

পদার্থের অবস্থা States of Matter

ইউনিট
8



ভূমিকা (Introduction)

যা ইন্দ্রিয়গ্রাহ্য, যার ওজন আছে, জায়গা দখল করে, বল প্রয়োগ করলে প্রতিরোধ করে বা করার মত প্রয়াস দেখায় তাকে পদার্থ বলা হয়। ভৌত অবস্থার উপর ভিত্তি করে পদার্থকে কঠিন, তরল ও গ্যাস— এই তিনটি শ্রেণিতে বিভক্ত করা হয়। ঘরের উষ্ণতায় (সাধারণত 25°C) ও চাপে (বায়ুমণ্ডলীয় চাপে) কোনো একটি পদার্থ কঠিন, তরল না গ্যাসরূপে অবস্থান করবে, তা নির্ভর করে ওই পদার্থের স্বাভাবিক গলনাঙ্ক এবং স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্ক এর উপর। যদি কোনো পদার্থের স্বাভাবিক গলনাঙ্ক ঘরের উষ্ণতার চেয়ে বেশি হয়, তাহলে পদার্থটি ঘরের উষ্ণতায় কঠিন অবস্থায় থাকে। যদি পদার্থের স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্ক ঘরের উষ্ণতার চেয়ে কম হয়, তাহলে পদার্থটি ঘরের উষ্ণতায় গ্যাসীয় হয়। যদি পদার্থের স্বাভাবিক গলনাঙ্ক ঘরের উষ্ণতা অপেক্ষা কম, কিন্তু স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্ক ঘরের উষ্ণতা অপেক্ষা বেশি হয়, তাহলে পদার্থটি ঘরের উষ্ণতায় তরল হয়। উষ্ণতা ও চাপের পরিবর্তন ঘটিয়ে একটি পদার্থকে এক অবস্থা থেকে অন্য অবস্থায় রূপান্তরিত করা যায়।



ইউনিট সমাপ্তির সময়

ইউনিট সমাপ্তির সর্বোচ্চ সময় ৪ সপ্তাহ

এই ইউনিটের পাঠসমূহ

পাঠ-৪.১ : পদার্থের বিভিন্ন অবস্থা

পাঠ-৪.২ : বয়েলের সূত্র

পাঠ-৪.৩ : চার্লসের সূত্র

পাঠ-৪.৪ : গে-লুস্যাকের সূত্র ও অ্যাভোগেড্রো সূত্র

পাঠ-৪.৫ : আদর্শ গ্যাস

পাঠ-৪.৬ : বাস্তব গ্যাস

পাঠ-৪.৭ : ডাল্টনের আংশিক চাপসূত্র

পাঠ-৪.৮ : ব্যাপন ও অনুব্যাপন

পাঠ-৪.৯: বায়ুমণ্ডল ও গ্যাস সূত্রের প্রয়োগ

পাঠ-৪.১

পদার্থের বিভিন্ন অবস্থা



উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- পদার্থের বিভিন্ন অবস্থা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- কঠিন, তরল ও বায়বীয় অবস্থার মধ্যে পার্থক্য নির্ধারণ করতে পারবেন।
- পদার্থের আকার, আয়তন ও আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল সম্পর্কে বর্ণনা করতে পারবেন।



মুখ্য শব্দ

কঠিন, উদ্বায়ী, উর্ধ্বপাতিত, গ্যাসীয়, মুক্ত অণু।



পদার্থের অবস্থা (States of Matter) :

যার ভর আছে, স্থান দখল করে, স্থিতিশীল ও গতিশীল অবস্থার পরিবর্তনে বাধা সৃষ্টি করে তাকে পদার্থ বলা হয়। সাধারণভাবে ইন্দ্রিয় গ্রাহ্য অবস্থার উপর ভিত্তি করে পদার্থকে তিন ভাগে ভাগ করা যায়। কঠিন অবস্থা, তরল অবস্থা ও গ্যাসীয় অবস্থা।

কঠিন অবস্থা (Solid state) :

পদার্থের এ অবস্থায় নির্দিষ্ট ভরের পদার্থের নির্দিষ্ট আকৃতির, নির্দিষ্ট আয়তন ও আকৃতি থাকে। এ অবস্থায় পদার্থের নির্দিষ্ট ত্রিমাত্রিক গঠন বিন্যাসে থাকে। এ অবস্থায় উপাদান কণাগুলোর মধ্যে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল খুবই প্রবল থাকে এবং উপাদান কণার গতিশক্তি খুবই নগণ্য। গতিশক্তি কম হওয়ায় সুনির্দিষ্ট নিয়মে সজ্জিত থাকে। এ কারণে নির্দিষ্ট আকৃতির ও উচ্চ ঘনত্ববিশিষ্ট হয়। এ অবস্থায় পদার্থের আন্তঃআণবিক আকর্ষণ শক্তি গতিশক্তির তুলনায় অনেক বেশি থাকে।

তরল অবস্থা (Liquid state) :

এ অবস্থায় পদার্থের ভর ও আয়তন নির্দিষ্ট থাকে কিন্তু আকার নির্দিষ্ট থাকে না। তরল পদার্থকে যে পাত্রে রাখা হয় ভরও আয়তনের কোনো পরিবর্তন না ঘটিয়ে সে পাত্রের আকার ধারণ করে। এ অবস্থায় অণুগুলোর মধ্যকার আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল কঠিন অবস্থার তুলনায় কম বলে অণুগুলো দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ থাকে না। অণুগুলোর গতিশক্তি কঠিন অবস্থার তুলনায় যথেষ্ট বেশি বলে অতি সহজে চলাচল করতে পারে। এ কারণে তরল অবস্থায় পদার্থের প্রবাহ গুণ থাকে এবং আকৃতি সহজে পরিবর্তনশীল হয়। এ অবস্থায় পদার্থের আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল ও গতিশক্তি প্রায় সমান হয়।

গ্যাসীয় অবস্থা (Gaseous state) :

এ অবস্থায় পদার্থ ওর ভর নির্দিষ্ট রাখে কিন্তু কোনো ধরনের সুনির্দিষ্ট আকার বা আকৃতি বজায় রাখতে পারে না। এ অবস্থায় যতো কম পরিমাণের পদার্থ হোক না কেন তা পাত্রকে পূর্ণ করে অবস্থান করবে। এর মূল কারণ এ অবস্থায় উপাদান অণুগুলোর মধ্যে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল কার্যকর হয় না বললেই চলে। অণুগুলোর গতিশক্তিও অস্বাভাবিক ভাবে বেড়ে যায় এবং বিক্ষিপ্তভাবে স্বাধীন স্বল্পায় এদিক ওদিক চলাচল করতে থাকে। গ্যাসীয় অবস্থায় একদিকে ঘনত্ব যেমন মারাত্মকভাবে কমে যায় অন্যদিকে সংকোচনশীলতা মারাত্মক ভাবে বেড়ে যায়। এ জন্য আকার ও আয়তন স্থির থাকে না। এ অবস্থায় উপাদান কণাগুলোর গতিশক্তি আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলের তুলনায় অনেক বেশি হয়।

কোনো কোনো ক্ষেত্রে পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থাকে বাষ্প বলা হয়। এটি মোটেই ঠিক নয়। বাষ্প হলো সন্ধি তাপমাত্রার নিচে পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থা মাত্র। এ অবস্থায় শুধুমাত্র চাপ প্রয়োগে সংকুচিত করে গ্যাসকে পরিবর্তিত করে তরল অবস্থায় রূপান্তরিত করা যায়।

মনে রাখবেন : পদার্থের আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল গতিশক্তির তুলনায় বেশি হলে কঠিন অবস্থা, আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল এবং গতিশক্তি সমান হলে তখন তরল অবস্থা। আর যদি উপাদান কণার গতিশক্তি, আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলের তুলনায় অনেক বেশি হয় তবে পদার্থ গ্যাসীয় অবস্থায় অবস্থান করবে।

উল্লিখিত তিনটি অবস্থা ছাড়াও পদার্থের আরো দুটি অবস্থা দেখা যায়। একটি তরল স্ফটিক অবস্থা এবং অপরটি প্লাজমা অবস্থা।

তরল স্ফটিক অবস্থা (Liquid crystal state) :

বেশ কিছু দানাদার কঠিন পদার্থ আছে যাদেরকে তাপ প্রয়োগের ফলে সরাসরি স্বচ্ছ তরলে পরিণত না হয়ে কঠিন ও তরলের মাঝামাঝি একটি অস্বচ্ছ অবস্থার সৃষ্টি করে অবস্থান করে। পদার্থের এ অবস্থা হলো তরল স্ফটিক। পদার্থের তরল স্ফটিক অবস্থা দুটি তাপমাত্রার ব্যবধানে অবস্থান করে— গলন তাপমাত্রা ও স্বচ্ছকরণ তাপমাত্রা।

কঠিন স্ফটিক $\xrightarrow[\text{গলন}]{\text{তাপমাত্রা}}$ তরল স্ফটিক (অস্বচ্ছ) $\xrightarrow[\text{স্বচ্ছকরণ}]{\text{তাপমাত্রা}}$ স্বচ্ছ তরল

তরল স্ফটিক অবস্থায় পদার্থের মধ্যে কঠিন অবস্থার ধর্ম ও তরল অবস্থার ধর্ম বর্তমান থাকে। কঠিন অবস্থার ধর্ম যেমন— সুনির্দিষ্ট বিন্যাস, দৃঢ়তা, সাম্প্রতা ও আলোক ধর্ম বর্তমান। আবার তরল অবস্থার ধর্ম যেমন— প্রবাহ ধর্ম, পৃষ্ঠতলটান বর্তমান কিন্তু নির্দিষ্ট আকার থাকে না। আধুনিক বিজ্ঞানের চিকিৎসা ক্ষেত্রে এর ব্যবহার যথেষ্ট। ইলেকট্রোনিक्स শিল্পে ও এর ব্যবহার কম নয়। ঘড়ি, ক্যালকুলেটর, কম্পিউটারের মনিটর, টিভির স্ক্রিন, ডিসপ্লেসাইন, মোবাইল ফোনের স্ক্রিনে এর ব্যাপক ব্যবহার পরিলক্ষিত হয়।

প্লাজমা অবস্থা (Plasma state) :

এ অবস্থায় পদার্থ তার সর্বোচ্চ গতিশক্তি প্রাপ্ত হয়। পদার্থ তার উপাদান কণায় বিয়োজিত হয়ে প্রতিটি কণা আধানযুক্ত হয় এবং প্রচণ্ড গতিশক্তির কারণে ছুটাছুটি করতে থাকে কিন্তু বিপরীত আধানের মধ্যে কোনরূপ আকর্ষণ বল অনুভূত হয় না। সাধারণত 10^4-10^7 K তাপমাত্রায় বেশ কিছু পদার্থকে প্লাজমা অবস্থায় অবস্থান করতে দেখা যায়। সূর্য ও অন্যান্য নক্ষত্র মণ্ডলের মধ্যে পদার্থ প্লাজমা অবস্থায় অবস্থান করে। পারমাণবিক চুল্লীর মধ্যে যখন নিউক্লিয়ার ফিউশন ঘটানো হয় তখন পদার্থকে প্লাজমা অবস্থায় পরিবর্তন করে নেয়া হয়।

কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় অবস্থায় পদার্থের ধর্মের তুলনা :

পদার্থ সূচক বৈশিষ্ট্য	কঠিন অবস্থা	তরল অবস্থা	গ্যাসীয় অবস্থা
১। আকার ও আকৃতি	সুনির্দিষ্ট আকার ও আকৃতি বর্তমান।	কোনো সুনির্দিষ্ট আকার ও আকৃতি নেই।	কোনো সুনির্দিষ্ট আকার ও আকৃতি নেই।
২। আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল ও গতিশক্তির তুলনা	অণুর গতিশক্তির তুলনায় আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল অনেক অনেক গুণ বড়।	অণুর আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল ও গতিশক্তি প্রায় সমান থাকে।	অণুগুলোর গতিশক্তির মান আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলের তুলনায় অনেক অনেক গুণ বড়।
৩। অণুর গতি প্রকৃতি	অণুর কম্পনগতি থাকে কিন্তু স্থানান্তর ও আবর্তন গতি থাকে না।	কম্পন, আবর্তন ও স্থানান্তর গতি আছে তবে অপেক্ষাকৃত কম মাত্রায় থাকে।	কম্পন, আবর্তন ও স্থানান্তর গতি অনেক বেশি থাকে।
৪। প্রসারণ	তাপের ফলে আয়তনের প্রসারণ খুব কম ঘটে।	আয়তনের গ্রহণযোগ্য ও পরিমাপ যোগ্য প্রসারণ ঘটে।	আয়তনের অস্বাভাবিকভাবে প্রসারণ ঘটে।
৫। সংকোচন	সাধারণভাবে সংকুচিত হয় না বললেই চলে।	খুবই সামান্য সংকোচন ঘটে।	উচ্চ চাপের কারণে মারাত্মক সংকোচন ঘটে।
৬। আয়তন	আয়তন নির্দিষ্ট থাকে।	আয়তন নির্দিষ্ট থাকে।	আয়তন নির্দিষ্ট থাকে না। রক্ষিত পাতকে পূর্ণ করে অবস্থান করে।
৭। ঘনত্ব	খুবই বেশি।	মোটামোটি ভাবে বেশি ধরা যেতে পারে।	খুবই কম হয়।
৮। গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক	উচ্চ গলনাঙ্ক ও উচ্চ স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট হয়।	মধ্যমানের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট হয়।	নিম্নমানের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট হয়।

গ্যাসের বৈশিষ্ট্য (Characteristics of Gas) :

কক্ষ তাপমাত্রায় যে সব উপাদান বায়বীয় অবস্থায় থাকে তাকে গ্যাস বলা হয়। যেমন— O_2 , N_2 , H_2 , CO_2 , He এ সকলেই গ্যাসীয় পদার্থ। গ্যাসীয় পদার্থগুলো বেশিকিছু বৈশিষ্ট্যের অধিকারী হয়। যেমন—

- ১। আকার ও আয়তন : গ্যাসীয় পদার্থের কোনো নির্দিষ্ট আকার বা আয়তন নেই। সাধারণত যে পাত্রে গ্যাসকে রাখা হয় সে পাত্রের আয়তনই গ্যাসের আয়তন বলে ধরা হয়।
- ২। সম্প্রসারণশীলতা : গ্যাসের সম্প্রসারণ ক্ষমতা অস্বাভাবিকভাবে বেশি। যে পাত্রে গ্যাস রাখা হয় খুব দ্রুত ঐ পাত্রের সমস্ত জায়গায় গ্যাস বিস্তৃত হয়ে পড়ে।
- ৩। ব্যাপন : গ্যাসের ব্যাপনের ক্ষমতা খুব বেশি। দুই বা ততোধিক গ্যাস পরস্পরের মধ্যে দ্রুত গতিতে পরিব্যাপ্ত হয়ে সমসত্ত্ব মিশ্রণ তৈরি করে থাকে। গ্যাস অণুগুলোর মধ্যে আন্তঃআণবিক শূন্য স্থান থাকে বলে এটি সম্ভব হয়।
- ৪। আন্তঃকণা আকর্ষণ বল : গ্যাস অণুগুলোর মধ্যে আন্তঃকণা আকর্ষণ বল খুবই নগণ্য। এ বলের মান ততই কম যে সাধারণভাবে একে শূন্য বলে ধরে নেয়া হয়।
- ৫। ঘনত্ব : কক্ষ তাপমাত্রায় গ্যাসের ঘনত্ব খুবই কম। উপাদানের একক আয়তনের ভরকে উপাদানের ঘনত্ব বলা হয়। গ্যাসীয় অণুগুলোর মধ্যে আন্তঃআণবিক দূরত্ব অধিক হওয়ায় একক আয়তনে গ্যাস অণুর সংখ্যা কম হয়। এ কারণে একক আয়তনের ভর তথা ঘনত্ব কম হয়।
- ৬। গ্যাসের চাপ : যে পাত্রে গ্যাস রাখা থাকে ঐ পাত্রের দেয়ালের উপর গ্যাস চাপ প্রয়োগ করে। গ্যাস অণুগুলো গতিশীল থাকায় পাত্রের দেয়ালে চাপ বা বল প্রয়োগ করে। গ্যাস অণুগুলো কর্তৃক আরোপিত এ চাপ পাত্রের উপরে, নিচে, পার্শ্বে সব জায়গায় সমান থাকে। প্রকৃত পক্ষে স্থির তাপমাত্রায় একক ক্ষেত্রফলের উপর পাত্রের দেয়ালে গ্যাস যে বল প্রয়োগ করে তাকে গ্যাসের চাপ বলা হয়।
- ৭। অণুর গতি : গ্যাস অণুগুলোর গতিশক্তি যথেষ্টভাবে অধিক এবং তাপমাত্রা বৃদ্ধি জনিত কারণে অণুগুলোর গতিশক্তির বৃদ্ধি ঘটে। গ্যাস অণুগুলোর মধ্যে আন্তঃকণা আকর্ষণ বল খুবই কম হওয়ায় অণুগুলো স্বাধীন এবং বিক্ষিপ্তভাবে গতিশীল থাকে।
- ৮। সমসত্ত্ব মিশ্রণ : ভিন্ন ভিন্ন গ্যাস অণুগুলো যে কোনো অণুপাতে মিশ্রিত হয়ে সমসত্ত্ব মিশ্রণ উৎপন্ন করে। গ্যাসের অণুগুলোর মধ্যে আন্তঃআণবিক শূন্যস্থান থাকে। ভিন্ন ভিন্ন গ্যাস অণুগুলোকে পরস্পরের সংস্পর্শে আনলে যদি বিক্রিয়া না করে তবে অণুগুলোর গতিশক্তির কারণে একটি গ্যাসের অণুগুলোর শূন্য স্থানের মধ্যে অপর গ্যাসের অণুগুলো স্থান করে নেয়। এর ফলে গ্যাসীয় অবস্থায় পদার্থ সমসত্ত্ব মিশ্রণ তৈরি করে।
- ৯। অবস্থার পরিবর্তন : নিম্ন তাপমাত্রা ও উচ্চ চাপে একে তরলে পরিণত করা সম্ভব হয়।
- ১০। তাপমাত্রা : তাপমাত্রা বাড়লে গ্যাসের অণুগুলোর শক্তি বেড়ে যায়। এ শক্তির বৃদ্ধি ফলে অণুগুলো কম্পনজনিত শক্তি, ঘূর্ণনজনিত শক্তি, বিচ্ছিন্নভাবে চলাচলের গতিশক্তি সবই বেড়ে যায়।

গ্যাসের আয়তন (Volume of Gas) :

গ্যাস অণুগুলোর মধ্যে আন্তঃকণা আকর্ষণ বল খুবই নগণ্য হওয়ায় যে পাত্রে গ্যাসকে রাখা হয় সে পাত্রকে গ্যাস পূর্ণ করে রাখে। যে পাত্রে গ্যাস রাখা হয় গ্যাস অণুগুলো কর্তৃক দখলকৃত আয়তনকে ঐ গ্যাসের আয়তন বলা হয়। প্রকৃত পক্ষে গ্যাস রক্ষিত পাত্রের আয়তনকে গ্যাসের আয়তন হিসেবে গণ্য করা হয়।

গ্যাসের আয়তনকে SI এককে ঘনমিটার (Cubic metre) বা m^3 এ প্রকাশ করা হয়। এছাড়া ঘন ডেসিমিটার (Cubic decimetre) বা dm^3 এবং ঘন সেন্টিমিটার (Cubic Centimetre) বা cm^3 এ প্রকাশ করা হয়।

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

গ্যাসের চাপ (Pressure of Gas) :

গ্যাস অণুগুলো মুক্তভাবে পাত্রের মধ্যে ছোটাছুটি করে। গ্যাস অণুগুলো কর্তৃক পাত্রের দেয়ালের প্রতি একক ক্ষেত্রফলের উপর আরোপিত বলকে গ্যাসের চাপ বলা হয়।

$$\text{অর্থাৎ চাপ} = \frac{\text{প্রযুক্ত বল}}{\text{পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্রফল}}$$


গ্যাসের চাপের SI একক প্যাসকেল (Pa)। একে বায়ু চাপ (atm) বা মিলিমিটার পারদ : mm(Hg) এককেও প্রকাশ করা হয়।


$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm(Hg)} = 101.325 \text{ kPa} = 101.325 \times 10^3 \text{ Pa} = 101.325 \times 10^3 \text{ Nm}^{-2}$$

প্রতি বর্গমিটার ক্ষেত্রফলের উপর আরোপিত ১ নিউটন বলকে প্যাসকেল বলা হয়।

গ্যাস ও বাষ্পের মধ্যে পার্থক্য (Difference between gas and Vapour)

পার্থক্য সূচক বৈশিষ্ট্য	গ্যাস	বাষ্প
১। সংজ্ঞা	সন্ধি তাপমাত্রার উপরের যে কোনো তাপমাত্রায় পদার্থের বায়বীয় অবস্থাকে গ্যাস বলা হয়।	সন্ধি তাপমাত্রার নিচে যে কোনো তাপমাত্রায় পদার্থের বায়বীয় অবস্থাকে বাষ্প বলা হয়।
২। তরলীকরণ	সন্ধি তাপমাত্রার উপর উচ্চ চাপ প্রয়োগ করে গ্যাসকে সংকুচিত করেও তরলে পরিণত করা যায় না।	বাষ্পকে শুধুমাত্র উচ্চ চাপ প্রয়োগের মাধ্যমেই তরলে পরিণত করা সম্ভব হয়।
৩। সন্ধি তাপমাত্রা	কোনো বায়বীয় পদার্থের সন্ধি তাপমাত্রার উপরে উহা গ্যাস।	কোনো বায়বীয় পদার্থের সন্ধি তাপমাত্রার নিচে উহা বাষ্প।
৪। অবস্থা	31.1°C তাপমাত্রার উপরে CO ₂ গ্যাস।	31.1°C তাপমাত্রার নিচে CO ₂ বাষ্প।

	শিক্ষার্থীর কাজ	একটি পাত্রে কিছু বরফের টুকরা নিয়ে ধীরে ধীরে তাপ দিতে থাকুন। তরল পানিকে আরো তাপ দিন। পানি নিঃশেষ হয়ে গেল। এবার একটি টেস্টিউবে সামান্য পরিমাণ নিশাদল (NH ₄ Cl) নিয়ে তাপ দিতে থাকুন। পরিবর্তন পর্যবেক্ষণ করুন। এ দুটি পরীক্ষায় পদার্থের পরিবর্তনের ভিন্নতার কারণ ব্যাখ্যা করুন।
---	------------------------	---

	সার-সংক্ষেপ :
<ul style="list-style-type: none"> • কঠিন অবস্থা : পদার্থের কঠিন অবস্থায় নির্দিষ্ট ভরের পদার্থের নির্দিষ্ট আকৃতির, নির্দিষ্ট আয়তন ও আকার থাকে। কঠিন অবস্থায় পদার্থের নির্দিষ্ট ত্রিমাত্রিক গঠন বিন্যাসে থাকে। • তরল অবস্থা : তরল অবস্থায় পদার্থের ভর ও আয়তন নির্দিষ্ট থাকে কিন্তু আকার নির্দিষ্ট থাকে না। উপাদানকে যে পাত্রে রাখা হয় ভর ও আয়তনের কোনো পরিবর্তন না ঘটিয়ে সে পাত্রের আকার ধারণ করে। • গ্যাসীয় অবস্থা : গ্যাসীয় অবস্থায় পদার্থ ওর ভর নির্দিষ্ট থাকে কিন্তু কোনো ধরনের সুনির্দিষ্ট আকার বা আকৃতি বজায় রাখতে পারে না। এ অবস্থায় যতো কম পরিমাণের পদার্থ হোক না কেন তা পাত্রে পূর্ণ করে অবস্থান করবে। • তরল স্ফটিক অবস্থা : বেশ কিছু দানাদার কঠিন পদার্থ আছে যাদেরকে তাপ প্রয়োগের ফলে সরাসরি স্বচ্ছ তরলে পরিণত না হয়ে কঠিন ও তরলের মাঝামাঝি একটি অস্বচ্ছ অবস্থার সৃষ্টি করে অবস্থান করে। পদার্থের এ অবস্থা হলো তরল স্ফটিক। • প্লাজমা অবস্থা : এ অবস্থায় পদার্থ তার সর্বোচ্চ গতিশক্তি প্রাপ্ত হয়। পদার্থ তার উপাদান কণায় বিয়োজিত হয়ে প্রতিটি কণা আধানযুক্ত হয় এবং প্রচণ্ড গতিশক্তির কারণে ছুটাছুটি করতে থাকে কিন্তু বিপরীত আধানের মধ্যে কোনরূপ আকর্ষণ বল অনুভূত হয় না। সাধারণত 10⁴–10⁷ K তাপমাত্রায় বেশ কিছু পদার্থকে প্লাজমা অবস্থায় অবস্থান করতে দেখা যায়। • গ্যাসের আয়তন : গ্যাস অণুগুলোর মধ্যে আন্তঃকণা আকর্ষণ বল খুবই নগণ্য হওয়ায় যে পাত্রে গ্যাসকে রাখা হয় সে পাত্রে গ্যাস পূর্ণ করে রাখে। যে পাত্রে গ্যাস রাখা হয় গ্যাস অণুগুলো কর্তৃক দখলকৃত আয়তনকে ঐ গ্যাসের আয়তন বলা হয়। • গ্যাসের চাপ : গ্যাস অণুগুলো মুক্তভাবে পাত্রের মধ্যে ছোটাছুটি করে। গ্যাস অণুগুলো কর্তৃক পাত্রের দেয়ালের প্রতি একক ক্ষেত্রফলের উপর আরোপিত বলকে গ্যাসের চাপ বলা হয়। 	



পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৪.১

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

- ১। CO_2 এর সন্ধি তাপমাত্রা—
 (ক) $23.1^\circ C$ (খ) $31.1^\circ C$ (গ) $37.2^\circ C$ (ঘ) $47.2^\circ C$
- ২। SI এককে গ্যাসের আয়তন—
 (ক) L (খ) dm^3 (গ) cm^3 (ঘ) m^3
- ৩। গ্যাসের ক্ষেত্রে কোনটি সঠিক?
 (ক) গ্যাসের সম্প্রসারণ ক্ষমতা কম
 (খ) আন্ত কণা আকর্ষণ বল বেশি
 (গ) কক্ষ তাপমাত্রায় ঘনত্ব বেশি
 (ঘ) নিম্ন তাপমাত্রা ও উচ্চ চাপে একে তরলে পরিণত করা যায়
- ৪। পদার্থের অবস্থার ক্ষেত্রে উক্তিগুলো লক্ষ করুন—
 i. গ্যাসীয় পদার্থের সংকোচনশীলতা গুণ বেশি
 ii. তরল পদার্থের প্রবাহ গুণ নেই
 iii. গ্যাসীয় উপাদান কণার গতিশক্তি খুবই নগণ্য
 নিচের কোনটি সঠিক?
 (ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii
- ৫। গ্যাসের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য উক্তি হলো—
 i. বায়বীয় পদার্থ সন্ধি তাপমাত্রার উপরে থাকলে সেটি গ্যাস
 ii. প্রযুক্ত বল = পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্রফল \times চাপ
 iii. গ্যাসের ব্যাপনের ক্ষমতা খুব বেশি
 নিচের কোনটি সঠিক?
 (ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

পাঠ-৪.২

বয়েলের সূত্র



উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- বয়েলের সূত্র বর্ণনা করতে পারবেন।
- বয়েলের সূত্রের বাস্তব ধারণা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- লেখচিত্রের সাহায্যে বয়েলের সূত্রের ব্যাখ্যা দিতে পারবেন।



মুখ্য শব্দ

ব্যস্তানুপাতিক, স্থির, তাপমাত্রা, লেখচিত্র সমতাপীয়।



বয়েলের সূত্র (Boyle's Law)

1662 খ্রিষ্টাব্দে রবার্ট বয়েল তাপমাত্রা স্থির রেখে বিভিন্ন গ্যাসের আয়তনের উপর চাপের প্রভাব সম্পর্কিত গবেষণার ফল প্রকাশ করেন যা বয়েলের সূত্র নামে পরিচিত। বয়েলের সূত্রটি হচ্ছে- “স্থির তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন এর উপর প্রযুক্ত চাপের ব্যস্তানুপাতিক।”

যদি স্থির তাপমাত্রায় (T) কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের উপর প্রযুক্ত চাপ P এবং আয়তন V হয় তাহলে বয়েলের সূত্রানুসারে,

$$V \propto \frac{1}{P} \text{ [যখন T স্থির]}$$

বা, $V = K \cdot \frac{1}{P}$ এখানে K একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক।

বা, $PV = K = \text{ধ্রুবক}$ ।

অর্থাৎ স্থির তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন ও তার উপর প্রযুক্ত চাপের গুণফল সর্বদা ধ্রুবক হয়।

এখন, ঐ নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের উপর প্রযুক্ত চাপ P_1, P_2, P_3, \dots ইত্যাদি হলে গ্যাসের আয়তন হয় যথাক্রমে V_1, V_2, V_3, \dots ।

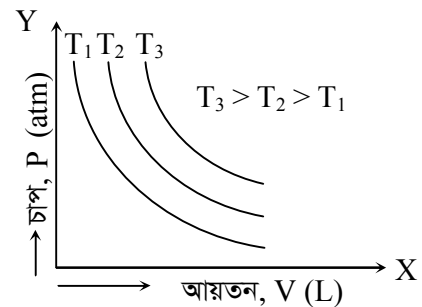
বয়েলের সূত্রানুসারে, $PV = P_1V_1 = P_2V_2 = P_3V_3 = K$ ধ্রুবক।

ব্যাখ্যা : স্থির তাপমাত্রায় যদি কোনো পিস্টনযুক্ত সিলিন্ডারে W g কোনো গ্যাসের আয়তন 1 atm চাপে 20 mL হয় তাহলে চাপ বৃদ্ধির সাথে গ্যাসের আয়তন এমনভাবে বৃদ্ধি পাবে যেন চাপ ও আয়তনের গুণফল ধ্রুবক হয় বা স্থির থাকে। ঐ গ্যাসের চাপ পরিবর্তনের সাপেক্ষে আয়তনের পরিবর্তন নিম্নের ছকে দেখানো হলো :

	পার্ট-1	পার্ট-2	পার্ট-3	পার্ট-4	পার্ট-5	পার্ট-6	পার্ট-7
চাপ (P)(atm)	1	1.5	2	2.5	3	4	5
আয়তন (V) mL	20	13.34	10	8	6.67	5	4
PV	20	20	20	20	20	20	20

এখন ছক কাগজের x-অক্ষে চাপ P এর বিপরীতে y-অক্ষে আয়তন V-এর মান বসালে চিত্রে (১.৬) অনুরূপ বক্ররেখা পাওয়া যায়। অনুরূপভাবে, বিভিন্ন স্থির তাপমাত্রায় একই ভরের গ্যাসের জন্য বিভিন্ন লেখচিত্র পাওয়া যাবে।

লেখচিত্রের বক্ররেখাগুলো অধিবৃত্তীয় (Parabola)। এই অধিবৃত্তীয় বক্ররেখাগুলোকে সমতাপ রেখা বলে। কারণ বক্ররেখার প্রতিটি বিন্দুতে তাপমাত্রা একই থাকে এবং এই একই বা স্থির তাপমাত্রায় সম্পন্ন প্রক্রিয়াকে সমতাপীয় প্রক্রিয়া (Isothermal process) বলে।

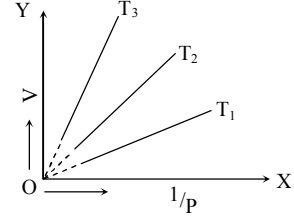


চিত্র-২.১ : P বনাম V লেখচিত্র

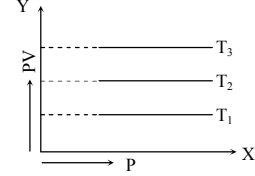
(গ্রিক শব্দ Iso = equal অর্থাৎ সমান এবং Therm = Temperature অর্থাৎ তাপমাত্রা) কোনো গ্যাস বয়েলের সূত্র মেনে চলে কি না তা লেখচিত্রের মাধ্যমে নির্ধারণ করা যায়।

লেখচিত্রের বক্ররেখা ছাড়াও গ্যাসের আয়তনকে (V) গ্যাসের চাপের ব্যস্তানুপাত $\left(\frac{1}{P}\right)$ এর বিপরীতে লেখচিত্র অঙ্কন করলে মূলবিন্দুগামী সরলরেখা পাওয়া যায়।

অপরদিকে PV গুণফলকে P-এর বিপরীতে বসিয়ে লেখচিত্র অঙ্কন করলে বিভিন্ন তাপমাত্রায় P অক্ষের সমান্তরাল সরলরেখা পাওয়া যায়।

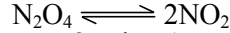


চিত্র-২.২ : V বনাম $\frac{1}{P}$ লেখচিত্র




চিত্র-২.৩ : PV বনাম P লেখ

বয়েলের সূত্রের প্রযোজ্যতা ও সীমাবদ্ধতা : উচ্চ তাপমাত্রায় এবং নিম্নচাপে মোটামুটি সকল গ্যাসই বয়েলের সূত্র মেনে চলে। কিন্তু সাধারণ তাপমাত্রা ও চাপে খুব কম গ্যাসই এ সূত্র মেনে চলে। স্থির তাপমাত্রায় চাপ পরিবর্তনের সাথে যেসব গ্যাসের অণুসংখ্যার পরিবর্তন ঘটে সেগুলোর ক্ষেত্রে বয়েলের সূত্র প্রযোজ্য নয়। যেমন—



বিক্রিয়ায় অণুর সংখ্যার পরিবর্তন ঘটে। এক্ষেত্রে বয়েলের সূত্র প্রযোজ্য নয়। সাধারণ অবস্থায় H_2 , N_2 , O_2 ও নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ বয়েলের সূত্র মেনে চলে। অন্যদিকে H_2S , CO_2 , NH_3 , SO_2 , SO_3 প্রভৃতি গ্যাসসমূহ এ সূত্র অনুসরণ করে না।

	শিক্ষার্থীর কাজ	চিন্তা করে উত্তর দাও : ১। কোন কোন গ্যাসগুলো বয়েল সূত্র মেনে চলে না? ২। কোন শর্তে বয়েল সূত্রের ব্যতিক্রম লক্ষ করা যায়? ৩। স্থির তাপমাত্রায় V বনাম P লেখচিত্রের রেখার প্রকৃতি কিরূপ? ৪। স্থির তাপমাত্রায় PV বনাম P লেখচিত্র যে সূত্রকে সমর্থন করে তা বর্ণনা করুন।
--	------------------------	---

উদাহরণ : 25°C তাপমাত্রায় 1.5 atm চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোনো গ্যাসের আয়তন 75 cm^3 হয়। তাপমাত্রা স্থির রেখে চাপ পরিবর্তন করতে গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধি পেয়ে 100 cm^3 হয়। চাপের পরিবর্তন হিসাব করুন।

সমাধান : বয়েলের সূত্র হতে আমরা পাই,

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\text{বা, } P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2}$$

$$= \frac{1.5 \times 75}{100} = 1.125 \text{ atm}$$

$$\therefore \text{চাপ হ্রাস} = (1.5 - 1.125) \text{ atm} = 0.375 \text{ atm}$$

উত্তর : 0.375 atm চাপ হ্রাস করা হয়েছে।

উদাহরণ : 300 K তাপমাত্রায় একটি কাচের মার্বেলসহ নির্দিষ্ট ভরের কোনো গ্যাসের আয়তন 200 cm^3 । তাপমাত্রা স্থির রেখে চাপ দ্বিগুণ করা হলে মার্বেলসহ গ্যাসের আয়তন 125 cm^3 হয়। মার্বেলের আয়তন নির্ণয় করুন।

সমাধান : মনে করি, কাচের মার্বেলের আয়তন = $x \text{ mL}$

বয়েলের সূত্র হতে পাই,

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\text{বা, } P(V_1 - x) = P_2(V_2 - x)$$

$$\text{বা, } P_1(200 - x) = 2P_1(125 - x)$$

$$\text{বা, } 2x - x = (250 - 200) \text{ cm}^3$$

$$\text{বা, } x = 50 \text{ cm}^3$$

উত্তর : কাচের মার্বেলের আয়তন 50 cm^3 ।

এখানে,

প্রাথমিক চাপ, $P_1 = 1.5 \text{ atm}$

প্রাথমিক আয়তন, $V_1 = 75 \text{ cm}^3$

পরিবর্তিত আয়তন, $V_2 = 100 \text{ cm}^3$

পরিবর্তিত চাপ, $P_2 = ?$

এখানে,


প্রাথমিক চাপ, P_1


শেষ চাপ, $P_2 = 2P_1$

মার্বেলসহ গ্যাসের প্রাথমিক আয়তন, $V_1 = 200 \text{ cm}^3$

মার্বেলসহ গ্যাসের শেষ আয়তন, $V_2 = 125 \text{ cm}^3$

কাচের মার্বেলের আয়তন, $x = ?$

 শিক্ষার্থীর কাজ	<p>১। স্থির তাপমাত্রায় একটি গ্যাসের আয়তন 560 cm^3 থেকে হ্রাস করে 340 cm^3 করা হলো। যদি প্রাথমিক চাপ 99 kPa হয়, তবে সংকোচনের পর এর চাপ কত হবে? [উত্তর : 163.06 kPa]</p> <p>২। 298 K তাপমাত্রায় 100 L আয়তনের একটি সিলিন্ডার 3 atm চাপে বায়ু দ্বারা পূর্ণ আছে। ঐ তাপমাত্রায় বায়ুমণ্ডলের চাপ 1 atm হলে এবং সিলিন্ডারটির মুখ খুলে দিলে কী পরিমাণ বায়ু সিলিন্ডার থেকে বের হয়ে যাবে? [উত্তর : 200 L]</p> <p>৩। যদি 25°C তাপমাত্রায় 100 kPa চাপে একটি গ্যাসের আয়তন 1.25 হয়। 125 kPa চাপে ঐ গ্যাসের আয়তন কত হবে? [উত্তর : 1 L]</p> <p>৪। স্থির তাপমাত্রায় ৫টি নিরেট লোহার বলসহ 3 atm চাপে 250 mL একটি সিলিন্ডারে মিথেন গ্যাস আছে। 2550 mm(Hg) চাপে ঐ ৫টি বলসহ গ্যাসের আয়তন 230 mL হলে প্রত্যেকটি লোহার বলের আয়তন কত মি.লি.? [উত্তর : 12.67 mL]</p> <p>৫। 23°C তাপমাত্রায় এবং 1.0 atm চাপে 20.0 L CO_2 গ্যাস সংগ্রহ করা হলে একই তাপমাত্রায় 0.830 atm চাপে ঐ CO_2 গ্যাসের আয়তন কত হবে? [উত্তর : 24.1 L]</p>
--	--

 সার-সংক্ষেপ :	<ul style="list-style-type: none"> বয়েলের সূত্র : স্থির তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন এর উপর প্রযুক্ত চাপের ব্যস্তানুপাতিক। বয়েলের সূত্রের প্রযোজ্যতা ও সীমাবদ্ধতা : উচ্চ তাপমাত্রায় এবং নিম্নচাপে মোটামুটি সকল গ্যাসই বয়েলের সূত্র মেনে চলে। কিন্তু সাধারণ তাপমাত্রা ও চাপে খুব কম গ্যাসই এ সূত্র মেনে চলে। স্থির তাপমাত্রায় চাপ পরিবর্তনের সাথে যেসব গ্যাসের অণুসংখ্যার পরিবর্তন ঘটে সেগুলোর ক্ষেত্রে বয়েলের সূত্র প্রযোজ্য নয়।
--	--

 পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৪.২
--

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

- ১। স্থির তাপমাত্রায় কোনো প্রক্রিয়া সম্পন্ন করলে তাকে কী বলে?
 (ক) সমতলীয় প্রক্রিয়া (খ) সমআয়তনীয় প্রক্রিয়া (গ) বাফার প্রক্রিয়া (ঘ) সমতাপীয় প্রক্রিয়া
- ২। একটি ফ্লাস্কে 10 atm চাপে 50 L H_2 ভর্তি করা আছে। 2 atm চাপে ও স্থির তাপমাত্রায় 2 L আয়তন বিশিষ্ট কতটি বেলুনকে ঐ গ্যাস দ্বারা ভর্তি করা যাবে?
 (ক) 125টি (খ) 225টি (গ) 100টি (ঘ) 200টি
- ৩। বয়েলের সূত্রানুসারে, $PV = K$ হয় যখন—
 i. গ্যাসের আয়তন স্থির থাকে
 ii. গ্যাসের ভর স্থির থাকে
 iii. গ্যাসের তাপমাত্রা স্থির থাকে
 নিচের কোনটি সঠিক?
 (ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii
- ৪। বয়েলের সূত্রে স্থির থাকে—
 i. গ্যাসের পরিমাণ
 ii. চাপের পরিমাণ
 iii. তাপমাত্রা
 নিচের কোনটি সঠিক?
 (ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

পাঠ-৪.৩

চার্লসের সূত্র



উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- চার্লসের সূত্র ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- লেখচিত্রের সাহায্যে চার্লসের সূত্র উপস্থাপন করতে পারবেন।
- পরমশূন্য তাপমাত্রার ব্যাখ্যা দিতে পারবেন।
- বয়েল ও চার্লসের সূত্রের সমন্বয় করতে পারবেন।



মুখ্য শব্দ

ডিগ্রি সেলসিয়াস, স্থির চাপ, পরমশূন্য, মূলবিন্দুগামী, ব্যাস্তানুপাতিক।



চার্লসের সূত্র (Charles's Law)

1787 খ্রিষ্টাব্দে বিজ্ঞানী জ্যাকুইস অ্যালেক্সান্ডার চার্লস (Jacques Alexander Charles), পরবর্তীকালে ১৮০১ সালে জন ডালটন (Johan Dalton) এবং 1802 খ্রিষ্টাব্দে জোসেফ লুইস গে-লুস্যাক (Joseph Louis Gay-Lussac) স্থির চাপে গ্যাসের আয়তনের উপর তাপমাত্রার প্রভাব সম্পর্কিত একটি সূত্র প্রকাশ করেন যা চার্লসের সূত্র নামে পরিচিত। সূত্রটি নিম্নরূপ :

“স্থির চাপে কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন প্রতি ডিগ্রি সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের ফলে 0°C তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের আয়তনের $\frac{1}{273}$ ভাগ হারে বৃদ্ধি বা হ্রাস ঘটবে।”

যদি স্থির চাপে (P) কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন 0°C তাপমাত্রায় V_0 হয়, তাহলে 1° তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে ঐ গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধি পায় (V_0 এর $\frac{1}{273}$) ভাগ।

সুতরাং 1°C তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের আয়তন $V_1 = (V_0 + V_0 \text{ এর } \frac{1}{273}) = V_0 \left(1 + \frac{1}{273}\right) = V_0 \left(\frac{273 + 1}{273}\right)$

অপরদিকে 1°C তাপমাত্রা হ্রাস করলে ঐ গ্যাসের আয়তন হ্রাস পায় (V_0 এর $\frac{1}{273}$) ভাগ

সুতরাং -1°C তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের আয়তন $V_{-1} = (V_0 - V_0 \text{ এর } \frac{1}{273}) = V_0 \left(1 - \frac{1}{273}\right) = V_0 \left(\frac{273 - 1}{273}\right)$

একইভাবে, $t^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের আয়তন, $V_t = V_0 \left(\frac{273 + t}{273}\right)$

(a) $t = 273^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের আয়তন, $V_{273} = V_0 \left(\frac{273 + 273}{273}\right) = 2V_0$

অর্থাৎ স্থির চাপে 0°C তাপমাত্রায় কোনো গ্যাসের তাপমাত্রা 273°C বৃদ্ধি করলে ঐ গ্যাসের আয়তন দ্বিগুণ হয়।

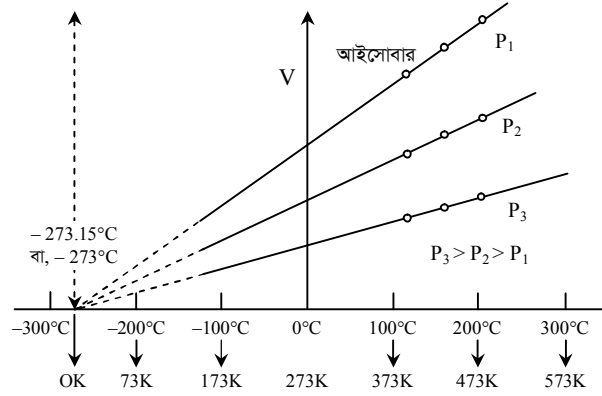
(b) $t = -273^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের আয়তন, $V_{-273} = \left(\frac{273 - 273}{273}\right) = 0$

অর্থাৎ -273°C (সুক্ষ্মভাবে -273.15°C) তাপমাত্রায় যেকোনো গ্যাসের আয়তন তাত্ত্বিকভাবে শূন্য হয়।

সুতরাং যে তাপমাত্রায় চার্লস বা গে-লুস্যাকের সূত্রানুসারে কোনো গ্যাসের আয়তন তাত্ত্বিকভাবে শূন্য হয় তাকে পরম শূন্য তাপমাত্রা বলে। এ পরম শূন্য তাপমাত্রা হলো -273°C ।

পরম শূন্য তাপমাত্রার তাৎপর্য : এ তাপমাত্রাকে পরম শূন্য বলার কারণ হলো তাত্ত্বিকভাবে এ তাপমাত্রার নিচে আর কোনো তাপমাত্রা হতে পারে না। কারণ এ তাপমাত্রার নিচে কোনো গ্যাসের আয়তন ঋণাত্মক হয়, যার কোনো ভৌত তাৎপর্য নেই। বাস্তবিকভাবে আজ পর্যন্ত কোনো গ্যাসের তাপমাত্রা -273°C এ নিয়ে আসা সম্ভব হয়নি। কারণ এর আগেই গ্যাস তরল বা কঠিন অবস্থা প্রাপ্ত হয়। ফলে পরম শূন্য তাপমাত্রায় গ্যাসের অণুসমূহের স্থানান্তর গতি শূন্য হয়।

চার্লসের সূত্রানুযায়ী স্থির চাপে বিভিন্ন গ্যাসের আয়তন বনাম তাপমাত্রার গ্রাফ অঙ্কন করলে প্রত্যেকটি গ্যাসের ক্ষেত্রেই সরলরেখা পাওয়া যায়। গ্রাফ থেকে দেখা যায় যে প্রত্যেকটি গ্যাসের সরলরেখা -273°C তাপমাত্রা অতিক্রম করার পূর্বেই গ্যাসের আয়তন শূন্য হয়ে যায়। গ্যাসের আয়তন x -অক্ষ এবং তাপমাত্রা y -অক্ষে বসিয়ে নিম্নের গ্রাফ পাওয়া যায়। গ্রাফ থেকে আরও দেখা যায় যে, 0°C তাপমাত্রায় কোনো গ্যাসের আয়তন $V \text{ cm}^3$ হলে 273°C তাপমাত্রায় তা দ্বিগুণ হয়ে $2V \text{ cm}^3$ হয়।



চিত্র-৩.১ : আয়তন (L) বনাম তাপমাত্রা ($^\circ\text{C}$) এর লেখচিত্র

চার্লস বা গে-লুসাকের সূত্রের বিকল্প প্রকাশ : যদি একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন $t_1^\circ\text{C}$ ও $t_2^\circ\text{C}$ তাপমাত্রায় যথাক্রমে V_1 ও V_2 হয় তাহলে

$$V_1 = V_0 \left(\frac{273 + t_1}{273} \right) \text{ এবং } V_2 = V_0 \left(\frac{273 + t_2}{273} \right)$$

$$\therefore \frac{V_1}{V_2} = \frac{273 + t_1}{273 + t_2} \dots\dots\dots (i)$$

আবার পরম শূন্য তাপমাত্রায় বা কেলভিন স্কেলে তাপমাত্রা 'T' প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$$t^\circ\text{C} = (273 + t) \text{ K} = T \text{ K}$$

$$\text{সুতরাং } t_1^\circ\text{C} = (273 + t_1) \text{ K} = T_1 \text{ K}$$

$$\text{এবং } t_2^\circ\text{C} = (273 + t_2) \text{ K} = T_2 \text{ K}$$

$$\text{সুতরাং সমীকরণ (i) হতে পাই, } \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \text{ বা, } \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

অনুরূপভাবে, $T_3, T_4 \dots$ ইত্যাদি তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের আয়তন $V_3, V_4 \dots$ ইত্যাদি হলে,

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} = \frac{V_4}{T_4} = \dots\dots\dots = K \text{ ধ্রুবক}$$

অর্থাৎ স্থির চাপে কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন ও তাপমাত্রার অনুপাত ধ্রুবক বা স্থির।

সাধারণভাবে $\frac{V}{T} = K$ (K হচ্ছে সমানুপাতিক ধ্রুবক, যার মান গ্যাসের আয়তন, ভর, চাপ ও প্রকৃতির উপর নির্ভর করে।)

$$\text{বা, } V = KT \text{ বা, } V \propto T$$

অর্থাৎ “স্থির চাপে কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন তার পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক”। এটা চার্লসের সূত্রের বিকল্প রূপ।

সেলসিয়াস এবং কেলভিন স্কেলের তাপমাত্রার মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় :

পরম শূন্য তাপমাত্রার সংজ্ঞা হতে আমরা পাই, $V_{-273^\circ\text{C}} = 0$

ব্রিটিশ বিজ্ঞানী লর্ড কেলভিন -273°C তাপমাত্রাকে 0 K ধরে তাপমাত্রা পরিমাপের একটি স্কেল উদ্ভাবন করেন যা পরম তাপমাত্রার স্কেল বা কেলভিন স্কেল নামে পরিচিত। সেলসিয়াস স্কেলের সাথে পরম তাপমাত্রার স্কেল নিম্নরূপে সম্পর্কিত—

$$-273^\circ\text{C} = 0 \text{ K}$$

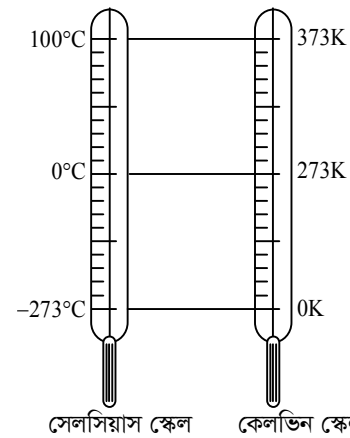
$$\text{বা, } (-273 + 273)^\circ\text{C} = (0 + 273) \text{ K}$$

$$\text{বা, } 0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$$

$$\text{বা, } (0 + t)^\circ\text{C} = (273 + t) \text{ K}$$

$$\therefore t^\circ\text{C} = T \text{ K}$$

অর্থাৎ সেলসিয়াস স্কেলের তাপমাত্রার সাথে 273 যোগ করে পরম বা কেলভিন স্কেলের তাপমাত্রা পাওয়া যায়।



চিত্র-৩.২ : কেলভিন এবং সেলসিয়াস তাপমাত্রার সম্পর্ক

উদাহরণ : 100 g অজেন গ্যাস 770 mm(Hg) চাপে এবং 25°C তাপমাত্রায় 20 dm³ আয়তনের একটি পাত্রে সংরক্ষিত আছে। একই চাপে সম্পূর্ণ গ্যাসকে 30 dm³ আয়তনের ভিন্ন একটি পাত্রে স্থানান্তরিত করা হলো। নতুন পাত্রে গ্যাসের তাপমাত্রা নির্ণয় করুন।


সমাধান : চার্লসের সূত্রানুসারে,

$$\begin{aligned}\frac{V_1}{T_1} &= \frac{V_2}{T_2} \\ \Rightarrow T_2 &= \frac{V_2 T_1}{V_1} \\ &= \frac{30 \times 298}{20} \text{ K} \\ &= 447 \text{ K} \\ &= (447 - 273) ^\circ\text{C} \\ &= 174^\circ\text{C}\end{aligned}$$

এখানে,

$$\begin{aligned}\text{প্রথম পাত্রের তাপমাত্রা, } T_1 &= (25 + 273) \text{ K} = 298 \text{ K} \\ \text{প্রথম পাত্রের আয়তন, } V_1 &= 20 \text{ dm}^3 \\ \text{নতুন পাত্রের আয়তন, } V_2 &= 30 \text{ dm}^3 \\ \text{নতুন পাত্রে গ্যাসের তাপমাত্রা, } T_2 &= ?\end{aligned}$$

উত্তর : নতুন পাত্রে গ্যাসের তাপমাত্রা 174°C.

 শিক্ষার্থীর কাজ
<p>১। নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় 101.325 kPa চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন 3.50 cm³। তাপমাত্রা স্থির রেখে চাপ 2.25 atm এ পরিবর্তন করা হলে গ্যাসের আয়তনের কী পরিবর্তন ঘটবে? [উত্তর : 1.9444 dm³ হ্রাস পাবে।]</p> <p>২। নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে একটি কাচের বলসহ নির্দিষ্ট ভরের অক্সিজেনের আয়তন 200 cm³। তাপমাত্রা স্থির রেখে চাপ দ্বিগুণ করা হলে কাচের বলসহ গ্যাসের আয়তন হয় 105 cm³। কাচের বলের আয়তন নির্ণয় করুন। [উত্তর : 10 cm³]</p> <p>৩। একটি গ্যাস সিলিভারে 25 atm চাপে 40 dm³ H₂ গ্যাস ভর্তি আছে। 4 dm³ আয়তনবিশিষ্ট কতটি বেলুনকে ঐ গ্যাস দ্বারা ভর্তি করা যাবে, যখন প্রতিটি বেলুনের ভিতর H₂ গ্যাসের চাপ 2 atm হবে? প্রতিটি ক্ষেত্রে গ্যাসের তাপমাত্রা স্থির বলে ধরে নিন। [উত্তর : 125 টি বেলুন]</p> <p>৪। 27°C তাপমাত্রা ও 760 mm(Hg) চাপে একটি বেলুনের আয়তন 450 cm³। বেলুনটিকে 17°C তাপমাত্রা ও 101.99 kPa চাপে নিয়ে গেলে বেলুনের আয়তনের কী পরিবর্তন ঘটবে? [উত্তর : 17.8363 cm³.]</p> <p>৫। 27°C তাপমাত্রা ও 765 mm (Hg) চাপে 0.95 g O₂ গ্যাস পানির উপরিতলে সংগ্রহ করা হলো। এ তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ 20 mm (Hg) হলে সংগৃহীত O₂ এর আয়তন নির্ণয় করুন। [উত্তর : 745.9293 cm³]</p>

বয়েল ও চার্লসের সূত্রের সমন্বয় (Combination of Boyle's Law and Charles' Law)

বয়েলের সূত্র : “স্থির তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন এর উপর প্রযুক্ত চাপের ব্যস্তানুপাতিক।”

চার্লসের সূত্র : “স্থির চাপে কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন তার উপর আরোপিত পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক।”

নির্দিষ্ট ভরের কোনো গ্যাসের আয়তন V, চাপ P ও কেনভিন তাপমাত্রা T হলে—

বয়েলের সূত্র মতে, $V \propto \frac{1}{P}$ যখন তাপমাত্রা স্থির। (i)

চার্লসের সূত্র মতে, $V \propto T$ যখন চাপ স্থির। (ii)

বীজগণিতের পরিবর্তন রাশির সূত্র মতে, (i) নং ও (ii) নং সম্পর্ক হতে আমরা লিখতে পারি—

$V \propto \frac{1}{P} \times T$ (যখন তাপমাত্রা ও চাপ উভয়েই পরিবর্তনশীল)

বা, $V = K \frac{T}{P}$ (এখানে K একটি আনুপাতিক ধ্রুবক),

বা, $PV = KT$;

$$\frac{PV}{T} = K \dots\dots\dots(iii)$$

এখন ঐ একই পরিমাণ গ্যাসের পরিবর্তিত চাপ, আয়তন ও তাপমাত্রা যদি, P_1 , V_1 ও T_1 হয় তবে,

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = K$$

$$\text{একইভাবে, } \frac{P_2V_2}{T_2} = K$$

$$\therefore \frac{PV}{T} = \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = \dots\dots\dots = K$$

$$\therefore \frac{PV}{T} = \frac{P_1V_1}{T_1}$$

$$\text{বা, } \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

বয়েল ও চার্লসের সূত্রের সমন্বয় হতে আমরা যখন পাই, $\frac{PV}{T} = K$ বা, $PV = KT$ তখন এ সমীকরণটিকে গ্যাসের সমন্বয় সূত্রের সমীকরণ বলা হয়। এ সমীকরণটি নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ, আয়তন ও পরম তাপমাত্রার মধ্যে সম্পর্ক প্রকাশ করে।

উদাহরণ-২ : 15°C তাপমাত্রা ও 1.017 atm চাপে H_2 গ্যাসকে পানির অপসারণ প্রক্রিয়ায় সংগ্রহ করা হলো। প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে H_2 গ্যাসের আয়তন ও ভর নির্ণয় করুন। (15°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ 1.733 kPa .)

সমাধান : বয়েল ও চার্লসের সমন্বয় সূত্র হতে আমরা পাই,

$$\frac{PV}{T} = \frac{(P_1 - P_f)V_1}{T_1}$$

$$\therefore \frac{PV}{T} = \frac{(P_1 - P_f)V_1}{T_1}$$

$$\begin{aligned} \therefore V &= \frac{(P_1 - P_f)V_1T}{PT_1} \\ &= \frac{(103.047 - 1.733)288 \times 273}{101.325 \times 288} \\ &= 272.9717 \text{ cm}^3. \end{aligned}$$

এখানে,

$$P = \text{প্রমাণ চাপ} = 1 \text{ atm} = 101.325 \text{ kPa}$$

$$V = \text{প্রমাণ অবস্থায় } \text{H}_2 \text{ এর আয়তন} = ?$$

$$T = \text{প্রমাণ তাপমাত্রা} = 273 \text{ K}$$

$$P_1 = \text{প্রাথমিক চাপ} = 1.017 \text{ atm} = 103.047 \text{ kPa}$$

$$V_1 = \text{H}_2 \text{ গ্যাসের প্রাথমিক আয়তন} = 288 \text{ cm}^3$$

$$T_1 = \text{কেলভিন স্কেলে প্রাথমিক তাপমাত্রা} = (15 + 273) = 288 \text{ K}$$

$$P_f = 15^\circ\text{C তাপমাত্রা জলীয় বাষ্পের চাপ} = 1.733 \text{ kPa}.$$

$$\therefore \text{প্রমাণ অবস্থায় } \text{H}_2 \text{ গ্যাসের আয়তন} = 272.9717 \text{ cm}^3.$$


$$\therefore \text{প্রমাণ অবস্থায় } 22400 \text{ cm}^3 \text{ H}_2 \text{ এর ভর } 2 \text{ g}$$


$$\begin{aligned} \therefore \text{প্রমাণ অবস্থায় } 272.9717 \text{ cm}^3 \text{ H}_2 \text{ এর ভর } &= \frac{2 \times 272.9717}{22400} \\ &= 2.437 \times 10^{-2} \text{ g} \end{aligned}$$

উত্তর : প্রমাণ অবস্থায় H_2 এর আয়তন 272.9717 cm^3 এবং ভর $2.437 \times 10^{-2} \text{ g}$.

আপনাদের একটি বিষয় একটু স্মরণ করে দিতে চাই আপনারা নিশ্চয়ই পূর্ববর্তী শ্রেণিতে প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপ সম্পর্কে জেনেছেন। একে সংক্ষেপে STP বা NTP বলা হয়ে থাকে। এর মানও নিশ্চয়ই আপনারদের জানা আছে। প্রমাণ তাপমাত্রা 0° বা 273 K এবং প্রমাণ চাপ 1 atm বা 101.325 kPa বা 760 mm(Hg) . STP তে 1.0 মোল গ্যাসের আয়তন 22.4 dm^3 ।

SATP : SATP হলো Standard Ambient Temperature & Pressure বা প্রমাণ বায়ুমণ্ডলীয় তাপমাত্রা ও চাপ। এক্ষেত্রে তাপমাত্রাকে 25°C এবং চাপকে 1 atm বা 1.01 bar ধরা হয়। SATP তে গ্যাসের মোলার আয়তন 24.789 dm^3 ।

 শিক্ষার্থীর কাজ	<p>১। স্থির আয়তনের নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের ক্ষেত্রে P বনাম T লেখচিত্র অঙ্কন করুন।</p> <p>২। ডিগ্রি সেলসিয়াস তাপমাত্রাকে কেলভিন এককে প্রকাশ করার জন্য 273 যোগ করা হয় কেন?</p> <p>৩। স্থির চাপে V বনাম t (°C) এবং V বনাম T(K) লেখচিত্রের প্রকৃতি তুলনা করুন।</p> <p>৪। স্থির চাপে একটি গ্যাসের আয়তন 50°C তাপমাত্রায় 350 cm³। তাপমাত্রা 30°C এ হ্রাস করলে আয়তন কত cm³ হ্রাস পাবে? [উত্তর : 21.67 cm³.]</p>
--	---

 সার-সংক্ষেপ :
<ul style="list-style-type: none"> • চার্লসের সূত্র : স্থির চাপে কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন প্রতি ডিগ্রি সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের ফলে 0°C তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের আয়তনের $\frac{1}{273}$ ভাগ হারে বৃদ্ধি বা হ্রাস ঘটবে। • চার্লসের সূত্রের বিকল্প রূপ: “স্থির চাপে কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন তার পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক”। • পরম শূন্য তাপমাত্রা : যে তাপমাত্রায় চার্লস বা গে-লুসাকের সূত্রানুসারে কোনো গ্যাসের আয়তন তাত্ত্বিকভাবে শূন্য হয় তাকে পরম শূন্য তাপমাত্রা বলে। এ পরম শূন্য তাপমাত্রা হলো -273°C। • SATP : SATP হলো Standard Ambient Temperature & Pressure বা প্রমাণ বায়ুমণ্ডলীয় তাপমাত্রা ও চাপ। এক্ষেত্রে তাপমাত্রাকে 25°C এবং চাপকে 1 atm বা 1.01 bar ধরা হয়। SATP তে গ্যাসের মোলার আয়তন 24.789 dm³। • STP : STP হলো Standard Temperature & Pressure বা প্রমাণ বায়ুমণ্ডলীয় তাপমাত্রা ও চাপ। এক্ষেত্রে তাপমাত্রাকে 0°C এবং চাপকে 1 atm বা 1.01 bar ধরা হয়। STP তে গ্যাসের মোলার আয়তন 22.4 dm³।

 পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৪.৩
--

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

- স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন প্রতি ডিগ্রি সেলসিয়াস তাপমাত্রা পরিবর্তনের ফলে 0°C তাপমাত্রায় তার আয়তনের—

(ক) $\frac{1}{273}$ ভাগ হারে পরিবর্তিত হয়	(খ) $\frac{1}{273}$ ভাগ হারে বৃদ্ধি পায়
(গ) 273 ভাগ হারে পরিবর্তিত হয়	(ঘ) 273 ভাগ হারে হ্রাস পায়
- কোনো তরলীকৃত গ্যাসের তাপমাত্রা 5K। সেলসিয়াস স্কেলে তা কত?

(ক) 268°C	(খ) -268°C	(গ) 278°C	(ঘ) -278°C
-----------	------------	-----------	------------
- চার্লসের সূত্রানুসারে স্থির চাপে নির্দিষ্ট গ্যাসের ক্ষেত্রে মূলবিন্দুগামী সরলরেখা পাওয়া যাবে কী হলে?

(ক) P = V	(খ) V = KT	(গ) V = $\frac{1}{T}$	(ঘ) P = KT
-----------	------------	-----------------------	------------
- SATP তে তাপমাত্রা কত ধরা হয়?

(ক) 0°C	(খ) 10°C	(গ) 20°C	(ঘ) 25°C
---------	----------	----------	----------
- নিচের কোনটি বয়েল ও চার্লসের সমন্বয় সূত্র?

(ক) $V \propto \frac{1}{P}$	(খ) $V \propto T$	(গ) $\frac{PV}{T} = \text{ধ্রুবক}$	(ঘ) PT = V
-----------------------------	-------------------	------------------------------------	------------
- SATP তে—
 - কক্ষ তাপমাত্রা 298 K
 - গ্যাসের মোলার আয়তন 24.789 লিটার/মোল
 - 1-বায়ুমণ্ডলীয় চাপ
 নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii	(খ) i ও iii	(গ) ii ও iii	(ঘ) i, ii ও iii
------------	-------------	--------------	-----------------

পাঠ-৪.৪

গে-লুস্যাকের সূত্র ও অ্যাভোগেড্রো সূত্র



উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- গে-লুস্যাক এর আয়তন সংযোগ সূত্র ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- অ্যাভোগেড্রো সূত্র ব্যাখ্যা করতে পারবেন।



মুখ্য শব্দ

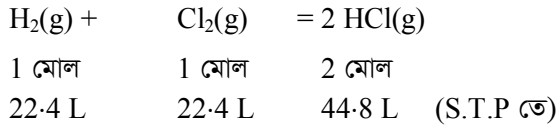
প্রযোজ্য, পূর্ণসংখ্যা, অ্যাভোগেড্রো সংখ্যা, সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক, গ্রাম অণু, গ্রাম পরমাণু, মোল।



গে-লুস্যাকের গ্যাস আয়তন সূত্র (Gay Lussac's Law of Gaseous Volume)

1808 সালে ফরাসি রসায়নবিদ গে-লুস্যাক সর্বপ্রথম প্রকাশ করেন যে, দুই বা ততোধিক গ্যাসের রাসায়নিক সংযোগ সর্বদা তাদের আয়তনের সরল অনুপাতে ঘটে। তাঁর নামানুসারে এই সূত্রটিকে গে-লুস্যাকের গ্যাস আয়তন সূত্র বলে। সূত্রটি হলো বিভিন্ন গ্যাসীয় পদার্থ যখন পরস্পরের সাথে বিক্রিয়া করে তখন-

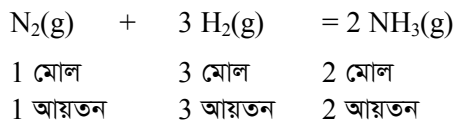
১. বিক্রিয়ক গ্যাসসমূহের আয়তনের মধ্যে সর্বদা একটি সরল অনুপাত বজায় থাকে।
২. উৎপাদ পদার্থ যদি গ্যাসীয় হয় তাহলে তার/তাদের আয়তনের সাথে বিক্রিয়ক গ্যাসসমূহের আয়তনের মধ্যেও একটি সরল অনুপাত বজায় থাকে। এক্ষেত্রে সকল গ্যাসের আয়তন একই তাপমাত্রা ও চাপে পরিমাপ করা হয়। যেমন- একই তাপমাত্রা ও চাপে হাইড্রোজেন ক্লোরিনের সাথে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে।



বিক্রিয়ার সমীকরণ হতে দেখা যায়, 1 অণু হাইড্রোজেন 1 অণু ক্লোরিনের সাথে বিক্রিয়া করে 2 অণু HCl গ্যাস উৎপন্ন করে। তাহলে 6.023×10^{23} টি হাইড্রোজেন অণু 6.02×10^{23} টি ক্লোরিন অণুর সাথে বিক্রিয়া করে $2 \times 6.02 \times 10^{23}$ টি হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অণু গঠন করে।

অর্থাৎ 1 মোল হাইড্রোজেন গ্যাস 1 মোল ক্লোরিন গ্যাসের সাথে বিক্রিয়া করে 2 মোল হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে। অ্যাভোগেড্রোর সূত্রানুসারে, একই তাপমাত্রা ও চাপে সকল গ্যাসের মোলার আয়তন সমান এবং প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 22.4 L। সুতরাং প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 22.4 L হাইড্রোজেন গ্যাস 22.4 L ক্লোরিন গ্যাসের সাথে বিক্রিয়া করে 44.8 L হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে। অতএব হাইড্রোজেন, ক্লোরিন ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসের অনুপাত = 22.4 : 22.4 : 44.8 = 1 : 1 : 2 যা একটি সরল অনুপাত।

একইভাবে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং সেক্ষেত্রে একই তাপমাত্রা ও চাপে গ্যাসসমূহের আয়তনের অনুপাত 1 : 3 : 2 হচ্ছে একটি সরল অনুপাত।



গে-লুস্যাকের চাপের সূত্র

Gay-Lussac's Law of Pressure of Gases

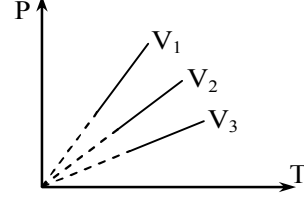
1802 খ্রিষ্টাব্দে গে-লুসাক নির্দিষ্ট ভরের স্থির আয়তনের উপর তাপমাত্রা ও চাপের সম্পর্কসূচক সূত্র প্রকাশ করেন। যা গে-লুসাকের চাপের সূত্র নামে পরিচিত।

সূত্রটি হচ্ছে— “স্থির আয়তনে কোনো নির্দিষ্ট ভরবিশিষ্ট গ্যাসের চাপ ঐ গ্যাসের পরম (বা কেলভিন) তাপমাত্রার সমানুপাতিক।” স্থির আয়তনে (V) কোনো গ্যাসের T তাপমাত্রায় চাপ P হলে চাপের সূত্রানুসারে—

$$P \propto T \text{ [যখন V স্থির]}$$

$$\text{বা, } P = KT$$

$$\text{বা, } \frac{P}{T} = K$$



চিত্র-৪.১: P বনাম T লেখচিত্র
মূলবিন্দুগামী সরল রেখা

যদি ঐ নির্দিষ্ট ভর গ্যাসের তাপমাত্রা $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$ এর জন্য গ্যাসটির চাপ যথাক্রমে $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ হয় তাহলে $\frac{P}{T}$

$$= \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \frac{P_3}{T_3} = \dots = \frac{P_n}{T_n} = K \text{ (স্থির)}$$

এটি গে-লুসাকের চাপ সূত্রের গাণিতিক সমীকরণ।

অ্যাভোগেড্রোর সূত্র (Avogadro's Law)

১৮১১ সালে ইতালীয় পদার্থবিজ্ঞানী অ্যাভোগেড্রো গ্যাসের আয়তন ও অণুর সংখ্যার মধ্যকার সম্পর্ক প্রকাশকারী যে সূত্র প্রদান করেন তাকে অ্যাভোগেড্রো সূত্র বলে। সূত্রটি হচ্ছে “স্থির তাপমাত্রা ও চাপে সমান আয়তনের সকল গ্যাসে সমান সংখ্যক অণু থাকে।”

পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণিত হয়েছে যে, স্থির তাপমাত্রা ও চাপে সকল গ্যাসের মোলার আয়তন সমান এবং প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে (Standard Temperature and Pressure— STP) যেকোনো গ্যাসের মোলার আয়তন **22.414 L**। আবার SATP (Standard Ambient Temperature and Pressure) এ যেকোনো গ্যাসের মোলার আয়তন **24.789 L**। এক্ষেত্রে 0°C বা 273 K তাপমাত্রা এবং 1 atm চাপকে STP বা প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপ বলে। অপরদিকে 25°C বা 298 K তাপমাত্রা এবং 1 atm চাপকে **SATP** বলে।

স্থির তাপমাত্রা ও চাপে কোনো গ্যাসের মোল সংখ্যা বাড়লে তার আয়তনও বৃদ্ধি পায় এবং মোল সংখ্যা হ্রাস করলে আয়তনও হ্রাস পায়। অর্থাৎ “স্থির তাপমাত্রা ও চাপে কোনো গ্যাসের আয়তন তার মোল সংখ্যার সমানুপাতিক।”

সুতরাং কোনো গ্যাসের আয়তন V এবং মোল সংখ্যা n হলে অ্যাভোগেড্রোর সূত্রানুসারে, $V \propto n$ (চাপ ও তাপমাত্রা স্থির থাকলে)
বা, $V = Kn$ (K সমানুপাতিক ধ্রুবক)।

[একই তাপমাত্রা ও চাপে যেকোনো গ্যাসের 1 মোলে সমান সংখ্যক অণু থাকে এবং তাপমাত্রা হ্রাস-বৃদ্ধিতে গ্যাসের অণুর সংখ্যার হ্রাস-বৃদ্ধি হয় না। কাজেই এসব গ্যাসকে শীতল করলে প্রথমে তরল ও পরে কঠিন পদার্থে পরিণত হয়। কিন্তু অণুর সংখ্যা হ্রাস বা বৃদ্ধি না হওয়ায় কঠিন বা তরল বা গ্যাসীয় যেকোনো পদার্থের এক মোলে একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ অণু থাকে। কোনো পদার্থের এক মোলে যে নির্দিষ্ট পরিমাণ অণু থাকে তাকে অ্যাভোগেড্রো সংখ্যা বলে।

একে N_A দ্বারা প্রকাশ করা হয়। অ্যাভোগেড্রোর সংখ্যার পরীক্ষালব্ধ মান $N_A = 6.023 \times 10^{23}$

অনুরূপভাবে n_1, n_2, \dots, n_n ইত্যাদি মোল সংখ্যাবিশিষ্ট গ্যাসের আয়তন V_1, V_2, \dots, V_n ইত্যাদি হলে
 $V_1 = Kn_1, V_2 = Kn_2, \dots$ ইত্যাদি।

$$\frac{V_1}{n_1} = K, \frac{V_2}{n_2} = K \dots \text{ ইত্যাদি।}$$

$$\text{অর্থাৎ } \frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} \dots \frac{V_n}{n_n} = K \text{ (ধ্রুবক)}$$

অর্থাৎ, একই তাপমাত্রা ও চাপে কোনো গ্যাসের আয়তন ও মোল সংখ্যার অনুপাত সর্বদাই স্থির।

মোলের ধারণা এবং অ্যাভোগেড্রোর সংখ্যা : কোনো পদার্থের আণবিক ভরকে গ্রামে প্রকাশ করলে তাকে এর গ্রাম আণবিক ভর বলে। অনুরূপভাবে, পারমাণবিক ভরকে গ্রামে প্রকাশ করলে তাকে গ্রাম পারমাণবিক ভর এবং আয়নিক ভরকে গ্রামে প্রকাশ করলে তাকে গ্রাম আয়নিক ভর বলে। এই গ্রাম আণবিক ভর বা গ্রাম পারমাণবিক ভর বা গ্রাম আয়নিক ভরকে মোল বলে। যেকোনো পদার্থের এক মোলের মধ্যে কণার সংখ্যা 6.023×10^{23} টি। এই সংখ্যাকে অ্যাভোগেড্রোর সংখ্যা বলে। একে N দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

যেমন : O_2 এর আণবিক ভর = 32

O_2 এর গ্রাম আণবিক ভর = 32 g

এক মোল O_2 = 32 g এতে O_2 এর অণুর সংখ্যা 6.023×10^{23} টি।

অনুরূপভাবে, O এর পারমাণবিক ভর = 16

O এর গ্রাম পরমাণবিক ভর = 16 g

এক মোল O এর মধ্যে পারমাণুর সংখ্যা = 6.023×10^{23} টি।

একইভাবে কোনো পদার্থের এক মোল আয়নে 6.023×10^{23} টি আয়ন থাকে। আবার এক মোল ইলেকট্রন বলতে 6.023×10^{23} টি ইলেকট্রনকে বোঝায়।

উদাহরণ-১ : 6.4×10^{-2} g O_2 এর মধ্যে এর কত মোল O_2 আছে?

সমাধান : আমরা জানি, $n = \frac{W}{M}$

$$\text{বা, } n = \frac{6.4 \times 10^{-2} \times 10^3}{32}$$

$$\therefore n = 2$$

এখানে, W = গ্রামে প্রকাশিত ভর

M = আণবিক ভর

n = মোল

উত্তর : 2 মোল O_2 আছে।

উদাহরণ-২ : 27°C উষ্ণতা ও 99.99 kPa চাপে 10 dm^3 CO_2 গ্যাসের মোল সংখ্যা, অণুর সংখ্যা ও অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা নির্ণয় করুন।

সমাধান : আদর্শ গ্যাস সমীকরণ হতে আমরা পাই, $PV = nRT$

$$\begin{aligned} \therefore n &= \frac{PV}{RT} \\ &= \frac{99.99 \times 10}{101.325 \times 0.0821 \times 298} \\ &= 0.403348582 \text{ mol} \end{aligned}$$

এখানে,

$n = \text{CO}_2$ গ্যাসের মোল সংখ্যা = ?

R = মোলার গ্যাস ধ্রুবক = $0.0821 \text{ L.atm.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

P = CO_2 গ্যাসের উপর আরোপিত চাপ = 99.99 kPa
= $99.99/101.325 \text{ atm}$.

V = CO_2 গ্যাসের আয়তন = $10 \text{ dm}^3 = 10 \text{ L}$

T = কেলভিন স্কেলে তাপমাত্রা = $(25 + 273) \text{ K} = 298 \text{ K}$.

CO_2 এর মোল সংখ্যা 0.403348582 টি

1 মোল CO_2 গ্যাসের মধ্যে উহার অণুর সংখ্যা 6.023×10^{23} টি

0.403348582 মোল CO_2 গ্যাসের মধ্যে উহার অণুর সংখ্যা

$$= 0.403348582 \times 6.023 \times 10^{23} = 2.4293658 \times 10^{23} \text{ টি}$$

CO_2 এর অণুর সংখ্যা = 2.4293658×10^{23} টি

CO_2 এর প্রতিটি অণুতে দুটি করে অক্সিজেন পরমাণু বর্তমান।

\therefore অক্সিজেনের পরমাণুর সংখ্যা = 4.858737×10^{23} টি।

অক্সিজেনের পরমাণুর সংখ্যা 4.858737×10^{23} টি।

উত্তর : 0.403348582 mol , 2.4293658×10^{23} টি অণু, 4.858737×10^{23} টি পরমাণু

উদাহরণ-৩ : STP তে 6 dm^3 গ্যাসের ভর 8.5714 g , 27°C উষ্ণতায় ও 1 atm চাপে 500 cm^3 গ্যাসের ভর কত?

সমাধান : STP তে 6 dm^3 গ্যাসের ভর 8.5714 g

$$\therefore \text{STP তে } 22.4 \text{ dm}^3 \text{ গ্যাসের ভর } \frac{8.5714 \times 22.4}{6}$$

$$= 31.9998 \text{ g}$$

গ্যাসের গ্রাম আণবিক ভর = $31.9998 \text{ g.mol}^{-1}$.

আদর্শ গ্যাস সমীকরণ হতে আমরা জানি,

$$PV = nRT = \frac{g}{M} RT$$

$$\therefore g = \frac{PVM}{RT}$$

$$\therefore g = \frac{PVM}{RT} = \frac{1 \times 0.5 \times 31.9998}{0.0821 \times 300} = 0.6496 \text{ g}.$$

উত্তর : গ্যাসের ভর 0.6496 g .

এখানে,

g = গ্যাসের ভর = ?

M = গ্যাসের গ্রাম আণবিক ভর = $31.9998 \text{ g.mol}^{-1}$.

R = মোলার গ্যাস ধ্রুবক = $0.0821 \text{ L.atm.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

P = গ্যাসের চাপ = 1 atm .

V = গ্যাসের আয়তন = $500 \text{ cm}^3 = 0.5 \text{ L}$

T = কেলভিন স্কেলে তাপমাত্রা = $(27 + 273) \text{ K} = 300 \text{ K}$.

নিজে করুন :

- ১। 27°C উষ্ণতা ও 99.99 kPa চাপে 0.5 dm^3 হাইড্রোকার্বনের ভর 0.52087 g এর আণবিক ভর কত? [উত্তর : 26 g]
- ২। পানি পূর্ণ একটি পাত্র প্রতি ঘণ্টায় 150 mg ভর হারায়। প্রতি সেকেন্ডে পাত্রটি থেকে কতটি জলীয় বাষ্পের অণুর সৃষ্টি হয়? [উত্তর : 1.3942×10^{18} টি।]
- ৩। STP তে 6 dm^3 গ্যাসের ভর 8.5714 g , 27°C উষ্ণতায় ও 1 atm চাপে 500 cm^3 গ্যাসের ভর কত? [উত্তর : 0.6496 g]
- ৪। কোনো নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে 4.2 gm NH_3 6.5 L আয়তন দখল করে। ঐ একই উষ্ণতা ও চাপে 1.25×10^{23} অণু CO_2 এর আয়তন কত? [উত্তর : 5.460219 L]
- ৫। একটি পানির পাত্র হতে প্রতি ঘণ্টায় 250 mg পানি জলীয় বাষ্পে পরিণত হয়। প্রতি সেকেন্ডে পাত্রটি থেকে কতটি জলীয় বাষ্পের অণুর সৃষ্টি হয়? [উত্তর : 2.323689×10^{18} টি।]
- ৬। 0°C তাপমাত্রা ও 1.75 atm চাপে 175 cm^3 আয়তনের কোনো একটি দ্বিপরিমাণুক গ্যাসের ভর 0.5 g এর একটি পরিমাণুর ভর নির্ণয় করুন। [উত্তর : $2.656 \times 10^{-23} \text{ g}$]

অ্যাভোগেড্রোর সূত্রের ব্যাখ্যা : স্থির তাপমাত্রা ও চাপে $V \text{ L}$ আয়তনের বিভিন্ন পাত্রে H_2 , O_2 , N_2 , Cl_2 , CO_2 , NH_3 প্রভৃতি গ্যাস আছে। যদি H_2 গ্যাসের পাত্রে ঐ তাপমাত্রা ও চাপে N সংখ্যক অণু থাকে তাহলে ঐ একই তাপমাত্রা ও চাপে $V \text{ L}$ আয়তনের বিভিন্ন পাত্রে N_2 , Cl_2 , CO_2 , NH_3 ইত্যাদি গ্যাসগুলোতেও N সংখ্যক অণু থাকবে।



শিক্ষার্থীর কাজ

চিন্তা করে উত্তর দিন :

- ১। অ্যাভোগেড্রোর সূত্র গ্যাসের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য হলেও কঠিন বা তরলের জন্য প্রযোজ্য নয় কেন?
- ২। সকল বস্তুর 1.0 মোলে সমান সংখ্যক কণা থাকে। এই কথাটি সত্য না মিথ্যা?
- ৩। 2 গ্রাম হাইড্রোজেন গ্যাসে যে সংখ্যক কণা থাকে আবার $98 \text{ g H}_2\text{SO}_4$ এর মধ্যেও সেই একই সংখ্যক কণা থাকে। তাহলে H_2SO_4 এর কণার সাথে H_2 গ্যাসের কণার পার্থক্য কী?
- ৪। কোন পদার্থের এক গ্রাম অণুকে এক মোল বলা যাবে কি না?
- ৫। বয়েল ও চার্লসের সমন্বয় সূত্র থেকে আদর্শ গ্যাসের সূত্র প্রতিষ্ঠা করা যাবে কি না? যুক্তি দিন।



সার-সংক্ষেপ :

- অ্যাভোগেড্রোর সূত্র : স্থির তাপমাত্রা ও চাপে সমান আয়তনের সকল গ্যাসে সমান সংখ্যক অণু থাকে।
- অ্যাভোগেড্রোর সংখ্যা : গ্রাম আণবিক ভর বা গ্রাম পারমাণবিক ভর বা গ্রাম আয়নিক ভরকে মোল বলে। যেকোনো পদার্থের এক মোলের মধ্যে কণার সংখ্যা 6.023×10^{23} টি। এই সংখ্যাকে অ্যাভোগেড্রোর সংখ্যা বলে। একে N দ্বারা প্রকাশ করা হয়।
- গে-লুসাকের গ্যাস সূত্র : কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী গ্যাসের আয়তন এবং উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন সব সময় একটি পূর্ণ সংখ্যার অনুপাত হবে।
- গে-লুসাকের চাপ সূত্র : স্থির আয়তনে কোনো নির্দিষ্ট ভরবিশিষ্ট গ্যাসের চাপ ঐ গ্যাসের পরম (বা কেলভিন) তাপমাত্রার সমানুপাতিক।
- গ্রাম-পরমাণু : কোনো মোলের পারমাণবিক ভরকে গ্রাম এককে প্রকাশ করলে যত গ্রাম হয়, তত গ্রাম ভরের মোলকে ঐ মোলের এক গ্রাম পরমাণু বলা হয়।
- গ্রাম-অণু বা গ্রাম-মোল : কোনো মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের আণবিক ভরকে গ্রাম এককে প্রকাশ করলে যত গ্রাম হয়, তত গ্রাম ভরের পদার্থকে ঐ পদার্থের এক গ্রাম-অণু বা এক গ্রাম-মোল বলা হয়।



পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৪.৪

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

১। অ্যাভোগেড্রোর সূত্রের গাণিতিক রূপ—

(ক) $V \propto n$

(খ) $\frac{1}{n} \propto V$

(গ) $\frac{n}{V} = \text{ধ্রুবক}$

(ঘ) $nV = \text{ধ্রুবক}$

২। এক গ্রাম পরমাণু অক্সিজেন বলতে কী বুঝায়?

(ক) ৪ g অক্সিজেনকে

(খ) ১৬ g অক্সিজেনকে

(গ) ২৪ g অক্সিজেনকে

(ঘ) ৩২ g অক্সিজেনকে

৩। একটি কার্বন পরমাণুর ভর কত?

(ক) ১২ g

(খ) 6.023×10^{23} g

(গ) 6.023×10^{-23} g

(ঘ) $1.9923626 \times 10^{-21}$ g

৪। কোনো গ্যাসের চাপ (P) ও আরোপিত পরম তাপমাত্রা (T) এর মধ্যে সম্পর্ক—

(ক) $\frac{T}{P} = KT$

(খ) $P = KT$

(গ) $PT = K$

(ঘ) $P = \frac{T}{K}$

৫। গে-লুসাকের চাপ সূত্রে মূলবিন্দুগামী সরলরেখা পাওয়া যায়—

(ক) চাপ ও তাপমাত্রার মধ্যে

(খ) চাপ ও আয়তনের মধ্যে

(গ) তাপমাত্রা ও আয়তনের মধ্যে

(ঘ) চাপ ও ঘনমাত্রার মধ্যে

৬। 6.023×10^{23} সমান—

i. এক মোল অণুতে অণুর সংখ্যা

ii. এক মোল পরমাণুতে পরমাণুর সংখ্যা

iii. এক মোল আয়নে আয়নের সংখ্যা

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii

(খ) i ও iii

(গ) ii ও iii

(ঘ) i, ii ও iii

পাঠ-৪.৫

আদর্শ গ্যাস



উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- আদর্শ গ্যাস সমীকরণ প্রতিষ্ঠিত করতে পারবেন।
- মোলার গ্যাস ধ্রুবক R এর তাৎপর্য ব্যাখ্যা দিতে পারবেন।
- বিভিন্ন এককে মোলার গ্যাস ধ্রুবক R এর মান নির্ণয় করতে পারবেন।



মুখ্য শব্দ

আদর্শ গ্যাস, বাস্তব গ্যাস, মোলার গ্যাস ধ্রুবক, সন্ধি তাপমাত্রা।



আদর্শ গ্যাস (Ideal Gas)

যে গ্যাসসমূহ সকল তাপমাত্রা ও চাপে বয়েলের সূত্র, চার্লসের সূত্র, অ্যাভোগাড্রোর সূত্র তথা আদর্শ গ্যাস সমীকরণ $PV = nRT$ কে মেনে চলে তাদেরকে আদর্শ গ্যাস বলে। প্রকৃতপক্ষে কোনো গ্যাসই সম্পূর্ণরূপে গ্যাস সূত্রসমূহ তথা $PV = nRT$ সমীকরণ মেনে চলে না। আদর্শ গ্যাস হলো একটি কাল্পনিক গ্যাস। স্থির তাপমাত্রায় আদর্শ গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তি আয়তনের উপর নির্ভর করে না।

আদর্শ গ্যাসের বৈশিষ্ট্য (Characteristics of Ideal Gas)

আদর্শ গ্যাসে নিচের উল্লিখিত বৈশিষ্ট্যসমূহ বর্তমান থাকে।

১. স্থির তাপমাত্রায় গ্যাসের চাপ ও আয়তনের গুণফল একটি ধ্রুবক। অর্থাৎ $PV = K$ । তাই এক্ষেত্রে যদি স্থির তাপমাত্রায় চাপ বনাম PV এর লেখ অঙ্কন করা যায় তবে তা একটি সরলরেখা হবে।
২. আদর্শ গ্যাস সকল তাপমাত্রা ও চাপে $PV = nRT$ সমীকরণ মেনে চলে।
৩. স্থির তাপমাত্রায় আদর্শ গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তি এর আয়তনের উপর নির্ভরশীল নয়। অর্থাৎ স্থির তাপমাত্রায় আদর্শ গ্যাসের আয়তনের পরিবর্তন হলেও এদের অভ্যন্তরীণ শক্তির কোনো পরিবর্তন ঘটে না।
৪. চাপ অপরিবর্তিত রেখে গ্যাসের তাপমাত্রা 0°C হতে -273.15°C কমালে গ্যাসের আয়তন শূন্য হয়।

আদর্শ গ্যাস সমীকরণ (Equation of an ideal gas)

নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন V , চাপ P , উষ্ণতা T এবং গ্রাম-অণুর সংখ্যা n হলে,

বয়েলের সূত্রানুসারে, $V \propto \frac{1}{P}$ (যখন n ও T স্থির);

চার্লসের সূত্রানুসারে, $V \propto T$ (যখন n ও P স্থির);

অ্যাভোগাড্রো সূত্রানুসারে, $V \propto n$ (যখন P ও T স্থির);

অতএব, $V \propto \frac{nT}{P} \times T$ (যখন, n , T ও P প্রত্যেকটিই পরিবর্তিত হয়)

$$\therefore V = \frac{nKT}{P} \text{ (এখানে, } K \text{ আপেক্ষিক গ্যাস ধ্রুবক)}$$

$$\therefore PV = nKT$$

প্রকৃত অর্থে এক মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে বয়েল ও চার্লসের সূত্রের সমন্বিত রূপটি হলো $PV = RT$ । এ সমীকরণে ধ্রুবক K -এর মান গ্যাসের প্রকৃতি ও ভরের উপর নির্ভরশীল। কেননা, নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে যেকোনো গ্যাসের আয়তন তার ভরের উপর নির্ভর করে

থাকে। কিন্তু 1 মোল বা 1 গ্রাম-অণু গ্যাসের ক্ষেত্রে K-এর মান যে গ্যাসের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে না তা অ্যাভোগেড্রো সূত্রের সাহায্যে সহজেই প্রমাণ করা যায়। অ্যাভোগেড্রো সূত্রানুসারে, একই তাপমাত্রা ও চাপে সম-আয়তন সব গ্যাসের মধ্যে সমান সংখ্যক অণু থাকে। আবার, 1 মোল যেকোনো গ্যাসের অণুর সংখ্যা সমান। সুতরাং যেকোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে 1 মোল যেকোনো গ্যাসের আয়তন একই থাকবে।

তাই 1 মোল যেকোনো গ্যাসের ক্ষেত্রে $\frac{PV}{T}$ এর মান বা K এর মান একই হবে। 1 মোল পরিমাণ যেকোনো গ্যাসের জন্য K এর মানকে R দ্বারা প্রকাশ করা হয়ে থাকে। R-কে বলা হয় মোলার গ্যাস ধ্রুবক। R-এর মান সব গ্যাসের ক্ষেত্রে একই হয় R-এর মান গ্যাসের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল নয়। তাই একে সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবকও বলা হয়। যে কারণে 1 মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে $PV = RT$ সমীকরণটিকে $PV = RT$ রূপে প্রকাশ করা হয়ে থাকে। n মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে $PV = nRT$ ।

এ সমীকরণটিকে বলা হয় n মোল আদর্শ গ্যাসের অবস্থার সমীকরণ। সমীকরণটি আদর্শ গ্যাস সমীকরণ নামেও পরিচিত। সমীকরণটির একটি উল্লেখযোগ্য বৈশিষ্ট্য হলো, সমীকরণটিতে গ্যাসের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল এমন কোনো রাশি নেই। তাই সমীকরণটিকে যেকোনো আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রেই প্রয়োগ করা যায়।

R এর ভৌত তাৎপর্য (Physical significance of R)

n মোল আদর্শ গ্যাসের অবস্থার সমীকরণ, $PV = nRT$. $\therefore R = \frac{PV}{nT}$

R এর ভৌত তাৎপর্য এ রাশির মাত্রা নির্ণয়ের মাধ্যমে জানা যায়।

R এর মাত্রা = $\frac{\text{চাপের মাত্রা} \times \text{আয়তনের মাত্রা}}{\text{মোল সংখ্যা} \times \text{তাপমাত্রার মাত্রা}}$

এখন, চাপের মাত্রা = $\frac{\text{বলের মাত্রা}}{\text{ক্ষেত্রফলের মাত্রা}} = \frac{\text{বলের মাত্রা}}{(\text{দৈর্ঘ্যের মাত্রা})^2}$ এবং আয়তনের মাত্রা = (দৈর্ঘ্যের মাত্রা)^৩

এছাড়া তাপমাত্রাকে প্রধানত কেলভিন এককে (K) প্রকাশ করা হয়।

R এর মাত্রা = $\frac{\frac{\text{বলের মাত্রা}}{(\text{দৈর্ঘ্যের মাত্রা})^2} \times (\text{দৈর্ঘ্যের মাত্রা})^3}{\text{মোল} \times K} = \frac{\text{বলের মাত্রা} \times \text{দৈর্ঘ্যের মাত্রা}}{\text{মোল} \times K} = \frac{\text{কাজ}}{\text{মোল} \times K}$

সুতরাং 1 K তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য প্রতি মোল আদর্শ গ্যাস থেকে যে পরিমাণ কাজ বা শক্তি পাওয়া যায়, তার মান R এর সমান। এটিই R এর ভৌত তাৎপর্য।

বিভিন্ন এককে মোলার গ্যাস ধ্রুবক R এর মান (Value of molar gas constant in different units)

কাজ বা শক্তিকে বিভিন্ন এককে প্রকাশ করা যায়, তাই বিভিন্ন এককে 'R' এর মান বিভিন্ন হয়। অর্থাৎ R ধ্রুবক হলেও এটি শুধু সংখ্যা মাত্র নয়, কাজ বা শক্তির বিভিন্ন এককের উপর R এর মান নির্ভরশীল।

(ক) CGS পদ্ধতিতে 'R' এর মান :

$$PV = nRT. \therefore R = \frac{PV}{nT}$$

এখানে P = CGS পদ্ধতিতে প্রমাণ চাপ = 76 সে.মি.

উচ্চ পারদ স্তরের চাপ = $76 \times 13.6 \times 981$ ডাইন. সে.মি.^{-২} (পারদের ঘনত্ব = 13.6 gcm^{-3})

V = CGS পদ্ধতিতে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রা 1 মোল গ্যাসের আয়তন = 22400 সে.মি.^৩.

T = প্রমাণ ও তাপমাত্রা = 273.16 K. n = 1 মোল

$$\therefore R = \frac{76 \times 13.6 \times 98 \text{ dyn.cm}^{-2} \times 22400 \text{ cm}^3}{1 \text{ mol} \times 273 \text{ K}}$$

$$= 8.314 \times 10^7 \text{ erg.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$$

মনে রাখবেন : এক্ষেত্রে হিসাবের সঠিক মান নির্ধারণের জন্য প্রমাণ তাপমাত্রাকে 273 K এর পরিবর্তে সঠিক মান 273.16 K ধরা হয়েছে। এটি আন্তর্জাতিকভাবে স্বীকৃত মান।

(খ) লিটার বায়ু চাপে 'R' এর মান :

এ এককে প্রমাণ চাপ = 1 atm. প্রমাণ তাপমাত্রা = 273.16 K, প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 1 মোল গ্যাসের আয়তন 22.4 L এবং n = 1 মোল.

$$\therefore R = \frac{PV}{nT} = \frac{1 \text{ atm} \times 22.4 \text{ L}}{1 \text{ mol} \times 273 \text{ K}} = 0.0821 \text{ L.atm.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}.$$

(গ) SI এককে 'R' এর মান :

এ এককে প্রমাণ চাপ = 1 atm = 101.325 kPa = 101.325 × 10³ Pa = 1.01325 × 10⁵ N.m⁻²,. প্রমাণ তাপমাত্রা = 273.16 K, প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 1 মোল গ্যাসের আয়তন 22.4 L এবং n = 1 মোল.

$$\therefore R = \frac{PV}{nT} = \frac{1.01325 \times 10^5 \text{ N.m}^{-2} \times 22.4 \text{ L}}{1 \text{ mol} \times 273 \text{ K}} = 8.314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}.$$

বিভিন্ন এককে R-এর মান নির্ণয় :

এককের পদ্ধতির নাম	$R = \frac{PV}{nT}$	মান ও একক
CGS	$R = \frac{1013216 \text{ dyn.cm}^{-2} \times 22400 \text{ cm}^3}{1 \text{ mol} \times 273 \text{ K}}$	$R = 8.314 \times 10^7 \text{ erg.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}.$
SI	$R = \frac{101325 \text{ Nm}^{-2} \times 22.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{1 \text{ mol} \times 273 \text{ K}}$	$R = 8.314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}.$
লিটার বায়ুমণ্ডলীয়	$R = \frac{1 \text{ atm} \times 22.4 \text{ L}}{1 \text{ mol} \times 273 \text{ K}}$	$R = 0.0821 \text{ L.atm.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}.$

উদাহরণ-১ : 35°C তাপমাত্রা ও 770 mm (Hg) চাপে 405.33 cm³ আয়তনের কোনো একটি গ্যাসের ভর 0.455g হলে গ্যাসের আণবিক ভর নির্ণয় করুন।

সমাধান : আদর্শ গ্যাস সমীকরণ হতে আমরা পাই, $PV = nRT = \frac{g}{M}RT.$

$$\begin{aligned} \therefore M &= \frac{gRT}{PV} \\ &= \frac{0.455 \times 0.0821 \times 308 \times 760}{770 \times 405.33 \times 10^{-3}} \\ &= 28.0168 \text{ g.mol}^{-1}. \end{aligned}$$

∴ গ্যাসের আণবিক ভর 28.0168 g.mol⁻¹.

এখানে,

M = গ্যাসের আণবিক ভর = ?

$$P = 770 \text{ mm(Hg)} = \frac{770}{760} \text{ atm}$$

$$R = \text{মোলার গ্যাস ধ্রুবক} = 0.0821 \text{ L.atm.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

$$T = \text{কেলভিন স্কেলে তাপমাত্রা} = (35 + 273) \text{ K} = 308 \text{ K.}$$

$$V = \text{গ্যাসের আয়তন} = 405.33 \text{ mL} = 405.33 \times 10^{-3} \text{ L}$$

$$g = 0.455 \text{ g}$$

উত্তর : গ্যাসের আণবিক ভর 28.0168 g.mol⁻¹.

উদাহরণ-২ : 1.4628 g ভরের একটি অজ্ঞাত গ্যাস 37°C তাপমাত্রায় যে আয়তন দখল করে 0.1839 g H₂ গ্যাস একই চাপে এবং 17°C তাপমাত্রায় একই আয়তন দখল করে। অজ্ঞাত গ্যাসের আণবিক ভর কত?

সমাধান : মনে করি, অজ্ঞাত গ্যাসের আণবিক ভর M₁

আদর্শ গ্যাস সমীকরণ হতে আমরা পাই—

$$\text{অজ্ঞাত গ্যাসের ক্ষেত্রে, } P_1 V_1 = \frac{g_1}{M_1} RT_1 \dots\dots\dots(i)$$

$$\text{হাইড্রোজেনের ক্ষেত্রে, } P_2 V_2 = \frac{g_2}{M_2} RT_2 \dots\dots\dots(ii)$$

যেহেতু দুটি ক্ষেত্রে আয়তন ও চাপ উভয়ই স্থির, সেহেতু $P_1 V_1 = P_2 V_2$

∴ (i) নং ও (ii) নং সমীকরণের সমতা হতে লেখা যায়—

$$\frac{g_1}{M_1} RT_1 = \frac{g_2}{M_2} RT_2$$

$$\therefore M_1 = \frac{g_1 T_1 M_2}{g_2 T_2}$$

$$= \frac{1.4628 \times 310 \times 2}{0.1839 \times 290} = 17.0057$$

এখানে,

$M_1 =$ অজ্ঞাত গ্যাসের আণবিক ভর = ?

$M_2 =$ হাইড্রোজেনের আণবিক ভর = 2


$g_1 =$ অজ্ঞাত গ্যাসের ভর = 1.4628 g

$g_2 =$ হাইড্রোজেন গ্যাসের ভর = 0.1839 g


$T_1 = (37 + 273) \text{ K} = 310 \text{ K}$

$T_2 = (17 + 273) \text{ K} = 290 \text{ K}$

উত্তর : অজ্ঞাত গ্যাসের আণবিক ভর 17.

	শিক্ষার্থীর কাজ
---	------------------------

	<p>১। 25°C তাপমাত্রায় ও 95.95 kPa চাপে 0.64 g O₂ এর আয়তন কত? [উত্তর : 516.726 cm³]</p> <p>২। স্থির চাপে 10°C তাপমাত্রায় 0.19 g H₂ যে আয়তন দখল করে ঐ একই চাপে 37°C তাপমাত্রায় 3.5565g ভরের অপর একটি অজ্ঞাত গ্যাস একই আয়তন দখল করে। অজ্ঞাত গ্যাসটির আণবিক ভর নির্ণয় করুন। [উত্তর : 44.127]</p> <p>৩। 27°C তাপমাত্রায় একটি পাত্রে 18.5 g CO₂ গ্যাস রক্ষিত আছে। পাত্রটিকে 37°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করায় কিছু পরিমাণ গ্যাস বেরিয়ে গেল, ফলে চাপ অপরিবর্তিত ছিল। বেরিয়ে যাওয়া গ্যাসের মোল সংখ্যা নির্ণয় করুন। উত্তর : 1.3563 × 10⁻² mol CO₂।</p> <p>৪। 20°C তাপমাত্রায় ও কোনো নির্দিষ্ট চাপে 0.17105 g H₂ যত আয়তন দখল করে ঐ একই চাপে কিন্তু 25°C তাপমাত্রায় 3.7 g অপর একটি গ্যাস সমআয়তন দখল করে। গ্যাসটির আণবিক ভর নির্ণয় করুন। [উত্তর : 44]</p> <p>৫। 37°C তাপমাত্রা ও 95.95 kPa চাপে 16 g অক্সিজেনের আয়তন কত? উত্তর : 13.43836 dm³।</p>
--	--

	সার-সংক্ষেপ :
---	----------------------

	<ul style="list-style-type: none"> ● আদর্শ গ্যাস : যে গ্যাসসমূহ সকল তাপমাত্রা ও চাপে বয়েলের সূত্র, চার্লসের সূত্র, অ্যাভোগাড্রোর সূত্র তথা আদর্শ গ্যাস সমীকরণ $PV = nRT$ কে মেনে চলে তাদেরকে আদর্শ গ্যাস বলে। প্রকৃতপক্ষে কোনো গ্যাসই সম্পূর্ণরূপে গ্যাস সূত্রসমূহ তথা $PV = nRT$ সমীকরণ মেনে চলে না। আদর্শ গ্যাস হলো একটি কাল্পনিক গ্যাস। স্থির তাপমাত্রায় আদর্শ গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তি আয়তনের উপর নির্ভর করে না। ● CGS পদ্ধতিতে 'R' এর মান : $8.314 \times 10^7 \text{ erg.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$ ● লিটার বায়ু চাপে 'R' এর মান : $0.0821 \text{ L.atm.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$. ● SI এককে 'R' এর মান : $8.314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.
--	---



পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৪.৫

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

১। কোনো গ্যাস গ্যাসীয় সূত্রসমূহ মেনে চললে তার আচরণ কোন সমীকরণ দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়?

(ক) $PV = \frac{n}{T}$

(খ) $PV = nRT$

(গ) $PV = KT$

(ঘ) $P \propto \frac{1}{V}$

২। R এর মাত্রা—

(ক) $\frac{\text{চাপের মাত্রা} \times \text{আয়তনের মাত্রা}}{\text{মোল সংখ্যা} \times \text{তাপমাত্রার মাত্রা}}$

(খ) $\frac{\text{চাপের মাত্রা} \times \text{তাপমাত্রার মাত্রা}}{\text{মোল সংখ্যা} \times \text{আয়তনের মাত্রা}}$

(গ) $\frac{\text{চাপের মাত্রা} \times \text{মোল সংখ্যা}}{\text{আয়তনের মাত্রা} \times \text{তাপমাত্রার মাত্রা}}$

(ঘ) $\frac{\text{তাপমাত্রার মাত্রা} \times \text{আয়তনের মাত্রা}}{\text{মোল সংখ্যা} \times \text{চাপের মাত্রা}}$

৩। CGS পদ্ধতিতে R এর মান কত?

(ক) $8.314 \times 10^7 \text{ erg.mol}^{-1}\text{K}^{-1}$

(খ) $83.14 \times 10^7 \text{ erg.mol}^{-1}\text{K}^{-1}$

(গ) $8.314 \times 10^5 \text{ erg.mol}^{-1}\text{K}^{-1}$

(ঘ) $83.14 \times 10^5 \text{ erg.mol}^{-1}\text{K}^{-1}$

৪। সাধারণ গ্যাসগুলো আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ মেনে চলে—

i. উচ্চ চাপে

ii. নিম্নচাপে

iii. উচ্চ তাপমাত্রায়

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii

(খ) i ও iii

(গ) ii ও iii

(ঘ) i, ii ও iii

৫। মোলার গ্যাস ধ্রুবক R-এর ক্ষেত্রে প্রযোজ্য—

i. ক্যালরি এককে এর মান $1.987 \text{ calK}^{-1}\text{mol}^{-1}$

ii. SI এককে এর মান $8.314 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$

iii. এর মাত্রা কাজ ডিগ্রি⁻¹ মোল⁻¹

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii

(খ) i ও iii

(গ) ii ও iii

(ঘ) i, ii ও iii

পাঠ-৪.৬

বাস্তব গ্যাস



উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- বাস্তব গ্যাস সম্পর্কে ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- বাস্তব গ্যাসের আদর্শ আচরণ থেকে বিচ্যুতির কারণ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- বাস্তব গ্যাসের আদর্শ আচরণ করার শর্ত ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- গ্যাসের গতিতত্ত্বের স্বীকার্য বর্ণনা করতে পারবেন।



মুখ্য শব্দ

বিচ্যুতি, অভ্যন্তরীণ শক্তি, অ্যামাগা বক্স, আন্তঃআণবিক আকর্ষণ।



বাস্তব গ্যাস (Real Gas)

যে গ্যাসসমূহ সকল তাপমাত্রা ও চাপে বয়েলের সূত্র, চার্লসের সূত্র, অ্যামাগাড্রোর সূত্র তথা আদর্শ গ্যাস সমীকরণ $PV = nRT$ কে মেনে চলে না তাদেরকে বাস্তব গ্যাস বলে। সংক্ষেপে বলা যায়, বাস্তবে যে গ্যাসগুলো পাওয়া যায় তাদেরকে বাস্তব গ্যাস বলে। H_2 , N_2 , O_2 , CO_2 প্রভৃতি গ্যাস বাস্তব গ্যাসের উদাহরণ।

উচ্চতাপমাত্রা ও নিম্ন চাপে বাস্তব গ্যাস আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে। কিন্তু বিপরীত শর্তে বিচ্যুতি বেশ দেখায়।

বাস্তব গ্যাসের বৈশিষ্ট্য (Characteristics of Real Gas)

বাস্তব গ্যাসের নিচের উল্লিখিত বৈশিষ্ট্যসমূহ বর্তমান থাকে-

১. বাস্তব গ্যাসসমূহ যথাযথভাবে আদর্শ গ্যাস সমীকরণ $PV = nRT$ মেনে চলে না।
২. বাস্তব গ্যাসের অণুসমূহের মধ্যে আকর্ষণ বল বা বিকর্ষণ বল বিদ্যমান।
৩. বাস্তব গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তি আয়তনের উপর নির্ভরশীল।
৪. নিম্নচাপ যেমন 1 atm বা তার নিচের চাপ এবং উচ্চ তাপমাত্রায় বাস্তব গ্যাসসমূহ মোটামুটিভাবে প্রায় আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে থাকে।
৫. বাস্তব গ্যাসের ক্ষেত্রে গ্যাস অণুগুলোর মধ্যকার সংঘর্ষ স্থিতিস্থাপক হয় না। এ কারণে আন্তঃসংঘর্ষজনিত কারণে তাপের পরিবর্তন ঘটে।
৬. বাস্তব গ্যাসের ক্ষেত্রে সংকোচনশীল গুণক, $Z = \frac{PV}{RT} \neq 1$ ।
৭. গ্যাস অণুগুলোর মধ্যে পারস্পরিক আকর্ষণ বল কার্যকরী হলেও অতি উচ্চ তাপমাত্রা ও নিম্ন চাপে এরা আদর্শ গ্যাসের মতো আচরণ করে।

আদর্শ গ্যাস ও বাস্তব গ্যাসের মধ্যে পার্থক্য

(Difference between Ideal Gas and Real Gas) :

পার্থক্য সূচক বৈশিষ্ট্য	বাস্তব গ্যাস	আদর্শ গ্যাস
১। সংজ্ঞা	যে গ্যাস সকল তাপমাত্রা ও চাপে বয়েলের সূত্র, চার্লসের সূত্র, অ্যামাগাড্রোর সূত্র মেনে চলে না এবং যাদের আয়তনের উপর	যে গ্যাস সকল তাপমাত্রা ও চাপে গ্যাস সূত্রসমূহ বিশেষ করে বয়েলের সূত্র, চার্লসের সূত্র, অ্যামাগাড্রোর সূত্র যথাযথভাবে মেনে চলে, তাদের আদর্শ গ্যাস বলা হয়।

	অভ্যন্তরীণ শক্তি নির্ভরশীল তাদের বাস্তব গ্যাস বলা হয়।	
২। প্রকৃতিতে অবস্থান	আমাদের চারপাশে যে গ্যাসগুলোকে আমরা দেখি সেগুলো বাস্তব গ্যাস। যেমন— H ₂ , N ₂ , O ₂ , CO ₂ প্রভৃতি বাস্তব গ্যাস	প্রকৃত অর্থে প্রকৃতিতে আদর্শ গ্যাস বলে কোনো গ্যাস নেই। এটি একটি কল্পনা প্রসূত ধারণা মাত্র।
৩। পারস্পরিক আকর্ষণ বল	বাস্তব গ্যাস অণুগুলোর মধ্যে পারস্পরিক আকর্ষণ বল বিদ্যমান।	আদর্শ গ্যাস অণুগুলোর মধ্যে পারস্পরিক আকর্ষণ বল থাকে না।
৪। তরলীকরণ	বাস্তব গ্যাস সমূহকে অতি উচ্চ চাপ প্রয়োগ করে নিম্ন তাপমাত্রায় তরলে পরিণত করা সহজ।	আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে একে কোনো অবস্থাতেই তরল করা সম্ভবপর নয়।
৫। অণুর আকার ও আয়তন	বাস্তব গ্যাসের অণুগুলোর নির্দিষ্ট আকার ও আয়তন বর্তমান।	আদর্শ গ্যাস অণুগুলোর আয়তনকে পাত্রের আয়তনের তুলনায় খুবই নগণ্য ধরা হয়।
৬। সংকোচনশীলতা গুণক	বাস্তব গ্যাসের সংকোচনশীলতা গুণক, Z এর মান কখনোই 1 হয় না। Z এর মান 1 অপেক্ষা কম বা বেশি হয়।	আদর্শ গ্যাসের সংকোচনশীলতা গুণক, Z এর মান 1 হতে হয়।
৭। শূন্য চাপে	শূন্য চাপের বিরুদ্ধে প্রসারিত করলে গ্যাসের তাপমাত্রার হ্রাস ঘটে।	শূন্য চাপের বিরুদ্ধে প্রসারিত করলে গ্যাসের তাপমাত্রার কোনো পরিবর্তন হয় না।
৮। অভিকর্ষ বল	বাস্তব গ্যাসের উপর অভিকর্ষ বলের প্রভাব কার্যকর হয়।	আদর্শ গ্যাসের উপর অভিকর্ষ বলের প্রভাব কার্যকর হয় না।
৯। আচরণ	বাস্তব গ্যাসগুলো অতি উচ্চ তাপমাত্রা ও নিম্ন চাপে আদর্শ গ্যাসের অনুরূপ ধর্ম প্রদর্শন করে।	আদর্শ গ্যাসগুলো সকল তাপমাত্রা ও চাপে গ্যাসের গতিতত্ত্বের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ আচরণ করে।
১০। স্থিতিস্থাপক	বাস্তব গ্যাসের অণুগুলোর সংঘর্ষ সম্পূর্ণ স্থিতিস্থাপক নয়। সংঘর্ষের ফলে শক্তির হ্রাস ঘটে।	আদর্শ গ্যাস অণুগুলোর মধ্যকার সংঘর্ষ সম্পূর্ণ স্থিতিস্থাপক হয়।

বাস্তব গ্যাসের আদর্শ আচরণ থেকে বিচ্যুতি

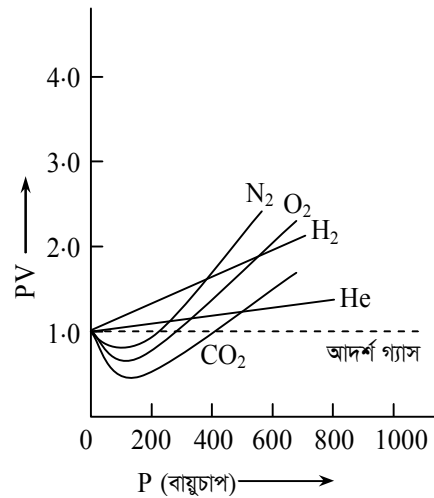
(Deviation of Real Gases from Ideal behavior's) :

বাস্তব গ্যাসসমূহ আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে না। একমাত্র নিম্ন চাপে এবং উচ্চ তাপমাত্রায় বাস্তব গ্যাসগুলো আদর্শ আচরণ থেকে বিচ্যুতি দেখায় না। বাস্তব গ্যাসের আদর্শ গ্যাসের আচরণ থেকে বিচ্যুতি নিম্নের সমীকরণ দ্বারা ব্যাখ্যা করা যায়।

$$PV = ZnRT$$

$$\text{বা, } Z = \frac{PV}{RT} \dots\dots\dots (i)$$

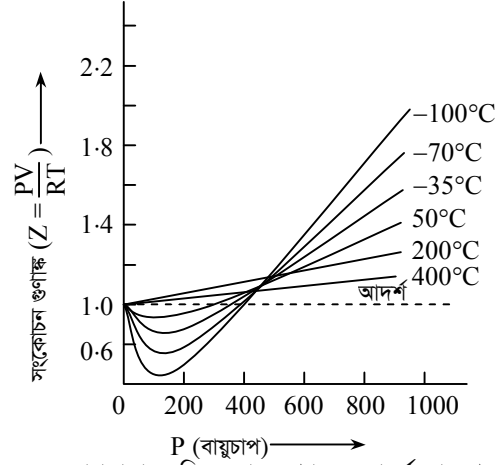
এখানে Z-কে সংনমন ফ্যাক্টর (Compressibility Factor) বলে। নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় Z-এর মান গ্যাসের প্রযুক্ত চাপের উপর নির্ভরশীল। আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে $Z = 1$ । স্থির তাপমাত্রায় বিভিন্ন গ্যাসের চাপ (P) এবং আয়তনের (V) গুণফল (PV) বনাম চাপ (P) এর গ্রাফ অঙ্কন করলে দেখা যায় যে, CO₂ এবং O₂ গ্যাসের PV এর মান প্রথমে হ্রাস পায় এবং পরে বৃদ্ধি পায় কিন্তু H₂, He এবং Ne গ্যাসের PV এর মান চাপ (P) বৃদ্ধির সাথে ক্রমান্বয়ে বৃদ্ধি পেতেই থাকে।



চিত্র-৬.১ : অ্যামাগা বক্র : বিভিন্ন গ্যাসের আয়তনের ভিত্তিতে PV বনাম P লেখচিত্র

গ্রাফ থেকে দেখা যায় যে,

- (i) সকল গ্যাসের কার্ভ চাপ হ্রাসের সাথে সাথে Z-এর আদর্শ মানের কাছাকাছি চলে আসে অর্থাৎ নিম্ন চাপে বাস্তব গ্যাসসমূহ আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে।
- (ii) স্বাভাবিক বা মধ্যম চাপে অর্থাৎ যখন $PV < RT$ তখন বাস্তব গ্যাসগুলো আদর্শ গ্যাসের আচরণের গ্রাফ থেকে ঋণাত্মক বিচ্যুতি দেখায়। অর্থাৎ $Z < 1$ হয়।
- (iii) উচ্চ চাপে যখন $PV > RT$ তখন বাস্তব গ্যাসের আদর্শ গ্যাসের কার্ভ থেকে ধনাত্মক বিচ্যুতির কার্ভ পাওয়া যায়। অর্থাৎ $Z > 1$ হয়।



চিত্র-৬.২ : তাপমাত্রার বৃদ্ধিতে বাস্তব গ্যাসের আদর্শ আচরণ প্রদর্শন
বিভিন্ন তাপমাত্রায় নাইট্রোজেন গ্যাসের সংকোচন গুণক

সন্ধি তাপমাত্রা : প্রতিটি বাস্তব গ্যাসীয় পদার্থের একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতা আছে যে উষ্ণতার ওপরে গ্যাসটিকে রেখে যতই চাপ প্রয়োগ করা হোক না কেন সেটিকে আর তরলে পরিণত করা সম্ভব হয় না সেই উষ্ণতাকে উক্ত গ্যাসের সন্ধি তাপমাত্রা বলে। CO_2 গ্যাসের ক্ষেত্রে এর মান 31.1°C ।

সন্ধি চাপ : কোনো বাস্তব গ্যাসকে সন্ধি তাপমাত্রায় রেখে সেটির উপর ন্যূনতম যে চাপ প্রয়োগ করে সেটিকে তরলে পরিণত করা যায় সেই চাপকে উক্ত গ্যাসের সন্ধি চাপ বলা হয়।

বাস্তব গ্যাসসমূহের আদর্শ আচরণ করার শর্ত

(Condition for Ideal behaviour of Real Gases)

গ্যাসের গতিতত্ত্বের সকল স্বীকার্য আদর্শ গ্যাসের জন্য প্রযোজ্য হলেও দুটি স্বীকার্য বাস্তব গ্যাসের জন্য প্রযোজ্য নয়। এ দুটি স্বীকার্য হচ্ছে—

১। গ্যাসের অণুসমূহের নিজস্ব আয়তন গ্যাস পাত্রের আয়তনের তুলনায় নগণ্য।

২। গ্যাসাণুসমূহের মধ্যে কোনো আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল নেই।

গ্যাসের গতিতত্ত্বের যেসব স্বীকার্যের উপর ভিত্তি করে আদর্শ গ্যাস সমীকরণ $PV = nRT$ প্রতিপাদন করা হয়েছে তাতে উপর্যুক্ত দুটি স্বীকার্য সঠিক নয়। তাই বাস্তব গ্যাসসমূহ আদর্শ গ্যাস সমীকরণ মেনে চলে না বা আদর্শ আচরণ করে না। বিজ্ঞানী ভ্যানডার ওয়ালস আদর্শ গ্যাসের উপর্যুক্ত ত্রুটিপূর্ণ স্বীকার্য দুটি বাস্তব গ্যাসের জন্য সংশোধন করেন।


১ম ত্রুটির সংশোধন : তাঁর মতে, গ্যাসগুলোর নিজস্ব আয়তন পাত্রের আয়তনের তুলনায় একেবারে নগণ্য নয়। তাই আদর্শ গ্যাস সমীকরণে ব্যবহৃত পাত্রের আয়তন বা পাত্রের গ্যাসগুলোর মুক্ত চলাচলের স্থান V ধরা হয়েছে। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে তা সঠিক নয়। এক্ষেত্রে ঐ গ্যাসে যদি n মোল গ্যাস থাকে এবং প্রতি মোল গ্যাস অণুর নিজস্ব আয়তন b হলে গ্যাসাণুসমূহের মুক্ত স্থান $(V - nb)$ হয়।

২য় ত্রুটির সংশোধন : গ্যাসের অণুসমূহের মধ্যে কোনো আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল নেই। গতিতত্ত্বের এই স্বীকার্যটি উচ্চচাপ ও নিম্ন তাপমাত্রায় প্রযোজ্য নয়। তাই V আয়তনের পাত্রের n মোল বাস্তব গ্যাস যে চাপ প্রয়োগ করে তা হচ্ছে $\left(P + \frac{n^2a}{V^2}\right)$ । এক্ষেত্রে $\frac{n^2a}{V^2}$ হচ্ছে গ্যাসের অণুর আণবিক আকর্ষণ বল। তাই আদর্শ গ্যাসের অবস্থার সমীকরণ,


$$\left(P + \frac{n^2a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT.$$

এই সমীকরণটি ভ্যানডার ওয়ালস সমীকরণ নামে পরিচিত। যেখানে a ও b হচ্ছে ধ্রুবক। এই সমীকরণ থেকে দেখা যাচ্ছে যে, নিম্নচাপে ও উচ্চ তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন খুব বেশি হয় এবং $\frac{n^2a}{V^2}$ পদটির মান খুবই নগণ্য হয়। তাই গ্যাসের অণুসমূহের আণবিক আকর্ষণ বল খুব নগণ্য হয় এবং অতি নিম্নচাপে এবং অতি উচ্চ তাপমাত্রায় গ্যাসাণুগুলোর এই আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল বিলুপ্ত হয়। অর্থাৎ গ্যাসাণুগুলোর মধ্যে আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল থাকে না।

সুতরাং অতি নিম্নচাপে এবং অতি উচ্চ তাপমাত্রায় বাস্তব গ্যাসাণুগুলো আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে। আবার অতি নিম্নচাপে এবং উচ্চ তাপমাত্রায় গ্যাসের অণুগুলোর দখলকৃত আয়তনের তুলনায় গ্যাসাণুগুলোর নিজস্ব আয়তন খুবই কম হওয়ায় বাস্তব গ্যাস আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে। এ কারণে যতই উচ্চ তাপমাত্রা ও নিম্নচাপ ব্যবহৃত হয় বাস্তব গ্যাসগুলো ততই আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে। যে উচ্চ তাপমাত্রার উর্ধ্বে কোনো বাস্তব গ্যাস আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে তাকে বয়েলের তাপমাত্রা বলে।

	শিক্ষার্থীর কাজ
---	------------------------

১। বয়েল তাপমাত্রা কী?
২। 32 g অক্সিজেনের জন্য বাস্তব গ্যাসের সমীকরণটি লিখুন।
৩। 44 g CO ₂ এর জন্য ভ্যানডার ওয়ালস সমীকরণটি লিখুন
৪। সাধারণ তাপমাত্রায় CO ₂ ও N ₂ গ্যাসের মধ্যে কোনটির বিচ্যুতি বেশি হবে এবং কেন?

	সার-সংক্ষেপ :
---	----------------------

<ul style="list-style-type: none"> • সন্ধি তাপমাত্রা : প্রতিটি বাস্তব গ্যাসীয় পদার্থের একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতা আছে যে তাপমাত্রায় ওপরে গ্যাসটিকে রেখে যতই চাপ প্রয়োগ করা হোক না কেন সেটিকে আর তরলে পরিণত করা সম্ভব হয় না সেই তাপমাত্রাকে উক্ত গ্যাসের সন্ধি তাপমাত্রা বলে। CO₂ গ্যাসের ক্ষেত্রে এর মান 31.1°C. • সন্ধি চাপ : কোনো বাস্তব গ্যাসকে সন্ধি তাপমাত্রায় রেখে সেটির উপর ন্যূনতম যে চাপ প্রয়োগ করে সেটিকে তরলে পরিণত করা যায় সেই চাপকে উক্ত গ্যাসের সন্ধি চাপ বলা হয়।

	পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৪.৬
---	-------------------------------

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

- ১। আদর্শ গ্যাসের জন্য চাপ P হলে বাস্তব গ্যাসের জন্য চাপ—
 (ক) $P + P_a$ (খ) $P +$ আন্তঃআণবিক শক্তি (গ) $P + 2P_a$ (ঘ) $P -$ আন্তঃআণবিক শক্তি
- ২। n মোল বাস্তব গ্যাসের জন্য বাস্তব গ্যাসের সমীকরণ হবে—
 (ক) $\left(P - \frac{n^2 a}{V^2}\right) (V - nb) = nRT$ (খ) $\left(P - \frac{n^2 a}{V^2}\right) (V + nb) = nRT$
 (গ) $\left(P + \frac{n^2 a}{V^2}\right) (V - nb) = nRT$ (ঘ) $\left(P + \frac{n^2 a}{V^2}\right) (V + nb) = nRT$
- ৩। উচ্চ তাপমাত্রা ও নিম্নচাপে বাস্তব গ্যাসসমূহ—
 i. আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে
 ii. আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে
 iii. কঠিন অবস্থা প্রাপ্ত হয়
 নিচের কোনটি সঠিক?
 (ক) i (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii
- ৪। $\frac{n^2 a}{V^2}$ এর মান শূন্য হলে—
 i. বাস্তব গ্যাসের সমীকরণ আদর্শ গ্যাসের সমীকরণে পরিণত হয়
 ii. চাপ ক্রটি শূন্য হয়
 iii. বাস্তব গ্যাসের সমীকরণ $PV = nRT$ তে রূপান্তরিত হয়
 নিচের কোনটি সঠিক?
 (ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

পাঠ-৪.৭

ডাল্টনের আংশিক চাপসূত্র



উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- আংশিক চাপ সম্পর্কে ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- ডাল্টনের আংশিক চাপ সূত্রের ব্যাখ্যা দিতে পারবেন।
- ডাল্টনের আংশিক চাপ সূত্রকে গাণিতিকভাবে প্রকাশ করতে পারবেন।
- আংশিকচাপ ও মোল ভগ্নাংশের মধ্যে সম্পর্কে স্থাপন করতে পারবেন।



মুখ্য শব্দ

ডাল্টন, আংশিক চাপ, মোল ভগ্নাংশ, মোল সংখ্যা, মোট চাপ।



ডাল্টনের আংশিক চাপ সূত্র

(Dalton's Law of Partial Pressure)

পরস্পরের সাথে বিক্রিয়া করে না এরকম বিভিন্ন গ্যাসকে একত্রে মিশ্রিত করলে গ্যাস মিশ্রণের প্রতিটি উপাদান গ্যাস পাত্রে পৃথকভাবে একটি নির্দিষ্ট চাপ প্রয়োগ করে। বিজ্ঞানী জন ডালটন ১৮০২ সালে স্থির তাপমাত্রায় গ্যাস মিশ্রণের উপাদানসমূহের নিজস্ব চাপের সাথে গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপের সম্পর্কসূচক যে সূত্র প্রকাশ করেন তা ডালটনের আংশিক চাপ সূত্র নামে পরিচিত। সূত্রটি নিম্নরূপ :

“কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পরস্পর বিক্রিয়াহীন কোনো গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ ঐ তাপমাত্রায় উপাদান গ্যাসসমূহের আংশিক চাপের সমষ্টির সমান।”

এক্ষেত্রে কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় গ্যাস মিশ্রণের কোনো একটি উপাদান পৃথকভাবে মিশ্রণের সমান আয়তন একাকী দখল করলে যে চাপ প্রয়োগ করে তাকে ঐ উপাদানটির আংশিক চাপ বলে। যদি স্থির তাপমাত্রায় কোনো গ্যাস মিশ্রণের পাত্রের আয়তন V , গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ P , গ্যাস মিশ্রণের উপাদান গ্যাসগুলোর আংশিক চাপ $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ হয়, তাহলে ডালটনের আংশিক চাপ সূত্রানুসারে,

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n \dots\dots\dots (i)$$

স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট আয়তনের সিলিভারে নির্দিষ্ট পরিমাণ মিথেন গ্যাস পৃথকভাবে রাখলে তার চাপ ০.৫ atm, ঐ একই তাপমাত্রায় ঐ সিলিভারে কিছু ইথেন গ্যাস রাখলে চাপ ০.৮ atm। এখন ঐ তাপমাত্রায় সিলিভারটিতে মিথেন ও ইথেন গ্যাস একত্রে মিশ্রিত করলে ডালটনের আংশিক চাপ সূত্রানুসারে মিশ্রণের মোট চাপ হবে $(0.5 + 0.8) \text{ atm} = 1.3 \text{ atm}$ ।

মনে রাখবেন : একটি আবদ্ধ পাত্রের মধ্যে বিভিন্ন গ্যাস প্রবেশ করালে একটি গ্যাসীয় মিশ্রণ সৃষ্টি হয়। আবদ্ধ পাত্রে রাখা গ্যাসীয় মিশ্রণের প্রতিটি গ্যাসের আয়তন ও তাপমাত্রা একই হয়।

ডালটনের আংশিক চাপ সূত্রের গাণিতিক প্রকাশ

Expression of Dalton's Law of Partial Pressure

ধরা যাক, পরস্পর বিক্রিয়াহীন কতকগুলো গ্যাস V আয়তনের একটি পাত্রে রক্ষিত আছে। গ্যাসগুলোর আংশিক চাপ যথাক্রমে P_1, P_2, P_3, \dots মোল সংখ্যা যথাক্রমে n_1, n_2, n_3, \dots গ্যাসের মোট চাপ P এবং তাপমাত্রা T ।

আদর্শ গ্যাস সমীকরণ অনুযায়ী,

$$P_1V = n_1RT \text{ বা, } P_1 = n_1 \frac{RT}{V} \dots\dots\dots (i)$$

$$P_2V = n_2RT \text{ বা, } P_2 = n_2 \frac{RT}{V} \dots\dots\dots (ii)$$

$$P_3V = n_3RT \text{ বা, } P_3 = n_3 \frac{RT}{V} \dots\dots\dots (iii)$$

$$\therefore \text{ আমরা পাই, } P_1 + P_2 + P_3 + \dots = \frac{RT}{V} (n_1 + n_2 + n_3 + \dots) \dots\dots\dots (iv)$$

আবার গ্যাসের মোট চাপ P এবং আয়তন V এর জন্য আমরা পাই,

$$PV = (n_1 + n_2 + n_3 + \dots) RT$$

$$\text{বা, } P = (n_1 + n_2 + n_3 + \dots) \frac{RT}{V} \dots\dots\dots (v)$$

(iv) ও (v) নং সমীকরণ হতে পাই,

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots\dots\dots (vi)$$

এটিই ডালটনের আংশিক চাপ সূত্রের গাণিতিক প্রকাশ।

মনে রাখবেন : কোনো গ্যাস মিশ্রণের ডালটনের আংশিক চাপ সূত্র মেনে চলার ক্ষেত্রে দুটি শর্তের প্রয়োজন হয়।

১. গ্যাস মিশ্রণের উপাদান গ্যাসগুলোর মধ্যে কোনো ধরনের রাসায়নিক সংযোগ তথা রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটবে না।

২. গ্যাস মিশ্রণের উপাদান গ্যাসগুলোর অণুগুলোর মধ্যে কোনো আকর্ষণ বল থাকবে না।

বাস্তব সত্য হলো গ্যাস মিশ্রণের উপাদান গ্যাসগুলোর মধ্যে রাসায়নিক সংযোগ না ঘটলেও অণুগুলোর মধ্যে পারস্পরিক আকর্ষণ বল ক্রিয়া করে। কারণ প্রকৃত পক্ষে গ্যাসগুলো আদর্শ নয় বাস্তব গ্যাস। এ কারণে বাস্তব গ্যাসগুলো ডালটনের আংশিক চাপ সূত্র মেনে চলে না। তবে খুব নিম্ন চাপ ও খুব উচ্চ তাপমাত্রায় বাস্তব গ্যাসের অণুগুলোর মধ্যে আকর্ষণ বল থাকে না বললেই চলে। সুতরাং খুব নিম্ন চাপ ও খুব উচ্চ তাপমাত্রায় গ্যাস মিশ্রণ ডালটনের আংশিক চাপ সূত্র অনুসরণ করে থাকে।

গ্যাসের আংশিক চাপ এবং মোল ভগ্নাংশের মধ্যে সম্পর্ক

Relation Between Partial Pressure and Mole Fraction

ধরা যাক, পরস্পর বিক্রিয়াহীন কতকগুলো গ্যাস V আয়তনের একটি পাত্রের রক্ষিত আছে। গ্যাসগুলোর আংশিক চাপ যথাক্রমে P_1, P_2, P_3, \dots । মোল সংখ্যা যথাক্রমে n_1, n_2, n_3, \dots । গ্যাসের মোট চাপ P এবং তাপমাত্রা T।

আদর্শ গ্যাস সমীকরণ অনুযায়ী,

$$P_1V = n_1RT \text{ বা, } P_1 = n_1 \frac{RT}{V} \dots\dots\dots (i)$$

$$P_2V = n_2RT \text{ বা, } P_2 = n_2 \frac{RT}{V} \dots\dots\dots (ii)$$

$$P_3V = n_3RT \text{ বা, } P_3 = n_3 \frac{RT}{V} \dots\dots\dots (iii)$$

$$\text{এবং } PV = (n_1 + n_2 + n_3 + \dots) RT$$

$$\text{বা, } P = (n_1 + n_2 + n_3 + \dots) \frac{RT}{V} \dots\dots\dots (iv)$$

সমীকরণ (i) ÷ (iv) হতে পাই,

$$\frac{P_1}{P} = \frac{n_1}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots}$$

$$\text{বা, } P_1 = X_1 \cdot P \dots\dots\dots (v)$$

এখানে, $P_1 = 1$ ম গ্যাসের আংশিক চাপ, P = গ্যাসের মোট চাপ, $X_1 = 1$ ম গ্যাসের মোল ভগ্নাংশ

$$\text{এখানে } 1 \text{ম গ্যাসের মোল ভগ্নাংশ, } X_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots}$$

সমীকরণ (ii) ÷ (iv) হতে পাই,

$$\frac{P_2}{P} = \frac{n_2}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots}$$

$$\text{বা, } P_2 = X_2 \cdot P \dots \dots \dots \text{(vi)}$$

এখানে, $P_2 = ২য়$ গ্যাসের আংশিক চাপ, $P =$ গ্যাসের মোট চাপ, $X_2 = ২য়$ গ্যাসের মোল ভগ্নাংশ

(iii) ÷ (iv) হতে পাই,

$$\frac{P_3}{P} = \frac{n_3}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots}$$

$$\text{বা, } P_3 = X_3 \cdot P \dots \dots \dots \text{(vii)}$$

এখানে, $P_3 = ৩য়$ গ্যাসের আংশিক চাপ, $P =$ গ্যাসের মোট চাপ, $X_3 = ৩য়$ গ্যাসের মোল ভগ্নাংশ

(v), (vi) এবং (vii) নং সমীকরণ ব্যবহার করে পাই,

$$\text{আংশিক চাপ} = \text{মোল ভগ্নাংশ} \times \text{মোট চাপ}$$

মনে রাখবেন : কোনো সমসত্ত্ব মিশ্রণের প্রতি এক মোলে কোনো উপাদানের যে কয়টি মোল উপস্থিত থাকে তাকে ঐ উপাদানের মোল ভগ্নাংশ বলা হয়। মোল ভগ্নাংশ কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় যেকোনো ভৌত অবস্থার পদার্থের ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য।

ডালটনের আংশিক চাপ সূত্রের গাণিতিক প্রয়োগ

Applications of Dalton's Low of Partial Pressure

(ক) গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ নির্ণয় : বিভিন্ন পাত্রে একই তাপমাত্রায় বিভিন্ন গ্যাস আছে। এই গ্যাসগুলোকে একই তাপমাত্রায় পরস্পরের সাথে স্টপকর্কের সাহায্যে মিশ্রিত করলে মিশ্রণের মোট চাপ বয়েল ও ডালটনের সূত্রের সাহায্যে নির্ণয় করা যায়।

ধরি, T তাপমাত্রায় V_1 ও V_2 আয়তনের পাত্রে রাখা A ও B দুটি ভিন্ন গ্যাসের চাপ যথাক্রমে P_1 ও P_2 । এখন স্টপকর্ক খুলে দিলে গ্যাস দুটো পরস্পরের সাথে মিশ্রিত হয়।

গ্যাস মিশ্রণের মোট আয়তন = $V_1 + V_2$

মিশ্রিত অবস্থায় A ও B গ্যাসের আংশিক চাপ যথাক্রমে P_A ও P_B ।

$$\text{বয়েলের সূত্রানুসারে, } A\text{-গ্যাসের ক্ষেত্রে, } P_A(V_1 + V_2) = P_1V_1 \quad \text{বা, } P_A = \frac{P_1V_1}{V_1 + V_2} \dots \dots \dots \text{(i)}$$

$$B\text{-গ্যাসের ক্ষেত্রে, } P_B(V_1 + V_2) = P_2V_2 \quad \text{বা, } P_B = \frac{P_2V_2}{V_1 + V_2} \dots \dots \dots \text{(ii)}$$

ডালটনের আংশিক চাপ সূত্রানুসারে,

$$\text{গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ } P = P_A + P_B = \frac{P_1V_1}{V_1 + V_2} + \frac{P_2V_2}{V_1 + V_2} = \frac{P_1V_1 + P_2V_2}{V_1 + V_2} \dots \dots \dots \text{(iii)}$$

$$\text{দুইয়ের অধিক গ্যাস মিশ্রণের ক্ষেত্রে— } P = \frac{P_1V_1 + P_2V_2 + P_3V_3 + \dots}{V_1 + V_2 + V_3 + \dots} \dots \dots \dots \text{(iv)}$$

উপরের (i) ও (ii) নং সমীকরণ থেকে কোনো গ্যাসের আংশিক চাপ এবং (iii) ও (iv) নং সমীকরণ থেকে মিশ্রণের মোট চাপ নির্ণয় করা যায়।



চিত্র-১.১২: গ্যাসের আংশিক চাপ সূত্রের প্রয়োগ



সার-সংক্ষেপ :

- ডালটনের আংশিক চাপ সূত্র : কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পরস্পর বিক্রিয়াহীন কোনো গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ ঐ তাপমাত্রায় উপাদান গ্যাসসমূহের আংশিক চাপের সমষ্টির সমান।
- মূল ভগ্নাংশ : কোনো সমসত্ত্ব মিশ্রণের প্রতি এক মোলে কোনো উপাদানের যে কয়টি মোল উপস্থিত থাকে তাকে ঐ উপাদানের মোল ভগ্নাংশ বলা হয়। মোল ভগ্নাংশ কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় যেকোনো ভৌত অবস্থার পদার্থের ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য।



পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৪.৭

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

- ১। 0.5 atm মিথেন এবং 0.5 atm ইথেন গ্যাসের আংশিক চাপের যোগফল কত?
 (ক) 1 atm (খ) 2 atm
 (গ) 10.015 atm (ঘ) 101.325 atm
- ২। ডাল্টনের আংশিক চাপ সূত্রের গাণিতিক রূপ—
 (ক) $P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$
 (খ) $P = P_1 + P_2 - P_3 + \dots$
 (গ) $P = (P_1 + P_3) - (P_2 + P_4) + \dots$
 (ঘ) $P = (P_1 + P_2) - (P_3 + P_4) + \dots$
- ৩। আংশিক চাপ ও মোট চাপের মধ্যে সম্পর্ক কী?
 (ক) আংশিক চাপ \times মোল ভগ্নাংশ = মোট চাপ
 (খ) আংশিক চাপ = মোট চাপ \times মোল ভগ্নাংশ
 (গ) আংশিক চাপ \times মোট চাপ = মোল ভগ্নাংশ
 (ঘ) $\frac{\text{মোট চাপ}}{\text{আংশিক চাপ}} = \text{মোল ভগ্নাংশ}$
- ৪। মোট চাপ = $P_{\text{মোট}} = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$ হয় যখন—
 i. তাপমাত্রা স্থির
 ii. আয়তন স্থির
 iii. চাপ স্থির
 নিচের কোনটি সঠিক?
 (ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii
- ৫। মোল ভগ্নাংশ হচ্ছে—
 i. একটি উপাদানের মোল সংখ্যা
 ii. এককবিহীন রাশি
 iii. উপাদানের ও মিশ্রণের মোট মোল সংখ্যার অনুপাত
 নিচের কোনটি সঠিক?
 (ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

পাঠ-৪.৮

ব্যাপন ও অনুব্যাপন



উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- ব্যাপন ও অনুব্যাপনের ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- গ্রাহামের ব্যাপন সূত্রের গাণিতিক ব্যাখ্যা দিতে পারবেন।
- বিভিন্ন গ্যাসের ক্ষেত্রে ব্যাপনের হারের তুলনা করতে পারবেন।



মুখ্য শব্দ

ব্যাপন, ব্যাপনের হার, অনুব্যাপন, ঘনত্ব, নিঃসরণ, আণবিক ভর, ব্যাস্তানুপাতিক।



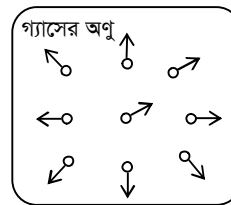
ব্যাপন ও নিঃসরণ (Diffusion and Effusion)

ব্যাপন (Diffusion) : এক গ্লাস পরিষ্কার পানিতে ২/১টি $KMnO_4$ এর দানা ছেড়ে দিন কিছুক্ষণ অপেক্ষা করুন দেখবেন গ্লাসের পানি নিচে থেকে ক্রমান্বয়ে উপরের দিকে হালকা বেগুনি বর্ণ হচ্ছে। আবার, একটি বড় আলুর উপরে কেটে একটি গর্ত করে খাদ্য লবণের ঘন দ্রবণ যোগ করুন। আলুটির নিচের অংশ কেটে একটি পিরিচের পানিতে বসিয়ে দিন। কিছুক্ষণ পর দেখবে পিরিচের পানি আলুর ভিতর দিয়ে লবণের দ্রবণে প্রবেশ করছে। প্রথম ক্ষেত্রে পানিতে $KMnO_4$ এর অণু পানিতে স্বতঃস্ফূর্তভাবে ছড়িয়ে পড়ছে এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে লবণ পানিতে আরও পানি প্রবেশ করে ঘন দ্রবণকে পাতলা দ্রবণে পরিণত করছে। এগুলোকে ব্যাপন প্রক্রিয়া বলে। অর্থাৎ যে প্রক্রিয়ায় কোনো গ্যাসীয় বা তরল পদার্থ স্বতঃস্ফূর্তভাবে অন্য কোনো গ্যাসীয় বা তরল মাধ্যমে ছড়িয়ে পড়ে বা অনুপ্রবেশ করে তাকে ব্যাপন বলে।

মনে রাখবেন : গ্যাসীয় পদার্থের অণুগুলো বিচ্ছিন্নভাবে অবিরাম দ্রুত গতিতে ছোটোছোটো করে। গ্যাসীয় পদার্থের অণুগুলোর গতির কারণে একটি গ্যাসের অণুগুলোর মধ্যে ফাঁকা স্থানের মধ্যে অপর গ্যাসের অণুগুলো প্রবেশ করে সমসত্ত্বভাবে চারদিকে ছড়িয়ে পড়ে। কোনো আবদ্ধ পাত্রে গ্যাস রাখলে গ্যাসীয় অণুগুলোর গতির কারণে পাত্রের দেয়ালের উপর চাপ প্রয়োগ করে। যদি পাত্রের দেয়াল ছিদ্র যুক্ত হয় তবে গ্যাসের অণুগুলোর গতির কারণে গ্যাস দেয়ালের সূক্ষ্ম ছিদ্র পথ দিয়ে বেরিয়ে আসে। এটিই কোনো গ্যাসের ব্যাপনের মূল কারণ।

ব্যাপন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে গ্যাসীয় কণার ঘনমাত্রা পাত্র বা কক্ষের সকল স্থানে সমান হয়। যেমন- ঘরের মধ্যে কোনো জায়গায় একটি সুগন্ধির শিশি বা বোতল ছিপি খুলে রেখে দিলে কিছুক্ষণের মধ্যে সমগ্র ঘরের মধ্যে সুগন্ধি বা সেন্ট ছড়িয়ে পড়ে। এটি ব্যাপন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে সমগ্র ঘরের মধ্যে ছড়িয়ে পড়ে।

নিঃসরণ (Effusion) : যে প্রক্রিয়ায় বাহ্যিক চাপের প্রভাবে কোনো গ্যাসীয় পদার্থ সরু ছিদ্র পথে একমুখীভাবে বেরিয়ে আসে বা নির্গত হয় তাকে নিঃসরণ বা অনুব্যাপন বলে।



ব্যাপন



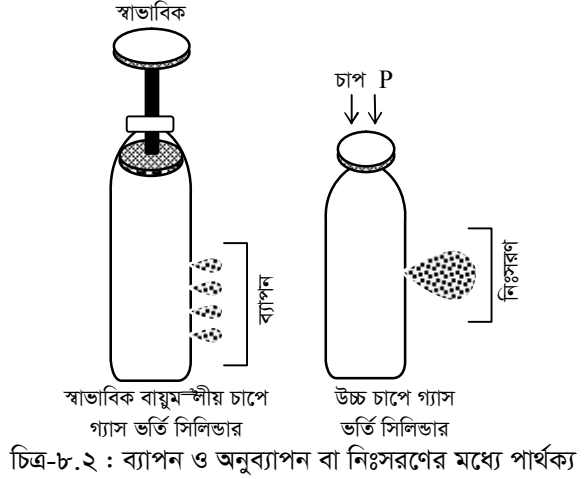
অনুব্যাপন

চিত্র-৮.১ : গ্যাসের ব্যাপন ও অনুব্যাপন বা নিঃসরণ

উদাহরণস্বরূপ, গ্যাসের পাইপ ছিদ্র হয়ে গেলে যে পথ দিয়ে সজোরে গ্যাস বের হয়ে আসে তার নাম নিঃসরণ।

নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে প্রতি একক সময়ে কোনো গ্যাসের যে পরিমাণ ব্যাপিত বা নিঃসরিত হয় তাকে ঐ গ্যাসটির ব্যাপন বা নিঃসরণ হার বলে। t সময়ে কোনো গ্যাসের V আয়তন ব্যাপিত হলে গ্যাসের ব্যাপন হার $r = \frac{V}{t}$

বিভিন্ন গ্যাসের ব্যাপন হার বিভিন্ন হয়। ব্যাপন হার অণু বা পরমাণুর ভর, তাপমাত্রা, ঘনত্ব ইত্যাদির উপর নির্ভর করে। সাধারণত গ্যাসের অণুর ভর বেশি হলে তার ব্যাপন হার কম এবং ভর কম হলে ব্যাপন হার বেশি হয়। যেমন- H_2 ও NH_3 এর মধ্যে H_2 গ্যাসের ব্যাপন হার NH_3 এর তুলনায় বেশি। কারণ H_2 অণুর ভর NH_3 অণুর তুলনায় কম।



মনে রাখবেন : কোন আবদ্ধ পাত্রে গ্যাস রাখলেও সে পাত্র হতে গ্যাস খুব ধীরে হলেও বের হয়ে আসে। পাত্রের গায়ের কঠিন পদার্থ দিয়ে তৈরি হলেও এর অণুগুলোর মধ্যে আন্তঃআণবিক ফাঁকা স্থান থাকার কারণে পাত্রের প্রাচীরের অংশ সচ্ছিদ্র হয়। এ সূক্ষ্ম ছিদ্র পথের মধ্য দিয়ে গ্যাস ধীরে ধীরে বের হয়ে আসে। কোনো পাত্রের দেয়ালের ভিতর দিয়ে গ্যাসের এ ধরনের বের হয়ে আসাকেও ব্যাপন বলা হয়।

গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র (Diffusion law of Graham) :

1829 খ্রিষ্টাব্দে বিজ্ঞানী টমাস গ্রাহাম গ্যাসের ব্যাপনের হারের সাথে ঘনত্বের একটি সম্পর্কসূচক সূত্র প্রকাশ করেন যা গ্রাহামের গ্যাস ব্যাপন সূত্র নামে পরিচিত।

সূত্রটি নিম্নরূপ : “নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে কোনো গ্যাসের ব্যাপনের হার এর ঘনত্বের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক।”

যদি গ্যাসের ব্যাপনের হার r এবং ঘনত্ব d হয় তবে এ সূত্রানুসারে,

$$r \propto \frac{1}{\sqrt{d}} \quad \text{বা, } r = K \cdot \frac{1}{\sqrt{d}} \quad (K = \text{সমানুপাতিক ধ্রুবক})$$

দুটি গ্যাস বিবেচনা করলে, ১ম গ্যাসের ক্ষেত্রে $r_1 = k \frac{1}{\sqrt{d_1}}$ ($r_1 = 1$ ম গ্যাসের ব্যাপনের হার এবং $d_1 = 1$ ম গ্যাসের ঘনত্ব)

২য় গ্যাসের ক্ষেত্রে,

$$r_2 = k \frac{1}{\sqrt{d_2}} \quad (r_2 = 2$$
য় গ্যাসের ব্যাপনের হার, $d_2 = 2$ য় গ্যাসের ঘনত্ব)

$$\therefore \frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}} \dots \dots \dots (i)$$

গ্রাহামের গ্যাস ব্যাপন সূত্রের সাহায্যে অজ্ঞাত গ্যাসের আণবিক ভর নির্ণয় :

১ম গ্যাসের আণবিক ভর M_1 এবং মোলার আয়তন V_1 এবং ২য় গ্যাসের আণবিক ভর M_2 এবং মোলার আয়তন V_2 হলে,

$$d_1 = \frac{M_1}{V_1} \quad \text{এবং} \quad d_2 = \frac{M_2}{V_2}$$

(i) নং সমীকরণ হতে পাই, $\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{M_2}{V_2} \times \frac{V_1}{M_1}}$

যেহেতু গ্যাসের তাপমাত্রা ও চাপ ধ্রুবক। তাই $V_1 = V_2$ হয়। সেক্ষেত্রে $\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}} \dots \dots \dots (2)$

আবার, ১ম গ্যাসের V আয়তন ব্যাপিত হতে t_1 এবং ২য় গ্যাসের ঐ একই আয়তন V ব্যাপিত হতে t_2 সময় ব্যয়িত হলে, $r_1 = \frac{V}{t_1}$

এবং $r_2 = \frac{V}{t_2}$ হবে।

(ii) নং সমীকরণে r_1 এবং r_2 এর মান বসিয়ে পাই,

$$\frac{\frac{V}{t_1}}{\frac{V}{t_2}} = \frac{M_2}{M_1} \quad \text{বা,} \quad \frac{V}{t_1} \times \frac{t_2}{V} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}} \quad \text{বা,} \quad \frac{t_2}{t_1} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}} \dots\dots\dots(iii)$$

উপর্যুক্ত (iii) নং সমীকরণ ব্যবহার করে দুটি গ্যাসের মধ্যে যেকোনো একটি অজানা গ্যাসের আণবিক ভর নির্ণয় করা যায়। এক্ষেত্রে একটি গ্যাস জানা থাকে।

মনে রাখবেন : গ্যাসের তাপমাত্রা বাড়ালে গ্যাস অণুগুলোর গতিবেগ বেড়ে যায়। এ গতিবেগ বেড়ে যাওয়ার কারণে পাত্রের ছিদ্র পথ দিয়ে পূর্বের চেয়ে অধিক সংখ্যক গ্যাসের অণু বেরিয়ে আসে। গ্যাসের ব্যাপনের হারও বেড়ে যায়। সুতরাং তাপমাত্রা বাড়ালে গ্যাসের ব্যাপনের হার বেড়ে যায়।

উদাহরণ-১ : একই উষ্ণতা ও চাপে একটি সরু ছিদ্রপথ দিয়ে সমআয়তনের অক্সিজেন এবং একটি অজ্ঞাত গ্যাসের নিঃসরণের জন্য যথাক্রমে ৫৬ সেকেন্ড এবং ৮০ সেকেন্ড সময় লাগে। অজ্ঞাত গ্যাসটির আণবিক ভর নির্ণয় করুন।

সমাধান : মনে করি, অজ্ঞাত গ্যাসের আণবিক ভর = M_2

আমরা জানি, $\frac{t_2}{t_1} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}} \dots\dots\dots(i)$

(i) নং সমীকরণে মানগুলো বসিয়ে পাই,

$$\frac{80}{56} = \sqrt{\frac{M_2}{32}} \quad \text{বা,} \quad \frac{(80)^2}{(56)^2} = \frac{M_2}{32}$$

$$\therefore M_2 = \frac{(80)^2 \times 32}{(56)^2} = 65.32 \text{ (Ans.)}$$

এখানে,

অক্সিজেন গ্যাসের নিঃসরণের সময়, $t_1 = 56 \text{ s}$

অজ্ঞাত গ্যাসের নিঃসরণের সময়, $t_2 = 80 \text{ s}$

অক্সিজেনের আণবিক ভর, $M_1 = 32 \text{ (O}_2 \text{ গ্যাস)}$

অজ্ঞাত গ্যাসের আণবিক ভর, $M_2 = ?$

উদাহরণ-২ : একই আয়তনের একটি অজ্ঞাত গ্যাস ও CO_2 এর পরিব্যাণ্ড হতে সময় লাগে যথাক্রমে ১৪৬ সেকেন্ড ও ১১৫ সেকেন্ড। অজ্ঞাত গ্যাসের আণবিক ভর নির্ণয় করুন।

সমাধান : মনে করি, অজ্ঞাত গ্যাসের আণবিক ভর M_1 এর $V \text{ cm}^3$ গ্যাস পরিব্যাণ্ড হয়।

অজ্ঞাত গ্যাসের ক্ষেত্রে, ১৪৬ সেকেন্ডে পরিব্যাণ্ড হয় $V \text{ cm}^3$ গ্যাস

$$\therefore 1 \text{ সেকেন্ডে পরিব্যাণ্ড হয় } \frac{V}{146} \text{ cm}^3 \text{ গ্যাস}$$

$$\therefore \text{ অজ্ঞাত গ্যাসের ব্যাপনের হার, } r_1 = \frac{V}{146} \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}.$$

CO_2 এর ক্ষেত্রে, ১১৫ সেকেন্ডে পরিব্যাণ্ড হয় $V \text{ cm}^3$ গ্যাস

$$\therefore 1 \text{ সেকেন্ডে পরিব্যাণ্ড হয় } \frac{V}{115} \text{ cm}^3 \text{ গ্যাস}$$

$$\therefore \text{ CO}_2 \text{ এর ব্যাপনের হার, } r_{\text{CO}_2} = \frac{V}{115} \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}.$$

গ্রাহামের ব্যাপন সূত্রের গাণিতিক ব্যাখ্যা হতে আমরা পাই,

$$\frac{r_1}{r_{\text{CO}_2}} = \left(\frac{M_{\text{CO}_2}}{M_1} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{বা, } \left(\frac{\frac{V}{146}}{\frac{V}{115}} \right) = \frac{44}{M_1}$$

$$\text{বা, } \left(\frac{115}{146} \right) = \frac{44}{M_1}$$

$$\text{বা, } 0.62042 = \frac{44}{M_1}$$

$$\therefore M_1 = 70.919$$

\therefore গ্যাসের আণবিক ভর 70.919

উত্তর : অজ্ঞাত গ্যাসের আণবিক ভর 70.919.

উদাহরণ-৩ : একই অবস্থায় $57 \text{ cm}^3 \text{ H}_2$ ও 10 cm^3 অজ্ঞাত গ্যাসের একটি স্বচ্ছিদ দেয়াল অতিক্রম করতে সমান সময় লাগে। অজানা গ্যাসের আণবিক ভর নির্ণয় করুন।

সমাধান : মনে করি, H_2 ও অজানা গ্যাসের স্বচ্ছিদ দেয়াল অতিক্রম করতে সময় লাগে t_1 সেকেন্ডে এবং অজানা গ্যাসের আণবিক ভর H_2 এর ক্ষেত্রে, t_1 সেকেন্ডে পরিব্যাণ্ড হয় 57 cm^3 গ্যাস।

$$\therefore 1 \text{ সেকেন্ডে পরিব্যাণ্ড হয় } \frac{57}{t_1} \text{ গ্রাম।}$$

$$\therefore \text{H}_2 \text{ এর ব্যাপনের হার} = r_{\text{H}_2} = \frac{57}{t} \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}.$$

অজানা গ্যাসের ক্ষেত্রে, t_1 সেকেন্ডে পরিব্যাণ্ড হয় 10 cm^3 গ্রাম।

$$\therefore 1 \text{ সেকেন্ডে পরিব্যাণ্ড হয় } \frac{10}{t} \text{ cm}^3 \text{ গ্যাস}$$

$$\therefore \text{অজানা গ্যাসের ব্যাপনের হার, } r = \frac{10}{t} \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}.$$

গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র হতে আমরা পাই,

$$\frac{r_{\text{H}_2}}{r} = \left(\frac{M}{M_{\text{H}_2}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{বা, } \left(\frac{\frac{57}{t}}{\frac{10}{t}} \right) = \left(\frac{M}{2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{বা, } \frac{57}{10} = \left(\frac{M}{2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{বা, } (5.7)^2 = \frac{M}{2}$$

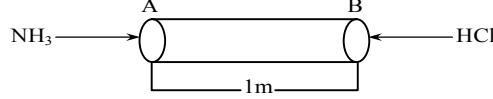
$$\therefore M = 64.98$$

\therefore অজানা গ্যাসের আণবিক ভর 64.98

উত্তর : আণবিক ভর 64.98.

চিন্তা করে উত্তর দিন :

- ১। A গ্যাসের ব্যাপনের হার B গ্যাস অপেক্ষা $\frac{1}{3}$ গুণ বেশি। গ্যাস দুটির ঘনত্বের সম্পর্ক নির্ণয় করুন।
- ২। A গ্যাসের আণবিক ভর B গ্যাস অপেক্ষা বেশি। স্থির তাপমাত্রায় কোনটির ব্যাপনের হার বেশি হবে?
- ৩।



A ও B কোন প্রান্তে গ্যাস দুটি এসে মিলিত হবে? যুক্তি দিন।

- ৪। গ্যাসের সিলিন্ডার লিক করে গ্যাস বের হয়ে যাওয়া অনুব্যাপন না ব্যাপন?
- ৫। বড় পাত্রের কর্নারে KMnO_4 রাখলে ধীরে ধীরে সমস্তপাত্রে ছড়িয়ে পড়ে। এটি কি ব্যাপন না অনুব্যাপন?
- ৬। O_2 , N_2 , F_2 , Cl_2 এর মধ্যে কোনটির ব্যাপনের হার বেশি? কারণ ব্যাখ্যা করুন।



শিক্ষার্থীর কাজ

- ১। যদি কোনো গ্যাস অক্সিজেন অপেক্ষা অর্ধগতিতে পরিব্যাপ্ত হয় তবে গ্যাসটির আণবিক ভর নির্ণয় করুন। উত্তর : 128.
- ২। কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একটি সূক্ষ্ম ছিদ্রপথ দিয়ে 30 সেকেন্ডে 16 m^3 হাইড্রোজেন গ্যাস পরিব্যাপ্ত হয়। একই অবস্থায় SO_2 এর কত আয়তন ব্যাপন প্রক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করবে। উত্তর : 2.828427 m^3 .
- ৩। একই অবস্থায় $57 \text{ cm}^3 \text{ H}_2$ গ্যাস ও 19.55 cm^3 অজ্ঞাত একটি গ্যাস স্বচ্ছিদ্র দেয়াল অতিক্রম করতে সমান সময় লাগলে অজ্ঞাত গ্যাসের আণবিক ভর কত? উত্তর : 17.
- ৪। 25°C তাপমাত্রায় ও 5 atm চাপে বিউটেন গ্যাস সিলিন্ডারের পাইপ দিয়ে আধা ঘণ্টায় 215 g গ্যাস নিঃসরিত হয়। ঐ সময়ে একই অবস্থার সিলিন্ডার থেকে সমপরিমাণ গ্যাস নির্গত হবে কি? কারণ বিশ্লেষণ করুন।
[উত্তর : না। মিথেন ও বিউটেনের নিঃসরণ হার ভিন্ন।]
- ৫। একই অবস্থার একটি ছিদ্র দিয়ে প্রতি মিনিটে 20 mL O_2 গ্যাস নিঃসরিত হয়। 35 সেকেন্ডে ঐ ছিদ্র পথে কত মিলি N_2 গ্যাস নিঃসরিত হবে? [উত্তর : 12.48 mL]
- ৬। সমআয়তনের X গ্যাস ও CO_2 গ্যাস ব্যাপিত হতে যে সময় লাগে তার অনুপাত 1.27 : 1। X গ্যাসের আণবিক ভর কত? [উত্তর : 71]
- ৭। একই তাপমাত্রা ও চাপে 8 mL Cl_2 গ্যাস ব্যাপিত হতে যে সময় লাগে A গ্যাসের 12.74 mL ব্যাপিত হতে একই সময় লাগে। A গ্যাসের আণবিক ভর নির্ণয় করুন।
[উত্তর : 28]



সার-সংক্ষেপ :

- ব্যাপন : যে প্রক্রিয়ায় কোনো গ্যাসীয় বা তরল পদার্থ স্বতঃস্ফূর্তভাবে অন্য কোনো গ্যাসীয় বা তরল মাধ্যমে ছড়িয়ে পড়ে বা অনুপ্রবেশ করে তাকে ব্যাপন বলে।
- নিঃসরণ : যে প্রক্রিয়ায় বাহ্যিক চাপের প্রভাবে কোনো গ্যাসীয় পদার্থ সরু ছিদ্র পথে একমুখীভাবে বেরিয়ে আসে বা নির্গত হয় তাকে নিঃসরণ বলে।
- গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র : নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে কোনো গ্যাসের ব্যাপনের হার এর ঘনত্বের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক।



পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৪.৮

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

১। ব্যাপনের হার—

(ক) $\frac{\text{নির্গত গ্যাসের আয়তন}}{\text{সময়}}$

(খ) $\frac{\text{নির্গত গ্যাসের চাপ}}{\text{সময়}}$

(গ) $\frac{\text{নির্গত গ্যাসের আয়তন}}{\text{চাপ}}$

(ঘ) $\frac{\text{নির্গত গ্যাসের চাপ}}{\text{আয়তন}}$

২। গাড়ির চাকার কোন পদার্থের উচ্চ ঘনত্ব হতে নিম্ন ঘনত্বের দিকে যাওয়াকে কী বলে?

(ক) ব্যাপন

(খ) অনুব্যাপন

(গ) নিঃসরণ

(ঘ) অভিশ্রবণ

৩। কোন প্রক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটে?

(ক) নিঃসরণ

(খ) অণুব্যাপন

(গ) ব্যাপন

(ঘ) পরিশ্রাবণ

৪। দুটি গ্যাসের বেলায় ব্যাপন সূত্রের গাণিতিক রূপ কোনটি?

(ক) $\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{d_1}{d_2}}$

(খ) $\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}}$

(গ) $\sqrt{\frac{r_1}{r_2}} = \frac{d_2}{d_1}$

(ঘ) $\frac{r_1}{r_2} = \frac{d_2}{d_1}$

৫। যেকোনো গ্যাসের ব্যাপনের হার তার—

i. তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে

ii. চাপের উপর নির্ভর করে

iii. ঘনত্বের উপর নির্ভর করে

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii

(খ) i ও iii

(গ) ii ও iii

(ঘ) i, ii ও iii

৬। ব্যাপনের ক্ষেত্রে—

i. মছুর গতিতে সম্পন্ন হয়

ii. স্বতঃস্ফূর্তভাবে সংঘটিত হয়

iii. নিম্ন ঘনত্বের স্থান থেকে উচ্চ ঘনত্বের স্থানে সংঘটিত হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii

(খ) i ও iii

(গ) ii ও iii

(ঘ) i, ii ও iii

পাঠ-৪.৯

বায়ুমন্ডলের ও গ্যাস সূত্রের প্রয়োগ



উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- বায়ুমন্ডলের উপাদান সম্পর্কে ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- বায়ুমন্ডলের বিভিন্ন স্তরের বর্ণনা করতে পারবেন।
- ঘূর্ণিঝড় ও জলোচ্ছ্বাস সৃষ্টিতে বায়ুর তাপ, চাপ ও ঘনত্ব ও জলীয়বাষ্পের অবস্থার পরিবর্তনের প্রভাব ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- গ্যাস সূত্র প্রয়োগ করে সিলিভারে গ্যাস সংরক্ষণ করতে পারবেন।



মুখ্য শব্দ

ঘূর্ণিঝড়, জলীয়বাষ্প, সাইক্লোন, টর্নেডো, জলোচ্ছ্বাস, গ্যাস সিলিভার, মারক্যাপটান।



বায়ুমণ্ডলের উপাদান (Components of Atmosphere)

শুষ্ক, স্বচ্ছ ও বিশুদ্ধ বায়ু বিশ্ব পরিবেশের জন্য একটি সার্বজনীন সম্পদ। জীবজগতের শ্বসন ক্রিয়ায় অক্সিজেন (O_2) গ্যাস অপরিহার্য এবং উদ্ভিদের সালোকসংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় শর্করা উৎপাদনে কার্বন ডাইঅক্সাইড (CO_2) গ্যাস অপরিহার্য। এ উভয় গ্যাসই বায়ুর স্বাভাবিক উপাদান। মূলত বায়ু হচ্ছে বিভিন্ন গ্যাসের মিশ্রণ। পৃথিবীকে কক্ষলের ন্যায় পরিবেষ্টনকারী বায়ুর পরিমণ্ডলকে বায়ুমণ্ডল বলা হয়। ভূপৃষ্ঠ হতে প্রায় 500 km পর্যন্ত বায়ুমণ্ডল বিস্তৃত।

শতকরা আয়তন হিসেবে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক বায়ুর প্রধান গ্যাসীয় উপাদান হচ্ছে—

নাইট্রোজেন গ্যাস (N_2) – 78.09%; অক্সিজেন গ্যাস (O_2) – 20.94%; কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস (CO_2) – 0.03%

বিভিন্ন নিষ্ক্রিয় গ্যাস খুবই কম পরিমাণে বায়ুতে বিদ্যমান থাকে। যেমন—

আর্গন (Ar) — প্রায় 0.01%; হিলিয়াম (He) — প্রায় 0.01%; নিয়ন (Ne) — প্রায় 0.01%

জেনন (Xe) — প্রায় 0.01%; ক্রিপটন (Kr) — প্রায় 0.01%

এছাড়াও বিভিন্ন গ্যাস অতি সামান্য পরিমাণে বায়ুতে বিদ্যমান থাকে। যেমন— মিথেন (CH_4) ($2 \times 10^{-4}\%$), অ্যামোনিয়া ($1 \times 10^{-6}\%$), কার্বন মনোঅক্সাইড (প্রায় $1.2 \times 10^{-5}\%$), নাইট্রাস অক্সাইড গ্যাস (প্রায় $2.5 \times 10^{-5}\%$) এবং হাইড্রোজেন গ্যাস অতি নগণ্য পরিমাণে থাকে। সময় ও স্থান ভেদে বায়ুতে বিভিন্ন পরিমাণে জলীয় বাষ্প পাওয়া যায়। বায়ুমণ্ডলের মোট গ্যাসীয় পদার্থের ভর প্রায় 5.5×10^{15} টন যা পৃথিবীর মোট ওজনের দশ লক্ষ ভাগের এক ভাগ।

[বায়ুমণ্ডলের ঘনত্বকে পিপিএম (Parts per million, 10^{-6}) বা পিপিবি (Parts per billion, 10^{-9}) বা পিপিটি (Parts per trillion, 10^{-12}) এককে প্রকাশ করা হয়।]

পৃথিবী পরিবেষ্টিত বায়ুর পরিমণ্ডলকে বায়ুমণ্ডল (Atmosphere) বলা হয়। বায়ুমণ্ডলকে উচ্চতা, চাপ ও তাপমাত্রার উপর ভিত্তি করে প্রধানত ৪টি অঞ্চলে ভাগ করা হয়। পৃথিবীর ভূপৃষ্ঠ হতে দূরত্ব ও তাপমাত্রা অনুসারে অঞ্চল বা স্তরগুলো হলো—

১। ট্রোপোস্ফিয়ার (Troposphere)

২। স্ট্রাটোস্ফিয়ার (Stratosphere)

৩। আয়নোস্ফিয়ার (Ionosphere)

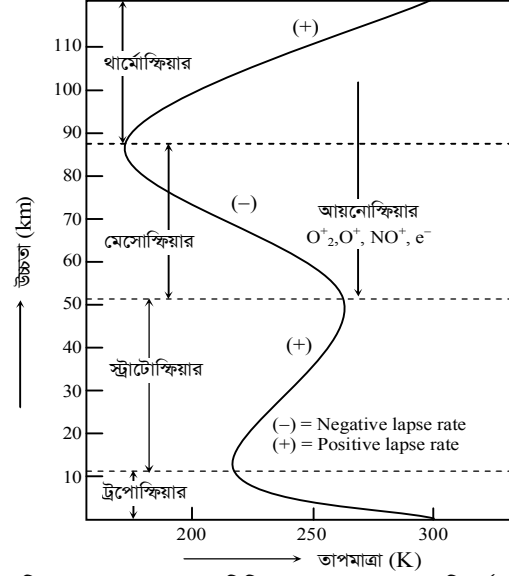
৪। এক্সোস্ফিয়ার (Exosphere)

১। **ট্রোপোস্ফিয়ার (Troposphere)** : ভূপৃষ্ঠ হতে 15 কি.মি. উচ্চতা পর্যন্ত বায়ুমণ্ডলের স্তরকে ট্রোপোস্ফিয়ার বলা হয়। এ স্তরে বায়ুর ঘনত্ব সর্বাধিক। ট্রোপোস্ফিয়ার স্তরেই ঝড়, ঝঞ্ঝা, বৃষ্টিপাত প্রভৃতি প্রাকৃতিক ঘটনা ঘটে। এ অঞ্চলে সাধারণত N_2 , O_2 , CO_2 , H_2O (vap) সহ সামান্য পরিমাণে নিষ্ক্রিয় গ্যাস থাকে।

বায়ুমণ্ডলের 5.5 km উচ্চতা পর্যন্ত মোট বায়ুর প্রায় 50% এবং 30 km উচ্চতা পর্যন্ত প্রায় 97–99% বায়ু থাকে। ভর হিসেবে মোট বায়ুর প্রায় 70–75% এ অঞ্চলে বিদ্যমান। এ স্তরে প্রতি কিলোমিটার উচ্চতা বৃদ্ধির সাথে 6.6–7°C হারে তাপমাত্রা হ্রাস পায়। (উচ্চতার সাথে তাপমাত্রা পরিবর্তনের এ হারকে বায়ুমণ্ডলের বিলোপন হার বলে।) ফলে এ স্তরে তাপমাত্রা 15 km উচ্চতায় প্রায় –55°C থেকে –56°C হয়। এ স্তরে বায়ুচাপ 760 mm Hg/m² থেকে উপরের দিকে কমতে থাকে এবং 15 km উচ্চতায় প্রায় 100 mm (Hg) হয়। কারণ উপরের দিকে ক্রমান্বয়ে বায়ুর ঘনত্ব কমতে থাকে।

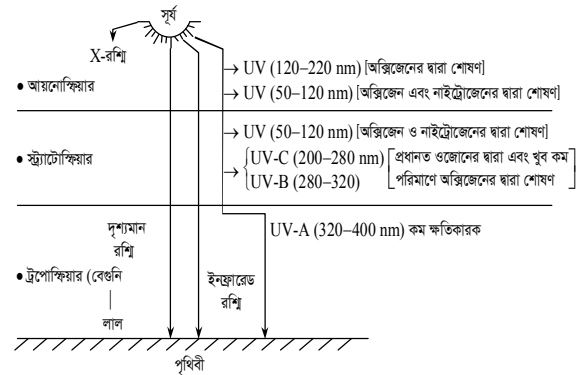
- ২। **স্ট্র্যাটোস্ফিয়ার (Stratosphere)** : ট্রোপোস্ফিয়ারের ঠিক উপরের বায়ু স্তরটির নাম স্ট্র্যাটোস্ফিয়ার। এ অঞ্চলটি ভূপৃষ্ঠের 15 কি.মি. থেকে 50 কি.মি. উচ্চতা পর্যন্ত বিস্তৃত। বায়ুমণ্ডলের এ স্তরে প্রধানত ওজোন (O₃) গ্যাসের স্তর থাকে। এজন্য এ স্তর ওজোনোস্ফিয়ার নামেও পরিচিত। এ স্তরের উপরের দিকে ক্রমান্বয়ে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। কারণ ওজোন সূর্য থেকে নির্গত অতিবেগুনি রশ্মি শোষণ করে। এ অঞ্চলের তাপমাত্রা –56° সে. থেকে –2° সে. এর মধ্যে থাকে।

- ৩। **মেসোস্ফিয়ার (Mesosphere)** : 50 কি.মি. থেকে 500 কি.মি. উচ্চতা পর্যন্ত বিস্তৃত বায়ুমণ্ডলের স্তরকে 'মেসোস্ফিয়ার' বলা হয়। এ স্তরের 51–85 km পর্যন্ত অংশকে মেসোস্ফিয়ার বলে। এ স্তরে উচ্চতা বৃদ্ধির সাথে তাপমাত্রা হ্রাস পায়। এ স্তরে বায়ুর চাপ অত্যন্ত কম। মেসোস্ফিয়ারের উপরে 86–500 km উচ্চতা পর্যন্ত স্তরকে থার্মোস্ফিয়ার বলে। কারণ এ স্তরে উচ্চতার সাথে দ্রুত হারে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। মেসোস্ফিয়ার ও থার্মোস্ফিয়ারে বিভিন্ন উপাদান আয়নিত অবস্থায় থাকে (O₂⁺, O⁺, NO⁺) বলে এ দুটি স্তরকে একত্রে আয়নোস্ফিয়ার বলে। এ স্তরে বায়ুর ঘনত্ব খুব কম থাকে। এ অঞ্চলে পারমাণবিক অক্সিজেনের ঘনত্ব বেশি থাকে এবং আণবিক অক্সিজেনের ঘনত্ব কম থাকে। এ অঞ্চলের তাপমাত্রা –2° সে. থেকে –92° সে.।



চিত্র-৯.১ : বায়ুমণ্ডলের বিভিন্ন স্তরে তাপমাত্রার পরিবর্তন

- ৪। **থার্মোস্ফিয়ার (Thermosphere)** : বায়ুমণ্ডলের স্তরগুলোর মধ্যে সর্বশেষ স্তর হলো এক্সোস্ফিয়ার। এ স্তরটি মেসোস্ফিয়ারের উপরে অবস্থিত। এটি 500 কি.মি. হতে উপরে অসীম সীমা পর্যন্ত বিস্তৃত। এ স্তরে বায়ুর ঘনত্ব খুবই কম এবং ক্রমান্বয়ে কমতে কমতে শেষ পর্যন্ত কোনো বায়ুই থাকে না। এ অঞ্চলের তাপমাত্রা –92° সে. হতে 1200° সে. পর্যন্ত হয়ে থাকে। এ অঞ্চলে H₂, He গ্যাস থাকে।



চিত্র-৯.২ : বায়ুমণ্ডল দ্বারা সৌর বিকিরণের ফিল্টারিং দেখানো হয়েছে

সারণি-১ : বায়ুমণ্ডলের বিভিন্ন অঞ্চলের উপাদান ও তাপমাত্রা

স্তর	উচ্চতার বিস্তৃতি (কি.মি.)	উপাদান	তাপমাত্রা (° সে.)
ট্রোপোস্ফিয়ার	0–15	N ₂ , O ₂ , CO ₂ , Ar, H ₂ O	15° সে. থেকে –55° সে.
স্ট্র্যাটোস্ফিয়ার	15–50	O ₃	–55° সে. থেকে 0° সে.
মেসোস্ফিয়ার	50–500	O, O ₂ , O ⁺ , NO ⁺	0° সে. থেকে 92° সে. (মেসোস্ফিয়ার)
থার্মোস্ফিয়ার	500–উর্ধ্ব	H ₂ , He	–92° সে. থেকে 1200° সে. (থার্মোস্ফিয়ার)

বিভিন্ন গ্যাসের অনুপাত অনুসারে বায়ুমণ্ডলকে প্রধানত দুটি ভাগে ভাগ করা যায়। যথা— সমমণ্ডল (Homosphere) ও বিষমমণ্ডল (Heterosphere)।

ভূ-পৃষ্ঠ থেকে উপরে প্রায় 90 km পর্যন্ত বায়ুমণ্ডলের উপাদান গ্যাসের সংযুক্তি বা অনুপাত প্রায় একই থাকে বলে বায়ুমণ্ডলের এ অঞ্চলকে সমমণ্ডল বলে। এ স্থানে বিভিন্ন গ্যাসের অনুপাত বিভিন্ন বলে 91–10,000 km পর্যন্ত স্তরকে বিষমমণ্ডল বলে।

ঘূর্ণিঝড় ও জলোচ্ছ্বাস সৃষ্টিতে বায়ুর তাপ, চাপ, ঘনত্ব ও জলীয় বাষ্পের অবস্থার পরিবর্তনের প্রভাব

Effect of temperature, pressure, density and humidity of air to create cyclone and tidal wave

গভীর সমুদ্রে বায়ুমণ্ডলের তাপমাত্রা, চাপ, ঘনত্ব, বায়ুপ্রবাহ ও জলীয় বাষ্পের পরিবর্তনজনিত কারণে নিম্নচাপের সৃষ্টি ও অতিরিক্ত বৃষ্টিপাত হয়ে থাকে। সাধারণত গ্রীষ্মকালে তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে বিষুবরেখা এবং কর্কটক্রান্তি ও মকর ক্রান্তি রেখার মধ্যবর্তী অঞ্চলে ঘূর্ণিঝড় ও জলোচ্ছ্বাস সৃষ্টি হয়। এজন্য ঘূর্ণিঝড়কে ট্রপিক্যাল সাইক্লোন বলা হয়। Tropical অর্থ ক্রান্তীয়। আমাদের দেশে গ্রীষ্মকালে কালবৈশাখী ঝড় বা টর্নেডো হয়ে থাকে।

ঘূর্ণিঝড় সৃষ্টির প্রধান কারণসমূহ হচ্ছে— বায়ুমণ্ডলীয় তাপমাত্রা বৃদ্ধি (27°C বা 80°F এর উপরে), উচ্চচাপ স্থান থেকে নিম্নচাপ স্থানে বায়ুপ্রবাহ, বাতাসের আর্দ্রতা বৃদ্ধি ইত্যাদি। গ্রীষ্মকালে সূর্য খাড়াভাবে তাপ দেওয়ায় স্থলভাগ দ্রুত উত্তপ্ত হয় এবং ভূভাগের বিকিরিত তাপের ফলে বায়ুর উপাদান গ্যাসসমূহের গতি বৃদ্ধি পায়। তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন বৃদ্ধি পায় ও ঘনত্ব হ্রাস পায়। ফলে বায়ু হালকা হয়ে উপরে উঠে গেলে ঐ স্থানে শূন্যতার সৃষ্টি হয় ও চাপ হ্রাস পায়। নিম্নচাপ অঞ্চলের শূন্যতা পূরণের জন্য পার্শ্ববর্তী উচ্চচাপ স্থানের বায়ু দ্রুত বেগে ছুটে আসে। ফলে বায়ুপ্রবাহের সৃষ্টি হয়। অপরদিকে সূর্যের প্রখর তাপে সমুদ্রপৃষ্ঠের পানি বাষ্পীভূত হয়ে বায়ুমণ্ডলে মিশে বায়ুর আর্দ্রতা বৃদ্ধি পায়। ফলে সমুদ্রপৃষ্ঠের উপরে বায়ুর ঘনত্ব ও চাপ বৃদ্ধি পায়। তাই দিনের বেলা জলভাগ থেকে অপেক্ষাকৃত শীতল ও উচ্চচাপের বায়ু স্থলভাগে প্রবাহিত হয়।

কিন্তু রাতের বেলা জলভাগ ধীরে ধীরে শীতল হয় ও স্থলভাগ দ্রুত শীতল হয়। তাই রাতের বেলা সমুদ্রপৃষ্ঠে নিম্নচাপ ও স্থলভাগে উচ্চচাপ থাকে। এ কারণে রাতে অপেক্ষাকৃত শীতল ও উচ্চচাপের শুষ্ক বায়ু স্থলভাগ থেকে জলভাগের দিকে প্রবাহিত হয়। এভাবে জলভাগ ও স্থলভাগের বায়ুর ঘনত্ব, চাপ ও তাপমাত্রা ক্রমান্বয়ে হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটে। ঘূর্ণিঝড় সৃষ্টির জন্য পানির তাপমাত্রা 27°C এর বেশি হতে হয়। বঙ্গোপসাগরে বছরের অধিকাংশ সময় পানির তাপমাত্রা 27°C এর উপরে থাকে। এর ফলে গভীর সমুদ্রে বাতাসের ঘনত্ব অপেক্ষাকৃত কম থাকায় তা উপরে উঠে যায়। বাতাস উপরে উঠে গেলে ঐ অঞ্চলে শূন্যতার সৃষ্টি হয় ও নিম্নচাপ সৃষ্টি হয়। ফলে দুটি ঘটনা ঘটে।

(ক) ঘূর্ণিঝড় : বায়ু শূন্যস্থানে বা নিম্নচাপ স্থানে দ্রুতবেগে পার্শ্ববর্তী এলাকার অপেক্ষাকৃত শীতল ও ভারী বায়ু পাক খেতে খেতে কুণ্ডলীর আকারে চারদিক থেকে ছুটে এসে পরস্পরের সাথে ধাক্কায় বায়ু গরম ও উর্ধ্বমুখী হয়। এ ধরনের কেন্দ্রমুখী ও উর্ধ্বগামী কুণ্ডলী আকারে আবর্তিত বায়ু উপরে উঠার সময় সমুদ্রপৃষ্ঠের পানি বাষ্পীভূত হয়। উপরের দিকে আর্দ্র ও উত্তপ্ত বায়ু শীতল হওয়ার সময় সুপ্ততাপ বা লীন তাপ ছেড়ে দেয় এবং তা পার্শ্ববর্তী আরও বায়ুকে উত্তপ্ত করে।

বায়ুর জলীয় বাষ্প শীতল হয়ে মেঘে রূপান্তরিত হয়। এরকম বাষ্পীভবন ও ঘনীভবনের মাধ্যমে মেঘমালার সৃষ্টি হয়। জলীয় বাষ্প শীতল হওয়ার সময় নির্গত তাপ মেঘের উপবিভাগের বায়ু উত্তপ্ত করে। এর ফলে বায়ুচাপ বৃদ্ধি পায়। মেঘ ও বায়ু তখন উচ্চচাপ স্থান থেকে নিম্নচাপ অঞ্চলে প্রবলবেগে কুণ্ডলী আকারে প্রবাহিত হয় ও ঘূর্ণিঝড় সৃষ্টি হয়। ঘূর্ণিঝড় শব্দটির উৎপত্তি গ্রিক শব্দ Kyklos থেকে, যার অর্থ সর্পের কুণ্ডলী (Coil of snakes)। পৃথিবীর আবর্তন গতির জন্য ঘূর্ণিঝড় উত্তর গোলার্ধে ঘড়ির



চিত্র-৯.৩ : কালবৈশাখী ঝড় ঘরের টিনের বেড়া উড়িয়ে নিয়ে বুলিয়েছে বিদ্যুতের তারে



চিত্র-৯.৪ : ঘূর্ণিঝড়ের তাণ্ডব দেখানো হয়েছে

কাঁটার বিপরীত দিকে এবং দক্ষিণ গোলার্ধে ঘড়ির কাঁটার দিকে আবর্তিত হয়। ঘূর্ণিঝড়ের গতিবেগ ঘণ্টায় 60 km থেকে 350 km পর্যন্ত হতে পারে কেন্দ্রে বায়ুর চাপ কম থাকে। 1991 সালে বাংলাদেশে আঘাতহানা ঘূর্ণিঝড়ের গতিবেগ ছিল 225 km।

মনে রাখবেন—

ঘূর্ণিঝড় সৃষ্টির অনুকূল পরিবেশ হলো—

- ঘূর্ণিঝড় সৃষ্টির প্রধান কারণ সমুদ্রপৃষ্ঠের উত্তপ্ত তাপমাত্রা এবং বায়ুশূন্যতা। সমুদ্রের উষ্ণতর পানি। সাধারণত 150 ফুট গভীর পর্যন্ত সমুদ্রের পানির তাপমাত্রা 26.5°C বা তার উর্ধ্বে থাকে।
- ঘূর্ণিঝড় সৃষ্টির কেন্দ্রে নিম্নচাপ সৃষ্টি হওয়া।
- নিচে নিম্নচাপ এবং উপরে উচ্চচাপ থাকা।
- পৃথিবীর উচ্চ বায়ুমণ্ডলের বিভিন্ন স্তরে বাতাসের গতিবেগের পার্থক্য কমে যাওয়া।

(খ) **জলোচ্ছ্বাস** : বায়ুর চাপ, বায়ুপ্রবাহ, পৃথিবীর আবর্তন, বায়ুর আর্দ্রতা, ঘূর্ণিঝড় ও সমুদ্রের তলদেশের ভূমিকম্পের প্রভাবের কারণে জলোচ্ছ্বাস সৃষ্টি হয়। সমুদ্রপৃষ্ঠ নিম্নচাপ সৃষ্টি হলে ঐ অঞ্চলের বায়ু প্রবলবেগে কুণ্ডলীর আকারে উপরে উঠার সময় একটা বিশাল অঞ্চলের প্রচুর পানি বাষ্পীভূত হয়। ফলে সমুদ্রপৃষ্ঠের ঐ অঞ্চলের পার্শ্ববর্তী জলরাশি প্রবলবেগে নিম্নচাপ কেন্দ্রের দিকে প্রবাহিত হলে চতুর্দিকের পানির ধাক্কা বিশাল ঢেউয়ের সৃষ্টি হয়। এ ঢেউ সমুদ্র উপকূলের যতই নিকটবর্তী হয় ততই তীব্র ও দীর্ঘতর হয়ে ভয়ংকর জলোচ্ছ্বাস রূপে সমুদ্র উপকূলে আঘাত হানে।




চিত্র-৯.৫ : ঘূর্ণিঝড় ও জলোচ্ছ্বাসের উৎপত্তি

জলোচ্ছ্বাস ঢেউয়ের উচ্চতা 10–100 ফুট পর্যন্ত হয় এবং ঘণ্টায় গতিবেগ 50–500 km পর্যন্ত হতে পারে। সমুদ্র তলদেশে ভূমিকম্প বা আগ্নেয়গিরির অগ্ন্যুৎপাতের ফলে সৃষ্টি জলোচ্ছ্বাসকে সুনামি (tsunami) বলে। ইন্দোনেশিয়ার সুমাত্রা দ্বীপের কাছে ভারত মহাসাগরে ২০০৪ সালের ২৬ ডিসেম্বর ভয়ংকর সুনামির সৃষ্টি হয়েছিল।

১৯৯১–২০১৩ সাল পর্যন্ত বাংলাদেশের উপর দিয়ে যে কয়টি ঘূর্ণিঝড় ও জলোচ্ছ্বাস বয়ে যায় তার বিবরণ ও প্রভাব নিম্নে দেওয়া হলো :

সংঘটন সময়	সংঘটিত অঞ্চল	সংঘটিত প্রাকৃতিক দুর্ঘটনার ধরন	আনুমানিক ক্ষয়ক্ষতি
২৯ এপ্রিল, ১৯৯১	পটুয়াখালী, কক্সবাজার উপকূলীয় অঞ্চল	প্রচণ্ড ঘূর্ণিঝড় ও জলোচ্ছ্বাস	১ লক্ষ ৪৫ হাজার লোক, ৭০ হাজার গবাদি পশু মারা যায়। প্রচুর শস্য ধ্বংস হয়।
১৫ নভেম্বর, ২০০৭	বরগুনা, পটুয়াখালী, বাগেরহাট ও পিরোজপুর	প্রচণ্ড ঘূর্ণিঝড় ও জলোচ্ছ্বাস (সিডোর)	৩৪০৬ জন লোক মারা যায়। নিখোঁজ হয় ১০০৩ জন এবং ৫৫ হাজার লোক আহত হয়। ৩০ হাজার গবাদি পশু মারা যায়। প্রচুর শস্য ধ্বংস হয়।
২৫ মে, ২০০৯	খুলনা, বাগেরহাট ও সাতক্ষীরা	প্রচণ্ড ঘূর্ণিঝড় (আইলা)	১৯০ জন লোক মারা যায়। পশু সম্পদ ও কৃষিজ ফসলসহ সম্পদের ব্যাপক ক্ষয়ক্ষতি হয়। সার্বিক ক্ষয়ক্ষতি প্রায় ৮ হাজার কোটি টাকা।
১৬ মে, ২০১৩	পটুয়াখালী, বরগুনা ও ভোলা	প্রচণ্ড ঘূর্ণিঝড় (মহাসেন)	১৭ জন লোক মারা যায়। ১৫ লক্ষাধিক মানুষ প্রত্যক্ষভাবে ক্ষয়ক্ষতির সম্মুখীন হয়। প্রায় ৪৫,০০০ ঘরবাড়ি সম্পূর্ণরূপে বিনষ্ট হয়।

	শিক্ষার্থীর কাজ	চিন্তা করে উত্তর দিন : (i) ঘূর্ণিঝড় ও জলোচ্ছ্বাস কি একই? (ii) জলীয় বাষ্প ও গ্যাসের মধ্যে পার্থক্য লেখ। (iii) তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে বাতাসের আর্দ্রতা বৃদ্ধি পায় না হ্রাস পায় এবং কেন? (iv) ঘূর্ণিঝড় সৃষ্টির জন্য সমুদ্রপৃষ্ঠে কত তাপমাত্রা দরকার?
---	------------------------	---

গ্যাস সিলিভারজাতকরণে গ্যাসসূত্রের প্রয়োগ

Application of gases law to fill gas in Cylinder

প্রতিটি গ্যাস সিলিভারের একটি নির্দিষ্ট চাপ সহ্য ক্ষমতা আছে। যদি কোনো সিলিভারের চাপ তার সর্বোচ্চ সহ্য ক্ষমতায় পৌঁছে বা অতিক্রম করে তাহলে ঐ সিলিভারটি বিস্ফোরিত হবে। এজন্য সিলিভারে গ্যাস ভর্তির সময় কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কী পরিমাণ গ্যাস ভর্তি করলে চাপ কী পরিমাণ হবে তা বিবেচনা করতে হয়। এছাড়াও ঐ গ্যাস সিলিভারটির তাপমাত্রা পরিবেশের তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে বৃদ্ধি পায়। কাজেই পরবর্তীকালে তাপমাত্রা বৃদ্ধিজনিত কারণে সিলিভারের চাপ বৃদ্ধি পেয়ে যেন তার সহ্য ক্ষমতা অতিক্রম না করে তাও বিবেচনা করতে হবে। গ্যাস সিলিভারজাতকরণের ক্ষেত্রে উপর্যুক্ত বিষয়গুলো বিবেচনা করার জন্য গ্যাসসূত্রসমূহ বা তাদের সমন্বয় সূত্র ব্যবহার করা হয়।

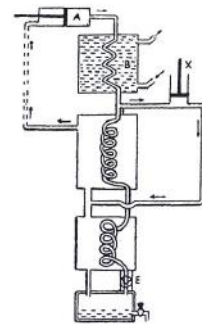
আমাদের দৈনন্দিন কাজে বিভিন্ন ধরনের সিলিভারজাত গ্যাসের প্রয়োজন পড়ে। যেমন— লোহা ওয়েল্ডিং কারখানায় অ্যাসিটিলিন এবং অক্সিজেন গ্যাসের প্রয়োজন হয়। ফায়ার সার্ভিসের জন্য বা অফিসে অগ্নিনির্বাপক সিলিভারে কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস থাকে। শ্বাসকষ্টের রোগীকে অক্সিজেন গ্যাসের সিলিভার হতে গ্যাস সরবরাহ করা হয়। এছাড়াও আমাদের প্রতিদিন রান্নার কাজে ব্যবহৃত LPG (Liquified Petroleum Gas) গ্যাসও হলো সিলিভার জাত। সব ধরনের সিলিভারেই গ্যাসকে তরল করে রাখা হয়। এছাড়াও বডি স্প্রে, মশা নিধন স্প্রে যেমন— মরটিন এগুলোতেও গ্যাসকে তরল করে রাখা হয়। এক্ষেত্রে গ্যাসের সূত্রাবলির প্রয়োগ হয়।

গ্যাসীয় পদার্থ যেমন— প্রোপেন, বিউটেন ইত্যাদি যখন গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে তখন গ্যাসীয় অণুগুলো পরস্পর হতে অনেক দূরে অবস্থান করে এবং এ অণুগুলোর আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল অনেক কম হয়। গ্যাসের উপর চাপ প্রয়োগ করলে গ্যাসের আয়তন কমে যায় এবং অণুগুলো পরস্পরের কাছাকাছি আসে এবং আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল বৃদ্ধি পায়। ফলে গ্যাস তরলে পরিণত হয়।

গ্যাস তরলীকরণের ক্ষেত্রে বয়েল এবং চার্লসের সূত্রের প্রয়োগ হয়। [বয়েলের সূত্র : $V \propto \frac{1}{P}$ এবং চার্লসের সূত্র $V \propto T$] বয়েল এবং

চার্লসের সূত্রানুযায়ী দেখা যায় গ্যাসের উপর চাপ বৃদ্ধি করলে গ্যাসের আয়তন হ্রাস ঘটে। আবার গ্যাসের আয়তন হ্রাস করলে তাপের হ্রাস ঘটে।

গ্যাস তরলীকরণের জন্য গ্যাসের সংকট তাপমাত্রা জানা প্রয়োজন। গ্যাসকে তরল করার ক্ষেত্রে গ্যাসের তাপমাত্রা সংকট তাপমাত্রার নিচে রেখে গ্যাসের উপর চাপ প্রয়োগ করে গ্যাসকে সংকুচিত করে হঠাৎ একটি বদ্ধ বড় পাত্রে ছেড়ে দেওয়া হয়। এতে করে গ্যাসাণুগুলো দ্রুত দূরে চলে যায় এবং গ্যাসের তাপমাত্রা হ্রাস ঘটে। একে জুল-থমসন প্রভাব বলে। এভাবে কয়েকবার গ্যাসকে সংকোচন এবং প্রসারণ করার ফলে গ্যাসের তাপমাত্রা হ্রাস হয়ে সন্ধি বা সংকট (Critical temperature) তাপমাত্রার নিচে আসা মাত্রই উচ্চ চাপের ফলে তা তরলে পরিণত হয়।

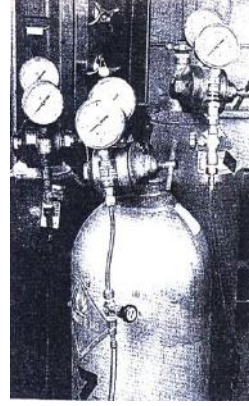


চিত্র-১.১৯ : CNG (Compressed Natural Gas) গ্যাস

রান্নার কাজে ব্যবহৃত LPG (Liquified Petroleum Gas) (75% বিউটেন এবং 25% প্রোপেন) এবং মোটরগাড়িতে ব্যবহৃত CNG (Compressed Natural Gas) (95–99% মিথেন) সিলিন্ডারজাত করে বিক্রি করা হয়।

CNG বা ঘনীভূত প্রাকৃতিক গ্যাস 2.0–3.0 atm চাপে গ্যাস বিতরণ কেন্দ্র হতে পাইপের মাধ্যমে CNG ফিলিং স্টেশনে পাঠানো হয়। ফিলিং স্টেশনে প্রাপ্ত গ্যাসকে চারটি ধাপে চাপ প্রয়োগ করে সংকুচিত বা ঘনীভূত (Condensed) করা হয়। এ ঘনীভূত গ্যাসকেই CNG বলে যা পরবর্তীতে মোটরগাড়ির সিলিন্ডারে ফিলিং করা হয়।


LPG (Liquified Petroleum Gas) হলো অপরিশোধিত পেট্রোলিয়াম জাতীয় পদার্থের আংশিক পাতন থেকে প্রাপ্ত গ্যাস। এ গ্যাসকে গ্যাসের সূত্রাবলি প্রয়োগ করে 6.0 atm চাপে তরল করা হয়। তরল গ্যাসকে পরবর্তীতে স্টিলের সিলিন্ডারে ভর্তি করা হয়।




চিত্র-৯.৫ : গ্যাস সিলিন্ডারজাতকরণ

রান্নার কাজে ব্যবহৃত গ্যাস সিলিন্ডারে 3.1–3.5 kg.cm² চাপে LP গ্যাসকে বিশেষ পাইপের মাধ্যমে ভর্তি করা হয়। গ্যাস সিলিন্ডারের গ্যাস রেগুলেটর নিয়ন্ত্রণ করে গ্যাসের উপর হতে চাপ কমালেই LPG পুনরায় গ্যাস আকারে সিলিন্ডার হতে বের হয়ে আসে। LP গ্যাসের সাথে সামান্য পরিমাণে তীব্র গন্ধ যুক্ত মারক্যাপটান (C₂H₆S বা CH₄S) নামক জৈব যৌগ যুক্ত করা হয়। গ্যাস সিলিন্ডারে কোনো ছিদ্র থাকলে সেই ছিদ্র দিয়ে গ্যাস বের হলেই মারক্যাপটানের গন্ধ থেকে তা বোঝা যাবে।

বাংলাদেশের সিলেট, মৌলভীবাজার, হরিপুর এবং রাঙ্গু গ্যাস ক্ষেত্র থেকে যে গ্যাস পাওয়া যায় তাকেই প্রাকৃতিক গ্যাস (Natural Gas) বলে। প্রাকৃতিক গ্যাসের মধ্যে মিথেন প্রায় 95–96% এবং অবশিষ্ট CO₂, H₂S এবং উচ্চ আণবিক ভরবিশিষ্ট সামান্য পরিমাণে হাইড্রোকার্বন 4–5% থাকে। এ মিশ্রিত গ্যাস থেকে CO₂, H₂S এবং উচ্চ আণবিক ভরের হাইড্রোকার্বন অপসারণের পর উচ্চ চাপে (6.0–10.0 atm) তরলে পরিণত করার বিশেষ ট্যাংকে সংরক্ষণ করা হয়। একে LNG (Liquified Natural Gas) বলে।

	শিক্ষার্থীর কাজ	চিন্তা করে উত্তর দিন : ১। CNG ও LNG কী? ২। প্রাকৃতিক গ্যাস কী? ৩। রান্নার জন্য কোন গ্যাস ব্যবহার করা হয়? ৪। গ্যাস সিলিন্ডারে ছিদ্র আছে কিনা তা বোঝার জন্য LPG এর সাথে কী মিশ্রিত করা হয়? ৫। তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে গ্যাসের গতিশক্তি বৃদ্ধি পায় কেন?
---	------------------------	---

	সার-সংক্ষেপ :	<ul style="list-style-type: none"> • বায়ুমণ্ডল : পৃথিবীকে কক্ষলের ন্যায় পরিবেষ্টনকারী বায়ুর পরিমণ্ডলকে বায়ুমণ্ডল বলা হয়। • ট্রোপোস্ফিয়ার : ভূপৃষ্ঠ হতে 15 কি.মি. উচ্চতা পর্যন্ত বায়ুমণ্ডলের স্তরকে ট্রোপোস্ফিয়ার বলা হয়। এ স্তরে বায়ুর ঘনত্ব সর্বাধিক। ট্রোপোস্ফিয়ার স্তরেই ঝড়, ঝড়ো, বৃষ্টিপাত প্রভৃতি প্রাকৃতিক ঘটনা ঘটে। এ অঞ্চলে সাধারণত N₂, O₂, CO₂, H₂O(vap) সহ সামান্য পরিমাণে নিষ্ক্রিয় গ্যাস থাকে। • স্ট্র্যাটোস্ফিয়ার : ট্রোপোস্ফিয়ারের ঠিক উপরের বায়ু স্তরটির নাম স্ট্র্যাটোস্ফিয়ার। এ অঞ্চলটি ভূপৃষ্ঠের 15 কি.মি. থেকে 50 কি.মি. উচ্চতা পর্যন্ত বিস্তৃত। বায়ুমণ্ডলের এ স্তরে প্রধানত ওজোন (O₃) গ্যাসের স্তর থাকে। • মেসোস্ফিয়ার : 50 কি.মি. থেকে 500 কি.মি. উচ্চতা পর্যন্ত বিস্তৃত বায়ুমণ্ডলের স্তরকে 'মেসোস্ফিয়ার' বলা হয়। • থার্মোস্ফিয়ার : বায়ুমণ্ডলের স্তরগুলোর মধ্যে সর্বশেষ স্তর হলো থার্মোস্ফিয়ার। এ স্তরটি মেসোস্ফিয়ারের উপরে অবস্থিত। এটি 500 কি.মি. হতে উপরে অসীম সীমা পর্যন্ত বিস্তৃত। • ঘূর্ণিঝড় : বায়ু শূন্যস্থানে বা নিম্নচাপ স্থানে দ্রুতবেগে পার্শ্ববর্তী এলাকার অপেক্ষাকৃত শীতল ও ভারী বায়ু পাক খেতে খেতে কুণ্ডলীর আকারে চারদিক থেকে ছুটে এসে পরস্পরের সাথে ধাক্কায় বায়ু গরম ও উর্ধ্বমুখী হয়। এ ধরনের কেন্দ্রমুখী ও উর্ধ্বগামী কুণ্ডলী আকারে আবর্তিত বায়ু উপরে উঠার সময় সমুদ্রপৃষ্ঠের পানি বাষ্পীভূত হয় একে ঘূর্ণিঝড় বলে।
---	----------------------	---



পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৪.৯

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দিন

- ১। কোন বায়ু অধিক পরিমাণে জলীয় বাষ্প ধারণ করে?

(ক) শীতল বায়ু	(খ) উষ্ণ বায়ু	(গ) হালকা বায়ু	(ঘ) অদ্র বায়ু
----------------	----------------	-----------------	----------------
- ২। বিস্তীর্ণ এলাকার বায়ু হঠাৎ উপরের দিকে উঠে গিয়ে কী সৃষ্টি করে?

(ক) অতিরিক্ত তাপ	(খ) অতিরিক্ত চাপ	(গ) বায়ু শূন্যতার	(ঘ) জলীয় বাষ্পের
------------------	------------------	--------------------	-------------------
- ৩। ঘূর্ণিঝড় সৃষ্টি হতে হলে পানির তাপমাত্রা কত এর উপরে থাকতে হয়?

(ক) 100°C এর উপরে	(খ) 55°C এর উপরে	(গ) 27°C এর উপরে	(ঘ) 17°C এর উপরে
-------------------	------------------	------------------	------------------
- ৪। গ্যাস সিলিন্ডারে সাধারণত নিচের কোন গ্যাস ভর্তি করা হয়?

(ক) CNG	(খ) CH ₄	(গ) LPG	(ঘ) LNG
---------	---------------------	---------	---------
- ৫। গ্যাসের গতিতত্ত্ব অনুসারে, তাপমাত্রা হ্রাস ঘটলে গ্যাস অণুসমূহের—

(ক) গতিশক্তির বৃদ্ধি ঘটে	(খ) গতিশক্তির হ্রাস ঘটে	(গ) গতিশক্তি স্থির থাকে	(ঘ) আন্তঃআণবিক শক্তির হ্রাস ঘটে
--------------------------	-------------------------	-------------------------	---------------------------------
- ৬। LPG গ্যাস ব্যবহারে—

(ক) তাপ কম উৎপন্ন হয়	(খ) তাপ উৎপন্ন হয় না	(গ) ছাই উৎপন্ন হয় না	(ঘ) রান্না করা যায় না
-----------------------	-----------------------	-----------------------	------------------------
- ৭। গ্যাসকে তরলে পরিণত করে সিলিন্ডারজাত করা হয়—
 - i. উচ্চ চাপ প্রয়োগ করে
 - ii. তাপমাত্রার হ্রাস ঘটিয়ে
 - iii. আয়তন বাড়িয়ে
 নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii	(খ) i ও iii	(গ) ii ও iii	(ঘ) i, ii ও iii
------------	-------------	--------------	-----------------
- ৮। প্রাকৃতিক গ্যাসের মূল উপাদান—
 - i. মিথেন
 - ii. ইথেন
 - iii. নাইট্রোজেন
 নিচের কোনটি সঠিক?

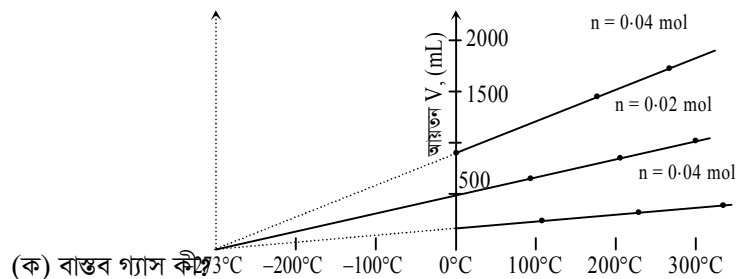
(ক) i ও ii	(খ) i ও iii	(গ) ii ও iii	(ঘ) i, ii ও iii
------------	-------------	--------------	-----------------



চূড়ান্ত মূল্যায়ন

সৃজনশীল প্রশ্ন-১

নিচের লেখটি অনুধাবন কর এবং সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও :

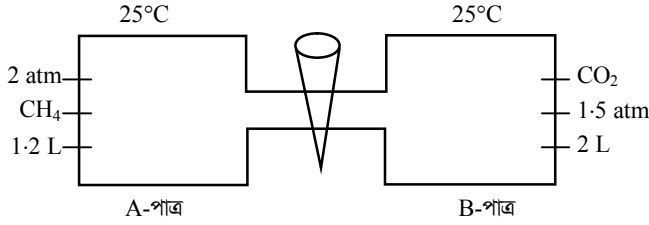


১

- (খ) SI এককে R এর মান বের কর। ২
- (গ) উদ্দীপকের সংশ্লিষ্ট গ্যাস সূত্র ও প্রয়োজনীয় গ্যাস সূত্রের সমন্বয়ে আদর্শ গ্যাসের অবস্থার সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর। ৩
- (ঘ) উদ্দীপকের লেখচিত্র মতে, 27°C তাপমাত্রায় একই মোল সংখ্যার একই গ্যাসের নির্ণীত আয়তন লেখচিত্রের চিহ্নিত গ্যাস আয়তনকে সমর্থন করে তা ব্যাখ্যা কর। ৪

সৃজনশীল প্রশ্ন-২

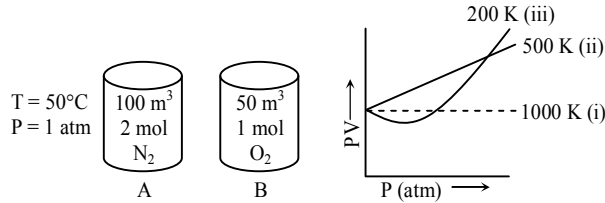
নিচের উদ্দীপকটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



- (ক) মোল ভগ্নাংশ কী? ১
- (খ) NH_3 ও CO_2 এই দুটি গ্যাসের মধ্যে কোনটির ব্যাপনের হার অধিক? ব্যাখ্যা কর। ২
- (গ) মিশ্রণের মোট চাপ নির্ণয় কর। ৩
- (ঘ) উদ্দীপকের গ্যাসদ্বয়ের ব্যাপনের হারের তুলনা কর। ৪

সৃজনশীল প্রশ্ন-৩

নিচের উদ্দীপকটি লক্ষ কর এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :



- (ক) পরমশূন্য তাপমাত্রা কী? ১
- (খ) আদর্শ গ্যাস ও বাস্তব গ্যাসের মধ্যে তিনটি পার্থক্য লেখ। ২
- (গ) অ্যাভোগেড্রো সূত্রানুসারে 'B' পাত্রের গ্যাসটির তাপমাত্রা কত হবে, ব্যাখ্যা কর। ৩
- (ঘ) A গ্যাসের তাপমাত্রা ক্রমান্বয়ে বৃদ্ধি করলে এটি (i) নং রেখার মতো আচরণ করে, বিশ্লেষণ কর। ৪



উত্তরমালা

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৪.১ :	১।খ	২।ঘ	৩।ঘ	৪।খ	৫।ঘ		
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৪.২ :	১।ঘ	২।ক	৩।গ	৪।খ			
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৪.৩ :	১।ক	২।খ	৩।খ	৪।ঘ	৫।গ	৬।ঘ	
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৪.৪ :	১।ক	২।খ	৩।ঘ	৪।খ	৫।ক	৬।ঘ	
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৪.৫ :	১।খ	২।ক	৩।ক	৪।গ	৫।ঘ		
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৪.৬ :	১।খ	২।গ	৩।ক	৪।ঘ			
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৪.৭ :	১।ক	২।ক	৩।খ	৪।ক	৫।গ		
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৪.৮ :	১।ক	২।ক	৩।গ	৪।খ	৫।ঘ	৬।ক	
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৪.৯ :	১।খ	২।গ	৩।গ	৪।গ	৫।খ	৬।গ	৭।ক ৮।ক