন CFC (একটি সুস্থিত কার্বন যৌগ যাতে ফ্লোরিন ও ক্লোরিন রয়েছে এবং যেটি কোনো জৈব প্রক্রিয়ার সাহায্যেই ধ্বংস হয় না) বায়ুমণ্ডলে উপস্থিত রয়েছে তারা ওজোন স্তরে পৌঁছালে, ওজোন অণুর সাথে বিক্রিয়া করে এবং ওজোন স্তর হ্রাস পায়। সম্প্রতি বিজ্ঞানীরা অ্যান্টার্টিকার ওপরের ওজোন স্তরে গর্ত আবিষ্কার করেছেন। যদি ওজোন স্তর আরও হ্রাস পেতে থাকে তবে পৃথিবীর জীবদের উপর তার কি প্রভাব পরবে তা কল্পনা করা খুবই কঠিন। কিন্তু অনেক লোক ভাবছেন এ ঘটনা ঘটার সুযোগ না করে দেওয়াই ভাল। ওজোন স্তরকে আরও ক্ষতিসাধন হওয়া থেকে রক্ষা করার জন্য এরা কাজ করে যাচ্ছেন।



অক্টোবর 1980 অক্টোবর 1985 অক্টোবর 1990

চিত্র - 14.9 ঃ উপগ্রহ থেকে সংগৃহীত ছবি যা অ্যান্টার্টিকার ওপরের ওজোনস্তরের গর্ত (ম্যাজেন্টা রং) দেখানো হয়েছে।

কাজ **14.13**

- আর কোন্ কোন্ অণু ওজোন স্তরের ক্ষতি করতে পারে খুঁজে বের করো।
- ওজোন স্তরে গর্ত হওয়া সম্পর্কিত পত্রিকার খবর সংগ্রহ করো।
- খুঁজে দেখো এই গর্তগুলোর আকারের পরিবর্তন হচ্ছে কিনা এবং পৃথিবীর জীবকুলের উপর এর কি কি প্রভাব রয়েছে (ছবি-14.9)

প্রশ্নাবলি

1) *জলচক্রে জলকে কী কী অবস্থায় পাওয়া যায়?*
2) *জৈবিক গুরুত্ব রয়েছে এমন দুটি যৌগের নাম লেখো যারা অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের সমন্বয়ে গঠিত।*
3) *এমন যে কোন তিনটি মনুষ্য-সৃষ্ট কাজের তালিকা লেখো যার ফলে বাতাসে কার্বন-ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ বৃদ্ধি পাচ্ছে।*
4) *গ্রীনহাউজ প্রভাব কি?*
5) *বায়ুমণ্ডলে অক্সিজেনকে কোন্ দুটি রূপে পাওয়া যায়?*

তোমরা যা শিখলে

- পৃথিবীর জীবন ধারা মাটি, জল, বায়ু ইত্যাদি সম্পদের উপরে এবং সূর্যালোক থেকে সংগৃহীত শক্তির উপর নির্ভরশীল।
- স্থলভাগ ও জলভাগের উপরের বায়ুর অসম উত্তাপের ফলেই বাতাস সৃষ্টি হয়।
- জলাশয় থেকে জল বাষ্পীভূত হয় এবং পুনরায় ঘনীভূত হয়েই বৃষ্টি হয়।
- কোন অঞ্চলের বায়ু প্রবাহের নমুনা ঐ অঞ্চলের বৃষ্টিপাতের নমুনাকে নিয়ন্ত্রণ করে।
- পরিপোষক পদার্থগুলো চক্রাকার পদ্ধতিতে বার বার ব্যবহৃত হয়। ফলে জীবমণ্ডলে বিভিন্ন উপাদানের পরিমাণের সমতা বজায় থাকে।
- বায়ু, জল এবং মৃত্তিকা দূষণ জীবনযাত্রার মান নিয়ন্ত্রণ করে এবং জীব বৈচিত্র্যের ক্ষতি সাধন করে।
- প্রাকৃতিক সম্পদগুলো আমাদের সংরক্ষণ করা দরকার এবং তাদের পরিমিত ব্যবহার করা উচিত।

অনুশীলনী

1. জীবনধারণের জন্য বায়ুমণ্ডলের প্রয়োজন হয় কেন?
2. জীবনধারণের জন্য জলের প্রয়োজন হয় কেন?
3. সজীব বস্তু মৃত্তিকার উপর কিভাবে নির্ভরশীল? সজীব বস্তু যারা জলে বাস করে তারা কি বাঁচার জন্য মাটির উপর মোটেই নির্ভরশীল নয়?
4. তোমরা দূরদর্শন এবং সংবাদপত্রে আবহাওয়া সংক্রান্ত বিজ্ঞপ্তি দেখেছো। আবহাওয়ার ভবিষ্যৎ বাণী দিতে আমরা কিভাবে সমর্থ হয়েছি বলে তোমার মনে হয়?

5. আমরা জানি যে, মানুষের অনেক কার্যকলাপের জন্য বায়ু, জল ও মাটির দূষণের মাত্রা বেড়ে চলেছে। তুমি কি মনে কর একটি নির্দিষ্ট ও সীমাবদ্ধ অঞ্চলে এইসব কার্যকলাপ বন্ধ করলে দূষণের মাত্রা হ্রাস পাবে?

6. আমাদের বায়ু, মাটি, জল ইত্যাদি সম্পদের উৎকর্ষ বৃদ্ধি ক্ষেত্রে বনভূমির কী ভূমিকা রয়েছে সে সম্পর্কে টীকা লিখো।

অধ্যায় 15

খাদ্যসম্পদের উন্নতিসাধন

IMPROVEMENT IN FOOD RESOURCES

আমরা জানি যে, সব সজীব বস্তুরই খাদ্যের প্রয়োজন। খাদ্য থেকে আমরা কার্বোহাইড্রেট, প্রোটিন, ফ্যাট, ভিটামিন এবং খনিজ লবণ পাই যেগুলো আমাদের দেহগঠন, বৃদ্ধি এবং স্বাস্থ্য রক্ষার জন্য প্রয়োজন। উদ্ভিদ এবং প্রাণী উভয়ই আমাদের খাদ্যের প্রধান উৎস। অধিকাংশ খাদ্যই আমরা কৃষি এবং পশুপালন থেকে পাই।

সংবাদপত্রে আমরা পড়ে থাকি যে, কৃষি এবং পশুপালন থেকে উৎপাদন বৃদ্ধির লক্ষ্যে সব সময়ই ব্যাপক প্রচেষ্টা চলছে। এই প্রচেষ্টার প্রয়োজন কেন? বর্তমান উৎপাদনের হার আমাদের চাহিদা মেটাতে পারছে না কেন?

ভারতবর্ষ একটি অধিক জনবহুল দেশ। আমাদের জনসংখ্যা এক বিলিয়নেরও অধিক এবং তা ক্রমশ বেড়েই চলেছে। এই বর্ধনশীল জনসংখ্যার খাদ্য সংকুলানের জন্য খুব শীঘ্রই আমাদের প্রতি বছর এক বিলিয়ন টনের এক -চতুর্থাংশ খাদ্য উৎপাদনের প্রয়োজন হবে। চাষযোগ্য জমির পরিমাণ বৃদ্ধি করে এই সমস্যার সমাধান করা যেতে পারে। ভারতবর্ষে ইতোমধ্যেই যথাসম্ভব জমিকে চাষবাসের আওতায় আনা হয়েছে এবং ব্যাপক হারে চাষবাস চলছে। এর ফলে চাষযোগ্য জমির পরিমাণ বাড়ানোর বড়ো কোনো একটা সুযোগ নেই। তাই শস্য ও পালিত পশু উভয়েরই উৎপাদন দক্ষতা বৃদ্ধি করা প্রয়োজন।

খাদ্যশস্যের উৎপাদন বাড়িয়ে খাদ্যের চাহিদা মেটানোর প্রচেষ্টা এখন পর্যন্ত কিছুটা সাফল্য অর্জন করেছে। সবুজ বিপ্লবের (Green Revolution) ফলে খাদ্যশস্যের উৎপাদন বৃদ্ধি পেয়েছে। শ্বেত বিপ্লবের (White Revolution) ফলে একদিকে যেমন দুগ্ধের যোগান বৃদ্ধি পেয়েছে অন্যদিকে তেমনি এর আরও উন্নত এবং কার্যকরী ব্যবহারও বৃদ্ধি করা গেছে।

তবে যাই হোক, খাদ্য সম্পর্কিত এইসব বিপ্লবের অর্থই হল আমাদের প্রাকৃতিক সম্পদের মাত্রাতিরিক্ত ব্যবহার। এর ফলস্বরূপ, আমাদের প্রাকৃতিক সম্পদের ক্ষতিগ্রস্থ হওয়ার যথেষ্ট সম্ভাবনা রয়েছে এবং এতে প্রাকৃতিক সম্পদের ভারসাম্যও সম্পূর্ণরূপে নষ্ট হয়ে যেতে পারে। সুতরাং, এটা খুবই গুরত্বপূর্ণ বিষয় যে, আমাদের পরিবেশ এবং পরিবেশের উপাদানসমূহের ভারসাম্য বিনষ্ট না করে ফসলের উৎপাদন বৃদ্ধি করতে হবে। তাই কৃষি এবং পশুপালনের ক্ষেত্রে এমন পদ্ধতি ব্যবহার করা প্রয়োজন যাতে ভবিষ্যতেও প্রাকৃতিক সম্পদের ভারসাম্য বজায় থাকে।

কেবলমাত্র গুদামজাতকরণের জন্য খাদ্যশস্যের উৎপাদন বৃদ্ধি করে অপুষ্টি এবং ক্ষুধা নিবৃত্তিজনিত সমস্যার সমাধান সম্ভব নয়। জনসাধারনের হাতে খাদ্যশস্য ক্রয় করার মতো অর্থের সংস্থান থাকাও প্রয়োজন। খাদ্যের সহজলভ্যতা এবং খাদ্য ক্রয়ের ক্ষমতা উভয়ের উপরই খাদ্যের সুরক্ষা নির্ভর করে। আমাদের জনসংখ্যার বেশিরভাগই তাদের জীবন ধারণের জন্য কৃষিকার্যের উপর নির্ভরশীল। সুতরাং, ক্ষুধা নিবৃত্তিজনিত সমস্যা সমাধানের জন্য কৃষিকার্যের সাথে যুক্ত ব্যক্তিদের আয়ও বৃদ্ধি করা প্রয়োজন। কৃষিজমি থেকে অধিক ফসল উৎপাদন করতে আমাদের অবশ্যই বৈজ্ঞানিক ব্যবস্থাপনা গ্রহণ করা উচিত। সুস্থায়ী জীবিকা নির্বাহের জন্য মিশ্র চাষ, ইন্টারক্রপিং এবং সুসংহত চাষ ইত্যাদি পদ্ধতি গ্রহণ করা যেতে পারে। উদাহরণস্বরূপ, কৃষিকার্যের সাথে মিলিতভাবে পশুপালন বা মুরগিপালন বা মৎসচাষ বা মৌমাছি প্রতিপালন করা যেতে পারে।

এখন প্রশ্ন হল এই যে, আমরা কীভাবে খাদ্যশস্য এবং পশুসম্পদের উৎপাদন বৃদ্ধি করতে পারি?

15.1 ফসল উৎপাদনে উন্নতিসাধন (Improvement in Crop Yields)

গম, ধান, ভুট্টা, বাজরা এবং জোয়ার ইত্যাদি খাদ্যশস্য আমাদের দেহে শক্তির চাহিদা পূরণ করতে শর্করার যোগান দেয়। ছোলা, মটর, বিউলি, মুগ, অড়হর, মুসুর ইত্যাদি ডাল জাতীয় শস্য আমাদের দেহে প্রোটিনের যোগান দেয়। তৈলবীজ যেমন সয়াবিন, বাদাম, তিল, রেড়ি, সরিষা, তিসি এবং সূর্যমুখী আমাদের দেহে প্রয়োজনীয় চর্বি জাতীয় খাদ্যের চাহিদা পূরণ করে (চিত্র: 15.1)। শাকসবজি, মশলা, ফল থেকে খুব অল্প পরিমাণ প্রোটিন, কার্বোহাইড্রেট ও ফ্যাট ছাড়াও আমরা

চিত্র 15.1: বিভিন্ন ধরনের শস্য

বিভিন্ন ধরনের অতি প্রয়োজনীয় ভিটামিন ও খনিজলবণ পাই। এইসব খাদ্যশস্য ছাড়াও পালিত পশুদের খাদ্যের যোগান দেওয়ার জন্য পশুখাদ্য সৃষ্টিকারী শস্য যেমন বারশিম (এক ধরনের শিম্বগোত্রীয় উদ্ভিদ), ওটস্, সুদান ঘাস ইত্যাদির চাষ করা হয়।

প্রশ্ন:

১. দানাশস্য, ডাল, ফল এবং সবজি থেকে আমরা কী কী পেয়ে থাকি?

বিভিন্ন শস্যের বৃদ্ধি এবং জীবনচক্র সম্পূর্ণ করার জন্য ভিন্ন ভিন্ন জলবায়ু, তাপমাত্রা এবং আলোক ব্যাপ্তিকালের প্রয়োজন হয়। আলোক ব্যাপ্তিকাল সূর্যালোকের স্থিতিকালের সাথে সম্পর্কিত। উদ্ভিদের বৃদ্ধি এবং পুষ্পোদ্গাম সূর্যালোকের উপর নির্ভরশীল। আমরা সবাই জানি যে, উদ্ভিদ সূর্যালোকের উপস্থিতিতে সালোকসংশ্লেষ প্রক্রিয়ায় নিজের খাদ্য নিজে তৈরি করে। কিছু কিছু খাদ্য শস্যের চাষ বর্ষাকালে করা হয় এবং এদের খারিফ শস্য বলে। জুন থেকে অক্টোবর পযন্ত এই শস্যের চাষ হয়। আবার কিছু শস্যের চাষ শীতকালে করা হয় এবং নভেম্বর থেকে এপ্রিল পর্যন্ত এদের চাষ হয়। এগুলোকে রবি শস্য বলে। ধান, সয়াবিন, অড়হর, ভুট্টা, তুলা, মুগ, বিউলি হল খারিফ শস্য। অপরদিকে গম, মটর, সরিষা, তিসি হল রবি শস্যের উদাহরণ।

ভারতবর্ষে 1952 থেকে 2010 পর্যন্ত চাষযোগ্য জমির পরিমাণ কেবলমাত্র 25% বৃদ্ধি করায় ফসলের উৎপাদন চার গুণ বৃদ্ধি পেয়েছে। কীভাবে এই উৎপাদন বৃদ্ধি ঘটানো সম্ভবপর হয়েছে? কৃষিকার্যের সঙ্গে সম্পর্কযুক্ত প্রক্রিয়াগুলোকে নিয়ে ভাবলে আমরা দেখতে পাই যে এগুলোকে তিনটি পর্যায়ে বিভক্ত করা যেতে পারে। প্রথম পর্যায়টি হল চাষের জন্য বীজ নির্বাচন। দ্বিতীয় পর্যায়টি হল শস্যের পরিচর্যা করা। তৃতীয়টি হল বর্ধনশীল শস্য এবং মাঠ থেকে সংগৃহীত ফসলের ক্ষতি রোধ করা। সুতরাং, শস্য উৎপাদনে উন্নতিসাধনের জন্য প্রয়োজনীয় প্রধান ক্রিয়াকলাপগুলোকে তিনটি ভাগে ভাগ করা যেতে পারে।

- শস্যের ভ্যারাইটির উন্নতিসাধন।
- শস্য উৎপাদনের উন্নতিসাধন
- ফসল সুরক্ষার ব্যবস্থাপনা

15.1.1 শস্যের ভ্যারাইটির উন্নতিসাধন

উদ্ভিদের বিভিন্ন কাঙ্খিত বৈশিষ্ট্যগুলো অর্জনের জন্য প্রজনন ঘটিয়ে শস্যের ভ্যারাইটি বা স্ট্রেইন নির্বাচন করা যেতে পারে। এই কাঙ্খিত বৈশিষ্ট্যগুলো হল রোগ প্রতিরোধক্ষম হওয়া, সারগ্রহণে সক্ষম হওয়া, ফসল গুণমানসম্পন্ন হওয়া এবং অধিক উৎপাদনশীল হওয়া। শস্যের ভ্যারাইটিতে কাঙ্খিত বৈশিষ্ট্যাবলির সমন্বয় ঘটানোর একটি পথ হচ্ছে সংকরায়ণ। সংকরায়ণ বলতে জিনগতভাবে ভিন্ন দুটি উদ্ভিদের মধ্যে প্রজনন ঘটানোকে বোঝায়। এই সংকরায়ণ হতে পারে আন্ত:ভ্যারাইটাল (দুটি ভিন্ন ভ্যারাইটির মধ্যে) বা আন্ত:প্রজাতি (একই গণের অন্তর্গত দুটি ভিন্ন প্রজাতির মধ্যে) অথবা আন্ত:গনীয় (ভিন্ন গনের দুটি উদ্ভিদের মধ্যে)। ফসলের উন্নতি সাধনের অপর একটি পদ্ধতি হল, উদ্ভিদদেহে কাঙ্খিত বৈশিষ্ট্য প্রকাশে সক্ষম জিনের সংস্থাপন। এর ফলে জিনগতভাবে পরিবর্তিত শস্য উদ্ভিদ সৃষ্টি হয়।

চাষের জন্য শস্যের নুতন ভ্যারাইটির গ্রহণযোগ্য হওয়ার ক্ষেত্রে এটা দেখা জরুরি যে এই ভ্যারাইটিটি বিভিন্ন অঞ্চলের ভিন্ন ভিন্ন পরিবেশে অধিক ফলন দিতে পারে কি না। কৃষকদের ঐ নির্দিষ্ট ভ্যারাইটির উচ্চগুণমান সম্পন্ন বীজ সরবরাহ করা প্রয়োজন। অর্থাৎ এই বীজগুলো যাতে একই ভ্যারাইটির হয়

এবং একই পরিবেশে অঙ্কুরিত হতে পারে।

চাষাবাদ পদ্ধতি এবং ফসল উৎপাদন আবহাওয়া, মাটির গুণগত মান ও জলের প্রতুলতার সঙ্গে সম্পর্কিত। যেহেতু খরা ও বন্যা পরিস্থিতির মতো প্রাকৃতিক পরিস্থিতি সম্বন্ধে আগে থেকে বলা যায়না, তাই ভিন্ন ভিন্ন জলবায়ুতে জন্মাতে পারে এমন ভ্যারাইটিগুলোই চাষের জন্য উপযোগী হয়। একইভাবে মৃত্তিকার উচ্চ লবণাক্ততা সহ্য করতে পারে এমন ভ্যারাইটি সৃষ্টি করা হয়েছে। যে কয়েকটি প্রভাবকের জন্য ভ্যারাইটির উন্নতিসাধন করা হয়েছে সেগুলো হল—

- উচ্চফলনশীলতা : প্রতি একর জমিতে খাদ্যশস্যের উৎপাদন বৃদ্ধি করা।
- গুণগতমান উন্নয়ন: খাদ্যশস্যের ফলনের গুণগত দিক শস্য ভেদে ভিন্ন ভিন্ন হয়। গমের ক্ষেত্রে বেকিং এর গুণমান, ডালে প্রোটিনের গুণমান, তৈলবীজে তেলের গুণমান এবং ফল ও সবজির ক্ষেত্রে সংরক্ষণের গুণমান গুরুত্বপূর্ণ।
- জীবজ এবং অজীবজ প্রভাবক প্রতিরোধী বৈশিষ্ট্য: বিভিন্ন পরিস্থিতিতে জীবজ (রোগ, পতঙ্গ এবং নিমাটোড) এবং অজীবজ (খরা, লবণাক্ততা, জলবদ্ধতা, উষ্ণতা, শীতলতা এবং তুষারপাত) পীড়নের প্রভাবে শস্যের উৎপাদন হ্রাস পেতে পারে। এইসব পীড়ন প্রতিরোধী ভ্যারাইটি চাষ করলে শস্য উৎপাদন বৃদ্ধি পেতে পারে।
- পরিপক্কতার সময়কালের পরিবর্তন: বীজ বপন থেকে শুরু করে শস্য সংগ্রহ করা পর্যন্ত সময় যত কম লাগে অর্থনৈতিক দিক থেকে তা তত বেশি লাভজনক হয়। এইরূপ কম সময়কাল কৃষকদের এক বছরে একই জমিতে একাধিকবার ফসল ফলাতে সাহায্য করে। প্রতিটি ফসলের পরিপক্কতার সময় কাল কম হওয়ায় ফসলের উৎপাদন-মূল্যও হ্রাস পায়। পরিপক্কতার সময়কাল একই হলে ফসল সংগ্রহ করার পদ্ধতি সহজ হয় এবং ফসল সংগ্রহকালে ফসলের ক্ষতির পরিমাণও হ্রাস পায়।
- বিস্তৃত পরিসরে অভিযোজন ক্ষমতা : বিস্তৃত পরিসরে অভিযোজনে সক্ষম ভ্যারাইটির বিকাশ বিভিন্ন পরিবেশে ফসল উৎপাদনকে স্থিতিশীল রাখতে সাহায্য করে। তখন বিভিন্ন স্থানে বিভিন্ন জলবায়ুতে একটি ভ্যারাইটিই চাষ করা যেতে পারে।
- কৃষি-সংক্রান্ত কাঙ্খিত বৈশিষ্ট্যসমূহ: পশুখাদ্য হিসাবে ব্যবহৃত ফসলের কাঙ্খিত বৈশিষ্ট্য হল উদ্ভিদটির অধিক দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট এবং প্রচুর শাখা প্রশাখা যুক্ত হওয়া। খাদ্যশস্যের ক্ষেত্রে কান্ডের দৈর্ঘ্য খর্ব হওয়া বাঞ্ছনীয়। এর ফলে শস্যগুলো তুলনামূলকভাবে কম পরিপোষক শোষন করে। সুতরাং, কৃষি-সংক্রান্ত কাঙ্খিত বৈশিষ্ট্য সম্পন্ন ভ্যারাইটির বিকাশ অধিক ফলনে সহায়ক হয়।

প্রশ্নাবলি:

১. জীবজ এবং অজীবজ প্রভাবকগুলো ফসল উৎপাদন বা ফলনকে কীভাবে প্রভাবিত করে?

২. শস্যের উন্নতি সাধনের জন্য কাঙ্খিত কৃষি-সম্বন্ধিয় বৈশিষ্ট্যগুলো কী কী?

15.1.2 শস্য উৎপাদন সম্বন্ধীয় ব্যবস্থাপনা:

অন্যান্য কৃষি প্রধান দেশের মতোই ভারতবর্ষের কৃষিকার্যও ছোটো ছোটো খেত খামার থেকে শুরু করে বৃহত্তর খামার পর্যন্ত বিস্তৃত। তাই বিভিন্ন ধরনের কৃষকদের কাছে ভূমি, অর্থ এবং তথ্য প্রযুক্তির সহায়তা লাভের কম বেশি সুযোগ রয়েছে। সংক্ষেপে বলতে গেলে একজন কৃষক বিভিন্ন চাষাবাদ পদ্ধতি এবং কৃষি সংক্রান্ত প্রযুক্তি কীভাবে কাজে লাগাবে তা নির্ভর করে তার আর্থিক অবস্থার উপর। কৃষিক্ষেত্রে বিনিয়োগ এবং ফলনের পরিমাণ পরস্পর সম্পর্কযুক্ত। চাষাবাদের পদ্ধতি কৃষকের ক্রয় ক্ষমতার উপর নির্ভর করে। তার উপর ভিত্তি করেই চাষ পদ্ধতি এবং উৎপাদন পদ্ধতি স্থির হয়। সুতরাং, উৎপাদন পদ্ধতি সমূহ বিভিন্ন স্তরের হতে পারে। নিখরচায় উৎপাদন, স্বল্প খরচে উৎপাদন এবং অধিক খরচে উৎপাদন এর অন্তর্ভুক্ত।

15.1.2 (i) পরিপোষকের ব্যবস্থাপনা :

বৃদ্ধি, বিকাশ এবং সুস্থ থাকার জন্য আমাদের যেমন খাদ্যের প্রয়োজন, তেমনি উদ্ভিদের বৃদ্ধির জন্যও পরিপোষক প্রয়োজন হয়। উদ্ভিদ বায়ু, জল এবং মৃত্তিকা থেকে পরিপোষক সংগ্রহ করে। উদ্ভিদের পুষ্টির জন্য অপরিহার্য বহু পরিপোষক রয়েছে। উদ্ভিদ বায়ু থেকে অক্সিজেন ও কার্বন, জল থেকে হাইড্রোজেন এবং মাটি থেকে অন্য 13টি পরিপোষক সংগ্রহ করে। এগুলোর মধ্যে কিছু পরিপোষক উদ্ভিদদের বেশি মাত্রায় প্রয়োজন হয়। এগুলোকে অতিমাত্রিক পরিপোষক বলা হয়। অন্য পরিপোষকগুলো উদ্ভিদ খুব স্বল্প মাত্রায় ব্যবহার করে এবং তাই এদের স্বল্পমাত্রিক পরিপোষক বলা হয় (সারণি 15.1)।

সারণি 15.1: বায়ু, জল এবং মৃত্তিকা থেকে প্রাপ্ত পরিপোষকসমূহ

উৎস	পরিপোষক সমূহ
বায়ু	কার্বন, অক্সিজেন
জল	হাইড্রোজেন, অক্সিজেন
মাটি	i) অতিমাত্রিক পরিপোষক: নাইট্রোজেন, ফসফরাস, পটাশিয়াম, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, সালফার ii) স্বল্পমাত্রিক পরিপোষক: আয়রন, ম্যাঙ্গানিজ, বোরন, মলিবডেনাম, ক্লোরিন।

এই সব পরিপোষকের ঘাটতি উদ্ভিদের বিভিন্ন শারীরবৃত্তীয় প্রক্রিয়া যেমন জনন, বৃদ্ধি এবং রোগের প্রতি সংবেদনশীলতা ইত্যাদিকে প্রভাবিত করে। ফসল উৎপাদন বৃদ্ধির লক্ষ্যে মাটির উর্বরতা বাড়াতে এইসব পরিপোষক জৈবসার ও রাসায়নিক সার রূপে জমিতে প্রয়োগ করা হয়।

প্রশ্নাবলি:

১. অতিমাত্রিক পরিপোষকগুলো কী কী এবং তাদের এরূপ বলা হয় কেন?

২. কীভাবে উদ্ভিদ পরিপোষক পায়?

জৈবসার

জৈবসারে প্রচুর পরিমাণে জৈব পদার্থ থাকে এবং এর থেকে অল্প পরিমাণ পরিপোষক মাটিতেও আসে। প্রাণীর মল মূত্রাদি ও উদ্ভিদের বর্জ্য পদার্থের বিয়োজনের ফলে জৈবসার তৈরি হয়। জৈবসার প্রযোগে মাটি পরিপোষক ও জৈব বস্তুতে সমৃদ্ধ হয় এবং এর উর্বরতা বৃদ্ধি পায়। জৈবসারে উপস্থিত অধিক পরিমাণ জৈব পদার্থ মাটির গঠনকে উন্নত করে। জৈবসার প্রয়োগে বেলেমাটির জলধারণ ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়। কাদা মাটিতে অধিক পরিমাণ জৈব পদার্থ জল নিষ্কাশনে সাহায্য করে এবং মাটিতে জল জমে যাওয়া রোধ করে। জৈবসার হিসাবে জীবজ বর্জ্য ব্যবহৃত হওয়ার একটি সুবিধা হল এই যে এর ফলে আমাদের পরিবেশ রাসায়নিক সারের অত্যধিক ব্যবহারের হাত থেকে রক্ষা পায়। জীবজ বর্জ্যের ব্যবহার খামারে উৎপন্ন বর্জ্যের পুনরাবর্তনেরও একটি পথ। জৈবসার তৈরিতে ব্যবহৃত জীবজ বস্তুর প্রকৃতির উপর ভিত্তি করে জৈবসারকে নিম্নরূপে শ্রেণিবিভক্ত করা যেতে পারে—

(i) কম্পোস্ট এবং ভার্মিকম্পোস্ট : যে প্রক্রিয়ায় খামারে উৎপন্ন বর্জ্য পদার্থ যেমন: পালিত পশুর মলমূত্র (গোবর ইত্যাদি), শাকসবজির বর্জ্য, প্রাণীজ বর্জ্য, গৃহস্থালির বর্জ্য, নর্দমার বর্জ্য, খড় জমি থেকে উৎপাটিত আগাছা ইত্যাদি গর্তে ফেলে এগুলোর বিয়োজন ঘটানো হয় তাকে কম্পোস্টিং বলে। কম্পোস্ট জৈব পদার্থ এবং পরিপোষকে সমৃদ্ধ। কম্পোস্ট তৈরিতে কেঁচোরও ব্যবহার হয়ে থাকে যা উদ্ভিদ ও প্রাণী বর্জ্যের বিয়োজন প্রক্রিয়াকে ত্বরান্বিত করে। কেঁচোকে ব্যবহার করে তৈরি জৈব সারকে ভার্মিকম্পোস্ট বলে।

(ii) সবুজ সার : বীজ বপনের পূর্বে কৃষি জমিতে কিছু উদ্ভিদ যেমন অতসী বা ঝাড়শিম (শিম্ব গোত্রীয় উদ্ভিদ) ইত্যাদির চাষ করা এবং এর পর কর্ষণ দ্বারা সবুজ উদ্ভিদ গুলোকে মাটির সাথে মিশিয়ে দেওয়া হয়। এইভাবে এই সবুজ উদ্ভিদগুলো সবুজ সারে পরিণত হয় যা মাটির নাইট্রোজেন ও ফসফরাস উর্বরতা বৃদ্ধি করে।

রাসায়নিক সার

রাসায়নিক সার হল বাণিজ্যিক ভাবে প্রস্তুত উদ্ভিদ-পরিপোষক। রাসায়নিক সার নাইট্রোজেন, ফসফরাস পটাশিয়াম ইত্যাদি সরবরাহ করে থাকে যা উদ্ভিদের সঠিক অঙ্গজ (পাতা, শাখা প্রশাখা, ফুল) বৃদ্ধিকে সুনিশ্চিত করে এবং এর ফলেই উদ্ভিদটি সুস্থ ও সবল হয়। যে ধরনের কৃষিকার্যে অধিক অর্থ বিনিয়োগ করা হয় সে ক্ষেত্রে উচ্চ ফলনের জন্য রাসায়নিক সার একটি প্রভাবক হিসাবে কাজ করে।

রাসায়নিক সার ব্যবহার করে এর সর্বোচ্চ ফল পেতে হলে এই সার সতর্কতার সাথে সঠিক মাত্রায় এবং সঠিক সময়ে প্রয়োগ করতে হবে এবং প্রয়োগের আগে ও পরে প্রয়োজনীয় সাবধানতা অবলম্বন করতে হবে। উদাহরণ স্বরূপ কখনো-কখনো অত্যধিক জলসেচের কারণে রাসায়নিক সার জমি থেকে ধুয়ে বেরিয়ে যায় এবং তাই উদ্ভিদ দেহে সম্পূর্ণরূপে শোষিত হতে পারেনা। এই অতিরিক্ত রাসায়নিক সার তখন জল দূষণ ঘটায়।

আমরা আগের অধ্যায়ে দেখেছি যে জমিতে রাসায়নিক সারের ক্রমাগত ব্যবহার জমির উর্বরতা হ্রাস করতে পারে, কারণ রাসায়নিক সারের প্রভাবে মৃত্তিকাস্থিত অণুজীবগুলো

ক্ষতিগ্রস্থ হয়, ফলে মৃত্তিকার জৈব পদার্থের ঘাটতি পূরণ হয় না। শস্যের সর্বোচ্চ উৎপাদনের লক্ষ্য পূরণের জন্য জমির উর্বরতা বজায় রাখতে রাসায়নিক সার ব্যবহারের স্বল্পস্থায়ী উপযোগিতা এবং জৈবসার ব্যবহারের দীর্ঘস্থায়ী উপযোগিতার কথা বিবেচনা করতে হবে।

প্রশ্ন:

১. জমির উর্বরতা বজায় রাখতে জৈব সার এবং রাসায়নিক সার ব্যবহারের তুলনা করো।

জৈব চাষ (Organic farming) হল সেই চাষবাস পদ্ধতি যেখানে সার, আগাছানাশক, কীটনাশক হিসাবে কোনো রাসায়নিক পদার্থের ব্যবহার খুবই অল্পমাত্রায় হয় বা একেবারেই হয়না। এই চাষ পদ্ধতিতে অধিক মাত্রায় জৈব সার, পুনরাবর্তীত খামার বর্জ্য (খড় এবং পশুদের মলমূত্র) ব্যবহৃত হয়। এছাড়া এই চাষ পদ্ধতিতে জৈবসার প্রস্তুতির জন্য নীলাভ সবুজ শৈবালের মতো সজীব বস্তুর কালচার, শস্য সংরক্ষণের জন্য জৈব কীট নাশক হিসাবে নিমপাতা বা হলুদ ব্যবহার করা হয় এবং এর সাথে উপযুক্ত শস্যচাষ পদ্ধতিও (মিশ্রচাষ, ইন্টারক্রপিং শস্যাবর্তন যেগুলো 15.1.2 (iii) তে বর্ণনা করা হয়েছে) গ্রহণ করা হয়। এই শস্যচাষ পদ্ধতিগুলো যেমন শস্য উদ্ভিদদের পরিপোষকের যোগান দেয় তেমনি পতঙ্গ, পেস্ট এবং আগাছা নিয়ন্ত্রণেও উপযুক্ত ভূমিকা গ্রহণ করে।

15.1.2 (ii) জলসেচ:

ভারতবর্ষের অধিকাংশ কৃষি বৃষ্টি-নির্ভর অর্থাৎ বেশিরভাগ অঞ্চলে শস্য উৎপাদনের সাফল্য নির্ভর করে মৌসুমী বায়ুর সঠিক সময়ে আগমন এবং শস্য উদ্ভিদের প্রায় সমগ্র বৃদ্ধিকাল জুড়ে পর্যাপ্ত পরিমাণ বৃষ্টিপাতের উপর। তাই দুর্বল মৌসুমি বায়ু শস্যের ফলন হ্রাসের কারণ হয়। শস্যের বৃদ্ধিকালে উপযুক্ত সময়ে জলসেচ সুনিশ্চিত করলে কোনো শস্যের প্রত্যাশিত ফলন লাভ করা যেতে পারে। তাই অধিক থেকে অধিকতর কৃষিজমিকে সেচের আওতায় নিয়ে আসতে জলসেচের বিভিন্ন পদ্ধতি অবলম্বন করা হচ্ছে।

আরও জেনে নাও

খুব কম বৃষ্টিপাত অথবা সর্বত্র সমভাবে বৃষ্টিপাত না হলে খরা দেখা দেয়। বৃষ্টি-নির্ভর কৃষিব্যবস্থায় যেসব অঞ্চলে শস্য উৎপাদনের জন্য কৃষকরা জমিতে জলসেচের সুযোগ পায়না এবং শুধু বৃষ্টিপাতের উপরই নির্ভর করতে হয় সেখানে খরা একটি হুমকি স্বরূপ। হালকা ঝুরঝুরে মাটির জলধারণ ক্ষমতা অপেক্ষাকৃত কম। সেজন্য যেসব অঞ্চলের মাটি হালকা ঝুরঝুরে হয় সেখানকার শস্য উৎপাদন খরার ফলে মারাত্মক ভাবে প্রভাবিত হয়। বৈজ্ঞানিকরা এমন কিছু শস্যের ভ্যারাইটি তৈরি করেছেন যেগুলো খরা পরিস্থিতি সহ্য করতে পারে।

ভারতবর্ষে বিভিন্ন ধরনের জল সম্পদ এবং অত্যন্ত বৈচিত্র্যপূর্ণ জলবায়ু রয়েছে। এই পরিস্থিতিতে জল সম্পদের প্রতুলতার উপর ভিত্তি করে কৃষিজমিতে জল সরবরাহ করার জন্য বিভিন্ন ধরনের জলসেচ পদ্ধতি গ্রহণ করা হয়েছে। এগুলোর মধ্যে রয়েছে কুয়ো বা কূপ, খাল, নদী, জলাধার ইত্যাদি।

- কুয়ো : কুয়ো বা কূপ দুই প্রকার হয়— খনন কূপ ও নল কূপ। ভূনিম্নস্থ জলস্তর থেকে জল খননকূপে জমা হয়। নলকূপ ভূনিম্নস্থ অপেক্ষাকৃত অধিক গভীর জলস্তর থেকে জল তুলে আনে। এইসব কূপ থেকে পাম্পের সাহায্যে জলসেচের প্রয়োজনীয় জল তুলে আনা হয়।
- খাল : এটি সাধারণত জলসেচের একটি বিস্তৃত এবং ব্যাপক পদ্ধতি। এই জলসেচ পদ্ধতিতে খালগুলো এক বা একাধিক জলাধার বা নদীর জলে পুষ্ট থাকে। প্রধান খালটি প্রথমে কয়েকটি শাখা খালে বিভক্ত হয় এবং প্রতিটি শাখা খাল আবার কতগুলো ছোটো ছোটো খালে বিভক্ত হয়ে কৃষি জমিতে জল সরবরাহ করে।
- নদী থেকে জল উত্তোলন পদ্ধতি: জলাধার থেকে প্রয়োজনের তুলনায় কম পরিমাণ জল ছাড়ার কারণে যে সব অঞ্চলে খাল দিয়ে জলের প্রবাহ অপর্যাপ্ত বা অনিয়মিত হয় সেক্ষেত্রে জল উত্তোলন পদ্ধতি (lift system) অধিক যুক্তিসংগত। নদী থেকে সরাসরি জল তুলে নিয়ে নদী সংলগ্ন কৃষিজমিতে সরবরাহ করে জলসেচে সহায়তা করা হয়।
- জলাধার : এগুলো জল সঞ্চয়কারী ছোটো ছোটো আধার যেগুলো ছোটো ছোটো জলাভূমি থেকে বেরিয়ে আসা জল সংগ্রহ করে জমা করে রাখে।

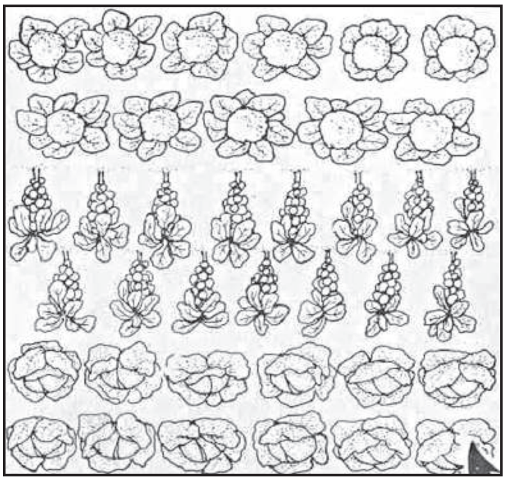
  কৃষিক্ষেত্রে জল সরবরাহের পরিমাণ বৃদ্ধির জন্য বৃষ্টির জল সংরক্ষণ এবং জলাধার ব্যবস্থাপনার মতো বেশ কিছু নতুন পদক্ষেপ নেওয়া যেতে পারে। এ ধরনের ব্যবস্থাপনায় ছোটো ছোটো বাঁধ তৈরি করা হয় এবং এর ফলে ভূগর্ভস্থ জলস্তরের উচ্চতা বৃদ্ধি পায়। এই বাঁধগুলো বৃষ্টির জলকে প্রবাহিত হয়ে দূরে যেতে দেয়না এবং ভূমিক্ষয়ও রোধ করে।

15.1.2(iii) শস্যচাষের ধরন

কৃষিকাজে সবচেয়ে বেশি সুবিধা লাভের জন্য শস্য ফলানোর বিভিন্ন পদ্ধতি ব্যবহার করা যেতে পারে।

মিশ্র চাষে দুই বা ততোধিক শস্য একই জমিতে একই সাথে চাষ করা হয় যেমন --- গম+ছোলা অথবা গম+সরিষা বা বাদাম+সূর্যমুখী। এটি কৃষকের ফসলের ক্ষতিজনিত ঝুঁকি হ্রাস করে এবং এর ফলে কোনো একটি ফসলের উৎপাদন ক্ষতিগ্রস্থ হলেও কৃষক সেই ক্ষতি কাটিয়ে উঠতে পারে।

ইন্টারক্রপিং বলতে একই সময়ে একই জমিতে একটি নির্দিষ্ট ধরন মেনে দুই বা ততোধিক শস্য ফলানোকে বোঝায় (চিত্র 15.2 দেখো)। একটি শস্যের কয়েকটি সারি এবং দ্বিতীয় একটি শস্যের কয়েকটি সারি একান্তরভাবে চাষ করা হয়। উদাহরণস্বরূপ — সয়াবিন+ভুট্টা বা বাজরা+বরবটি। এ শস্যউদ্ভিদগুলোর নির্বাচন এমনভাবে করা হয় যাতে এই উদ্ভিদগুলোর পরিপোষকের চাহিদা ভিন্ন ভিন্ন হয়। এটি সরবরাহকৃত পরিপোষকের সর্বাধিক ব্যবহারকে যেমন সুনিশ্চিত করে তেমনি শস্যক্ষেত্রে একই ধরনের সব উদ্ভিদের মধ্যে কীটপতঙ্গ এবং রোগের সংক্রমণও প্রতিরোধ করে। এইভাবে উভয় শস্যউদ্ভিদই অধিক ফলন দেয় এবং কৃষক অধিক মুনাফা লাভ করে।



চিত্র **15.2**: ইন্টারক্রপিং

পূর্বপরিকল্পনা অনুযায়ী একই জমিতে বিভিন্ন শস্যের পর্যায়ক্রমিক চাষকে শস্য পর্যায় বলা হয়। শস্য উদ্ভিদের জীবনকালের উপর ভিত্তি করে ভিন্ন ভিন্ন শস্য জোটের শস্য পর্যায় করা হয়। একবার ফসল তোলার পর পরবর্তী চাষের জন্য শস্যের নির্বাচন পরিবেশের আর্দ্রতার পরিমাণ এবং জলসেচের সুবিধার উপর নির্ভর করে। যদি শস্য পর্যায় সঠিকভাবে করা যায়, তাহলে এক বছরে দুই বা ততোধিক শস্যের চাষ করে ভালো ফলন পাওয়া যায়।

15.1.3 শস্যের সুরক্ষার ব্যবস্থাপনা

কৃষিজমিতে শস্য বহু সংখ্যক আগাছা, কীটপতঙ্গ এবং রোগ-জীবাণু দ্বারা আক্রান্ত হয়। যদি আগাছা এবং কীটপতঙ্গকে সঠিক সময়ে নিয়ন্ত্রণ না করা যায় তাহলে এরা শস্যের এমন ক্ষতি করে যে বেশিরভাগ শস্যই নষ্ট হয়ে যায়।

আগাছা হল কৃষিজমিতে জন্মানো অনভিপ্রেত কতগুলো উদ্ভিদ যেমন --- জেন্থিয়াম (*Xanthium*), পার্থেনিয়াম (Parthenium), সাইপেরিনাস রোটান্ডাস (*Cyperinus rotundus*)। এরা খাদ্য, বাসস্থান এবং আলোকের জন্য শস্য উদ্ভিদের সাথে প্রতিযোগিতায় অংশ নেয়। আগাছাগুলো পরিপোষক শোষণ করে নেওয়ায় শস্যের বৃদ্ধি ব্যহত হয়। তাই ভালো ফলনের জন্য শস্যের বৃদ্ধির প্রাথমিক অবস্থায় কৃষিজমি থেকে আগাছা দূরীকরণ অত্যন্ত প্রয়োজন।

সাধারণত কীট পতঙ্গা তিনটি উপায়ে শস্যকে আক্রমণ করে: (i) এরা শস্যের মূল, কাণ্ড এবং পাতা কেটে দেয়। (ii) এরা শস্যের বিভিন্ন অঙ্গা থেকে পুষ্টিরস শোষণ করে। (iii) এরা উদ্ভিদের কাণ্ড ও ফলের গাত্রে ছিদ্র করে। এইভাবে কীট-পতঙ্গারা শস্যের ক্ষতিসাধন করে এবং এর ফলে ফসল উৎপাদন হ্রাস পায়।

ব্যাকটিরিয়া, ছত্রাক এবং ভাইরাসের মতো প্যাথোজেন উদ্ভিদদেহে রোগ সৃষ্টি করে। এই প্যাথোজেনগুলো মাটি, জল ও বায়ুতে থাকতে পারে এবং এদের মাধ্যমেই রোগ ছড়ায়।

আগাছা, পতঙ্গ এবং রোগের প্রাদুর্ভাব বিভিন্ন পদ্ধতিতে নিয়ন্ত্রণ করা যেতে পারে। এদের নিয়ন্ত্রনে সবচেয়ে বেশি ব্যবহৃত পদ্ধতিগুলোর মধ্যে একটি হল পেস্টিসাইডের ব্যবহার। এই পেস্টিসাইডগুলোর মধ্যে রয়েছে আগাছানাশক, কীট-পতঙ্গানাশক এবং ছত্রাকনাশক। এই রাসায়নিক পেস্টিসাইডগুলোকে শস্য উদ্ভিদের উপর ছড়িয়ে দেওয়া হয় অথবা মাটি বা বীজকে জীবাণুমুক্ত করতে ব্যবহার করা হয়। তবে এই ধরনের রাসায়নিকের অত্যধিক ব্যবহার বিভিন্ন সমস্যা সৃষ্টি করতে পারে। কারণ একদিকে যেমন এরা বিভিন্ন উদ্ভিদ ও প্রাণী প্রজাতির ক্ষতি করে, আবার অন্যদিকে এরা পরিবেশ দূষণও ঘটায়।

যান্ত্রিক পদ্ধতিতেও আগাছা দূরীকরণ করা যায়। যথাযথ বীজতলা তৈরি, সঠিক সময়ে বীজবপন, ইন্টারক্রপিং এবং শস্য পর্যায়ের মতো প্রতিরোধক পদ্ধতির সাহায্যেও আগাছা নিয়ন্ত্রণ করা যায়। আরও কিছু পেস্ট প্রতিরোধক পদ্ধতির মধ্যে রয়েছে পেস্ট প্রতিরোধক্ষম ভ্যারাইটির ব্যবহার এবং গ্রীষ্মকালীন ভূমি কর্ষণ। গ্রীষ্মকালে গভীরভাবে কৃষিজমি কর্ষণ করলে বিভিন্ন আগাছা ও পেস্ট ধ্বংস হয়ে যায়।

প্রশ্নাবলি:

১. নিম্নোক্ত পরিস্থিতিগুলোর মধ্যে কোন্‌গুলো সর্বাধিক লাভজনক এবং কেন?

ক) কৃষকরা উচ্চ গুণমানসম্পন্ন বীজ ব্যবহার করে, কিন্তু জমিতে জলসেচের ব্যবস্থা নেই এবং রাসায়নিক সারও ব্যবহার করেনা।

খ) কৃষক সাধারণ মানের বীজ ব্যবহার করে, জমিতে জলসেচের ব্যবস্থা আছে এবং রাসায়নিক সার ব্যবহার করে।

গ) কৃষক গুণমান সম্পন্ন বীজ ব্যবহার করে, জমিতে জলসেচের ব্যবস্থা আছে, রাসায়নিক সার ব্যবহার করে এবং শস্য সুরক্ষার জন্য প্রয়োজনীয় ব্যবস্থা অবলম্বন করে।

সারণি 15.2 : প্রাণীজ পণ্যের পুষ্টি-মূল্য

প্রাণীজ পণ্য	পরিপোষকের শতকরা (%) হার					
	স্নেহপদার্থ	প্রোটিন	শর্করা	খনিজ	জল	ভিটামিন
দুগ্ধ(গোরু)	3.60	4.00	4.50	0.70	87.20	B1, B2, B12, D, E
ডিম	12.00	13.00	*	1.00	74.00	B2, D
মাংস	3.60	21.10	*	1.10	74.20	B2, B12
মাছ	2.50	19.00	*	1.30	77.20	Niacin, D, A

* অতি অল্প পরিমাণে উপস্থিত

কাজ — 15.1

- তোমার নিকটবর্তী কোনো বাগান / কৃষিক্ষেত্র পরিদর্শন করো এবং সেখানে উপস্থিত আগাছা, ফুল / শস্যের একটি তালিকা প্রস্তুত করো। যদি কোনো কীটতঙ্গ ফুল/শস্যকে আক্রমণ করে থাকে তারও একটি তালিকা প্রস্তুত করো।

খাদ্যশস্যের মজুতকরণ:

মজুতভাণ্ডারে রাখা কৃষিজাত শস্যের ক্ষয়ক্ষতি অনেকটাই বেশি হতে পারে। এই ধরনের ক্ষয়ক্ষতির জন্যে দায়ী প্রভাবকগুলোর মধ্যে রয়েছে— (ক) সজীব প্রভাবক — পতঙ্গ, ইঁদুর, ছত্রাক, মাইট এবং ব্যাকটিরিয়া। (খ) জড় প্রভাবক— মজুত ভাণ্ডারে যথাযথ আর্দ্রতা এবং তাপমাত্রার অভাব। এই সব প্রভাবক গুলোর কারণে শস্যের গুণগত মান, ওজন, অঙ্কুরোদ্গমের ক্ষমতা হ্রাস পায় এবং শস্য বিবর্ণ হয়ে যায়। এর ফলে শস্যের বাজারজাত করণের ক্ষেত্রে সমস্যার সৃষ্টি হয়। খাদ্যশস্য সঞ্চয়ের জন্য তৈরি গুদামঘরে সুসংবদ্ধ ব্যবস্থাপনা এবং সঠিক পরিচর্যার মাধ্যমে এই সব প্রভাবকগুলোকে নিয়ন্ত্রণ করা যায়।

ভবিষ্যতের জন্য খাদ্যশস্যগুলোকে সঞ্চয় করার পূর্বেই প্রভাবকগুলোকে প্রতিহত করার জন্য উপযুক্ত প্রতিরোধক এবং নিয়ন্ত্রণ ব্যবস্থা নেওয়া হয়। এগুলোর মধ্যে রয়েছে—মজুত করণের পূর্বে ফসলকে যথাযথভাবে পরিষ্কার করা, প্রথমে রোদে এবং পরে ছায়াতে রেখে সঠিকভাবে শুকিয়ে নেওয়া এবং রাসায়নিক ধোঁয়া দিয়ে ফসলে উপস্থিত ক্ষতিকারক পোকা-মাকড়গুলোকে মেরে ফেলা।

প্রশ্নাবলি:

১. খাদ্যশস্যের সুরক্ষার জন্য প্রতিরোধক ব্যবস্থা এবং জৈব-নিয়ন্ত্রণ পদ্ধতিসমূহ গ্রহণ করা উচিৎ কেন?

২. মজুতকরণের সময় খাদ্যশস্যের ক্ষয়ক্ষতির জন্য দায়ী প্রভাবকগুলি কী কী হতে পারে?

কাজ — 15.2

- কিছু সংখ্যক দানাশস্য, ডালজাতীয় শস্য এবং তৈলবীজ জাতীয় শস্যের দানা/বীজ সংগ্রহ করো এবং যে যে ঋতুতে এদের বীজ বপন করা হয় ও ফসল তোলা হয় সেই সেই ঋতু সম্বন্ধীয় তথ্য সংগ্রহ করো।

15.2 পশুপালন বিদ্যা (Animal Husbandry)

বিজ্ঞানসম্মত ব্যবস্থাপনায় খামারে পালিত প্রাণীদের প্রতিপালন বিষয়ক আলোচনাই হল পশুপালন বিদ্যা। এই ব্যবস্থাপনার অন্তর্গত বিভিন্ন বিষয়গুলোর মধ্যে রয়েছে প্রাণীদের খাদ্যের যোগান দেওয়া, প্রজনন করানো এবং রোগ নিয়ন্ত্রণ করা। প্রাণীভিত্তিক চাষের মধ্যে রয়েছে গবাদিপশু, ছাগল, ভেড়া, মুরগী এবং মৎস্য চাষ। জনসংখ্যা বৃদ্ধি এবং জীবনযাত্রার মানোন্নয়নের সাথে সাথে দুধ, ডিম ও মাংসের চাহিদাও উত্তরোত্তর বৃদ্ধি পাচ্ছে। পালিত পশুর প্রতি মানবিক আচরণের প্রয়োজনীয়তা সম্পর্কিত সচেতনতা বৃদ্ধি পাওয়ায় খামারের প্রাণীদের প্রতিপালনে নতুন সীমাবদ্ধতা এসেছে। তাই খামারে প্রতিপালিত প্রাণীদের উৎপাদনের উন্নতি সাধনেরও প্রয়োজনীয়তা রয়েছে।

15.2.1 গবাদি পশুর চাষ

দুটি উদ্দেশ্যে গবাদিপশুর চাষ করা হয়। দুগ্ধ উৎপাদনের জন্য এবং কৃষিকাজে প্রয়োজনীয় কর্ষণ, জলসেচ এবং গোরুর গাড়ি চালানোর মতো শ্রমভিত্তিক কাজের জন্য। ভারতীয় গবাদি পশু দুটি প্রজাতিভুক্ত হয়। এরা হল গোরু (*Bos indicus*) এবং মোষ (*Bos bubalis*)। দুগ্ধ উৎপাদনকারী স্ত্রী প্রাণীকে দুগ্ধপ্রদানকারী প্রাণী (Milch animals) বলে। অন্যদিকে যারা কৃষিখামারে শ্রমদান করে তাদের ভারবাহী প্রাণী (Draught animal) বলে।

চিত্র : 15.3 দুগ্ধ প্রদানকারী দেশীয় গবাদি পশুর ব্রিড

দুগ্ধ উৎপাদন কিছুটা হলেও স্ত্রী প্রাণীর দুগ্ধক্ষরণ কালের উপর নির্ভর করে (অর্থাৎ, বাছুরের জন্মের পর যতদিন পর্যন্ত স্ত্রী দেহে দুগ্ধ উৎপন্ন হয়)

সুতরাং দুগ্ধক্ষরণকালের সময়সীমা বৃদ্ধি করে দুগ্ধ উৎপাদন বাড়ানো যেতে পারে। দীর্ঘ সময় ব্যাপী দুগ্ধক্ষরণের জন্য বিদেশী ব্রিডগুলোকে (যেমন : জার্সি, ব্রাউন সুইস) নির্বাচন করা হয়। অন্যদিকে স্থানীয় ব্রিডগুলো (যেমন- রেড সিন্ধি, শাহীওয়াল) রোগপ্রতিরোধে অসাধারণ ক্ষমতা সম্পন্ন হয়। উপরেবর্ণিত দুটি ব্রিডের মধ্যে সংকরায়ণ ঘটিয়ে উভয় প্রকারের কাঙ্খিত গুণ সম্পন্ন প্রাণী সৃষ্টি করা যেতে পারে।

প্রশ্ন:

১. গবাদি পশুর ব্রিডের উন্নতি সাধনের জন্য কোন্ পদ্ধতিটি সাধারণত ব্যবহার করা হয় এবং কেন?

কাজ 15.3

একটি পশু খামার পরিদর্শন করো এবং নিম্নলিখিত বিষয়গুলো লিখে রাখো।

১। গবাদি পশুর সংখ্যা এবং বিভিন্ন প্রকার ব্রিডের সংখ্যা

২। বিভিন্ন প্রকার ব্রিডের দৈনিক দুগ্ধ উৎপাদনের পরিমাণ।

মানবিক দৃষ্টিভঙ্গী নিয়ে গবাদি পশুর চাষের ক্ষেত্রে তাদের স্বাস্থ্য বজায় রাখার পাশাপাশি শুদ্ধ দুগ্ধ উৎপাদনের জন্য যথাযথ পরিচ্ছন্নতা বজায় রাখা ও তাদের বাসস্থানের সুবন্দোবস্ত করা প্রয়োজন। প্রতিদিন নিয়মিত ভাবে পশুদের দেহ থেকে ধুলোবালি এবং আলগা পশমগুলো ঝেরে ফেলা প্রয়োজন। গবাদি পশুদেরকে যথাযথভাবে বায়ুচলাচল হয় এমন ছাদযুক্ত ঘরে রাখা উচিৎ যাতে এরা রোদ, বৃষ্টি এবং ঠান্ডার হাত থেকে রক্ষা পায়। গবাদি পশুর জন্য তৈরি ঘরের মেঝে কিছুটা ঢালু হওয়া প্রয়োজন, যাতে মেঝে শুষ্ক থাকে এবং সহজে পরিষ্কার করা যায়।

দুগ্ধপ্রদানকারী প্রাণীদের খাদ্যের চাহিদা দুই ধরনের হয়—

১। দেহ রক্ষণাবেক্ষণে সহায়ক খাদ্যের চাহিদা—এ ধরনের খাদ্য পশুদের সুস্থ জীবন যাপনে সাহায্য করে।

২। দুগ্ধ উৎপাদনে সহায়ক খাদ্যের চাহিদা--- পশুদের দুগ্ধক্ষরণকালে এ ধরনের খাদ্যের প্রয়োজন হয়। এগুলো ছাড়া পশুখাদ্য হিসাবে রয়েছে—

ক) ছিবড়াযুক্ত খাবার— এ ধরনের খাদ্য প্রধানত আঁশযুক্ত বা তন্তু প্রধান হয়।

খ) প্রয়োজনীয় পরিপোষক সমন্বিত গাঢ় খাবার—এ ধরনের খাদ্য অল্প আঁশযুক্ত এবং অধিক পরিমান প্রোটিন ও পরিপোষক সমৃদ্ধ হয়। গবাদি পশুর জন্য সঠিক অনুপাতে উপস্থিত সব ধরনের প্রয়োজনীয় পরিপোষক সমন্বিত সুষম আহারের প্রয়োজন হয়। এ ধরনের পুষ্টিকর খাদ্য ছাড়াও স্বল্পমাত্রিক উপাদান সমন্বিত কিছু অতিরিক্ত পরিপোষক দুগ্ধ প্রদানকারী পশুদের স্বাস্থ্যোন্নতি ঘটাতে এবং দুগ্ধ উৎপাদন বাড়াতে সাহায্য করে।

গবাদি পশু অনেক ধরনের রোগে ভোগে। এই রোগাক্রমণের ফলে মৃত্যু ছাড়াও পশুর দুগ্ধ উৎপাদন ক্ষমতাও হ্রাস পায়। একটি সুস্থ পশু প্রতিদিন নিয়মিতভাবে খাদ্য গ্রহণ করে এবং এরা স্বাভাবিক ভাবে চলাফেরা করে। গবাদি পশুর উপর নির্ভরশীল পরজীবীরা বহি:পরজীবী ও অন্ত:পরজীবী উভয় ধরনের হতে পারে।

বহি:পরজীবীরা পশুর ত্বকে বাসা বাঁধে এবং প্রধানত: চর্মরোগ সৃষ্টি করে। কৃমির মতো অন্ত:পরজীবীরা পাকস্থলী ও অন্ত্রে সংক্রমণ ঘটায়। অন্যদিকে ফ্লুকের মতো কৃমি যকৃৎকে ক্ষতিগ্রস্থ করে। গবাদি পশুরদেহে ব্যাকটিরিয়া এবং ভাইরাসও সংক্রামক রোগ সৃষ্টি করে। ভাইরাস ও ব্যাকটিরিয়া ঘটিত বহু মারাত্মক রোগ প্রতিরোধের জন্য গবাদি পশুদের টিকাকরণ করা হয়।

15.2.2 পোলট্রি পাখির চাষ

মাংস ও ডিম উৎপাদনের জন্য পালিত মুরগির সংখ্যাবৃদ্ধির লক্ষ্যেই পোল্ট্রি পাখির চাষ শুরু করা হয়েছে। তাই ডিমের জন্য লেয়ার (layers) ও মাংসের জন্য ব্রয়লার (broiler) মুরগি উৎপাদনের স্বার্থে উন্নত পোল্ট্রি ব্রিড সৃষ্টি করা হয়েছে এবং এদের চাষ করা হচ্ছে। ভ্যারাইটির উন্নতিসাধনের জন্য ভারতীয় (উদাহরণ অ্যাসিল) এবং বিদেশী (বহিরাগত, উদাহরণ লেগহর্ন) মুরগির ব্রিডের মধ্যে সংকরায়ণ কর্মসূচি গ্রহণ করা হয়েছে। এই কর্মসূচির মূল লক্ষ্য হল নিম্নে বর্ণিত কাঙ্খিত বৈশিষ্ট্য সম্পন্ন মুরগির নতুন ভ্যারাইটি সৃষ্টি করা —

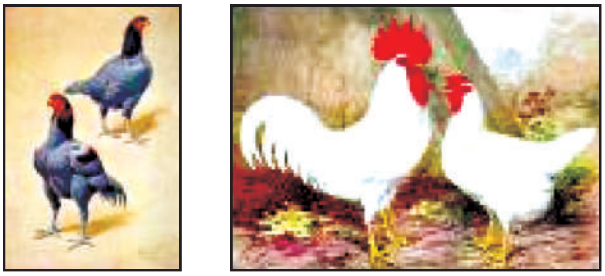
(i) সংখ্যাগত ও গুণগত দিক থেকে উন্নতমানের মুরগিছানা।

(ii) বাণিজ্যিকভাবে মুরগিছানা উৎপাদনের জন্য খর্বাকার বৈশিষ্ট্য সম্পন্ন জনিতৃ ব্রয়লার মুরগি।

(iii) গ্রীষ্মকালীন পরিবেশে অভিযোজিত হওয়ার ক্ষমতা / উচ্চতাপমাত্রা সহ্য করার ক্ষমতা সম্পন্ন মুরগি।

(iv) কম রক্ষণাবেক্ষণ প্রয়োজন হয় এমন মুরগি।

(v) কৃষিজাত বর্জ্য থেকে উৎপন্ন অধিক আঁশযুক্ত সস্তা খাবার পরিপাকে সক্ষম এমন ডিমপ্রদানকারী ছোটো আকারের মুরগি।



অ্যাসিল লেগহর্ন

চিত্র: 15.4

প্রশ্ন:

১. নিম্নলিখিত বক্তব্যের গুরুত্ব আলোচনা করো: "মজার ব্যাপার হল এই, ভারতবর্ষের মধ্যে পোলট্রি পাখিরাই স্বল্প আঁশযুক্ত খাবারকে (মানুষের খাওয়ার অনুপযুক্ত) অধিক পুষ্টিগুণসম্পন্ন প্রাণীজ প্রোটিনে রূপান্তরিত করতে সবচেয়ে বেশি কার্যকরী ভূমিকা গ্রহণ করে।"

ডিম এবং ব্রয়লার উৎপাদন

ব্রয়লার মুরগীদের সঠিক বৃদ্ধির হার এবং খাদ্যগ্রহণের প্রয়োজনীয় ক্ষমতা বজায় রাখতে খাদ্যের পাশাপাশি এদের ভিটামিন সমৃদ্ধ খাবারও খাওয়ানো হয়। এই মুরগিদের মৃত্যুর হার কমাতে এবং পালক ও মাংসের গুণমান বজায় রাখতে এদের যথাযথ যত্ন নেওয়া হয়। এইভাবে ব্রয়লার মুরগী উৎপাদন করে মাংসের জন্য বাজারজাত করা হয়।

পোলট্রি পাখিদের উৎপাদন বৃদ্ধির জন্য উন্নত ব্যবস্থাপনা সম্পর্কিত পদ্ধতিগুলো গ্রহণ করা গুরুত্বপূর্ণ। এগুলোর মধ্যে রয়েছে তাপমাত্রার নিয়ন্ত্রণ, স্বাস্থ্যকর পোলট্রি খাদ্য এবং বাসস্থানের পাশাপাশি বিভিন্ন রোগ এবং পেস্টের প্রতিরোধ ও নিয়ন্ত্রণ।

ব্রয়লারদের আবাসস্থল, পরিপোষক এবং পরিবেশের চাহিদা ডিম প্রদানকারী পাখিদের থেকে কিছুটা ভিন্নতর হয়। ব্রয়লারদের খাদ্যতালিকায় (দৈনিক খাদ্যের চাহিদা) প্রোটিন সমৃদ্ধ খাবারের সাথে পর্যাপ্ত পরিমাণে স্নেহযুক্ত খাবার থাকে। পোলট্রি খাবারে ভিটামিন A এবং K অধিক মাত্রায় থাকে। পোলট্রি পাখিরা ভাইরাস, ব্যাকটিরিয়া, ছত্রাক এবং পরজীবী দ্বারা নানা রোগে আক্রান্ত হয় এবং পাশাপাশি এরা পুষ্টির অভাবজনিত রোগেও ভোগে। এগুলো প্রতিরোধে যথাযথ পরিচ্ছন্নতা, সঠিক জলনিকাশী ব্যবস্থা এবং নির্দিষ্ট সময় অন্তর জীবাণুনাশক ব্যবহার করার প্রয়োজনীয়তা রয়েছে। যথাযথ টিকাকরণের মাধ্যমে এই সংক্রামক রোগগুলোর প্রাদুর্ভাব কমানো যায় এবং কোনো খামারে এই ধরনের রোগ দেখা দিলে পোলট্রি পাখির ক্ষয়ক্ষতি কমানো সম্ভব।

প্রশ্নাবলি:

১. কোন্ ব্যবস্থাপনাগুলো গবাদিপশু এবং হাঁস-মুরগি উভয়ের চাষের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য?

২. মাংস উৎপাদনকারী এবং ডিম উৎপাদনকারী মুরগি এবং তাদের চাষ সংক্রান্ত ব্যবস্থাপনার মধ্যে কী কী পার্থক্য রয়েছে?

কাজ —————————————— 15.4

- একটি স্থানীয় পোলট্রি খামার পরিদর্শন করো। সেখানকার বিভিন্ন প্রজাতিগুলো পর্যবেক্ষণ করো এবং তাদের খাদ্যতালিকা, বাসস্থান ও আলোবাতাসের কী ব্যবস্থা রয়েছে তা লিপিবদ্ধ করো। এদের মধ্যে বর্ধনশীল, ডিম প্রদানকারী এবং মাংস উৎপাদনকারী পাখিদের চিহ্নিত করো।

15.2.3 মৎস্য উৎপাদন

আমাদের খাদ্যে প্রাণীজ প্রোটিনের একটি সহজলভ্য উৎস হচ্ছে মাছ। মৎস্য উৎপাদনে আদর্শ পাখনাযুক্ত মৎস্য চাষের সাথে খোলসযুক্ত জলজপ্রাণী (Shell fish) যেমন চিংড়ি ও বিভিন্ন শামুকজাতীয় প্রাণীর চাষ করা হয়। সাধারণত দুটি উপায়ে আমরা মাছ সংগ্রহ করতে পারি। একটি হল প্রাকৃতিক উৎস থেকে মাছ ধরা, যাকে বলে ক্যাপচার ফিসিং (Capture fishing)। আরেকটি হল জলাশয়ে মাছ চাষ করে মাছ সংগ্রহ করা, একে বলে কালচার ফিসারি (culture fishery)

মাছ সমুদ্রের লবণাক্ত জলে এবং পুকুর বা নদীর স্বাদু জলে থাকতে পারে। তাই লবণাক্ত জল এবং স্বাদুজলের বাস্তুতন্ত্রে মাছ ধরা এবং মাছ চাষ করার মাধ্যমে মাছ সংগ্রহ করা যেতে পারে।

15.2.3 (i) সামুদ্রিক মৎস চাষ: ভারতবর্ষের সামুদ্রিক মৎসভাণ্ডার তার 7500 km ব্যাপী উপকূলীয় তটরেখা এবং এর বাইরে গভীর সমুদ্র জুড়ে রয়েছে। সুপরিচিত সামুদ্রিক মাছের ভ্যারাইটিগুলো হল—পমফ্রেট (Pomphret), ম্যাকেরেল (Mackerel), টুনা (Tuna), সার্ডন (Sardines) ও বোম্বে ডাক (Bombay duck)। মাছ ধরার নৌকার সাহায্যে বিভিন্ন ধরনের জাল ব্যবহার করে সামুদ্রিক মাছ ধরা হয়। কৃত্রিম উপগ্রহ ও ইকোসাউন্ডারের সাহায্যে খোলা সমুদ্রে বড়ো বড়ো মাছের ঝাঁকের সন্ধান করে সমুদ্র থেকে আহরিত মাছের পরিমাণ বৃদ্ধি করা যায়।

অধিক অর্থকরী মূল্য রয়েছে এমন কিছু সামুদ্রিক মাছও সমুদ্রের জলে চাষ করা হয়। এগুলোর মধ্যে রয়েছে পাখনাযুক্ত

চিত্র 15.5 স্বাদু জলর এবং নোনা জলের চিংড়ি

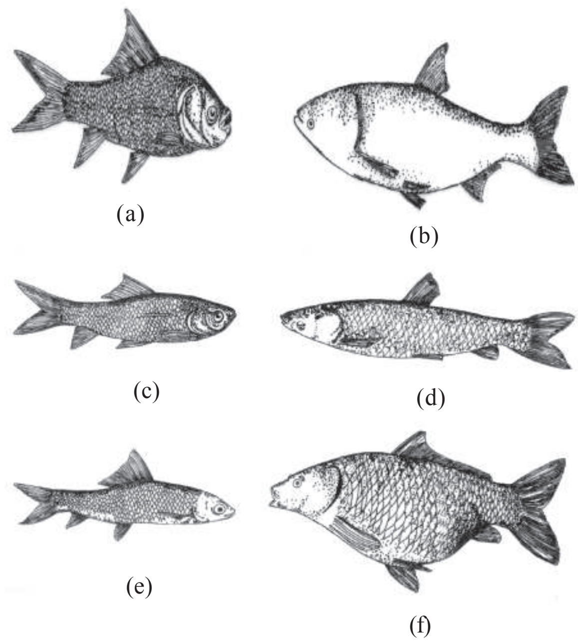
মুলেট, ভেটকি, পার্লস্পট, খোলকবিশিষ্ট জলজ প্রাণী যেমন চিংড়ি, বিভিন্ন ধরনের ঝিনুক। এর পাশাপাশি সামুদ্রিক আগাছারও চাষ করা হয়। এছাড়া মুক্তা তৈরি করে এমন মুক্তা ঝিনুকেরও চাষ করা হয়।

বর্তমানে সামুদ্রিক মৎস্য ভাণ্ডারে মাছের পরিমাণ আরও হ্রাস পাওয়ার যে ধরণের মৎস্য চাষের মাধ্যমে অতিরিক্ত মাছের চাহিদা পূরণ করা যেতে পারে তাকে মেরিকালচার বলে।

15.2.3 (ii) অন্তর্দেশীয় মৎস্যচাষ

স্বাদুজলের ভাণ্ডার বলতে খাল, পুকুর, জলাধার ও নদীকে বোঝায়। খাড়ি ও উপহ্রদের মতো ঈষৎ নোনা জল-সম্পদ (Brackish water resources) একটি গুরুত্বপূর্ণ মৎস্য ভাণ্ডার। ঈষৎ নোনা জল-সম্পদ হল সেই অঞ্চলের জল বোঝায় যেখানে সমুদ্রের নোনা জল ও স্বাদুজল পরস্পর মিশে যায়। যদিও এ ধরনের অন্তর্দেশীয় জলাশয়ে মাছ ধরা হয় কিন্তু এইভাবে বেশি মাছ আহরণ করা যায় না। এই জলাশয়গুলো থেকে অধিকাংশ মাছের উৎপাদন অ্যাকোয়া কালচারের মাধ্যমে করা হয়।

মাঝে মাঝে ধান জাতীয় শস্যের চাষের সাথে মিলিত ভাবে মৎস্য চাষ করা হয় যাতে ধানি জমিতে জমে থাকা জলে মাছ বেড়ে উঠতে পারে। নিবিড় মৎস্য চাষ পদ্ধতি অবলম্বন করে আরও ব্যাপকভাবে মৎস্যচাষ করা যেতে পারে। এ ধরনের মৎস্য চাষ পদ্ধতিতে স্থানীয় এবং বহিরাগত উভয় প্রকার মাছের প্রজাতির চাষ করা হয়। মাছের এই প্রজাতিগুলোর নির্বাচন এমনভাবে করা হয় যাতে এদের খাদ্যাভ্যাস ভিন্ন ভিন্ন হয়। এই কারণে খাদ্যের জন্য এদের মধ্যে কোনো প্রতিযোগিতা হয়না। এর ফলে পুকুরের সব অংশে উপস্থিত খাদ্যই ব্যবহৃত হয়। যেমন কাতলা মাছ এবং রুই মাছ যথাক্রমে পুকুরের উপরিস্তরের এবং মধ্যস্তরের খাদক। আবার মৃগেল মাছ ও সাধারণ কার্প পুকুরের নিম্নস্তরথেকে খাদ্য সংগ্রহ করে। গ্রাস কার্প পুকুরের



চিত্র 15.6 : (a) কাতলা (b) সিলভার কার্প (c) রুই (d) গ্রাসকার্প (e) মৃগেল (f) সাধারণ কার্প।

আগাছা ভক্ষণ করে। এর ফলে জলাশয়ের মৎস্য উৎপাদনের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়।

এই ধরনের মিশ্র মৎস্যচাষের ক্ষেত্রে একটি সমস্যা হল যে এই মাছগুলোর বেশিরভাগই বর্ষাকালে প্রজনন করে। এমনকি যদিও প্রাকৃতিক উৎস থেকে মাছের ডিম গুলো সংগ্রহ করা হয় তাহলেও এই ডিমগুলো অন্য প্রজাতির মাছের ডিমের সাথে মিশে যেতে পারে। তাই মৎস্য চাষের একটি বড়ো সমস্যা হল মাছের উন্নত গুণমান সম্পন্ন ডিম সহজলভ্য হওয়া। বর্তমানে এই সমস্যা থেকে উত্তরণের জন্য পুকুরের মাছগুলোকে হরমোন দ্বারা উদ্দিপিত করে প্রজনন করানো হচ্ছে। এর ফলে আমাদের কাঙ্খিত গুণমান সম্পন্ন বিশুদ্ধ মাছের ডিমের যোগান সুনিশ্চিত হয়েছে।

প্রশ্নাবলি:

১. বিভিন্ন উৎস থেকে মাছ কীভাবে সংগ্রহ করা হয়?

২. মিশ্র মৎসচাষের সুবিধাগুলো কী কী?

কাজ ———————————————— 15.5

- মাছের প্রজননঋতুতে একটি মৎস্যচাষ কেন্দ্র পরিদর্শন করো এবং নিচের বিষয় সম্পর্কিত তথ্য লিখে রাখো।

ক) মৎস্য চাষ কেন্দ্রে রয়েছে এমন মৎস্য ভ্যারাইটির সংখ্যা।

খ) জলাশয়ের প্রকার ভেদ।

গ) ব্যবহৃত মৎস্য খাদ্য

ঘ) মৎস্যচাষ কেন্দ্রের উৎপাদন ক্ষমতা।

যদি তোমার এলাকার কাছাকাছি মৎস্য খামার না থাকে তবে ইন্টারনেট থেকে প্রাসঙ্গিক বইপত্র অথবা মৎস্য খামারের সাথে যুক্ত ব্যক্তির কাছ থেকে উপরোক্ত তথ্যগুলো সংগ্রহ করো।

15.2.4 মৌমাছি প্রতিপালন:

মধুর ব্যাপক ব্যবহারের কারণে মধু উৎপাদনের জন্য মৌমাছি প্রতিপালন একটি কৃষি উদ্যোগে পরিণত হয়েছে। মৌমাছি প্রতিপালনে খুব স্বল্প বিনিয়োগের প্রয়োজন হওয়ায় চাষিরা এটিকে আয়ের অতিরিক্ত উৎস হিসেবে ব্যবহার করে। মধু ছাড়াও মৌচাক থেকে মৌ-মোমও পাওয়া যায়। যা বিভিন্ন ঔষধ তৈরিতে ব্যবহার করা হয়।

মৌমাছির যে স্থানীয় ভ্যারাইটি থেকে বাণিজ্যিক ভাবে মধু উৎপাদন করা হয় তার নাম এপিস সিরেনা ইন্ডিকা (*Apis cerana indica*)। এটি ভারতীয় মৌমাছি নামে পরিচিত।। এছাড়া মৌমাছির প্রজাতির মধ্যে রয়েছে এ.ডরসাটা বা রক বি (*A. dorsata*) এবং এ. ফ্লোরি বা লিট্ল বি (*A. florae*)। এদের পাশাপশি আমাদের দেশের এ. মেলিফেরা (*A. mellifera*) নামে মৌমাছির একটি ইতালীয় ভ্যারাইটিকেও মধুর উৎপাদন বৃদ্ধির জন্য প্রতিপালন করা হচ্ছে।

(a) (b)

চিত্র 15.7 **a)** মৌমাছি পালন কেন্দ্রে মৌচাকের সজ্জা বিন্যাস
b) মদু সংগ্রাহক যন্ত্র

মৌমাছির এই ভ্যারাইটিটি সাধারণত বাণিজ্যিক ভাবে মধু উৎপাদনের জন্য ব্যবহার করা হয়। এই ইতালীয় ভ্যারাইটির মৌমাছিদের অধিক পরিমাণে মকরন্দ সংগ্রহ করার ক্ষমতা রয়েছে। এরা সাধারণত কম মাত্রায় হুল ফোটায়। এই মৌমাছিদের জন্য তৈরি নির্দিষ্ট বাক্সে এরা দীর্ঘ সময় ধরে থাকে এবং ভালোভাবে প্রজনন করে। বাণিজ্যিক ভাবে মধু উৎপাদনের জন্য মৌমাছি পালন কেন্দ্র বা Apiary স্থাপন করা হয়েছে। মধুর মূল্য এবং গুণমান মৌমাছিদের বিচরণভূমি অথবা মকরন্দ এবং পরাগরেণু সংগ্রহের জন্য ফুলের সহজলভ্যতার উপর নির্ভরশীল।

প্রশ্নাবলি:

১. মধু উৎপাদনের জন্য উপযোগী মৌমাছির ভ্যারাইটিগুলোর মধ্যে কী কী কাঙ্খিত বৈশিষ্ট্য থাকা উচিত?

২. চারণভূমি কী এবং মধু উৎপাদনের সঙ্গে এটি কীভাবে সম্পর্কিত?

তোমরা যা শিখলে:

- শস্য উদ্ভিদের বহু প্রয়োজনীয় পরিপোষক রয়েছে। এদের মধ্যে কিছু কিছু পরিপোষক উদ্ভিদের অধিক পরিমাণে প্রয়োজন হয়, যাদের বলা হয় অতিমাত্রিক পরিপোষক। অন্যদিকে বাকি পরিপোষকগুলো উদ্ভিদের খুব সামান্য পরিমাণে প্রয়োজন হয়। তাদের স্বল্প মাত্রিক পরিপোষক বলে।

- শস্যের পরিপোষকের প্রধান দুটি উৎস হল জৈব সার এবং রাসায়নিক সার।
- জৈব চাষ হল এমন একটি চাষ পদ্ধতি যেখানে সার, আগাছা নাশক, পেস্ট নিয়ন্ত্রক হিসাবে রাসায়নিক পদার্থ খুব অল্প মাত্রায় ব্যবহার করা হয় অথবা একেবারেই ব্যবহার করা হয় না। এই পদ্ধতিতে অধিক পরিমাণ জৈবসার, পুনরাবর্তিত খামার-বর্জ্য এবং সজীব সার ব্যবহারের সাথে উপযুক্ত চাষ পদ্ধতিকে গ্রহণ করা হয়।
- মিশ্র চাষ পদ্ধতি হল সেই চাষ পদ্ধতি যেখানে একটি নির্দিষ্ট খামারে শস্য উৎপাদনের সাথে একই সঙ্গে গৃহপালিত বিভিন্ন পশুপাখি ইত্যাদির প্রতিপালনও করা হয়।
- মিশ্র শস্য চাষ হল সেই চাষ পদ্ধতি যেখানে একই জমিতে একই সময় একই সঙ্গে দুই বা ততোধিক উদ্ভিদের চাষ করা হয়।
- নির্দিষ্ট সারিতে নির্দিষ্ট সজ্জারীতি অনুসরণ করে দুই বা ততোধিক শস্যের চাষকে ইন্টার ক্রপিং বলে। একখণ্ড জমিতে পূর্বপরিকল্পনা অনুযায়ী বিভিন্ন ফসলের পর্যায়ক্রমিক চাষকে শস্যাবর্তন বলে।
- উচ্চ ফলনশীল, ভালো গুণমান সম্পন্ন, জীবজ ও অজীবজ প্রভাবক প্রতিরোধক্ষম, কম সময়ে পরিপক্ব হওয়ার ক্ষমতা সম্পন্ন, বিস্তৃত পরিসরে অভিযোজনে সক্ষম এবং কৃষি সংক্রান্ত কাঙ্খিত বৈশিষ্ট্য সম্পন্ন শস্য পেতে গেলে শস্য ভ্যারাইটির উন্নতিসাধন করা প্রয়োজন।
- খামারে প্রতিপালিত পশুদের যথাযথ পরিচর্যা এবং বাসস্থান, খামার, প্রজনন ও রোগ নিয়ন্ত্রণ ইত্যাদি বিষয়ে ব্যবস্থাপনার প্রয়োজন রয়েছে।
- পালিত মুরগির উৎপাদন বৃদ্ধির জন্য পোলট্রি পাখির চাষ করা হয়। পোলট্রি পাখির উৎপাদন বলতে ডিম উৎপাদন এবং মাংসের জন্য ব্রয়লার মুরগির উৎপাদন কে বোঝায়।
- পোলট্রি পাখির উৎপাদন বৃদ্ধির জন্য এদের ভ্যারাইটির উন্নতি সাধনের প্রয়োজন এবং এর জন্য ভারতীয় ও বহিরাগত ব্রিডের মধ্যে সংকরায়ণ ঘটানো হয়।
- সামুদ্রিক ও অন্তর্দেশীয় মৎস্য ভাণ্ডার থেকে মাছ সংগ্রহ করা যেতে পারে।
- মাছের উৎপাদন বৃদ্ধির জন্য সমুদ্রে এবং অন্তর্দেশীয় জলাশয়ে মৎস্যচাষ করা যেতে পারে।
- উপগ্রহ এবং ইকোসাউন্ডার ব্যাবহার করে বিভিন্ন ধরনের জালের সাহায্যে সমুদ্র থেকে মাছ ধরা হয়।
- মৎস্য চাষের জন্য সাধারণত মিশ্র মৎস্যচাষ পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়।
- মধু এবং মৌ-মোম পাওয়ার জন্য মৌমাছি প্রতিপালন করা হয়।

অনুশীলনী:

1. শস্য উৎপাদনের একটি পদ্ধতি ব্যাখ্যা করো যার মাধ্যমে অধিক ফসল উৎপাদন সুনিশ্চিত করা সম্ভব।
2. কৃষি জমিতে রাসায়নিক সার ও জৈব সার ব্যবহার করা হয় কেন?
3. ইন্টারক্রপিং এবং শস্যাবর্তন বা শস্যপর্যায়ের সুবিধাগুলো কী কী?

4. জিনগত পরিবর্তন সাধন বলতে কী বোঝ? একে কৃষিকার্যে কীভাবে কাজে লাগানো যায়?

5. গুদামজাত শস্যের ক্ষতি কীভাবে ঘটে?

6. চাষিরা কীভাবে উন্নত পশুপালন পদ্ধতি দ্বারা উপকৃত হয়?

7. গবাদি পশু চাষের সুবিধাগুলো কী কী?

8. উৎপাদন বৃদ্ধির জন্য পোলট্রি পাখির চাষ, মৎস্যচাষ এবং মৌমাছি প্রতিপালনের ক্ষেত্রে কী কী সাধারণ পদক্ষেপ নেওয়া হয়?

9. মাছধরা (Capture fishing), সামুদ্রিক মৎসচাষ এবং অ্যাকোয়া কালচারের মধ্যে কীভাবে পার্থক্য নিরূপণ করবে?

উত্তরমালা (Answers)

অধ্যায় 3

4. (a) $MgCl_2$
   (b) CaO
   (c) $Cu\ (NO_3)_2$
   (d) $AlCl_3$
   (e) $CaCO_3$
5. (a) ক্যালসিয়াম, অক্সিজেন
   (b) হাইড্রোজেন, ব্রোমিন
   (c) সোডিয়াম, হাইড্রোজেন, কার্বন এবং অক্সিজেন
   (d) পটাশিয়াম, সালফার এবং অক্সিজেন
6. (a) 26 গ্রাম
   (b) 256 গ্রাম
   (c) 124 গ্রাম
   (d) 36.5 গ্রাম
   (e) 63 গ্রাম
7. (a) 14 গ্রাম
   (b) 108 গ্রাম
   (c) 1260 গ্রাম
8. (a) 0.375 মোল
   (b) 1.11 মোল
   (c) 0.5 মোল
9. (a) 3.2 গ্রাম
   (b) 9.0 গ্রাম
10. 3.76×10^{22} টি অণু
11. 6.022×10^{20} টি আয়ন

অধ্যায় 4

10. 80.006
11. ${}^{16}_{8}X = 90\%$, ${}^{18}_{8}X = 10\%$
12. যোজ্যতা = 1, মৌলটির নাম হল লিথিয়াম
13. ভরসংখ্যা হল যথাক্রমে X=12, Y = 14 এবং সম্পর্কটি হল আইসোটোপ
14. (a) মিথ্যা (b) মিথ্যা (c) সত্য (d) মিথ্যা
15. (a) ✓ (b) X (c) X (d) X
16. (a) X (b) X (c) ✓ (d) X

17. (a) X (b) ✓ (c) X (d) X
18. (a) X (b) X (c) X (d) ✓
19.

পারমাণবিক সংখ্যা	ভর সংখ্যা	নিউট্রন সংখ্যা	প্রোটন সংখ্যা	ইলেকট্রন সংখ্যা	পারমাণবিক পদার্থসমূহের নাম
9	19	10	9	9	ফ্লোরিন
16	32	16	16	16	সালফার
12	24	12	12	12	ম্যাগনেসিয়াম
01	2	01	1	01	ডিউটেরিয়াম
01	1	0	1	0	প্রোটিয়াম

অধ্যায় 8

1. (a) দূরত্ব = 2200 m; সরণ = 200 m
2. (a) গড় দ্রুতি = গড় বেগ = 2.00 $m\ s^{-1}$
   (b) গড় দ্রুতি = 1.90 $m\ s^{-1}$; গড় বেগ = 0.952 $m\ s^{-1}$
3. গড় দ্রুতি = 24 $km\ h^{-1}$
4. অতিক্রান্ত দূরত্ব = 96 m
7. বেগ = 20 $m\ s^{-1}$; সময় = 2 s
10. দ্রুতি = 3.07 $km\ s^{-1}$

অধ্যায় 9

4. c
5. 14000 N
6. - 4 N
7. (a) 35000 N
   (b) 3.5 ms^{-2}
   (c) 28000 N
8. 2550 N ; গাড়ির গতির বিপরীত অভিমুখে ক্রিয়াশীল।
9. d
10. 200 N
11. 0 $m\ s^{-1}$
13. 3 $kg\ m\ s^{-1}$
14. 2.25 m ; 50 N
15. 10 $kg\ m\ s^{-1}$; 10 $kg\ m\ s^{-1}$; 5/3 $m\ s^{-1}$
16. 500 $kg\ m\ s^{-1}$; 800 $kg\ m\ s^{-1}$; 50 N
18. 40 $kg\ m\ s^{-1}$

A2. 240 N
A3. 2500 N
A4. 5 $m\ s^{-2}$; 2400 $kg\ m\ s^{-1}$; 6000 N

অধ্যায় 10

3. 9.8 N
12. পৃথিবীপৃষ্ঠে ওজন 98 N এবং চন্দ্রপৃষ্ঠে হল 16.3 N
13. সর্বোচ্চ উচ্চতা হল 122.5 m এবং মোট সময় হল 5 s + 5 s = 10 s
14. 19.6 m/s
15. সর্বোচ্চ উচ্চতা = 80 m, মোট সরণ = 0, মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব = 160 m
16. মহাকর্ষীয় বল = 3.56×10^{22} N
17. 4 s, শীর্ষ থেকে 80 m
18. প্রাথমিক বেগ = 29.4 ms^{-1}, উচ্চতা = 44.1 m. 4s পর বলটি শীর্ষ থেকে 4.9 m বা ভূমি থেকে 39.2 m দূরত্বে থাকবে।
21. বস্তুটি ডুববে।
22. প্যাকেটটি ডুববে, প্যাকেট কর্তৃক অপসারিত জলের ভর 350 g।

অধ্যায় 11

2. শূন্য
4. 210 J
5. শূন্য
9. 9×10^8 J
10. 2000 J, 1000 J
11. শূন্য
14. 15 kWh (Unit)
17. 208333.3 J
18. (i) শূন্য
    (ii) ধনাত্মক
    (iii) ঋণাত্মক
20. 20 kWh

অধ্যায় 12

7. 17.2m, 0.0172 m
8. 18.55
9. 6000
13. 11.47 s
14. 22,600 Hz
20. 1450 $m\,s^{-1}$