প্যারালাল TEXT

(For HSC & Pre-Admission)

রসায়ন দ্বিতীয় পত্র

প্রথম অধ্যায় : পরিবেশ রসায়ন

সার্বিক ব্যবস্থাপনায়
উদ্ভাস কেমিস্ট্রি টিম

প্রচ্ছদ
মোঃ রাকিব হোসেন

অক্ষর বিন্যাস
রাসেল, রিপন

অনুপ্রেরণা ও সহযোগিতায়
মাহমুদুল হাসান সোহাগ
মুহাম্মদ আবুল হাসান লিটন

কৃতজ্ঞতা
উদ্ভাস-উন্মেষ-উত্তরণ
শিক্ষা পরিবারের সকল সদস্য

প্রকাশনায়
উদ্ভাস একাডেমিক এন্ড এডমিশন কেয়ার

প্রকাশকাল
প্রথম প্রকাশ
আগস্ট, ২০২৩ ইং

অনলাইন পরিবেশক
রকমারি ডট কম

কপিরাইট © উদ্ভাস

সমস্ত অধিকার সংরক্ষিত। এই বইয়ের কোনো অংশই প্রতিষ্ঠানের লিখিত অনুমতি ব্যতীত ফটোকপি, রেকর্ডিং, বৈদ্যুতিক বা যান্ত্রিক পদ্ধতিসহ কোনও উপায়ে পুনরুৎপাদন বা প্রতিলিপি, বিতরণ বা প্রেরণ করা যাবে না। এই শর্ত লঙ্ঘিত হলে উপযুক্ত আইনি ব্যবস্থা গ্রহণ করা হবে।

প্রিয় শিক্ষার্থী বন্ধুরা,

তোমরা শিক্ষা জীবনের একটি গুরুত্বপূর্ণ ধাপে পদার্পণ করেছো। মাধ্যমিকের পড়াশুনা থেকে উচ্চ-মাধ্যমিকের পড়াশুনার ধাঁচ ভিন্ন এবং ব্যাপক। মাধ্যমিক পর্যন্ত যেখানে 'বোর্ড বই'-ই ছিল সব, সেখানে উচ্চ-মাধ্যমিকে বিষয়ভিত্তিক নির্দিষ্ট কোনো বই নেই। কিন্তু বাজারে বোর্ড অনুমোদিত বিভিন্ন লেখকের অনেক বই পাওয়া যায়। এ কারণেই শিক্ষার্থীরা পাঠ্যবই বাছাইয়ের ক্ষেত্রে দ্বিধায় ভোগে। এছাড়া মাধ্যমিকের তুলনায় উচ্চ-মাধ্যমিকে সিলেবাস বিশাল হওয়া সত্ত্বেও প্রস্তুতির জন্য খুবই কম সময় পাওয়া যায়। জীবনের অন্যতম গুরুত্বপূর্ণ এই ধাপের শুরুতেই দ্বিধা-দ্বন্দ্ব থেকে মুক্তি দিতে আমাদের এই Parallel Text। উচ্চ-মাধ্যমিক পর্যায়ে শিক্ষার্থীদের হতাশার একটি মুখ্য কারণ থাকে পাঠ্যবইয়ের তাত্ত্বিক আলোচনা বুঝতে না পারা। এজন্য শিক্ষার্থীদের মাঝে বুঝে বুঝে পড়ার প্রতি অনীহা তৈরি হয়। তারই ফলস্বরূপ শিক্ষার্থীরা HSC ও বিশ্ববিদ্যালয় ভর্তি পরীক্ষায় ভালো ফলাফল করতে ব্যর্থ হয়।

তোমাদের লেখাপড়াকে আরও সহজ ও প্রাণবন্ত করে তোলার বিষয়টি মাথায় রেখে আমাদের Parallel Text বইগুলো সাজানো হয়েছে সহজ-সাবলীল ভাষায়, অসংখ্য বাস্তব উদাহরণ, গল্প, কার্টুন আর চিত্র দিয়ে। প্রতিটি টপিক নিয়ে আলোচনার পরেই রয়েছে গাণিতিক উদাহরণ; যা টপিকের বাস্তব প্রয়োগ এবং গাণিতিক সমস্যা সমাধান সম্পর্কে ধারণা দেওয়ার পাশাপাশি পরবর্তী টপিকগুলো বুঝতেও সাহায্য করবে। তোমাদের বোঝার সুবিধার জন্য গুরুত্বপূর্ণ সংজ্ঞা, বৈশিষ্ট্য, পার্থক্য ইত্যাদি নির্দেশকের মাধ্যমে আলাদা করা হয়েছে। এছাড়াও যেসব বিষয়ে সাধারণত ভুল হয়, সেসব বিষয় 'সতর্কতার' মাধ্যমে দেখানো হয়েছে।

তবে শুধু বুঝতে পারাটাই কিন্তু যথেষ্ট নয়, তার পাশাপাশি দরকার পর্যাপ্ত অনুশীলন। আর এই বিষয়টি আরও সহজ করতে প্রতিটি অধ্যায়ের কয়েকটি টপিক শেষে যুক্ত করা হয়েছে 'টপিকভিত্তিক বিগত বছরের প্রশ্ন ও সমাধান'। যার মধ্যে রয়েছে বিগত বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্নের পাশাপাশি বুয়েট, রুয়েট, কুয়েট, চুয়েট, মেডিকেল ও ঢাকা বিশ্ববিদ্যালয়সহ বিভিন্ন বিশ্ববিদ্যালয়ের ভর্তি পরীক্ষার প্রশ্ন ও সমাধান। এভাবে ধাপে ধাপে অনুশীলন করার ফলে তোমরা বোর্ড পরীক্ষার শতভাগ প্রস্তুতির পাশাপাশি ভর্তি পরীক্ষার প্রস্তুতিও নিতে পারবে এখন থেকেই। এছাড়াও অধ্যায় শেষে রয়েছে 'গুরুত্বপূর্ণ প্র্যাক্টিস প্রবলেম' ও 'গাণিতিক সমস্যাবলি' যা অনুশীলনের মাধ্যমে তোমাদের প্রস্তুতি পূর্ণাঙ্গ হবে।

আশা করছি, আমাদের এই Parallel Text একই সাথে উচ্চ-মাধ্যমিকে তোমাদের বেসিক গঠনে সহায়তা করে, HSC পরীক্ষায় A+ নিশ্চিত করবে এবং ভবিষ্যতে বিশ্ববিদ্যালয় ভর্তিযুদ্ধের জন্য প্রস্তুত রাখবে।

তোমাদের সার্বিক সাফল্য ও উজ্জ্বল ভবিষ্যত কামনায়-

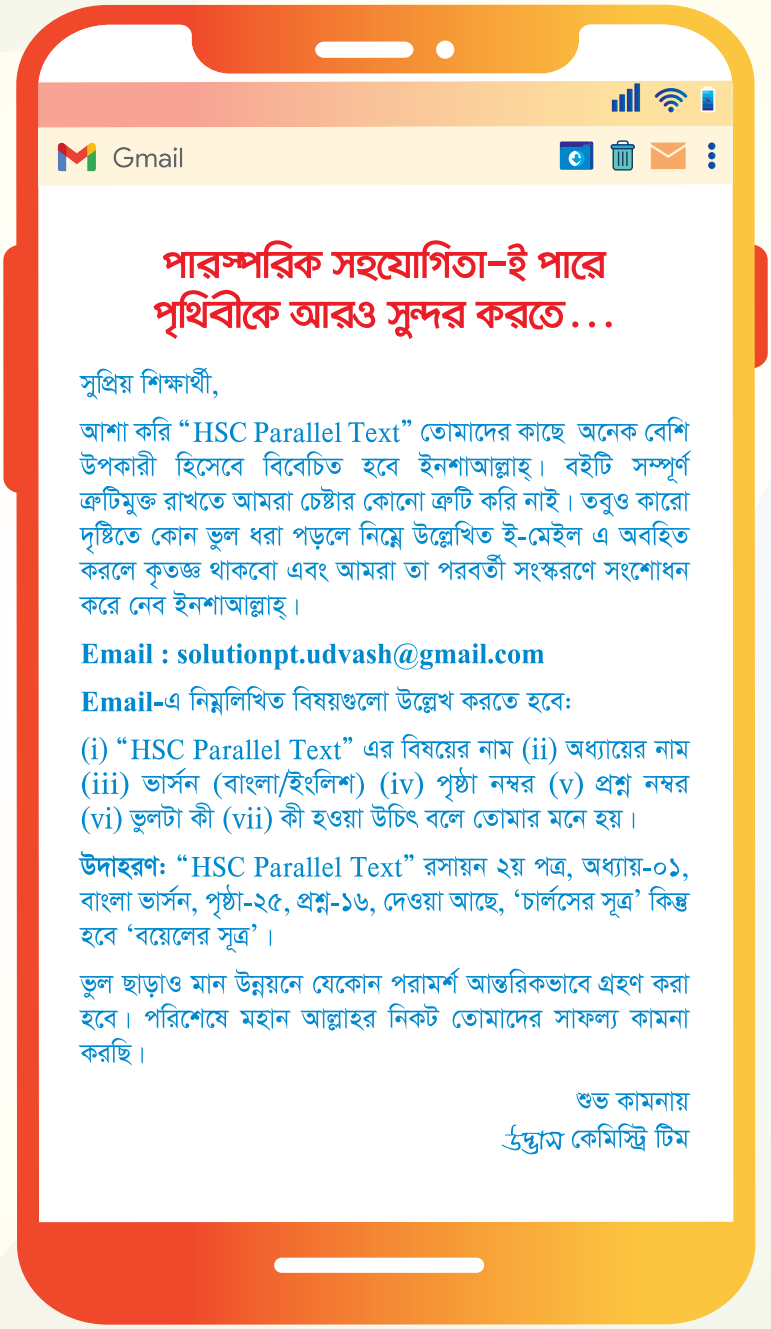
উদ্ভাস কেমিস্ট্রি টিম

সূচিপত্র

রসায়ন ২য় পত্র

প্রথম অধ্যায় : পরিবেশ রসায়ন

ক্র.নং	বিষয়বস্তু	পৃষ্ঠা
০১	গ্যাস ও গ্যাসের সূত্রসমূহ	০১-২৯
০২	গ্যাসের সমন্বয় সূত্র	৩০-৪১
০৩	ব্যাপন, নিঃসরণ ও গ্যাসের গতিতত্ত্ব	৪২-৭৪
০৪	আদর্শ গ্যাস ও বাস্তব গ্যাস	৭৫-৯৩
০৫	পরিবেশের উপর বিভিন্ন গ্যাসের প্রভাবসমূহ	৯৪-১০৪
০৬	এসিড ক্ষার সম্পর্কিত ধারণা	১০৫-১২০
০৭	পরিবেশের উপর রসায়নের প্রভাব	১২১-১৪৯
০৮	একত্রে সব গুরুত্বপূর্ণ সূত্রাবলি	১৪৯-১৫০
০৯	গুরুত্বপূর্ণ প্র্যাক্টিস প্রবলেম	১৫১-১৬৪



পারস্পরিক সহযোগিতা-ই পারে পৃথিবীকে আরও সুন্দর করতে...

সুপ্রিয় শিক্ষার্থী,

আশা করি "HSC Parallel Text" তোমাদের কাছে অনেক বেশি উপকারী হিসেবে বিবেচিত হবে ইনশাআল্লাহ্। বইটি সম্পূর্ণ ত্রুটিমুক্ত রাখতে আমরা চেষ্টার কোনো ত্রুটি করি নাই। তবুও কারো দৃষ্টিতে কোন ভুল ধরা পড়লে নিম্নে উল্লেখিত ই-মেইল এ অবহিত করলে কৃতজ্ঞ থাকবো এবং আমরা তা পরবর্তী সংস্করণে সংশোধন করে নেব ইনশাআল্লাহ্।

Email : solutionpt.udvash@gmail.com

Email-এ নিম্নলিখিত বিষয়গুলো উল্লেখ করতে হবে:

(i) "HSC Parallel Text" এর বিষয়ের নাম (ii) অধ্যায়ের নাম (iii) ভার্সন (বাংলা/ইংলিশ) (iv) পৃষ্ঠা নম্বর (v) প্রশ্ন নম্বর (vi) ভুলটা কী (vii) কী হওয়া উচিৎ বলে তোমার মনে হয়।

উদাহরণ: "HSC Parallel Text" রসায়ন ২য় পত্র, অধ্যায়-০১, বাংলা ভার্সন, পৃষ্ঠা-২৫, প্রশ্ন-১৬, দেওয়া আছে, 'চার্লসের সূত্র' কিন্তু হবে 'বয়েলের সূত্র'।

ভুল ছাড়াও মান উন্নয়নে যেকোন পরামর্শ আন্তরিকভাবে গ্রহণ করা হবে। পরিশেষে মহান আল্লাহর নিকট তোমাদের সাফল্য কামনা করছি।

শুভ কামনায়
উদ্ভাস কেমিস্ট্রি টিম

অধ্যায় ০১

পরিবেশ রসায়ন

পাখির মতো আকাশে উড়ে বেড়ানোর স্বপ্ন মানুষের অনেক দিনের। অনেকেই বিভিন্ন সময়ে এই স্বপ্ন কীভাবে পূরণ করা যায় তা নিয়ে চিন্তা করেছেন। তাদের মধ্যে দুজন হলেন মন্টগলফিয়ার ব্রাদার্স।

1782 সালের নভেম্বর মাসের একদিন, ফায়ারপ্লেসের উপরে কাপড় শুকাতে গিয়ে তারা লক্ষ করলেন কাপড়ের নিচের অংশ কিছুটা উপরের দিকে উঠে যাচ্ছে । তারা প্রথমে ধারণা করেন অগ্নিকুণ্ডের ধোঁয়ার জন্য এটি ঘটছে । কিন্তু পরবর্তীতে আরও গভীরভাবে পর্যবেক্ষণ করে তারা বুঝতে পারেন যে, আসলে এটি ঘটেছিল বায়ুর ঘনত্বের তারতম্যের কারণে। আগুনের তাপের ফলে আশপাশের বায়ুর তুলনায় অগ্নিকুণ্ডের উপরের বায়ুর আয়তন বেড়ে ঘনত্ব কমে যায়। যার ফলে ঐ বায়ু একটি উর্ধ্বমুখী বল (প্লবতা) লাভ করে উপরে উঠে যায়।

এই নীতির উপর ভিত্তি করেই মন্টগলফিয়ার ভাইয়েরা 'Hot air balloon' আবিষ্কার করেন। কেননা 'Hot air balloon' এর বার্নারের আগুনের তাপে বৃহৎ থলির মতো বেলুনের ভিতরের বায়ুর অণুগুলোর ছোটাছুটি বেড়ে যায়, যার ফলে ভিতরের গ্যাসের আয়তন বেড়ে যায় এবং এর ঘনত্ব আশপাশের বায়ুর চেয়ে কমে যায়। তখন, ঘনত্ব কম হওয়ায় তেল যেমন পানিতে ভাসে বেলুনও চারপাশের বায়ুতে ভাসে। আবার জন্মদিনের অনুষ্ঠানে আমরা ফুঁ দিয়ে বা এয়ার পাম্প দিয়ে যে বেলুন ফোলাই তা কিন্তু উপরে উঠে না অথচ কলেজের বিজ্ঞান মেলা উদ্বোধনী অনুষ্ঠানে যে বেলুন ব্যবহার করা হয় তা কিন্তু ছেড়ে দেয়ার সাথে সাথে উপরে উঠে যায়। কিন্তু কেন? কেন একটি বেলুন উড়ল আর আরেকটি উড়ল না তা ভেবে দেখেছ? হিলিয়াম গ্যাস ভতি বেলুন ছেড়ে দিলে তা উপরে উঠে কেন ফেটে যায়? কোন উপায়ে গাড়ির টায়ারে গ্যাস প্রবেশ করানো হয়? আর কেনইবা পরিবেশের দূষণ ক্রমাগত বাড়ছে আর পরিবর্তন করছে পৃথিবীর স্বাভাবিক অবস্থা?এই সবকিছু জানতে হলে প্রথমেই আমাদের বুঝতে হবে গ্যাস আসলে কী?

গ্যাস ও গ্যসের সূত্রসমূহ

গ্যাস

নবম-দশম শ্রেণিতে আমরা জেনেছি পদার্থ মূলত ৩টি অবস্থায় থাকে। তা হচ্ছে- কঠিন, তরল এবং বায়বীয়। এছাড়াও আমরা পদার্থের একটি বিশেষ অবস্থা সম্পর্কে জেনেছিলাম আর তা হলো প্লাজম । আমরা আমাদের আশে-পাশে অনেক গ্যাসীয় অবস্থার বস্তু দেখতে পাই। কিছু বিশেষ বৈশিষ্ট্য আছে যার ফলে গ্যাসীয় অবস্থাকে অন্যান্য অবস্থা থেকে পৃথক করা যায়। যেমন- তোমরা জানো কঠিন এবং তরল পদার্থের নির্দিষ্ট আকার এবং আয়তন থাকলেও গ্যাসের কিন্তু তা নেই। চলো আমরা গ্যাস সম্পর্কে কিছু ধারণা নেই।

গ্যাস: গ্য হলো পদার্থের এমন এক অবস্থা যার নির্দিষ্ট কোনো আয়তন বা আকৃতি নেই অর্থাৎ যে পাত্রে রাখা হয় সেই পাত্র জুড়ে থাকে, তবে এর নির্দিষ্ট ভর আছে।

উপরে ংজ্ঞাটি বোঝার জন্য আমাদের গ্যাসের এই বৈশিষ্ট্যগুলো ি আলাদাভাবে আলোচনা করতে হবে। কোনো গ্যাসের অবস্থা বর্ণনার জন্য ৪টি রাশির প্রয়োজন হয়। এগুলো হলো: ১. আয়তন (V) ২. চাপ (P) ৩. তাপমাত্রা (T) ৪. পরিমাণ বা (n)। নিম্নে এগুলো সম্পর্কে আলোচনা করা হলো:

➲ আয়তন:

গ্যাসকে কোনো পাত্রে রাখা হলে গ্যাসটি ঐ পাত্রে যে আয়তনে ইতস্তত ছোটাছুটি করে তাকে ঐ গ্যাস দ্বারা দখলকৃত আয়তন বলে সহজ ভাষায়, কোন পদার্থের কণাসমূহ যে জায়গা দখল করে তাই হলো ঐ পদার্থে আয়তন। আমরা নবম-দশম শ্রেণিতে পদার্থের বিভিন্ন অবস্থায় এর আন্তঃআণবিক বল ও আন্তঃআণবিক দূরত্ব সম্পর্কে জেনেছি। তোমরা ইতোমধ্যে জানো গ্যাসীয় অবস্থায় পদার্থের অণু বা পরমাণুগুলোর মধ্যে আন্তঃআণবিক দূরত্ব সর্বাপেক্ষা বেশি ও আন্তঃআণবিক বল সর্বাপেক্ষা কম। এজন্য গ্যাসের অণুসমূহ কঠিন বা তরল পদার্থের ন্যায় একীভূত না থেকে অনেক বেশি ছড়িয়ে থাকে যার জন্য গ্যাসের কণাগুলো যেকোনো পাত্রের আয়তন ধারণ করতে পারে। অর্থাৎ গ্যাসের কোনো নির্দিষ্ট আয়তন নেই। গ্যাসের আয়তন এর তাপমাত্রা এবং চাপের ওপর নির্ভরশীল। চিন্তা করোতো, তোমার টেবিলে যে বই রাখা বা গ্লাসে যে পানি আছে উভয়ই কিন্তু আলাদাভাবে নির্দিষ্ট জায়গা নিয়ে আছে। অর্থাৎ কঠিন বা তরল পদার্থের আয়তন নির্দিষ্ট। এদের অবস্থান পরিবর্তন করে যেকোনো জায়গায় নেওয়া হলেও এদের আয়তন অপরিবর্তিত থাকে। কিন্তু গ্যাসের আয়তনের বেলায় একথাটি সত্য নয়। আমরা যদি 10 g পরিমাণ লালচে-বাদামি বর্ণের NO_2 গ্যাস 250 mL বোতলে প্রবেশ করাই, পুরো বোতলটিই কিন্তু লালচে-বাদামি বর্ণ ধারণ করবে। আবার ঐ একই পরিমাণ গ্যাস যদি 1L বোতলে প্রবেশ করাই তবে ওই বোতলটিও সম্পূর্ণরূপে লালচে-বাদামি বর্ণ ধারণ করবে। 250 mL বোতলে এই NO_2 গ্যাস যেহেতু 1 L এর বোতলে নিজেই ছড়িয়ে পড়ে; তাই একটি বিষয় কিন্তু নিশ্চিত, গ্যাস অনেক সম্প্রসারণশীল। কাজেই নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন পাত্রভেদে অনির্দিষ্ট বা ভিন্ন হয়। এরকম বৈশিষ্ট্য হবার কারণ হলো গ্যাসের কণাসমূহের নিজেদের মাঝে আকর্ষণ বল অনেক কম থাকে যার ফলে এদের মধ্যকার দূরত্ব অনেক বেড়ে যায়।

আয়তনকে আমরা 'V' দ্বারা প্রকাশ করে থাকি। SI একক অনুযায়ী, আয়তন পরিমাপের একক ঘনমিটার (m^3) বা ঘনডেসিমিটার (dm^3) বা ঘনসেন্টিমিটার (cm^3)। এছাড়া আমরা আয়তনকে লিটার (L) অথবা মিলিলিটারে (mL) প্রকাশ করে থাকি। এই এককগুলো নিজেদের মধ্যে সম্পর্কযুক্ত,

$1m^3 = 10^3 dm^3$ বা, $1000\ dm^3 = 10^3 L$ বা, $1000L = 10^6\ cm^3$

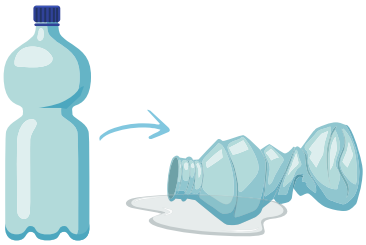
আবার, $1dm^3 = 1000cm^3 = 1L = 1000\ mL$

সুতরাং, $1m^3 = 10^3 dm^3 = 1000L \therefore 1L = 10^{-3} m^3$

$$1cm^3 = 1cc = 10^{-3}\ L = 10^{-3} dm^3$$

$$\therefore 22.414L = 22.414 \times 10^{-3} m^3$$

➲ চাপ:



তোমরা কি ছোটবেলায় কখনো বোতলে মুখ নিয়ে ভিতরের বাতাস টেনে নিয়েছো? তখন কী খেয়াল করেছো বোতল কিন্তু চুপসে যাচ্ছে; অথচ তুমি শুধু বাতাস বের করেছো। তাহলে অবশ্যই এর পিছনে কোনো কারণ রয়েছে। আর এটি হলো গ্যাসের আরেকটি ধর্ম আর তা হলো গ্যাসের চাপ। গ্যাসের কণাগুলো অনবরত ছোটাছুটি করায় কোনো বস্তুর পৃষ্ঠে একের পর এক কণা আঘাত করে যার ফলে বল কার্যকর হয়; আর পদার্থবিজ্ঞানে আমরা পড়েছি একক ক্ষেত্রফলে লম্বভাবে প্রযুক্ত বলকে চাপ বে এই বলের ফলে মূলত গ্যাসের চাপ ক্রিয়াশীল হয়।

চিন্তা করে দেখো, সারা বিশ্বের সকল অঞ্চলের বায়ুর গঠন ও উপাদান কিন্তু প্রায় একই, তাই সারাবিশ্বের সকল অঞ্চলের ভূ-পৃষ্ঠে বায়ুমণ্ডল একটি নির্দিষ্ট চাপ প্রদান করে। একটি খালি বোতল বালতিতে চুবিয়ে মুখ পানির মধ্যে রেখে উল্টিয়ে বাকি অংশ উপরে তুলে দেখ; পানি কিন্তু নিচে পড়ছে না। কেননা বায়ু সর্বদা চাপ প্রদান করছে।

গ্যাসের চাপ: গ্যাসের পাত্রে গ্যাসের অণুসমূহের অনবরত ছোটাছুটির ফলে গ্যাস পাত্রে একক ক্ষেত্রফলে গ্যাসসমূহ যে বল প্রয়োগ করে তাকে গ্যাসের চাপ বলে।

গ্যাসের চাপের একক হচ্ছে atm (atmosphere)। 1 atm বলতে 0°C তাপমাত্রায় 45° অক্ষাংশে সমুদ্র পৃষ্ঠের সমতলে যে পরিমাণ বায়ুচাপ সৃষ্টি করে বা 760 mm মার্কারি (Hg) স্তম্ভভাবে যে চাপ সৃষ্টি করে তার সমান হয় তাকে বোঝায়। SI পদ্ধতিতে চাপের একক নিউটন/মিটার^2 বা Nm^{-2}। একে আমরা প্যাস্কেল (Pa) এককেও প্রকাশ করে থাকি। অর্থাৎ

$1\ Pa = 1\ Nm^{-2} = 1\ Kgm^{-1}s^{-2}$

1 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ $= 1\ atm = 760\ mmHg$ অথবা 76 cm(Hg) কর্তৃক প্রযুক্ত চাপ

$= 0.76 \times \rho \times g$; [$\rho$ হলো মার্কারির ঘনত্ব যা হলো $13600\ Kgm^{-3}$]

$= (0.76 \times 9.8 \times 13600)Nm^{-2}$

$= 101325\ Nm^{-2} = 101325\ Pa$

$\therefore 1\ atm = 101.325\ KPa = 1.01325 \times 10^5 Pa = 1.01325 \times 10^5 Nm^{-2}$

চাপের আরেকটি ক্ষুদ্র একক হলো tor (টর)। বিজ্ঞানী টরিসেলির (Torricelli) নামানুসারে এককটির নামকরণ করা হয়।

$1tor = 1mm(Hg)$ আবার, $1bar = 760\ tor = 760mm(Hg) = 1atm$

জেনে রাখো

বায়ুমণ্ডলে এত চাপ থাকা সত্ত্বেও কেন আমরা তা অনুভব করি না?

কখনও কি ভেবে দেখেছো বায়ুর চাপ যদি $101325Nm^{-2}$ অর্থাৎ প্রতি বর্গমিটার ক্ষেত্রফলে 101325 N বল প্রয়োগ করে তবে এটি আমরা অনুভব করি না কেন? যেখানে সামান্য বলে আঘাত করলে আমরা অনুভব করতে পারি সেখানে এত বিশাল পরিমাণ বল আমাদের দ্বারা অনুভূত হয় না কেন? এর কারণ হল আমাদের মানবদেহের ওপর বায়ুমণ্ডল যে বল প্রয়োগ করে একই পরিমাণ বল আমাদের ফুসফুস, রক্তনালী ও অন্যান্য অংশের কর্তৃক বায়ুমণ্ডলে প্রয়োগ করে। এই চাপ হল 1 atm। অর্থাৎ, বায়ুমণ্ডল যে পরিমাণ বল আমাদের দেহে প্রয়োগ করে সেই সমপরিমাণ বল মানবদেহ বাহিরে প্রয়োগ করে। ফলে নীট বল 0 হয়। বায়ুমণ্ডলের এই চাপ আমরা মাঝে মাঝে অনুভব করে থাকি। বায়ুমণ্ডলের ঘনত্ব কমার সাথে সাথে চাপও কমে যায়। ফলে আমরা যদি অতি উচ্চ স্থানে গমন করি। যেমন: এভারেস্টের উচ্চতায় উঠি তবে সেখানে বায়ুমণ্ডলের চাপ কম হওয়ায় বায়ুমণ্ডলের চাপের সাথে সমন্বয় না হওয়ায় অতিরিক্ত রক্তচাপের কারণে আমাদের নাক হতে রক্ত বের হয়

চলো আমরা এ সম্পর্কিত কিছু গাণিতিক সমস্যার সমাধান করি-

উদাহরণ-01: তুমি ব্যারোমিটারে (বায়ুচাপ মাপার যন্ত্র) পারদস্তম্ভের উচ্চতা দেখলে 460 mm। তবে তখনকার বায়ুচাপ কত atm হবে?

সমাধান: তখন বায়ুচাপ $= \frac{460}{760} atm = 0.61\ atm$

উদাহরণ-02: নিচের রূপান্তরগুলো সম্পন্ন করো:

(a) 370 tor চাপকে atm, kPa, Nm^{-2} এ রূপান্তর কর।

(b) 110cc কে dm^3, m^3, L এ রূপান্তর কর।

সমাধান: (a); $P = \frac{370}{760}\text{atm} = 0.487\text{ atm}$

$P = \frac{370}{760} \times 101.325 = 49.33\text{ kPa}$

$P = \frac{370}{760} \times 101325 = 4.933 \times 10^4 Nm^{-2}$

(b); $V = 110cc = \frac{110}{1000}dm^3 = 0.11dm^3$

$V = 110cc = 110 \times 10^{-6}m^3 = 1.1 \times 10^{-4}m^3$

$V = 110cc = 110 \times 10^{-3}L = 0.11L$

➲ তাপমাত্রা:

তোমরা কি কখনো খেয়াল করেছো, গরমকাল ও শীতকালে কি চারপাশের বায়ুর প্রকৃতি একইরকম অনুভব কর? শীতকালে কিন্তু বিভিন্ন জায়গায় অগ্নিকুণ্ডলি তৈরি করতে দেখা যায়। অগ্নিকুণ্ডলির ঠিক উপরে যদি ভালোভাবে লক্ষ কর, তবে দেখতে পাবে উপরে বায়ু কেমন যেন ছোটাছুটি করে যদিও আশপাশে কোনো বায়ুপ্রবাহ নেই। আসলে তাপের ফলেই বায়ুর এই সম্প্রসারণ ঘটছে। Hot air balloon-এও কিন্তু বিষয়টি দেখে এসেছো। এটিই হলো গ্যাসের অবস্থা বর্ণনার ৩য় রাশি- **গ্যাসের তাপমাত্রা**। তাপমাত্রার SI একক হলো কেলভিন (K)। আর এই এককই রসায়নের সবজায়গায় ব্যবহৃত হয়। আগে আমরা তাপমাত্রার একক হিসেবে সেলসিয়াস ব্যবহার করতাম, সেলসিয়াস ও কেলভিন স্কেল পরস্পরের সাথে সম্পর্কযুক্ত। সেলসিয়াস স্কেলের সাথে 273 যোগ করলে আমরা কেলভিন স্কেলের তাপমাত্রা পাই।

$x°C = (x + 273)K$ যেমন: $25°C = (25 + 273)K = 298K$

তাপমাত্রার আরও কয়েকটি স্কেল হলো ফারেনহাইট, র‍্যাংকিন, রোমার। এসব স্কেলের ব্যবহার খুবই কম। চলো আমরা সেলসিয়াস, ফারেনহাইট ও কেলভিন স্কেলের পারস্পরিক সম্পর্ক জেনে নেই।

$$\frac{\theta - \text{নিম্নস্থিরাঙ্ক}}{\text{ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক} - \text{নিম্নস্থিরাঙ্ক}} = \frac{C-0}{100-0} = \frac{F-32}{212-32} = \frac{K-273}{373-273}$$

$$\Rightarrow \frac{C}{100} = \frac{F-32}{180} = \frac{K-273}{100} \Rightarrow \frac{C}{5} = \frac{F-32}{9} = \frac{K-273}{5}$$

এখানে, θ = যেকোনো স্কেলে তাপমাত্রা

C = সেলসিয়াস স্কেলে তাপমাত্রা

F = ফারেনহাইট স্কেলে তাপমাত্রা

K = কেলভিন বা পরম (SI) স্কেলে তাপমাত্রা।

'পরিবেশ রসায়ন' অধ্যায়টির জন্য তাপমাত্রা সংক্রান্ত এতটুকু জানাই যথেষ্ট। আরও বিস্তারিত আলোচনা তুমি পাবে পদার্থবিজ্ঞান দ্বিতীয় পত্রে ১ম অধ্যায় 'তাপ গতিবিদ্যা' প্যারালাল টেক্সট বইটিতে।

চলো কিছু তাপমাত্রার রূপান্তর সম্পন্ন করি।

উদাহরণ-03: মানবদেহের স্বাভাবিক তাপমাত্রা 98.4°F। সেলসিয়াস ও কেলভিন স্কেলে রূপান্তর কর।

সমাধান: $F = 98.4°F$

আমরা জানি, $\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9} \Rightarrow C = \frac{5}{9}(F - 32)$

$\Rightarrow C = \frac{5}{9}(98.4 - 32)$

$\therefore C = 36.89°C$

আবার, $\frac{F-32}{9} = \frac{K-273}{5} \Rightarrow K = \frac{5}{9}(F - 32) + 273 \Rightarrow K = \frac{5}{9}(98.4 - 32) + 273$

$\therefore K = 309.89K$

উদাহরণ-04: তাপমাত্রার কোন স্কেলে নিম্নস্থিরাঙ্ক 4°, ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক 98°। ঐ স্কেল দ্বারা কোনো গ্যাসের তাপমাত্রা পরিমাপ করে পাওয়া গেল 40°। কেলভিন স্কেলে গ্যাসটির তাপমাত্রা কত?

সমাধান: $\frac{\theta-4}{98-4} = \frac{K-273}{373-273} \Rightarrow \frac{40-4}{94} = \frac{K-273}{100} \Rightarrow \frac{36}{94} = \frac{K-273}{100}$

$\therefore K = 311.3K$

কখনো ভেবে দেখেছো কি এক স্কেলের তাপমাত্রার পরিবর্তন অন্য স্কেলের কত তাপমাত্রার পরিবর্তনের সমান?

যেমন: সেলসিয়াস স্কেলে 5°C তাপমাত্রার পরিবর্তন ফারেহাইট ও কেলভিন স্কেলের কত তাপমাত্রার পরিবর্তনের সমান?

$$\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9} = \frac{K-273}{5}$$

কেউ যদি এই সূত্রে $C = 5$ বসিয়ে সমাধান করে তাহলে কিন্তু তার উত্তরটা ভুল হবে।

এখানে ব্যবহার্য সূত্রটি হলো: $\frac{\Delta C}{5} = \frac{\Delta F}{9} = \frac{\Delta K}{5}$

$$\Delta C = \frac{5\Delta F}{9}, \therefore \Delta F = \frac{9\Delta F}{5}, \Delta K = \Delta C, \Delta F = \frac{9\Delta K}{5}$$

এই সূত্র কীভাবে আসল তা নিয়ে আর বিস্তারিত আলোচনায় যাচ্ছি না। এইগুলো তাপগতিবিদ্যার আলোচ্য বিষয়। তবে চিন্তা করলে নিজেরাই কারণ বের করে ফেলতে পারে

➲ গ্যাসের পরিমাণ বা গ্যাসের মোল (n)

সর্বশেষ একটি বিষয় লক্ষ কর, বেলুন ফোলানো সময় যখন ফুঁ দিচ্ছ তখন কেন বেলুন ফুলছে? উত্তরটি খুব সহজ তা হলো বেলুনে নতুন বাতাস প্রবেশ করেছে, আর এটিই হলো গ্যাসের অবস্থা বর্ণনার ৪র্থ অবস্থা - **গ্যাসের পরিমা**

গ্যাসের পরিমাণ প্রকাশের SI একক হলো মোল (mole)। তাহলে একটি বিষয় চিন্তা করে দেখো, যখন তুমি তোমার সাইকেলের টিউবে গ্যাস দাও বা হাসপাতালে রোগীকে অক্সিজেন সিলিন্ডার হতে O_2 সাপ্লাই দেওয়া হয় তখন টিউবে গ্যাসের পরিমাণ বাড়তে থাকে এবং সিলিন্ডারে গ্যাসের পরিমাণ কমতে থাকে।

না, তা কিন্তু হবে না। কেননা প্রতি ক্ষেত্রে ব্যবহৃত গ্যাসের অবস্থা ভিন্ন। কোনো গ্যাসের অবস্থা বর্ণনার জন্য ৪টি রাশির প্রয়োজন হয়।

গ্যাসের মোল সংখ্যা $n = \frac{W}{M}$

এখানে, W = নমুনা গ্যাসের ভর (g)

M = গ্যাসটির আণবিক ভর ($gmol^{-1}$)

যেমন: 7g N_2 গ্যাসের মোল সংখ্যা $n = \frac{7}{28} = 0.25$ mole

আমাদের প্রেক্ষাপটে গ্যাসের দুটি বিশেষ অবস্থা আমাদের জন্য জানা বেশি জরুরি। তা হলো:

(i) STP (Standard Temperature and Pressure):

এটিই মূলত প্রমাণ অবস্থা বা প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপ বা আদর্শ তাপমাত্রা ও চাপ। এটি এমন এক অবস্থা যখন

চাপ = 1 atm = 101.325 KPa

তাপমাত্রা = 0°C = 273 K

1 mole গ্যাসের আয়তন = 22.4 L

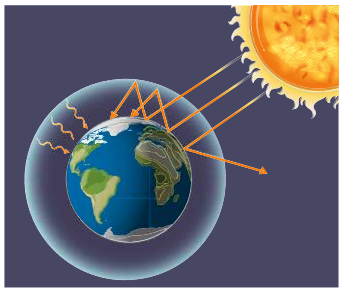
(ii) SATP (Standard Ambient Temperature and Pressure): এটি মূলত কক্ষ তাপমাত্রা ও চাপ বা বা বায়ুমণ্ডলীয় তাপমাত্রা ও চাপ। এটি এমন এক অবস্থা যখন,

চাপ 100 KPa

Ambient Temperature বা কক্ষ তাপমাত্রা = 25°C = 298 K

1 mole গ্যাসের আয়তন = 24.789 L

বায়ুমণ্ডল



আমরা এতক্ষণ যে, গ্যাস এবং গ্যাসের বৈশিষ্ট্য নিয়ে আলোচনা করলাম এর মূল কারণ হলো আমাদের এই যে **বায়ুমণ্ডল** তা এই গ্যাস দিয়ে গঠিত। পৃথিবীর চারদিকে অদৃশ্য গ্যাসের যে আবরণী ভূ-পৃষ্ঠ থেকে প্রায় 500 km এর অধিক উচ্চতা পর্যন্ত বিস্তৃত, সেটাই বিজ্ঞানীদের কাছে **বায়ুমণ্ডল** বা atmosphere নামে পরিচিত।

➲ **বায়ুমণ্ডলের উৎপত্তি:**

বর্তমানে আমরা পৃথিবীকে ঘিরে যে **বায়ুমণ্ডল** লক্ষ করি তা কিন্তু একদিনে তৈরি হয়নি। আজ থেকে 4.6 বিলিয়ন বছর পূর্বে যখন বিভিন্ন কঠিন পদার্থ এবং গ্যাসের সমন্বয়ে পৃথিবী তৈরি হয়েছিল তখন এতে কোন **বায়ুমণ্ডল** ছিল না। ধীরে ধীরে পৃথিবী তাপ বিকিরণ করতে শুরু করে ও ক্রমান্বয়ে শীতল হতে শুরু করে। তখন ঘন ঘন আগ্নেয়গিরির অগ্নুৎপাত হত এবং এতে আগ্নেয়গিরি হতে প্রচুর পরিমাণ মিথেন (CH_4), হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S) ও অন্যান্য গ্যাস নির্গত হতো। তখন বায়ুমণ্ডলে কার্বন-ডাইঅক্সাইডের পরিমাণ অনেক বেশি ছিল। পরবর্তীতে উদ্ভিদের সালোকসংশ্লেষণের ফলে অক্সিজেনের পরিমাণ বাড়তে থাকে ও আমরা বর্তমানের **বায়ুমণ্ডলের** অস্তিত্ব পাই।

বায়ুমণ্ডলের সংযুক্তি

আমরা ইতোমধ্যে বায়ুমণ্ডলের উৎপত্তি ও এর পরিচিতি সম্পর্কে জানলাম। তবে কী আছে এই বায়ুমণ্ডলে তা কি আমরা কখনও ভেবে দেখেছি? মূলত **বায়ুমণ্ডল** হল একাধিক গ্যাসের একটি সমসত্ত্ব মিশ্রণ এতে আমাদের প্রয়োজনীয় সকল গ্যাস উপস্থিত চলো আমরা বায়ুমণ্ডলে উপস্থিত গ্যাসের শতকরা পরিমাণ দেখে নিই। এই বায়ুমণ্ডলে যে গ্যাসটি সবচেয়ে বেশি পরিমাণে থাকে তা হলো নাইট্রোজেন গ্যাস সমুদ্রপৃষ্ঠের উচ্চতায় বায়ুমণ্ডলের বিভিন্ন গ্যাসের পরিমাণ নিম্নরূপ:

গ্যাস	শতকরা পরিমাণ
N_2	78.09
O_2	20.95
Ar	0.93
CO_2	0.04/0.033

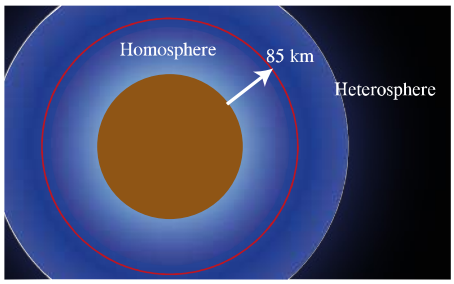
গ্যাস	শতকরা পরিমাণ
Ne	0.0018
He	0.00052
Kr	0.00011
Xe	0.000008

সমুদ্র পৃষ্ঠের উচ্চতায় বা ভূ-পৃষ্ঠের কাছাকাছি উচ্চতায় উপরিউক্ত গ্যাসসমূহ সমসত্ত্ব মিশ্রণ হিসেবে থাকে। অর্থাৎ এই উচ্চতায় বায়ুমণ্ডলের সকল অবস্থানে বায়ুর মিশ্রণে গ্যাসসমূহ একই অনুপাতে থাকে। তবে যখন উপরের দিকে যাওয়া যায় তখন এই অনুপাতের পরিবর্তন ঘটতে থাকে।

বায়ুমণ্ডলের স্তর বিন্যাস

বায়ুমণ্ডলের স্তরবিন্যাস বিভিন্নভাবে করা যায়। গ্যাসীয় উপাদানের সংযুক্তির ভিত্তিতে **বায়ুমণ্ডলকে** প্রধানত দুটি স্তরে ভাগ করা যায়। যথা-

(i) সমমণ্ডল (homosphere)
(ii) বিষমমণ্ডল (heterosphere)



➲ **সমমণ্ডল:** সমুদ্রপৃষ্ঠ থেকে প্রায় ৮৫ কি.মি পর্যন্ত এলাকায় বায়ুমণ্ডলের রাসায়নিক গঠন অর্থাৎ উপস্থিত গ্যাসের অনুপাত প্রায় সমান থাকে বলে এ অঞ্চলকে **সমমণ্ডল** বলে। এ অঞ্চলের সর্বত্র ৭৮.০৯% নাইট্রোজেন এবং ২০.৯৫% অক্সিজেন থাকে। এছাড়া সর্বত্র আর্গন, নিয়ন, হিলিয়াম, ক্রিপ্টন, জেনন ও ওজোন গ্যাস থাকে উল্লেখ্য যে বায়ুমণ্ডলে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের মধ্যে আর্গনের পরিমাণ সবচেয়ে বেশি (০.৯৩%)। এই স্তরটিতে বায়ুমণ্ডলের গ্যাসসমূহ সবজায়গায় সমস্বত্ত্ব মিশ্রণ তৈরি করে। সকল স্থানে গ্যাসসমূহের সংযুক্তি মোটামুটি স্থির থাকে এই স্তরটি ট্রপোস্ফিয়ার, স্ট্র্যাটোস্ফিয়ার ও মেসোস্ফিয়ারের সমন্বয়ে গঠিত।

মুখ্য উপাদান → N_2, O_2

গৌণ উপাদান → Ar, H_2O (জলীয়বাষ্প), CO_2, O_3 ইত্যাদি।

➲ **বিষমমণ্ডল:** সমুদ্র-পৃষ্ঠের উপরে ১০০ কি.মি. থেকে ৬৫,০০০ কি.মি. পর্যন্ত এ অঞ্চল বিস্তৃত। এ অঞ্চলে বিভিন্ন উপাদান গ্যাসের অনুপাত বিভিন্ন স্থানে ভিন্ন ভিন্ন হয় বলে এক **বিষমমণ্ডল** বলে। এই স্তরে গ্যাসসমূহের সংযুক্তি অবস্থানভেদে ভিন্ন হয়। মূলত আয়োনোস্ফিয়ার এই স্তরের অন্তর্ভূক্ত। এই স্তরে গ্যাসীয় ঘনত্ব ও চাপ অনেক কম। এই মণ্ডলে কিছু বিশেষ ধরনের গ্যাস পাওয়া যায়। নিচে তা ব্যাখ্যা করা হলো।

মুখ্য উপাদান → N_2, O_2, He, H_2

গৌণ উপাদান → O^+, NO^+, O_2^+, N_2^+

এ মণ্ডলে যে সব গ্যাস পাওয়া যায় তাদের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম বিবেচনা করে, দূরত্বের সাথে তুলনা করলে চারটি স্তর পাওয়া যায়। যথা-

(i) পারমাণবিক নাইট্রোজেন স্তর (১০০-২০০ কি.মি.)

(ii) পারমাণবিক অক্সিজেন স্তর (২০০-১,১০০ কি.মি.)

(iii) হিলিয়াম স্তর (১,১০০-৩৫০০ কি.মি.)

(iv) হাইড্রোজেন স্তর (৩৫০০-৬৫,০০০ কি.মি.)

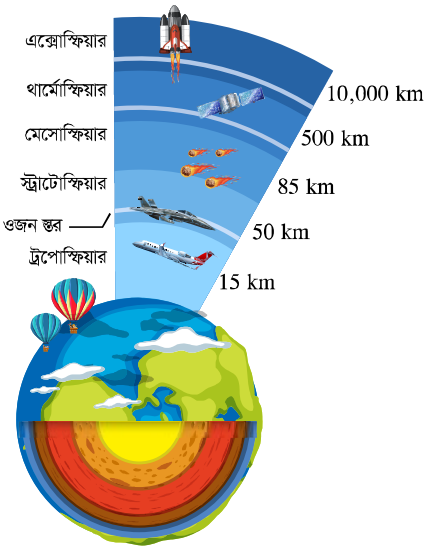
তবে বায়ুমণ্ডলের সবচেয়ে বাস্তবসম্মত স্তরবিন্যাস করা হয় তাপমাত্রার ভিত্তিতে। সমুদ্রতল থেকে যত উপরে উঠা যায়। তাপমাত্রা তত পরিবর্তন হতে থাকে। গ্যাসসমূহের অনুপাত ও বিভিন্ন উচ্চতায় তাপমাত্রার উপর ভিত্তি করে এই বায়ুমণ্ডলকে ৪ টি স্তরে ভাগ করা যায়।

১. **ট্রপোস্ফিয়ার:** এই স্তরটি ভূ-পৃষ্ঠের সবচেয়ে কাছাকাছি অবস্থিত এবং অন্যান্য স্তরগুলোর তুলনায় এই স্তরের পরিধি সবচেয়ে কম Tropo শব্দটির অর্থ হলো পরিবর্তন, কাজেই বায়ুমণ্ডলের এই স্তরে আবহাওয়ার সর্বাধিক পরিবর্তন ঘটে। এ ট্রপোস্ফিয়ারে ঝড়-ঝঞ্ঝা প্রভৃতি প্রাকৃতিক বিপর্যয় ঘটে। তাই ট্রপোস্ফিয়ারকে **ক্ষুব্ধ মণ্ডল** বলা হয়। প্রায় সব ধরনে বিমান এ অঞ্চলেই চলাচল করে। এই স্তরেই আবহাওয়ার সর্বাধিক পরিবর্তন ঘটে। এর কারণ হলো-

(i) এই স্তরের সবচেয়ে বেশি জলীয়বাষ্প থাকে।

(ii) এই স্তরটি ভূ-পৃষ্ঠ ও সমুদ্রের সবচেয়ে কাছে থাকায় শক্তির বিনিময় সবচেয়ে সহজে ঘটে অর্থাৎ এই স্তরে শক্তির অস্থিতিশীল অবস্থা বিরাজ করে। তাই ট্রপোস্ফিয়ারে ঘূর্ণিঝড়, বজ্রপাত ইত্যাদি দুর্যোগ সংঘটিত হয়। দুর্যোগের বিষয়ে আমরা পরে বিস্তারিত আলোচনা করব।

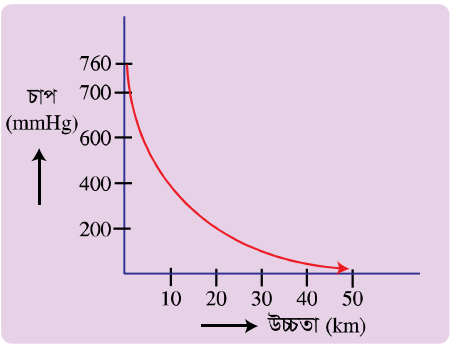
উচ্চতা: ট্রপোস্ফিয়ারের উচ্চতা ভূ-পৃষ্ঠ হতে 15 km উচ্চতা পর্যন্ত।



চিত্র: বায়ুমণ্ডলের বিভিন্ন স্তর

তাপমাত্রার পরিবর্তন: সূর্য থেকে আগত তাপশক্তির 29% মহাবিশ্বে প্রতিফলিত হলেও প্রায় 48% ভূ-পৃষ্ঠ কর্তৃক শোষিত হয়। অবশিষ্ট ধূলিকণা, ওজোন ইত্যাদি। যার কিছু অংশ অবশ্যই ট্রপোস্ফিয়ারের উপাদান দ্বারা সরাসরি শোষিত হয়।

এই বৃহৎ পরিমাণ শক্তি ভূ-পৃষ্ঠ কর্তৃক শোষিত হয় এবং তার বেশকিছু অংশ সংশ্লিষ্ট বায়ুতে পরিবাহিত হয়। এজন্য ভূ-পৃষ্ঠের নিকটবর্তী বায়ুর তাপমাত্রা বেশি হয়। তবে এক্ষেত্রে আরও ভূমিকা রাখে গ্রিন হাউস গ্যাস। বেশকিছু গ্যাস যারা তাপ বায়ুমণ্ডলে আবদ্ধ করে রাখতে পারে তাদেরকে গ্রিন হাউজ গ্যাস বলে। এটি সম্পর্কে আমরা অধ্যায়ের ভিতরে বিস্তারিত জানবো। ফলে ভূ-পৃষ্ঠ থেকে যত উপরে ওঠা যায় এই স্তরে বায়ুর তাপমাত্রা প্রায় 17°C থেকে হ্রাস পেয়ে **ট্রপোপজে** (−55°C) পরিণত হয়



চিত্র: ভূ-পৃষ্ঠ থেকে উপরের দিকে চাপের পরিবর্তন

ট্রপোপজ: ট্রপোস্ফিয়ার ও স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারের স্তরদ্বয়ের মধ্যবর্তী বায়ুর পাতলা স্তরকে বলা হয় ট্রপোপজ।

চাপের পরিবর্তন: ভূ-পৃষ্ঠ থেকে যত উপরে যাওয়া যায় বায়ুর ঘনত্ব তত কমতে থাকে, ফলে একইসাথে বায়ুর চাপও কমতে থাকে। ফলে ভূ-পৃষ্ঠ থেকে যত উপরে উঠা যায়, এই স্তরে বায়ুচাপ 1 atm হতে হ্রাস পেতে থাকে এবং সর্বোচ্চ উচতায় 0.1 atm হয়

কখনো কি চিন্তা করে দেখেছো উচ্চতা বৃদ্ধির সাথে সাথে কেন তাপমাত্রার পরিবর্তন হয়? এর কারণ হল ল্যাপস রেট। এখন এই ল্যাপস রেট আবার ধনাত্মক কিংবা ঋণাত্মক হতে পারে

মনে রাখবে

ল্যাপস-রেট (Lapse rate): ভূ-পৃষ্ঠ হতে উচ্চতার পরিবর্তনে যে হারে তাপমাত্রা হ্রাস পায়, তাকে ল্যাপস রেট বলে।

ল্যাপস রেট $= -\frac{dT}{dz}$ | dT = তাপমাত্রার পরিবর্তন এবং dz = উচ্চতার পরিবর্তন

খেয়াল কর, উচ্চতা বৃদ্ধির সাথে তাপমাত্রা যদি কমে তবে dT ঋণাত্মক হবে অর্থাৎ ল্যাপস রেট হবে ধনাত্মক। ট্রপোস্ফিয়ারের ল্যাপস রেট $+7°C/km$ বলতে বোঝায়, ভূ-পৃষ্ঠ থেকে প্রতি কিলোমিটার উচ্চতার পরিবর্তনে তাপমাত্রা 7°C করে হ্রাস পাচ্ছে। উচ্চতা বৃদ্ধির সাথে তাপমাত্রা হ্রাস পেলে ল্যাপস রেট ধনাত্মক আর উচ্চতা বৃদ্ধির সাথে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে ল্যাপস রেট ঋণাত্মক।

২. **স্ট্র্যাটোস্ফিয়ার:** ট্রপোস্ফিয়ারের উপরের স্তরটি হলো স্ট্র্যাটোস্ফিয়ার এই স্তরে আবহাওয়ার পরিবর্তন কম ঘটে এই স্তরে খুব সামান্য জলীয়বাষ্প থাকায় স্তরটি শুষ্ক হয় তাই একে শান্তমণ্ডলও বলে। আর এই স্তর দিয়েই জেট বিমান চলাচল করে। এই স্তরটিও মূলত N_2 ও O_2 গ্যাসে গঠিত তবে এখানে ওজোন (O_3) গ্যাসের স্তর বিদ্যমান। এই স্তরটি সূর্য থেকে আগত UV রশ্মি শোষণ করে পৃথিবীকে বসবাসের উপযোগী করে রাখে।

উচ্চতা: ভূ-পৃষ্ঠের 15 km থেকে 50 km উচ্চতা পর্যন্ত।

তাপমাত্রার পরিবর্তন: স্ট্রাটোস্ফিয়ার ওজোন স্তর UV রশ্মি শোষণ করায় এই স্তরের তাপমাত্রা ট্রপোস্ফিয়ারের চেয়ে তুলনামূলক বেশি। এর তাপমাত্রা $-55°C$ হতে বৃদ্ধি পেয়ে 2°C এ পৌঁছায়। UV রশ্মি যেহেতু স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারের সবচেয়ে উপরের অংশে প্রথমে প্রবেশ করবে, তাই ঐ উচ্চতায় ওজোনের ঘনত্ব কম হওয়া সত্ত্বেও অধিকাংশ UV রশ্মি শোষিত হয়ে যায়। আর তাই এই স্তরের নিচের অংশে খুব কম UV রশ্মি আসতে পারে, তাই নিচের অংশে তাপমাত্রা বাড়তে থাকে।

ল্যাপস-রেট: ঋণাত্মক।

চাপের পরিবর্তন: ট্রপোস্ফিয়ারের মতো এই স্তরের চাপও ক্রমাগত কমতে থাকে; কেননা বায়ুর ঘনত্ব একইভাবে কমতে থাকে। সবচেয়ে নিচের অংশে চাপ 1 mm (Hg).

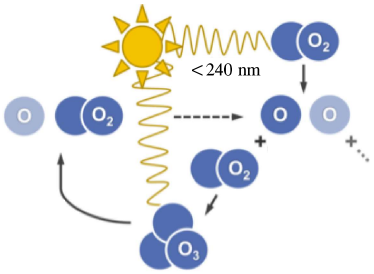
ওজোন স্তর: ভূ-পৃষ্ঠ থেকে 20 থেকে 40 km উচ্চতায় বায়ুমণ্ডলের ওজোন গ্যাসের স্তর বিদ্যমান । এই স্তরে ওজোন গ্যাসের পুরুত্ব 300 ডবসন একক (3 মিলিমিটার) (1 ডবসন ইউনিট = 0.01 মিলিমিটার) সূর্য থেকে আগত UV রশ্মির অধিকাংশই (97 – 99%) এই স্তর কর্তৃক শোষিত হয়। তবে বায়ুমণ্ডলের মোট ওজোন গ্যাসের 30% থাকে স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে এবং অবশিষ্ট 10% থাকে ট্রপোস্ফিয়ারে

ওজোন তৈরি: স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারে 240 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের UV ray (অতি বেগুনী রশ্মি) এর প্রভাবে O_2 অণু ভেঙ্গে দুটি অক্সিজেন পরমাণুতে পরিণত হয়। এরপর এই অক্সিজেনের পরমাণু অপর O_2 অণুর সাথে বিক্রিয়া করে ওজোন অণু (O_3) তৈরি করে।

ধাপ 1: $O_2(g) + h\nu \rightarrow 2O^{\bullet}(g)$

ধাপ 2: $2O^{\bullet}(g) + 2O_2(g) \rightarrow 2O_3(g)$

সার্বিক বিক্রিয়া: $3O_2(g) \rightarrow 2O_3(g)$



এভাবেই ট্রপোস্ফিয়ারে ওজোন (O_3) গ্যাস তৈরি হয় NO_x (নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড) ও উদ্বায়ী জৈব অণুসমূহের (Volatile Organic Substance) বিক্রিয়ার ফলে।

ওজোন কীভাবে UV প্রতিহত করে: বায়ুমণ্ডলে বিরাজমান O_3; O_2 এর মাঝে চক্রাকার বিক্রিয়া বিরাজ করে, যা Ozone-Oxygen Cycle নামে পরিচিত।

এক্ষেত্রে, 240-310 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের UV রশ্মি শোষণ করে O_3 ভেঙ্গে যায় এবং O_2 ও O পরমাণু দ্রুত অপর O_2 অণুকে আক্রমণ করে পুনরায় O_3 উৎপাদন করে।

Step-1: $O_3 + h\nu \rightarrow O_2 + O$

Step-2: $O + O_2 \rightarrow O_3$

ওজোনের অপসারণ: কিছু কিছু O পরমাণু O_3 অণুকে আঘাত করে 2 অণু O_2 উৎপন্ন করে এবং O_3 অপসারিত হয়

$$O_3 + O \rightarrow 2O_2$$

উপরোক্ত 3 টি প্রক্রিয়া একই সাথে চলমান থাকে এবং বায়মণ্ডলে ওজোনের সাম্যাবস্থা বিরাজ করে এভাবে UV রশ্মি প্রতিহত হয়।

জেনে রাখো

স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারের ওজোন স্তর আমাদের জন্য উপকারী হলেও ট্রপোস্ফিয়ারের ওজোন গ্যাস আমাদের জন্য মোটেও উপকারী নয়। কেননা স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারের ওজোন গ্যাস সূর্য থেকে আগত ক্ষতিকর UV রশ্মি প্রতিহত করে প্রাণীকূলকে এর ক্ষতিকর প্রভাব থেকে রক্ষা করে। অন্যদিকে, ট্রপোস্ফিয়ারে উপস্থিত ওজোন গ্যাস বায়ুদূষকরূপে গ্রীন হাউজ গ্যাস হিসেবে ক্রিয়া করে ও Global warming -এ ভূমিকা রাখে। **ওজোন স্তর না থাকলে কী হতো:** বায়ুমণ্ডলে এই স্তর যদি অনুপস্থিত থাকত তবে UV রশ্মি অনেক বেশি পরিমাণে ভূ-পৃষ্ঠ পর্যন্ত পৌঁছাতে পারত এই উচ্চ বিকিরণ উদ্ভিদ ও প্রাণীর DNA এর গঠনকে পরিবর্তন করে দিতে পারে আর এই বিকিরণ Skin cancer এর সম্ভাবনাকে অনেক গুণ বাড়িয়ে দেয়। এছাড়াও এর ফলে চোখের ছানি, দেহের প্রতিরক্ষা ব্যবস্থা দুর্বল করে ফলে বিভিন্ন জটিল রোগ দেখা দিতে পারে

৩. **মেসোস্ফিয়ার:** বায়ুমণ্ডলের স্ট্র্যাটোস্ফিয়ারের পরের স্তর হলো মেসোস্ফিয়ার। এই স্তরে বায়ুর ঘনত্ব অনেক কম।

উচ্চতা: ভূ-পৃষ্ঠ হতে 50 km উচ্চতা থেকে 85 km পর্যন্ত।

তাপমাত্রার পরিবর্তন: এই স্তরে বায়ুর পরিমাণ কম, বিশেষ করে সূর্যের আলোর বিকিরণ শোষণ করার উপযোগী ওজোন গ্যাসের মতো কণার সংখ্যা অনেক কম অপরদিকে এই স্তরে বিদ্যমান CO_2 কণা তাপশক্তি শোষণ করে ফোটন হিসেবে সেই শক্তি পৃথিবীর বাহিরে নির্গত করে। এই প্রক্রিয়াটিকে বলে radioactive emission. এই কারণসমূহের জন্য এই স্তরের নিচ থেকে উপরের অংশে তাপমাত্রা কমতে থাকে। এই স্তরের তাপমাত্রা $+2°C$ হতে কমে সবচেয়ে উপরের অংশে $-93°C$ পর্যন্ত হয় বায়ুমণ্ডলের শীতলতম স্থান মেসোস্ফিয়ারের উর্ধ্বসীমা $(-93°C)$।

ল্যাপস-রেট: ধনাত্মক

চাপের পরিবর্তন: এই স্তরের চাপও একইসাথে কমতে থাকে চাপের পরিমাণ 0.01 atm হতে সর্বোচ্চ উচ্চতায় 10^{-3} atm এ পরিণত হয়।

৪. **থার্মোস্ফিয়ার বা আয়োনোস্ফিয়ার:** বায়ুমণ্ডলের সর্বশেষ স্তর হলো থার্মোস্ফিয়ার এই স্তরে বেশিরভাগ গ্যাসীয় কণাসমূহ আয়ন হিসেবে বিদ্যমান থাকে এই অঞ্চলে $N^+, O_2^+, NO^+, H^+, He^+$ ইত্যাদি আয়ন বিদ্যমান থাকে।

উচ্চতা: ভূ-পৃষ্ঠ থেকে 85 km উচ্চতা হতে 500 km উচ্চতা পর্যন্ত

তাপমাত্রার পরিবর্তন: সূর্যে সংঘটিত বিভিন্ন বিস্ফোরণের ফলে উচ্চ শক্তিসম্পন্ন ইলেকট্রন ও H^+ মহাবিশ্বে নির্গত হয়। এই বিকিরণ এই আয়োনোস্ফিয়ারে আলোর বিচ্ছুরণ (aurora) তৈরি করে। আর এই বিকিরণের জন্য বিভিন্ন বিক্রিয়া সংগঠিত হয় যার ফলে অনেক উচ্চ তাপশক্তি উৎপন্ন হয় এরকম কিছু বিক্রিয়া:

$$N_2 \rightarrow 2N; \qquad \Delta H = 941.4\ kJ/mole$$
$$N \rightarrow N^+ + e^-; \quad \Delta H = 1400\ kJ/mole$$
$$O_2 \rightarrow O_2^+ + e^-; \quad \Delta H = 1176\ kJ/mole$$

ফলে এই স্তরের উপরের দিকে তাপমাত্রা ক্রমস বাড়তে থাকে। এজন্য সবচেয়ে নিচের অংশে $-101°C$ হতে বেড়ে অবস্থাভেদে $427°C$ থেকে $1727°C$ পর্যন্ত হয়ে থাকে।

Lapse rate: ঋণাত্মক

চাপের পরিবর্তন: এই স্তরে বায়ুচাপ অন্যান্য স্তরের তুলনায় আরও কম হয়

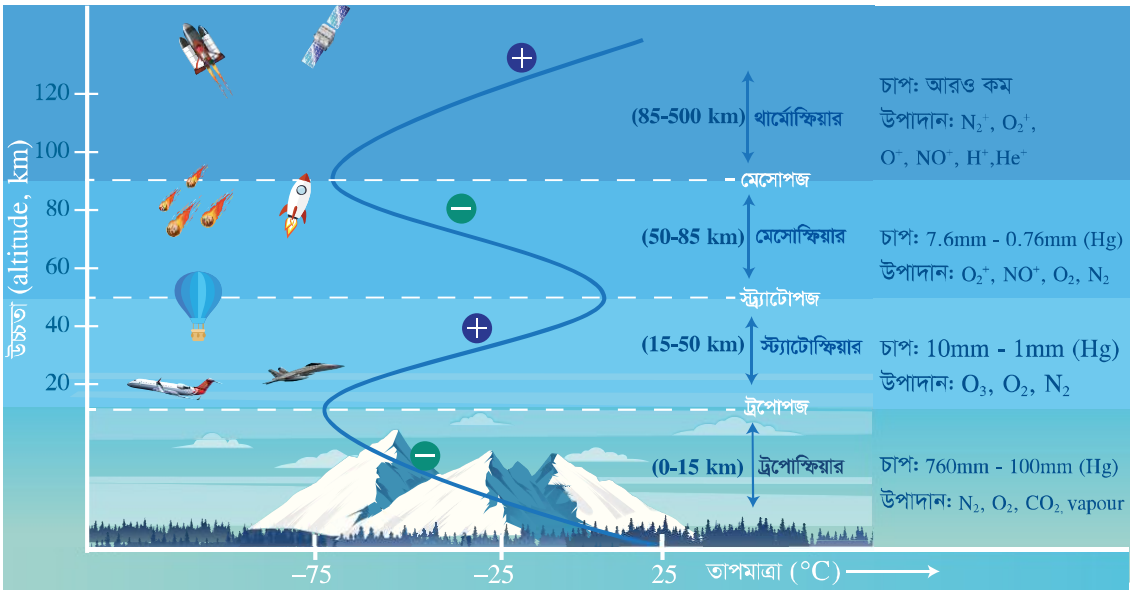
এই স্তরে থাকা আয়নসমূহের জন্য রেডিও তরঙ্গ (যার কম্পাঙ্ক $< 40MHz$) এই স্তরে প্রতিফলিত হয়ে আবার পৃথিবীতে ফিরে আসে। এছাড়াও বেশির ভাগ স্যাটেলাইট এই স্তরে থেকেই পৃথিবীকে প্রদক্ষিণ করছে।

এই চারটি ব্যতী আরও একটি স্তর রয়েছে যা এক্সোস্ফিয়ার নামে পরিচিত। চলো আমরা এক্সোস্ফিয়ার সম্পর্কে কিছু জেনে নেই-

৫. **এক্সোস্ফিয়ার:** থার্মোস্ফিয়ারের উপরে অবস্থিত যে বিশেষ স্তরটি বায়ুমণ্ডলের সাথে মিশে যায় তাকে এক্সোস্ফিয়ার বলে। এটি H_2 ও He গ্যাসের সমন্বয়ে গঠিত পাতলা স্তর এটি 500km হতে 1600 km পর্যন্ত বিস্তৃত। এইস্তরের তাপমাত্রা অস্বাভাবিকভাবে বেশি। কেননা, সূর্যরশ্মি এই স্তরে বিকিরিত হয়। ফলে এই স্তরে বায়ুর ঘনত্ব কম থাকে। উচ্চ শক্তিসম্পন্ন γ রশ্মি, $X-ray$ রশ্মি ও মহাজাগতিক রশ্মির প্রভাবে এই অঞ্চলের গ্যাসীয় অণুগুলো ভেঙ্গে $+ve$ আধানযুক্ত আয়ন ও মুক্ত ইলেকট্রন উৎপন্ন করে।

চলো, একনজরে বায়ুমণ্ডলের ৪ টি অঞ্চল বা স্তরের পরিসর, তাপমাত্রা ও চাপের পরিবর্তন দেখে নিই।

বায়ুমণ্ডলের অঞ্চল	পরিসর	তাপমাত্রা	পরিবর্তনের চাপ	চাপ	Lapse rate	উপাদান
ট্রপোস্ফিয়ার	ভূমি থেকে 15 km	ক্রমে হ্রাস পেয়ে 12 km এ −55°C	25 থেকে −56	760-100 mm (Hg)	positive	N_2, O_2, CO_2, জলীয় বাষ্প
স্ট্র্যাটোস্ফিয়ার	15 – 50 km	ক্রমে বৃদ্ধি পেয়ে 50 km এ +2°C	56 থেকে −2	চাপ কমতে থাকে।	negative	O_3, N_2, O_2
মেসোস্ফিয়ার	50 – 85 km	ক্রমে হ্রাস পেয়ে 50 km এ −93°C	−2 থেকে −92	চাপ কমতে থাকে	positive	O_3, N_2, O_2, NO^+
থার্মোস্ফিয়ার	85 – 500 km	ক্রমে বৃদ্ধি পেয়ে +427°C থেকে 1727°C।	−92 থেকে 1200	চাপ কমতে থাকে	negative	O_2^+, NO^+, O^+



একটু আগেই আমরা জেনে এসেছি ট্রপোস্ফিয়ারে সবচেয়ে বেশি আবহাওয়ার পরিবর্তন ঘটে। আর এই পরিবর্তনই দুর্যোগ সৃষ্টির জন্য দায়ী। চলো আমরা কিছু প্রাকৃতিক দুর্যোগ সম্পর্কে জেনে নিই-

ঘূর্ণিঝড় (Cyclone)

ঘূর্ণিঝড় বলতে একটি নিম্নচাপের কেন্দ্রকে আবর্তন করে ঘূর্ণায়মান বায়ুর সম্মিলনকে বোঝানো হয় উত্তর গোলার্ধে এই ঘূর্ণন হয় ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে এবং দক্ষিণ গোলার্ধে ঘড়ির কাঁটার দিকে হয়

চিত্র: ঘূর্ণিঝড়

গঠন: ঘূর্ণিঝড়ের কেন্দ্রের নিম্নচাপের অঞ্চলকে বলে ঘূর্ণিঝড়ের চোখ। পৃথিবীর ঘূর্ণনের জন্য বায়ুতে ক্রিয়াশীল কেন্দ্রবিমুখী বল এবং ঘূর্ণিঝড়ের কেন্দ্র এবং বাইরের চাপের পার্থক্যজনিত বল সমান হওয়ায় ঘূর্ণিঝড় ঢলে (Collapse) পড়ে না ঘূর্ণিঝড় সৃষ্টির পিছনে আরো বেশকিছু বিষয় জড়িত এই কারণগুলো হলো:

(i) সমুদ্র পৃষ্ঠে বায়ুমণ্ডলের তাপমাত্রা 27°C (80.6°F) এর চেয়ে বেশি হওয়া।
(ii) বায়ুমণ্ডলের অস্থিতিশীলতা।
(iii) সমুদ্রপৃষ্ঠের উপরিভাগের বায়ুর উচ্চ আর্দ্রতা।
(iv) পৃথিবীর ঘূর্ণনের জন্য কার্যকৃত অতিরিক্ত কেন্দ্রবিমুখী বল।

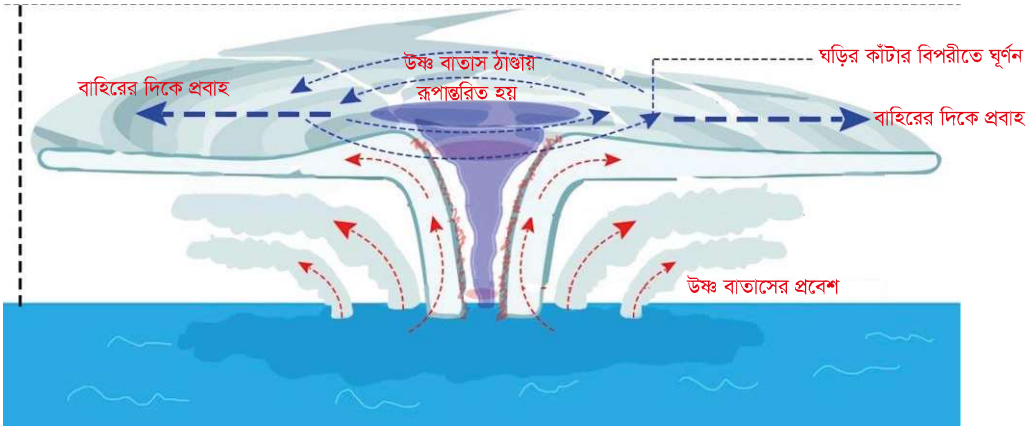
➲ **কীভাবে ঘূর্ণিঝড় সৃষ্টি হয়:**

তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে সমুদ্রপৃষ্ঠের উপরিভাগের পানির বাষ্পায়ন হার বেড়ে যায়।
↓
সমুদ্রপৃষ্ঠের উপরিভাগের বায়ুর আর্দ্রতা বেড়ে যায়
↓
তাপের ফলে এই আর্দ্র ও উষ্ণ বায়ু উপরের দিকে উঠে যায় কেননা এই বায়ু তুলনামূলক হালকা
↓
ফলে ঐ স্থানে নিম্নচাপের তৈরি হয়
↓
তখন আশেপাশের উচ্চচাপের অঞ্চল থেকে বায়ু এই নিম্নচাপের অঞ্চলে প্রবাহিত হয়
↓
এরপর পুনরায় এই বায়ু আর্দ্র ও উষ্ণ হয়ে উপরে উঠে যায় এবং এটি চক্রাকারে চলতে থাকে
↓
উপরের অংশে এই আর্দ্র বায়ু ক্রমাগত ঘনীভূত হতে থাকে এবং মেঘে পরিণত হয়
↓
ক্রমাগত চলমান এই সমগ্র প্রক্রিয়াটি একসময় বায়ুর ঘূর্ণন ও সবশেষে ঘূর্ণিঝড়ে পরিণত হয়

জেনে রাখো

পৃথিবীর বিভিন্ন অঞ্চলে ঘূর্ণিঝড় বিভিন্ন নামে পরিচিত। নিচের ছকের মাধ্যমে তা জেনে নিই:

অঞ্চল	ভারত মহাসাগর	জাপান	ফিলিপাইন	মেক্সিকো	অস্ট্রেলিয়ার উপকূল
নাম	সাইক্লোন	টাইফুন	বাগিও/টাইফুন	হারিকেন	উইলি উইলিস

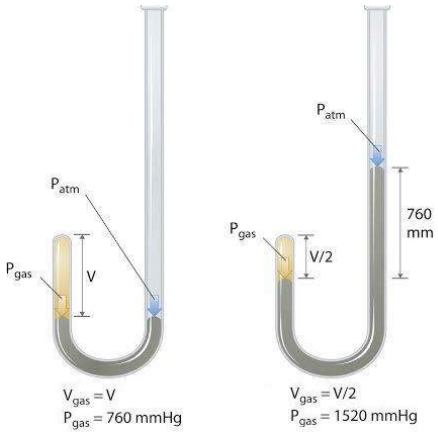


ঘূর্ণিঝড়ের গতিবেগ: সমুদ্রে সৃষ্ট সাইক্লোনের গতিবেগ কমপক্ষে 63 km/h (40 mile/h) হয়ে থাকে।

➲ **জলোচ্ছ্বাস:** সমুদ্রের পানি যখন বিশাল ঢেউ আকারে উপকূলে আছড়ে পড়ে তাকে জলোচ্ছ্বাস বলে। ঘূর্ণিঝড় এই জলোচ্ছ্বাস তৈরির অন্যতম কারণ এছাড়াও সমদ্রতলদেশের ভূমিকম্প, ভূমিধস ও আগ্নেয়গিরির অগ্ন্যুৎপাতের ফলে জলোচ্ছ্বাস হতে পারে। জলোচ্ছ্বাসের ফলে উৎপন্ন ঢেউ সাধারণত 3 হতে 25 ফুট পর্যন্ত হতে পারে। তবে খুব ভয়াবহ ক্ষেত্রে 100 ফুট পর্যন্ত হতে পারে।

বয়েলের সূত্র (Boyle's Law)

নিচের চিত্রে ন্যানোমিটারটি লক্ষ কর, U আকৃতির কাচনলের ভিতর কিছু পারদ নিয়ে V আয়তনের গ্যাসকে আবদ্ধ করা হলো। স্থির তাপমাত্রায় যখন পারদে চাপের পরিমাণ বৃদ্ধি করে পারদের দুই প্রান্তের উচ্চতার পার্থক্য 76 cm করা হলো অর্থাৎ অতিরিক্ত 1 atm চাপ তৈরি করে গ্যাসের উপর মোট প্রযুক্ত চাপ 2 atm অর্থাৎ পূর্বের দ্বিগুণ করা হয় তখন গ্যাসের আয়তন হয় $\frac{V}{2}$।



তাহলে এই ঘটনা থেকে একটা সম্পর্ক কিন্তু তৈরি করা যায়,

$$V \propto \frac{1}{P}; \text{ যখন তাপমাত্রা ও ভর ধ্রুব}$$

1660 সালে বিজ্ঞানী বয়েল সর্বপ্রথম এই বিষয়টি প্রকাশ করেন। তাই একে বয়েলের সূত্র বলা হয়।

বয়েলের সূত্র: স্থির তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন ঐ গ্যাসের চাপের (এটি আসলে প্রযুক্ত চাপের) ব্যস্তানুপাতিক।

স্থির তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের ওপর প্রযুক্ত চাপ P_1 এবং আয়তন V_1 হলে বয়েলের সূত্রানুযায়ী,

$$V_1 \propto \frac{1}{P_1} \text{ বা, } V_1 = K\frac{1}{P_1}$$

$$\text{বা, } P_1V_1 = K \text{ (ধ্রুবক) ... ... (i)}$$

আবার, স্থির তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট ভরের ওপর গ্যাসের ওপর প্রযুক্ত চাপ P_2 এবং সেই চাপে আয়তন V_2 হলে বয়েলের সূত্রানুযায়ী,

$$V_2 \propto \frac{1}{P_2} \text{ বা, } V_2 = K\frac{1}{P_2}$$

$$\text{বা, } P_2V_2 = K \text{ (ধ্রুবক) ... ... (ii)}$$

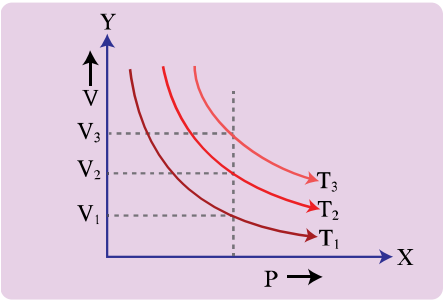
সমীকরণ (i) ও (ii) হতে পাই, $\boxed{P_1V_1 = P_2V_2}$

চলো আমরা বয়েলের সূত্রকে লেখচিত্রের মাধ্যমে ব্যাখ্যা করি,

$PV = k$ ধরি, $P = x$ (স্বাধীন চলক)

$V = y$ (অধীন চলক)

$\therefore xy = k$ যা আয়তাকার অধিবৃত্তের সমীকরণ। তিনটি ভিন্ন তাপমাত্রায় লেখচিত্রটি অঙ্কন করা হলো



চিত্র: বয়েলের সূত্র