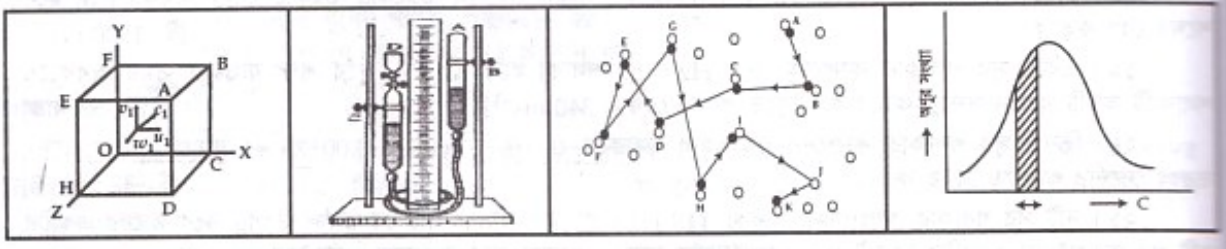
১০

আদর্শ গ্যাস ও গ্যাসের গতিতত্ত্ব
IDEAL GAS AND KINETICS OF GASES

প্রধান শব্দ (Key Words) : তাপ, গ্যাসের সূত্রাবলি, আদর্শ গ্যাস, পরম শূন্য তাপমাত্রা, সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক, গড় বর্গ বেগ, গড় বর্গ বেগের বর্গমূল বা মূল গড় বর্গবেগ, শক্তির সমবিভাজন নীতি, সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ, অসম্পৃক্ত বাষ্প-চাপ, আপেক্ষিক আর্দ্রতা।



ভূমিকা
Introduction

আমরা জানি যে কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় সব পদার্থই অসংখ্য অতি ক্ষুদ্র কণা দিয়ে গঠিত। এই কণাকে পদার্থের অণু বলা হয়। একই পদার্থের অণুগুলির ধর্ম অভিন্ন, কিন্তু বিভিন্ন পদার্থের অণুগুলির ধর্ম বিভিন্ন হয়। কঠিন ও তরল পদার্থের ক্ষেত্রে চাপের প্রভাব খুবই নগণ্য। কিন্তু গ্যাসের ক্ষেত্রে চাপের প্রভাব খুবই প্রবল। তাই গ্যাসের প্রসারণ আলোচনায় চাপের উল্লেখ করা হয়। তরল অবস্থায় পদার্থের অণুগুলির মধ্যে ব্যবধান কঠিন অবস্থা অপেক্ষা বেশি থাকে। যেকোনো তরলকে বিভিন্ন অংশে বিভক্ত করতে খুব কম বলের প্রয়োজন হয়। অতএব তরলের ক্ষেত্রে আন্তরাণবিক আকর্ষণ বল থাকে না বললেই চলে।

এই অধ্যায় পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা—

- গ্যাসের গতিতত্ত্ব ব্যবহার করে আদর্শ গ্যাসের সূত্র ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- বয়েল ও চার্লসের সূত্র জানতে পারবে।
- **ব্যবহারিক :** বয়েলের সূত্র যাচাই।
- গ্যাসের অণুর মৌলিক স্বীকার্য বর্ণনা করতে পারবে।
- গ্যাসের গতিতত্ত্বের আলোকে আদর্শ গ্যাসের সূত্র ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- শক্তির সমবিভাজন নীতি জানতে পারবে।
- জলীয় বাষ্প ও বায়ুর চাপের মধ্যে সম্পর্ক বিশ্লেষণ করতে পারবে।
- শিশিরাংক, আপেক্ষিক আর্দ্রতা ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- **ব্যবহারিক :**
  নিউটনের শীতলীকরণ সূত্রের সাহায্যে তরলের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয়।

১০.১ আদর্শ গ্যাস
Ideal Gas

এই অধ্যায়ে আমরা আদর্শ গ্যাসের গতিতত্ত্ব এবং মৌলিক স্বীকার্য সম্বন্ধে বিস্তারিত জানব। তাহলে আদর্শ গ্যাস কী—প্রথমে জানা দরকার।

যে সকল গ্যাস গ্যাসের গতিতত্ত্বের মৌলিক স্বীকার্যসমূহ মেনে চলে এবং সকল তাপমাত্রায় ও চাপে বয়েল ও চার্লসের সূত্র যুগ্মভাবে মেনে চলে তাদেরকে আদর্শ গ্যাস (Ideal gas) বলে। এই স্বীকার্যগুলো যে সব সময় সঠিকভাবে মেনে চলে এরকম কোনো গ্যাসের অস্তিত্ব বাস্তবে নেই। তাই বাস্তব গ্যাসের (Real gas) ধর্ম আদর্শ গ্যাস থেকে বিচ্যুত দেখতে পাওয়া যায়। কেবলমাত্র নিম্নচাপ ও উচ্চ তাপমাত্রায় গ্যাস এই সমীকরণ মেনে চলে। বাস্তবে আমাদের পরিচিত কোনো গ্যাসই আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ সঠিকভাবে মেনে চলে না। সব গ্যাসই আদর্শ গ্যাসের মতো আচরণ করে না। আদর্শ গ্যাস একটি কাল্পনিক ধারণা মাত্র।

আদর্শ গ্যাসের বৈশিষ্ট্যসূচক মানদণ্ড নিম্নরূপ :

(১) আদর্শ গ্যাস সকল তাপমাত্রায় ও চাপে $PV = nRT$ সমীকরণ মেনে চলে।

(২) স্থির তাপমাত্রায় আদর্শ গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তি এর আয়তনের উপর নির্ভরশীল নয়।

অর্থাৎ $\left(\frac{du}{dV}\right)_T = 0$, u = গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তি, V = গ্যাসের আয়তন, T = তাপমাত্রা।

(৩) আদর্শ গ্যাসের অণুসমূহের মধ্যে কোনো আকর্ষণ-বিকর্ষণ নেই।

(৪) আদর্শ গ্যাসের অণুসমূহের মোট আয়তন গ্যাস দ্বারা দখলকৃত আয়তনের তুলনায় নগণ্য।

আমরা জানি তাপ প্রয়োগে সাধারণত পদার্থের প্রসারণ ঘটে এবং তাপ অপসারণে এর সংকোচন ঘটে। কোনো পদার্থের অবস্থা তিনটি রাশি, যথা—চাপ, আয়তন ও তাপমাত্রা দ্বারা নির্দিষ্ট করা যায়।

গ্যাসের **চাপ, আয়তন** এবং **তাপমাত্রা** এই তিনটিকে গ্যাসের **চল রাশি** (Variable) বলে এদের যে কোনো দুটির মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করতে হলে অপর একটিকে অপরিবর্তিত রাখতে হবে। এ অনুযায়ী হিসাব করলে আমরা তিনটি সম্পর্ক পাই। তিনটি সূত্র দ্বারা এই তিনটি সম্পর্ক নিয়ন্ত্রিত হয়। এই তিনটি সূত্রকে **গ্যাসীয় সূত্র** (Gas Laws) বলা হয়। গ্যাসীয় সূত্র আলোচনার পূর্বে গ্যাস কী জানা দরকার। গ্যাসের নিম্নলিখিত যে কোনো একটি সংজ্ঞা দেওয়া যেতে পারে—

সংজ্ঞা : (i) সাধারণ তাপমাত্রা ও চাপে যে সব পদার্থ বায়বীয় অবস্থায় থাকে, তাদেরকে গ্যাস বলে। যেমন হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ইত্যাদি গ্যাস।

(ii) বর্তমান প্রচলিত মত অনুসারে সংকট তাপমাত্রার উপরে কোনো পদার্থের বায়বীয় অবস্থার নাম গ্যাস।

১০·২ গ্যাসের সূত্রাবলি
Gas Laws

গ্যাসের মোল সংখ্যা, চাপ, আয়তন ও তাপমাত্রা প্রভৃতির উপর মাত্রিকভাবে পরীক্ষা-নিরীক্ষা করে বিজ্ঞানিগণ গ্যাসের মৌল ধর্মভিত্তিক বিভিন্ন সূত্র আবিষ্কার করেন। এই সূত্রসমূহ গ্যাস সূত্র নামে পরিচিত। সূত্রগুলো হলো—

(১) বয়েলের সূত্র
(২) চার্লসের সূত্র
(৩) চাপীয় সূত্র
(৪) অ্যাভোগাড্রোর সূত্র।

নিম্নে গ্যাসের তিনটি সূত্র বর্ণনা করা হলো —

১। বয়েল-এর সূত্র
Boyle's Law

1662 খ্রিস্টাব্দে রবার্ট বয়েল নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো গ্যাসের চাপ ও আয়তনের মধ্যে সম্পর্ক নির্দেশ করে একটি সূত্র আবিষ্কার করেন। এর নাম **বয়েল-এর সূত্র**। সূত্রটি নিম্নে বিবৃত হলো :

'তাপমাত্রা স্থির থাকলে, কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন তার চাপের ব্যস্তানুপাতিক।' (২০-২২)

মনে করি স্থির তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ এবং আয়তন যথাক্রমে P এবং V।

অতএব আমরা পাই, $V \propto \frac{1}{P}$

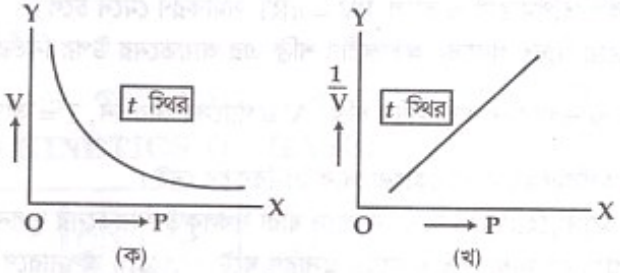
বা, $V = \text{ধ্রুবক} \times \frac{1}{P}$ বা, $PV = \text{ধ্রুবক} = K$

বা, $PV = K$ ... ... (10.1)

এই সমীকরণকে **সমোষ্ণ সমীকরণ** (Isothermal equation) বলে।

যদি স্থির তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের $P_1, P_2, P_3, \ldots\ldots$ ও P_n চাপে আয়তন যথাক্রমে $V_1, V_2, V_3, \ldots$ ও V_n হয়, তবে আমরা পাই, $P_1V_1 = P_2V_2 = P_3V_3 = \ldots\ldots\ldots = P_nV_n =$ ধ্রুবক।

এ থেকে দেখা যায় চাপ ও আয়তন পরস্পর ব্যস্তানুপাতিক। তাই চাপের ও আয়তনের বিভিন্ন মানের জন্য



চিত্র ১০·১

স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন (V) ও চাপ (P) এর লেখচিত্র একটি সমপরাবৃত্ত (rectangular hyperbola) হয় [চিত্র ১০·১(ক)]।

নিজে কর : মনে কর ১০·১(ক) লেখচিত্রের X অক্ষের দিকে চাপ P এবং Y অক্ষের দিকে $\frac{1}{V}$ নিয়ে লেখচিত্র অঙ্কন করতে বলা হলো। লেখচিত্রটি কেমন হবে ব্যাখ্যা কর।

এখানে দেখা যাচ্ছে যে, স্থির তাপমাত্রায় গ্যাসের চাপ বৃদ্ধির সাথে সাথে আয়তন হ্রাস পায় বা P এর বৃদ্ধির কারণে $\frac{1}{V}$ রাশিও বৃদ্ধি পায়। আবার বলা যায়, চাপ হ্রাস পেলে আয়তন বৃদ্ধি পায় বা $\frac{1}{V}$ হ্রাস পায়।

জেনে রাখ : বয়েলের সূত্র উচ্চ তাপমাত্রায় ও কম চাপে বিশেষভাবে প্রযোজ্য, কিন্তু নিম্ন তাপমাত্রায় ও উচ্চ চাপে এ সূত্র হতে বিচ্যুতি দেখা যায়।

নিজে কর : বেলুনে ফুঁ দিলে আয়তন বাড়ে এবং চাপও বাড়ে। এখানে বয়েলের সূত্র কি লঙ্ঘিত হয় ?

একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বেলুনে ফুঁ দিয়ে বাতাস ভরলে বেলুনের আয়তন বাড়ে এবং সাথে সাথে ভেতরের বায়ুর চাপও বাড়ে। সুতরাং আপাতভাবে মনে হয় যে, এই ঘটনায় বয়েলের সূত্র লঙ্ঘিত হচ্ছে। কিন্তু মনে রাখা দরকার যে বয়েলের সূত্র নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। ফুঁ দিলে বেলুনের মধ্যে আরো বায়ু প্রবেশ করে অর্থাৎ বেলুনের মধ্যে বায়ুর ভর নির্দিষ্ট না থেকে বেড়ে যায়। ফলে বায়ুর আয়তন ও চাপ দুইই বেড়ে যায়। তাই বেলুনে ফুঁ দিয়ে বেলুন ফোলানোর ঘটনায় বয়েলের সূত্র প্রয়োগ করা হয় না।

২। চার্লস-এর সূত্র
Charles's Law

1787 খ্রিস্টাব্দে ফরাসি বিজ্ঞানী চার্লস এই সূত্র আবিষ্কার করেন। তাঁর নামানুসারে এই সূত্রকে চার্লস-এর সূত্র বলে। এটি নির্দিষ্ট চাপে তাপমাত্রা এবং আয়তনের সম্পর্ক নির্দেশ করে। এই সূত্র অনুসারে **স্থির চাপে কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন 0°C হতে প্রতি ডিগ্রী সেলসিয়াস তাপমাত্রা পরিবর্তনের জন্য 0°C-এর আয়তনের নির্দিষ্ট ভগ্নাংশ $\frac{1}{273}$ বা 0·00366 অংশ পরিবর্তিত হয়।**

মনে করি 0°C তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন = V_0

∴ চার্লস-এর সূত্রানুযায়ী স্থির চাপে,

1°C তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের আয়তন = $V_0 + \frac{V_0}{273}$

θ°C " " " " = $V_0 + \frac{V_0 \times \theta}{273}$

মনে করি স্থির চাপে ঐ গ্যাসের θ°C তাপমাত্রায় আয়তন = V

∴ আমরা পাই, $V = V_0 + \frac{V_0\theta}{273} = V_0\left(1 + \frac{\theta}{273}\right)$ ... ... (10.2)

পরম স্কেলে চার্লস-এর সূত্র

সমীকরণ (10.2) অনুসারে, $V = V_0\left(\frac{273+\theta}{273}\right) = \frac{V_0 T}{273}$

এখানে T হচ্ছে পরম স্কেলে তাপমাত্রা। $T = \theta + 273$

ধরা যাক, $\frac{V_0}{273} = K =$ ধ্রুবক অতএব, $V = KT$

বা, $V \propto T$ ... ... (10.3)

অর্থাৎ, **নির্দিষ্ট চাপে একটি নির্দিষ্ট ভরের কোনো গ্যাসের আয়তন তার পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক। এটিই পরম স্কেলে চার্লসের সূত্র।**

ব্যাখ্যা : মনে করি নির্দিষ্ট চাপ ও ভরের কোনো গ্যাসের প্রাথমিক আয়তন V_1 ও প্রাথমিক তাপমাত্রা T_1। এর চূড়ান্ত আয়তন V_2 ও চূড়ান্ত তাপমাত্রা T_2 হলে চার্লসের সূত্রানুসারে,

$V_1 = KT_1$ এবং $V_2 = KT_2$ $\therefore \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

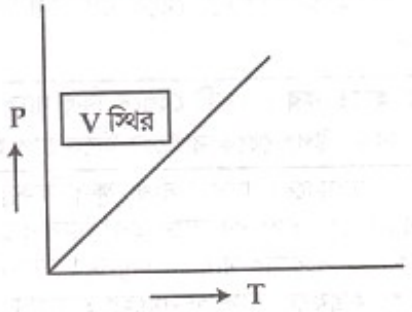
বা, $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$ ... ... (10.4)

যাচাই কর : একটি বেলুনে গ্যাস ভরে তা রোদে কিছুক্ষণ রেখে দাও। তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে আয়তনের পরিবর্তন ব্যাখ্যা কর।

৩। চাপীয় সূত্র
Law of Pressure

1842 খ্রিস্টাব্দে বিখ্যাত বিজ্ঞানী **রেনো** (Regnault) এই সূত্র আবিষ্কার করেন। এজন্য এই সূত্রকে **রেনোর চাপীয় সূত্র** বলা হয়। এটি স্থির আয়তনে চাপ এবং তাপমাত্রার মধ্যে সম্পর্ক নির্দেশ করে। এই সূত্র অনুসারে,

স্থির আয়তনে কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ 0°C হতে প্রতি ডিগ্রী সেলসিয়াস তাপমাত্রা পরিবর্তনের জন্য তার 0°C-এর চাপের একটি নির্দিষ্ট ভগ্নাংশ $\frac{1}{273}$ বা, 0·00366 অংশ পরিবর্তিত হয়।



চিত্র ১০·২

যাচাই কর : স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের ক্ষেত্রে V — T লেখচিত্র মূল বিন্দুগামী সরলরেখা হয় কেন?

মনে করি 0°C তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ $= P_0$

$\therefore$ রেনোর চাপীয় সূত্রানুযায়ী স্থির আয়তনে,

1°C তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের চাপ $= P_0 + \frac{P_0}{273}$

θ°C " " " " $= P_0 + \frac{P_0 \times \theta}{273}$

মনে করি স্থির আয়তনে θ°C তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের চাপ = P

$\therefore$ আমরা পাই, $P = P_0 + \frac{P_0 \times \theta}{273}$

$= P_0\left(1 + \frac{\theta}{273}\right) = P_0\left(\frac{273+\theta}{273}\right)$ ... ... (10.5)

পরম স্কেলে চাপের সূত্র :

সমীকরণ (10.5) অনুসারে,

$$P = P_0\left(\frac{273+\theta}{273}\right) = \frac{P_0 T}{273}$$

এখানে T হচ্ছে পরম স্কেলে তাপমাত্রা। $T = \theta + 273$

ধরা যাক, $\frac{P_0}{273} = K =$ ধ্রুবক অতএব, $P = KT$

বা, $P \propto T$ ... ... (10.6)

অর্থাৎ, **নির্দিষ্ট আয়তনে একটি নির্দিষ্ট ভরের কোনো গ্যাসের চাপ তার পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক। এটিই পরম স্কেলে চাপের সূত্র।**

ব্যাখ্যা : মনে করি, একটি গ্যাসের প্রাথমিক চাপ P_1, প্রাথমিক তাপমাত্রা T_1, চূড়ান্ত চাপ P_2 ও চূড়ান্ত তাপমাত্রা T_2।

চাপীয় সূত্রানুসারে, $P_1 = KT_1$ এবং $P_2 = KT_2$

$\therefore \quad \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$

বা, $\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} =$ ধ্রুবক ... ... (10.7)

বা, $\frac{P}{T} =$ ধ্রুবক

বা, $P \propto T$, যখন V ধ্রুবক।

$\therefore$ নির্দিষ্ট আয়তনে একটি নির্দিষ্ট ভরের কোনো গ্যাসের চাপ তার পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক। এটিই পরম স্কেলে চাপের সূত্র।

সমীকরণ (10.7) থেকে বলা যায় তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে চাপ বৃদ্ধি পাবে এবং তাপমাত্রা হ্রাস পেলে চাপ হ্রাস পাবে।

নিজ হাতে কর : একটি বেলুনে কিছু গ্যাস ভর। এরপর মুখটি ভালো করে বন্ধ কর। এরপর বেলুনের উপর হাতের চাপ দাও। উপর থেকে বাইরের দিকে চাপ অনুভূত হবে।

যেকোনো গ্যাস অসংখ্য ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র অণু দ্বারা গঠিত। অণুসমূহ সব সময় অতি দ্রুতগতিতে ইতস্তত ভ্রমণ করে। ফলে পরস্পরের সাথে এবং গ্যাসাধারের ভেতরের দেওয়ালের সাথে তাদের অবিরাম স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ চলতে থাকে। এ সংঘর্ষের মাধ্যমে অণুসমূহ গ্যাসাধারের দেওয়ালের উপর বল প্রয়োগ করে। গ্যাসাধারের দেওয়ালে প্রতি একক ক্ষেত্রফলে গ্যাস অণুসমূহের প্রয়োগকৃত বলের জন্য গ্যাসে চাপের সৃষ্টি হয়।

গাণিতিক উদাহরণ

১। স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপে কিছু শুষ্ক বায়ু সংনমিত প্রক্রিয়ায় সংনমিত করে এর আয়তন অর্ধেক করা হলো। চূড়ান্ত চাপ নির্ণয় কর। [য. বো. ২০০৯; কু. বো. ২০০১]

আমরা জানি,

$P_1V_1 = P_2V_2$

বা, $P_2V_2 = P_1V_1$

বা, $P_2 = \frac{V_1}{V_2}P_1 = \frac{2V_2}{V_2}P_1$

$= 2P_1 = 2 \times 1{\cdot}013 \times 10^5\ \text{Nm}^{-2}$

$= 2{\cdot}026 \times 10^5\ \text{Nm}^{-2}$

এখানে,

প্রাথমিক চাপ, $P_1 = 1{\cdot}013 \times 10^5\ \text{Nm}^{-2}$

প্রাথমিক আয়তন $= V_1$

চূড়ান্ত আয়তন, $V_2 = \frac{V_1}{2}$

চূড়ান্ত চাপ, $P_2 = ?$

২। কোনো হ্রদের তলদেশ থেকে পানির উ হ্রদের পৃষ্ঠে বায়ুমণ্ডলের চাপ স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলীয় গভীরতা কত ? [রা. বো. ২০১১, ২০০৭; দি.

আমরা জানি,

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi\left(\frac{d}{2}\right)^3 = \frac{4\pi}{6}d^3 = Kd^3$$

$\therefore \quad V_1 = Kd_1^3$

এবং $V_2 = Kd_2^3 = K(2d_1)^3 \quad \because d_2 = 2d_1$

$= 8Kd_1^3 = 8V$

সুতরাং ব্যাস দ্বিগুণ হলে আয়তন 8 গুণ হবে।

মনে করি, হ্রদের তলদেশে চাপ $= P_1$ এবং উ

আমরা জানি, $P_1V_1 = P_2V_2$

বা, $(P_2 + h\rho g)\,V = P_2V_2 = P_2 \times 8$

বা, $h\rho g = 8P_2 - P_2 = 7P_2$

$\therefore \quad h = \dfrac{7P_2}{\rho g} = \dfrac{7 \times 1{\cdot}013 \times 10^5}{1 \times 10^3 \times 9{\cdot}8} = 72{\cdot}36\ \text{m}$

৩। 0·64m পারদ স্তম্ভ চাপে এবং 39°C তাপমাত্রায় কোনো গ্যাসের আয়তন $5{\cdot}7 \times 10^{-4}\ m^3$; প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন কত?

আমরা পাই,

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

বা, $\dfrac{0{\cdot}64 \times 5{\cdot}7 \times 10^{-4}}{312} = \dfrac{0{\cdot}76 \times V_2}{273}$

বা, $V_2 = \dfrac{0{\cdot}64 \times 5{\cdot}7 \times 10^{-4} \times 273}{312 \times 0{\cdot}76}$

$\therefore \quad V_2 = 4{\cdot}2 \times 10^{-4}\ m^3$

এখানে,

$P_1 = 0{\cdot}64\ m$

$V_1 = 5{\cdot}7 \times 10^{-4}\ m^3$

$T_1 = 39°C = (39 + 273)\ K = 312\ K$

প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রা,

$P_2 = 0{\cdot}76\ m$

$T_2 = 273\ K$

$V_2 = ?$

Prob. 01: স্বাভাবিক চাপে কোন হ্রদের তলদেশ থেকে পানির উপরিতলে আসার সময় বাতাসের বুদবুদ আয়তনে 3 গুণ হয়। হ্রদের গভীরতা কত? [Ref: ম. হালিম]

Solve: $h = \dfrac{(3-1) \times 1.0133 \times 10^5}{1000 \times 9.8} = 20.7\ \text{m}$

বিকল্প Solve: $h = 10.34 \times (n - 1) = 10.34 \times 2 = 20.7\ \text{m}$

For Practice:

01. 10.2 m গভীর কোন হ্রদের তলদেশ থেকে পানির বুদবুদ উপরিতলে চলে আসলে আয়তন কত গুণ হবে? **Ans.** 2

02. কোন হ্রদের তলদেশ থেকে পানি উপরিতলে আসার একটি বায়ু বুদবুদের ব্যাস দ্বিগুণ হয়। হ্রদের গভীরতা কত? [Ref: রমা বিজয়]

Hints: $h = \dfrac{(n^3 - 1)P}{\rho g}$ **Ans.** 72 m

03. 31 m গভীর কোন হ্রদের তলদেশ থেকে বুদবুদ পানির উপরে উঠে আসলে বুদবুদের পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্রফল কত গুণ হবে?

Hints: $h = \dfrac{(n^2 - 1)P}{\rho g}$ **Ans.** 2

আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ
Perfect Gas Equation

মনে করি নির্দিষ্ট ভরের কোনো গ্যাসের চাপ, আয়তন ও পরম তাপমাত্রা যথাক্রমে P, V, T।

বয়েলের সূত্রানুসারে, $V \propto \dfrac{1}{P}$, (যখন তাপমাত্রা T স্থির থাকে)

এবং চার্লসের সূত্রানুসারে, $V \propto T$ (যখন চাপ P ধ্রুব থাকে)

এই দুটি সূত্রকে একত্রে লেখা যায়,

$V \propto \dfrac{T}{P}$, যখন T ও P উভয়ই ধ্রুবক

বা, $V = K\dfrac{T}{P}$ বা, $\dfrac{PV}{T} = K$

বা, $PV = KT$ ... ... (10.8)

এখানে K একটি ধ্রুব সংখ্যা, এর মান গ্যাসের ভর এবং এককের পদ্ধতির ওপর নির্ভর করে। এখন T_1, T_2, T_3, ... , T_n পরম তাপমাত্রায় এবং P_1, P_2, P_3, ... , P_n চাপে কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন যথাক্রমে V_1, V_2, V_3, ... , V_n হলে, উপরোক্ত সমীকরণ অনুসারে,

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = \frac{P_3V_3}{T_3} = \ldots = \frac{P_nV_n}{T_n} = K = \text{ধ্রুবক}$$

এখন অ্যাভোগ্যাড্রোর প্রকল্প অনুসারে এক মৌল বা এক গ্রাম অণু ভরের সকল গ্যাসের আয়তন, একই চাপ ও তাপমাত্রায় সমান এবং স্বাভাবিক চাপ ও তাপমাত্রায় এই আয়তন 22·4 লিটার। সুতরাং V যদি এক মোল গ্যাসের আয়তন হয়, $\frac{PV}{T}$ অনুপাতটি সকল গ্যাসের জন্য অভিন্ন হবে। অর্থাৎ K-এর মান এক গ্রাম অণু ভরের সকল গ্যাসের ক্ষেত্রে অভিন্ন হয়। এক্ষেত্রে K এর পরিবর্তে R লেখা হয় এবং R-কে সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক (universal gas constant) বা মোলার গ্যাস ধ্রুবক (molar gas constant) বলা হয়। এই R এর মান, $R = 8{\cdot}31\ JK^{-1}\ mole^{-1}$।

এখন যদি 1 মোল গ্যাস বা এক গ্রাম অণু ভরের যেকোনো গ্যাস বিবেচনা করা হয় তাহলে যেকোনো গ্যাসের ক্ষেত্রে সমীকরণ (10.8) থেকে লেখা যায়

$$PV = RT \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (10.9)$$

এখন যদি এক মোল বা এক গ্রাম অণু গ্যাস না নিয়ে m ভরের গ্যাস নেয়া হয় যার আয়তন V এবং ঐ গ্যাসের আণবিক ভর যদি M হয়, তবে এক মোল বা এক গ্রাম অণু গ্যাসের আয়তন হবে $\frac{M}{m}V$। সুতরাং সমীকরণ (10.9)-এ V এর পরিবর্তে $\frac{M}{m}V$ বসিয়ে পাই,

$$P \times \frac{M}{m} V = RT$$

বা, $PV = \frac{m}{M} RT \quad \left(\frac{m}{M} = n = \text{মোল সংখ্যা}\right)$

বা, $PV = nRT \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (10.10)$

এটাই আদর্শ গ্যাস সমীকরণ বা গ্যাসের অবস্থার সমীকরণ।

হিসাব : আদর্শ তাপমাত্রা ও চাপে 1 মোল গ্যাস যে আয়তন দখল করে তার আয়তন এবং একক আয়তনে অণুর সংখ্যা বের কর।

আমরা জানি, $PV = nRT \therefore V = \frac{nRT}{P} = \frac{1 \times 8{\cdot}31 \times 273}{1{\cdot}07 \times 10^5} = 2{\cdot}25 \times 10^{-2}\ m^3$

আবার, একক আয়তনে অণুর সংখ্যা,

$$\frac{N}{V} = \frac{6{\cdot}02 \times 10^{23}}{2{\cdot}25 \times 10^{-2}} = 2{\cdot}68 \times 10^{25}$$

১০·৩ গ্যাসের ঘনত্বের সমীকরণ

Equation of density of a gas

ধরা যাক T_1K পরম তাপমাত্রায় m ভরের কোনো গ্যাসের আয়তন V_1, চাপ P_1 ও ঘনত্ব ρ_1 এবং T_2K পরম তাপমাত্রায় তার আয়তন V_2, চাপ P_2 ও ঘনত্ব ρ_2। গ্যাসটি তার অবস্থার সমীকরণ মেনে চললে,

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

অর্থাৎ, $\frac{P_1}{T_1} \cdot \frac{m}{\rho_1} = \frac{P_2}{T_2} \cdot \frac{m}{\rho_2} \quad \left[\because \rho_1 = \frac{m}{V_1} \text{ এবং } \rho_2 = \frac{m}{V_2}\right]$

$$\therefore \quad \frac{P_1}{\rho_1 T_1} = \frac{P_2}{\rho_2 T_2} = \text{একটি ধ্রুবক} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (10.11)$$

এটিও (আদর্শ) গ্যাসের অবস্থার সমীকরণ নির্দেশ করে। এ সমীকরণ অনুসারে,

(ক) $P_1 = P_2$ হলে, $\rho_1 T_1 = \rho_2 T_2$

$$\therefore \quad \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{T_2}{T_1} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (10.12)$$

সুতরাং স্থির চাপে একটি নির্দিষ্ট ভরের কোনো গ্যাসের ঘনত্ব তার পরম তাপমাত্রার ব্যস্তানুপাতিক।

(খ) $T_1 = T_2$ হলে, $\frac{P_1}{\rho_1} = \frac{P_2}{\rho_2}$

$$\therefore \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (10.13)$$

কাজেই, স্থির তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট ভরের কোনো গ্যাসের চাপ তার ঘনত্বের সমানুপাতিক।

সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক
Universal Gas Constant

যে কোনো গ্যাসের ভর এক গ্রাম মোল হলে, সকল গ্যাসের ক্ষেত্রে K-এর মান সমান হয় এবং ধ্রুবক K-কে R দ্বারা প্রকাশ করা হয়। সেজন্য R-কে **সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক** বলা হয়।

R-এর অর্থ : n মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে আমরা পাই,

$$PV = nRT$$

$$\therefore \quad R = \frac{PV}{nT} = \frac{\text{কাজ বা শক্তি}}{\text{মোল সংখ্যা} \times \text{ডিগ্রী তাপমাত্রা}} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (10.14)$$

উক্ত সমীকরণ হতে R-এর নিম্নলিখিত সংজ্ঞা দেয়া যায়—

সংজ্ঞা : এক মোল আদর্শ গ্যাসের তাপমাত্রা এক ডিগ্রী বাড়ালে তা যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন করে তাকে সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক বলে। এটিই হলো R-এর অর্থ বা তাৎপর্য।

R-এর একক : এস. আই. পদ্ধতিতে R-এর একক হলো জুল কেলভিন$^{-1}$ মোল$^{-1}$ ($JK^{-1}\ mol^{-1}$)।

R- এর মান : এস. আই. পদ্ধতিতে স্বাভাবিক তাপমাত্রা এবং চাপে (N. T. P) 8·314 $JK^{-1}\ mol^{-1}$ (জুল কেলভিন$^{-1}$ মোল$^{-1}$)

১০·৪ পরম শূন্য তাপমাত্রা বা পরম শীতলতা
Absolute zero temperature

চার্লসের সূত্র হতে আমরা দেখতে পাই যে, স্থির চাপে যদি 0°C তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট ভরের একটি গ্যাসের আয়তন V_0 হয় এবং θ°C তাপমাত্রায় তার আয়তন V হয়, তবে

$$V = V_0\left(1 + \frac{\theta}{273}\right)$$

-273°C তাপমাত্রায় উক্ত গ্যাসের আয়তন, $V_{-273} = V_0\left(1 - \frac{273}{273}\right) = 0$

অর্থাৎ স্থির চাপে গ্যাসকে ঠান্ডা করে তার তাপমাত্রা -273°C করলে আয়তন শূন্য হবে। তাপমাত্রা আরও কমালে গ্যাসের আয়তন ঋণাত্মক হবে। কিন্তু ঋণাত্মক আয়তন অর্থহীন। অতএব **সর্বনিম্ন তাপমাত্রা** -273°C। প্রকৃতপক্ষে এই তাপমাত্রা $-273{\cdot}16$°C। কোনো কিছুরই তাপমাত্রা এর অপেক্ষা কম হতে পারে না। শুধু পৃথিবীতে নয়, সৌরজগৎ তথা মহাবিশ্বে এর কম তাপমাত্রা কোথাও থাকতে পারে না। এজন্য -273°C তাপমাত্রাকে **সর্বনিম্ন তাপমাত্রা বা পরম বা চরম শূন্য তাপমাত্রা বা চরম শীতলতা** (Absolute zero temperature) বলা হয়। কাজেই, স্থির চাপে একটি নির্দিষ্ট ভরের কোনো গ্যাসের তাপমাত্রা ক্রমশ কমাতে থাকলে, চার্লসের সূত্রানুযায়ী যে তাপমাত্রায় পৌঁছে তার আয়তন শূন্য হয় ও গ্যাসের গতিশক্তি সম্পূর্ণরূপে লোপ পায় তাকে পরম শূন্য তাপমাত্রা বলে।

গাণিতিক উদাহরণ

১। যদি $R = 8{\cdot}31\ JK^{-1}\ mol^{-1}$ হয় তবে 72 cm পারদ চাপে এবং 27°C তাপমাত্রায় 20 g অক্সিজেনের আয়তন নির্ণয় কর।

আমরা জানি, $PV = nRT$

বা, $PV = \frac{m}{M}RT$

বা, $V = \frac{m\,RT}{PM}$

$= \frac{20 \times 10^{-3} \times 8{\cdot}31 \times 300}{72 \times 10^{-2} \times 13{\cdot}6 \times 10^{3} \times 9{\cdot}8 \times 32 \times 10^{-3}}$

$= 0{\cdot}0162369 = 16{\cdot}24 \times 10^{-3}\ m^3$

এখানে,

$m = 20\ g = 20 \times 10^{-3}\ kg$

$M = 32 \times 10^{-3}\ kg\ mol^{-1}$

$R = 8{\cdot}31\ JK^{-1}\ mol^{-1}$

$T = (27 + 273) = 300\ K$

$h = 72\ cm = 72 \times 10^{-2}\ m$

$P = h\rho g$

$= 72 \times 10^{-2} \times 13{\cdot}6 \times 10^{3} \times 9{\cdot}8\ Nm^{-2}$

$V = ?$

২। 27°C তাপমাত্রায় প্রতি গ্রাম অণু হিলিয়াম গ্যাসের গতিশক্তি নির্ণয় কর। $[R = 8{\cdot}3\ JK^{-1}\ mol^{-1}]$

[ব. বো. ২০১১; কু. বো. ২০১০; চ. বো. ২০০৭; ঢা. বো. ২০০৩]

আমরা জানি,

গতিশক্তি $= \frac{3}{2}RT$

$= \frac{3}{2} \times 8{\cdot}3 \times 300 = 3735\ J\ mol^{-1}$

এখানে,

$R = 8{\cdot}3\ JK^{-1}\ mol^{-1}$

$T = (273 + 27)\ K = 300\ K$

১০·৫ ব্যবহারিক
Experimental

পরীক্ষণের নাম :	বয়েলের সূত্র যাচাই
পিরিয়ড : ২	**Verification of Boyle's Law**

মূলতত্ত্ব (Theory) : তাপমাত্রা স্থির থাকলে কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন তার উপর প্রযুক্ত চাপের ব্যস্তানুপাতিক।

যদি কোনো নির্দিষ্ট ভর গ্যাসের আয়তন, V এবং চাপ, P হয় তবে বয়েলের সূত্রানুসারে

$$V \propto \frac{1}{P}$$

বা, $PV =$ ধ্রুবক। ... ... (i)

অনুরূপভাবে যদি কোনো নির্দিষ্ট ভর গ্যাসের P_1, P_2, P_3 ইত্যাদি চাপে তার আয়তন যথাক্রমে V_1, V_2, V_3 হয় তবে বয়েলের সূত্রানুসারে আমরা পাই, $P_1V_1 = P_2V_2 = P_3V_3 =$ ধ্রুবক $= K$।

যন্ত্রপাতি (Apparatus) : (১) বয়েলের যন্ত্র, (২) ব্যারোমিটার এবং (৩) তাপমান যন্ত্র।

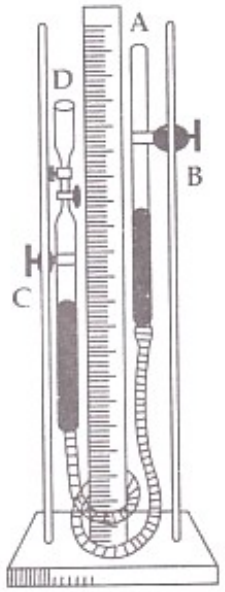
কার্যপদ্ধতি বা কাজের ধারা (Procedure) : উক্ত পরীক্ষা তিনটি ধাপে সম্পন্ন করা হয়, যথা— **(A) বায়ুমণ্ডলীয় চাপে, (B) বায়ুমণ্ডলীয় চাপ অপেক্ষা অধিক চাপে** এবং **(C) বায়ুমণ্ডলীয় চাপ অপেক্ষা কম চাপে।**

(১) পরীক্ষার শুরুতেই ব্যারোমিটারের সাহায্যে বায়ুমণ্ডলের চাপ নির্ণয় করা হয়। মনে করি এটি P_1।

(A) বায়ুমণ্ডলীয় চাপে :

(২) CD নলটিকে উঠা-নামা করিয়ে তাকে এমন উচ্চতায় রাখা হয় যাতে উভয় নলের পারদ স্তম্ভ এক সমতলে থাকে। এ অবস্থায় AB নলে আবদ্ধ বায়ুর চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হবে।

(৩) স্কেল হতে AB নলের বন্ধমুখ এবং AB নলের পারদ তলের পাঠ নেয়া হয়। এ দুই পাঠের পার্থক্য হতে আবদ্ধ বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য নির্ণয় করা হয়। AB নল সমব্যাসযুক্ত হওয়ায় আবদ্ধ বায়ুর দৈর্ঘ্য তার আয়তনের আনুপাতিক হবে। বায়ুমণ্ডলের চাপ এবং বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্যের গুণফল বের করা হয়।



চিত্র ১০·৩

(B) বায়ুমণ্ডলের চাপ অপেক্ষা অধিক চাপে :

(৪) এবার CD নলকে আস্তে আস্তে উপরে তোলা হয়। এই অবস্থায় CD নলের পারদ স্তম্ভ AB নলের স্তম্ভ হতে উঁচুতে থাকবে এবং AB নলের আবদ্ধ বায়ুর চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপ অপেক্ষা বেশি হবে। উভয় নলের পারদ স্তম্ভের পাঠ নেয়া হয় এবং তাদের পার্থক্য নির্ণয় করা হয়। বায়ুমণ্ডলের চাপের সাথে উক্ত পার্থক্য যোগ করে AB নলে আবদ্ধ বায়ুর চাপ বের করা হয়। P_1 বায়ুমণ্ডলের চাপ হলে এবং h পারদ স্তম্ভদ্বয়ের পার্থক্য হলে আবদ্ধ বায়ুর চাপ $P = P_1 + h$। AB নলের পারদতল এবং বন্ধ প্রান্তের পাঠ হতে আবদ্ধ বায়ুর আয়তন নির্ণয় করা হয়। CD নল ক্রমাগত উপরে উঠিয়ে ৫/৬ বার পাঠ নেয়া হয় এবং প্রতিবারই আবদ্ধ বায়ুর চাপ এবং আয়তনের গুণফল বের করা হয়।

(C) বায়ুমণ্ডলের চাপ অপেক্ষা কম চাপে :

(৫) এখন CD নলকে নিচে নামানো হয় এবং এমন জায়গায় রাখা হয় যাতে AB নলের পারদ স্তম্ভ CD নলের পারদ স্তম্ভ হতে উঁচুতে থাকে। এ অবস্থায় AB নলের আবদ্ধ চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপ অপেক্ষা কম হবে। উভয় নলের পারদ স্তম্ভের পাঠ নেয়া হয় এবং তাদের পার্থক্য নির্ণয় করা হয়। বায়ুমণ্ডলের চাপ হতে উক্ত পার্থক্য বিয়োগ করে AB নলের আবদ্ধ বায়ুর চাপ বের করা হয়। P_1 বায়ুমণ্ডলের চাপ হলে এবং h পারদ স্তম্ভদ্বয়ের পার্থক্য হলে আবদ্ধ বায়ুর চাপ $P = P_1 - h$। AB নলের পারদতল এবং বন্ধ প্রান্তের পাঠ হতে আবদ্ধ বায়ুর আয়তন নির্ণয় করা হয়। CD নল ক্রমাগত নিচে নামিয়ে ৫/৬ বার পাঠ নেয়া হয় এবং প্রতিবারই চাপ এবং আয়তনের গুণফল বের করা হয়।

(৬) পরীক্ষার শুরুতে এবং শেষে ব্যারোমিটারের সাহায্যে বায়ুমণ্ডলের চাপ পরিমাপ করা হয় এবং গড় মান নেয়া হয়। মনে করি, তা P_1।

পর্যবেক্ষণ ও সন্নিবেশন (Observation and Manipulation) :

ছক (Table)

চাপ	পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	ব্যারো-মিটারের পাঠ $=B$ সেমি	পরীক্ষা-গারের তাপমাত্রা $= t°$ C	আবদ্ধ নল AB-এর উপর প্রান্তের পাঠ $= a$ সেমি	আবদ্ধ নল AB-এর পারদ স্তম্ভের পাঠ $= b$ সেমি	খোলা নল CD-এর পারদ স্তম্ভের পাঠ $= c$ সেমি	আবদ্ধ বায়ুর আয়তন $V = (a-b)$ ঘন সেমি	পারদ স্তম্ভের উচ্চতার পার্থক্য $h=(b-c)$ সেমি	আবদ্ধ বায়ুর মোট চাপ $P = (B \pm h)$ সেমি	$K = P \times V$	মন্তব্য
বায়ুমণ্ডলীয় চাপে											ধ্রুবক
বায়ুমণ্ডলীয় চাপ অপেক্ষা অধিক চাপে											
বায়ুমণ্ডলীয় চাপ অপেক্ষা কম চাপে											

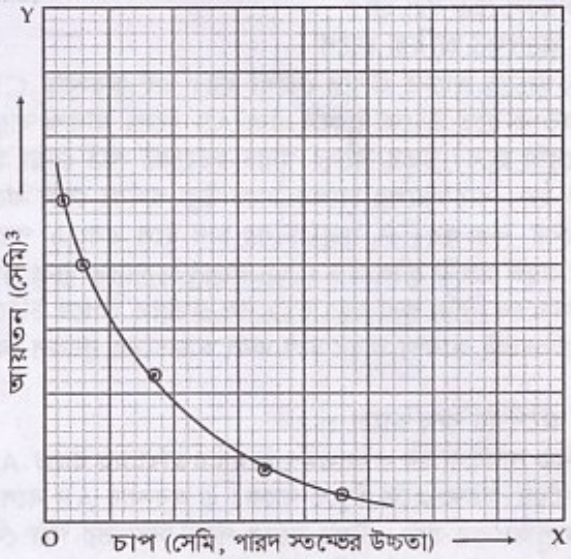
হিসাব বা গণনা (Calculation) :

(১) $P \times V$ = ... (২) $P \times V$ = ...

(৩) $P \times V$ = ... (৪) $P \times V$ = ...

[অনুরূপভাবে সকল গণনা করা যায়]

ফলাফল (Result) : যেহেতু $P \times V$ = ধ্রুবক, সেহেতু P এবং V-এর সম্পর্কটিকে একটি লেখ দ্বারা প্রকাশ করা যায়। P-কে X-অক্ষে এবং V-কে Y-অক্ষে স্থাপন করে লেখ অঙ্কন করলে তা একটি আয়তাকার পরাবৃত্ত হবে



চিত্র ১০·৪

এবং প্রমাণ করবে যে, $P \times V$ = ধ্রুবক। কিন্তু P বনাম $\frac{1}{V}$ লেখ অঙ্কন করলে তা একটি সরলরেখা হবে। এটিও প্রমাণ করবে যে $P \times V$ = ধ্রুবক।

∴ বয়েলের সূত্র প্রমাণিত হলো।

সতর্কতা (Precautions) :

(১) নল দুটি পুরাপুরি খাড়া হওয়া উচিত।

(২) দৃষ্টিভ্রম এড়িয়ে পাঠ নেয়া উচিত।

(৩) তাপমাত্রা স্থির রাখার জন্য CD নলকে ধীরে ধীরে উঠা-নামা করা প্রয়োজন।

(৪) প্রতিবার পাঠ নেবার পর কিছু সময় অপেক্ষা করা উচিত।

আলোচনা (Discussion) : বন্ধ নল ও খোলা নল অসম প্রস্থচ্ছেদের হলে প্রাপ্ত ফলাফলে ত্রুটি পরিলক্ষিত হয়।

১০·৬ গ্যাসের অণুর মৌলিক স্বীকার্য

Fundamental Postulates of Gas Molecules

গ্যাসের অণুর গতিশীলতার জন্য তাপ উৎপন্ন হয়। এটি হলো গ্যাসের অণুর গতিতত্ত্ব। গ্যাসের গতিতত্ত্ব হতে গ্যাসের গতির প্রকৃতি এবং উদ্ভূত তাপের মধ্যে সম্পর্ক জানা যায়। গ্যাসের অণুর গতিতত্ত্ব সুপ্রতিষ্ঠিত করার জন্য কতকগুলো পূর্বশর্ত প্রয়োজন। এগুলোকে গ্যাসের **মৌলিক স্বীকার্য** বলা হয়। গ্যাসের অণুর মৌলিক স্বীকার্যসমূহ নিম্নে উল্লেখ করা হলো :

১। প্রত্যেক গ্যাসই সমান ভরের অসংখ্য ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণার সমন্বয়ে গঠিত। এদের নাম অণু। অণুগুলো নিউটনের গতিসূত্র মেনে চলে।

২। কোনো একটি গ্যাসের অণুগুলো সদৃশ। কিন্তু বিভিন্ন গ্যাসের অণুগুলো ভিন্ন ভিন্ন। উদাহরণস্বরূপ বলা যায়— হাইড্রোজেন গ্যাসের সকল অণু সদৃশ, অক্সিজেন গ্যাসের সকল অণু সদৃশ। কিন্তু হাইড্রোজেন গ্যাসের অণু এবং অক্সিজেন গ্যাসের অণু সদৃশ নয়।

৩। গ্যাসের অণু
৪। অণুগুলোর ম
৫। আধারের অ
৬। অণুগুলোর
কোনো বল প্রয়োগ করে
৭। অণুগুলো সং
৮। অণুগুলো প্র
সাথে ধাক্কা খাচ্ছে। আং
৯। তাপমাত্রা বৃ
১০। দুটি ধাক্কা
দূরত্বকে মুক্ত পথ (free
১১। একটি ধাব
ধাক্কাগুলো তাৎক্ষণিক (i
১২। গ্যাসের অ
১৩। গ্যাসের অ
এটি হতে সিদ্ধান্ত গ্রহণ
এখানে উল্লেখ
বলে।
১৪। গ্যাসের

* গড় মুক্ত পথ :-

$\rightarrow \lambda = \frac{l}{n}$

* → একক মিটার।

* প্রমাণিকভাবে গড় মুক্তপথ;

$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\pi\sigma^2 N}$

তাহলে; $\lambda \propto \frac{1}{\sigma^2}$

$\lambda \propto \frac{1}{N}$

এখানে; N হলো একক আয়তনে অণুর
সংখ্যা এবং σ হলো গ্যাসের
অণুর ব্যাস।

১০·৭ গড় বে

Mean velocity, mean square velocity

কোনো একটি বস্তু অসম বেগে গমন করলে মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব এবং মোট সময়ের ভাগফলকে গড় বেগ বলে। আবার, দুই বা ততোধিক বেগের গড় মানকে গড় বেগ বলে।

কিন্তু দুই বা ততোধিক বেগের বর্গের গড় মানকে গড় বর্গবেগ বলে। মনে করি গ্যাসের n সংখ্যক অণুর বেগ যথাক্রমে $c_1, c_2, \ldots \ldots c_3, \ldots \ldots c_n$। অতএব তাদের

গড় বেগ, $c_a = \frac{c_1 + c_2 + c_3 + \ldots \ldots + c_n}{n}$ ... ... (10.15)

গড় বর্গবেগ $c_a^2 = \frac{c_1^2 + c_2^2 + \ldots \ldots + c_n^2}{n}$ ... ... (10.16)

পুনঃ দুই বা ততোধিক বেগের বর্গের গড় মানের বর্গমূলকে গড় বর্গবেগের বর্গমূল বা মূল গড় বর্গবেগ বলে। অতএব গড় বর্গবেগের বর্গমূল বা মূল গড় বর্গবেগ

$$c = \sqrt{c_a^2} = \sqrt{\frac{c_1^2 + c_2^2 + \ldots \ldots + c_n^2}{n}} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (10.17)$$

সাধারণত মূল গড় বর্গবেগ গড় বেগ অপেক্ষা বেশি মানের হয়। নিচের উদাহরণ থেকে বিষয়টি স্পষ্ট হবে।

ধরা যাক চারটি অণুর বেগ যথাক্রমে 3, 4, 5 এবং 6 একক।

সুতরাং, এদের গড় বেগ, $\bar{c} = \frac{3 + 4 + 5 + 6}{4} = 4{\cdot}5$

এবং মূল গড় বর্গবেগ $\sqrt{\bar{c^2}} = \sqrt{\frac{3^2 + 4^2 + 5^2 + 6^2}{4}} = 4{\cdot}64$

১০·৮ গ্যাসের আণবিক গতিতত্ত্ব
Molecular Kinetic Theory of Gases

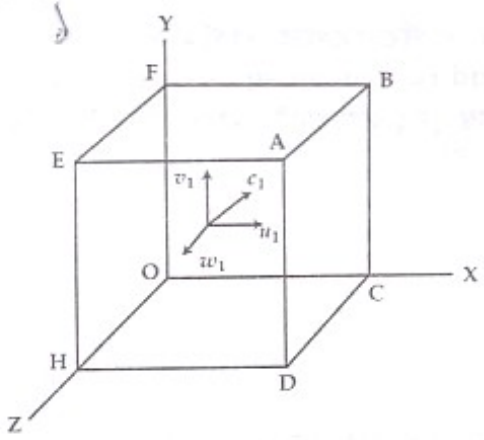
সকল গ্যাসই মোটামুটি **বয়েল, চার্লস** এবং **চাপের সূত্র** মেনে চলে। এজন্য সকল গ্যাসের একটি সাধারণ গঠন আছে বলে ধরে নেয়া যায়। সকল গ্যাসই তথা সকল বস্তুই অসংখ্য অণুর সমষ্টি। এ অণুগুলো অবিরাম গতিশীল অবস্থায় থাকে। তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে তাদের গতিশক্তি বৃদ্ধি পায়। কঠিন পদার্থের অণুগুলো খুবই ঘন সন্নিবিষ্ট থাকায় সংসক্তি বল অধিক। এর ফলে কঠিন পদার্থের নির্দিষ্ট আকার ও আয়তন থাকে। তরল পদার্থের অণুগুলোর পারস্পরিক সংসক্তি বল অপেক্ষাকৃত কম। ফলে এদের নির্দিষ্ট আকার থাকে না, কিন্তু আয়তন থাকে। গ্যাসের অণুগুলোর মধ্যে সংসক্তি বল একেবারে নেই বললেই চলে। ফলে গ্যাসের অণুগুলো স্বাধীনভাবে চলাচল করতে পারে। তাই গ্যাসীয় পদার্থের নির্দিষ্ট কোনো আকার বা আয়তন নেই।

ডেভী, জুল, রামফোর্ড প্রমুখ বিজ্ঞানী বিভিন্ন পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করেছেন যে, তাপ এক প্রকার শক্তি এবং পদার্থ কণার গতির ফলেই তাপ সৃষ্টি হয়। তা হলে দেখা যাচ্ছে, **তাপ হলো গতির একটি বিশেষ রূপ। অতএব গ্যাসের গতিশীলতার জন্য তাপ উৎপন্ন হয়। এটি হলো গ্যাসের গতিতত্ত্ব।** গ্যাসের গতিতত্ত্ব হতে গ্যাসের গতির প্রকৃতি এবং উদ্ভূত তাপের মধ্যে সম্পর্ক জানা যায়।

1730 খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী **বার্ণৌলি** (Bernoulli) সর্বপ্রথম গ্যাসের গতিতত্ত্বের সাহায্যে গ্যাসের সূত্রাবলি ব্যাখ্যা করেন। এ কারণে বিজ্ঞানী বার্ণৌলিকে গ্যাসের গতিতত্ত্বের জনক বলা হয়। কিন্তু 1860 খ্রিস্টাব্দে **ক্লসিয়াস, ম্যাক্সওয়েল, বোল্‌জম্যান, জিন, ভ্যানডার ওয়াল্‌স** প্রমুখ বিজ্ঞানী গ্যাসের গতিতত্ত্বের প্রভূত উন্নতি সাধন করেন এবং এই তত্ত্বের সাহায্যে গ্যাসের নানারূপ আচরণের সন্তোষজনক ব্যাখ্যা প্রদান করেন।

১০·৯ গতিতত্ত্ব অনুসারে আদর্শ গ্যাসের চাপের সমীকরণ
Equation of pressure of an ideal gas according to the kinetic theory

ছয় তলবিশিষ্ট আদর্শ স্থিতিস্থাপক পদার্থের একটি ঘনাকৃতি ফাঁপা পাত্র লই। মনে করি এটি ABCDEFOH [চিত্র ১০·৫]। পাত্রটির প্রত্যেকটি বাহুর দৈর্ঘ্য l । অতএব এর আয়তন $V = l^3$।



চিত্র : ১০·৫

ধরি পাত্রটি M ভরের একটি আদর্শ গ্যাস দ্বারা পূর্ণ এবং গ্যাসের ঘনত্ব ρ। মনে করি গ্যাসের অণুর সংখ্যা n এবং প্রত্যেকটি অণুর ভর m। উক্ত অণুগুলোর মধ্য হতে একটি অণু বিবেচনা করি যার বেগ c_1 [চিত্র ১০·৭]। এই বেগকে OX, OY এবং OZ অক্ষ বরাবর যথাক্রমে u_1, v_1 এবং w_1 উপাংশে বিভাজন করি। অতএব আমরা লিখতে পারি,

$$c_1^2 = u_1^2 + v_1^2 + w_1^2$$

মনে করি অণুটি OX বরাবর u_1 বেগে গিয়ে ABCD তলকে আঘাত করল। অণুর ভর m হলে OX অক্ষ বরাবর তার ভরবেগ $= mu_1$। দেয়ালটির সাথে অণুর স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ ঘটে। ফলে অণুটি একই বেগে পশ্চাৎদিকে প্রতিক্ষিপ্ত (rebound) বা ফেরত আসে। অতএব সংঘর্ষের পর এর ভরবেগ $= -mu_1$

$\therefore$ অণুটির বেগের u_1 উপাংশের দরুন ভরবেগের পরিবর্তন $= mu_1 - (-mu_1) = mu_1 + mu_1 = 2mu_1$

আবার ABCD তলে একবার ধাক্কা খাবার পর EFOH তলে আর একবার ধাক্কা খাবে। OX অক্ষ বরাবর অণুটির বেগ u_1 হওয়ায় ABCD তল হতে EFOH তলে আসতে এর সময় লাগে $\frac{l}{u_1}$ অর্থাৎ $\frac{l}{u_1}$ সময় পর অণুটির বেগের u_1 উপাংশের দরুন ভরবেগের পরিবর্তন $= 2mu_1$

$\therefore$ অণুটির বেগের u_1 উপাংশের জন্য ভরবেগের পরিবর্তনের হার $= \dfrac{\text{ভরবেগের পরিবর্তন}}{\text{সময়}}$

$$= \frac{2mu_1}{l/u_1} = \frac{2mu_1^2}{l}$$

অনুরূপভাবে গ্যাস অণুটির বেগের v_1 উপাংশের জন্য ভরবেগের পরিবর্তনের হার $= \frac{2mv_1^2}{l}$ এবং বেগের w_1 উপাংশের জন্য ভরবেগের পরিবর্তনের হার $= \frac{2mw_1^2}{l}$

∴ ঐ অণুর মোট ভরবেগের পরিবর্তনের হার

$$= \frac{2mu_1^2}{l} + \frac{2mv_1^2}{l} + \frac{2mw_1^2}{l} = \frac{2m}{l}(u_1^2 + v_1^2 + w_1^2) = \frac{2mc_1^2}{l}$$

দ্বিতীয় অণুর বেগ c_2 হলে একইভাবে দেখানো যায় যে, তার মোট ভরবেগের পরিবর্তনের হার $= \frac{2mc_2^2}{l}$

∴ n-তম অণুর বেগ c_n হলে, এর মোট ভরবেগের পরিবর্তনের হার $= \frac{2mc_n^2}{l}$

∴ পাত্রস্থিত n সংখ্যক অণুর মোট ভরবেগের পরিবর্তনের হার

$$= \frac{2m}{l}(c_1^2 + c_2^2 + \dots\dots + c_n^2) = \frac{2mn}{l}\left(\frac{c_1^2 + c_2^2 + \dots\dots + c_n^2}{n}\right)$$

$$= \frac{2mn}{l}c^2 \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (10.18)$$

$$\left[\text{এখানে } c = \text{গড় বর্গবেগের বর্গমূল} = \sqrt{\frac{c_1^2 + c_2^2 + \dots + c_n^2}{n}}\right]$$

কিন্তু নিউটনের দ্বিতীয় সূত্রানুযায়ী এই ভরবেগের পরিবর্তনের হার অণুগুলোর উপর বিভিন্ন দেয়াল কর্তৃক প্রযুক্ত বলের সমান। ঘনকটির দেয়ালের উপর ধাক্কাজনিত চাপ P হলে ঘনকের ছয়টি দেয়ালের উপর মোট বল

$$= \text{ক্ষেত্রফল} \times \text{চাপ} = 6l^2 \times P \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (10.19)$$

∴ সমীকরণ (10.18) এবং সমীকরণ (10.19) হতে পাই,

$$6l^2 \times P = \frac{2mnc^2}{l}$$

বা, $P = \frac{2mnc^2}{6l^2 \times l} = \frac{mnc^2}{3l^3} = \frac{1}{3}\frac{mnc^2}{l^3}$ ... ... (10.20)

বা, $P = \frac{1}{3}\frac{mnc^2}{V}$ ... ... (10.21)

বা, $PV = \frac{1}{3}Mc^2$ $(\because M = mn)$

১০·১০ গ্যাসের গতিতত্ত্বের প্রয়োগ
Application of kinetic theory of gases

পদার্থবিজ্ঞানে গ্যাসের গতিতত্ত্বের বহুল প্রয়োগ পরিলক্ষিত হয়। প্রয়োগসমূহ নিম্নে আলোচনা করা হলো—

১। **বয়েল-এর সূত্র (Boyle's law) :** গ্যাসের গতিতত্ত্বের সাহায্যে বয়েল-এর সূত্র প্রতিপাদন করা যায়। বয়েল-এর সূত্র অনুযায়ী সুষম তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন এর চাপের ব্যস্তানুপাতিক।

মনে করি T পরম তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন V এবং চাপ P

∴ বয়েল-এর সূত্র হতে পাই,

$P \propto \frac{1}{V}$, যখন T স্থির থাকে

বা, $P = \text{ধ্রুব সংখ্যা} \times \frac{1}{V}$

বা, $PV = \text{ধ্রুব সংখ্যা}$

পুনরায় গতিতত্ত্ব অনুসারে গ্যাসের চাপ,

$$P = \frac{1}{3}\frac{mnc^2}{V}$$

বা, $PV = \frac{1}{3}mnc^2 = \frac{1}{3}Mc^2 = \frac{2}{3}\times\frac{1}{2}Mc^2 = \frac{2}{3}E$ ... ... (10.22)

এখানে, E = গ্যাস অণুসমূহের মোট গতিশক্তি

অণুসমূহের গতিশীলতার দরুন কোনো বস্তু তাপ প্রাপ্ত হয় অর্থাৎ তাপ গতিরই একটি ভিন্ন রূপ। তাপমাত্রা স্থির থাকলে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের তাপের পরিমাণ স্থির থাকে। ফলে মোট গতিশক্তিও স্থির থাকে। অতএব স্থির তাপমাত্রায় মোট গতিশক্তি K. E. $= \frac{1}{2}mnc^2$ = ধ্রুব সংখ্যা।

পুনঃ, তাপমাত্রা স্থির থাকলে PV = ধ্রুব সংখ্যা। **এটিই হলো বয়েল-এর সূত্র।** গ্যাসের গতিতত্ত্ব হতে এটি প্রমাণিত হলো।

২। চার্লস-এর সূত্র (Charles's law) :

আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ হতে পাই,

$$PV = RT \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (i)$$

আবার, আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ হতে আমরা জানি,

$$PV = \frac{1}{3}Nmc^2 \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (ii)$$

এখানে N = এক গ্রাম অণু গ্যাসের অণুর সংখ্যা। একে অ্যাভোগ্যাড্রোর সংখ্যা বলে।

∴ সমীকরণ (i) ও (ii) হতে পাই,

$$\frac{1}{3}Nmc^2 = RT, \text{ বা, } Nmc^2 = 3RT$$

বা, $\frac{1}{2}Nmc^2 = \frac{3}{2}RT$

বা, $\frac{1}{2}mc^2 = \frac{3}{2}\left(\frac{R}{N}\right)T = \frac{3}{2}KT$

বা, $mc^2 = 3KT$

সমীকরণ (ii)-এ মান বসিয়ে পাই,

$$PV = \frac{1}{3}N \times 3KT = 3NKT \quad \ldots \quad \ldots \quad (iii)$$

এখন চাপ স্থির থাকলে,

$V \propto T$ (∵ N ও K ধ্রুবক)

অর্থাৎ **চাপ স্থির থাকলে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন এর পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক। এটিই চার্লস-এর সূত্র।** অতএব গ্যাসের গতিতত্ত্ব হতে চার্লস-এর সূত্র প্রমাণিত হলো।

৩। চাপের সূত্র (Law of pressure) : আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ হতে আমরা পাই,

$$PV = RT$$

আমরা আরও জানি,

$PV = \frac{1}{3}Nmc^2$, এখানে N = এক গ্রাম-অণু গ্যাসের অণুর সংখ্যা যাকে অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা বলে।

$N = 6{\cdot}0222 \times 10^{26}$ অণু/কিলোমোল। m = একটি অণুর ভর $= \frac{M}{N}$

∴ $\frac{1}{3}Nmc^2 = RT$

বা, $mc^2 = 3\frac{R}{N}T = 3KT$, এখানে K = বোল্‌জম্যান ধ্রুবক $= 1{\cdot}381 \times 10^{-23}$ J K^{-1}

বর্ণনা অনুযায়ী 2 kg হাইড্রোজেনে, 32 kg অক্সিজেনে, 28 kg নাইট্রোজেন, 12 kg কার্বনে প্রত্যেক ক্ষেত্রে 6.022×10^{26} অণু থাকবে।

$\therefore \quad PV = \frac{1}{3} Nmc^2$ সমীকরণ হতে পাই

$$PV = \frac{1}{3} N \times 3KT = NKT \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (10.23)$$

উপরের সমীকরণে N ও K ধ্রুব সংখ্যা। অতএব স্থির আয়তনে, $P \propto T$.

$\therefore$ **আয়তন স্থির থাকলে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক। এটিই লা চাপের সূত্র।** অতএব গতিতত্ত্ব হতে চাপের সূত্র প্রমাণিত হলো।

৪। আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ (Perfect gas equation) : গ্যাসের গতিতত্ত্ব হতে আদর্শ গ্যাস সমীকরণ তিপাদন করা যায়।

গ্যাসের গতিতত্ত্ব অনুযায়ী, কোনো গ্যাসের তাপশক্তি তার অণুগুলোর গতিশক্তির ফলশ্রুতি। পরম শূন্য পমাত্রায় কোনো গ্যাসের অণুগুলোর তাপশক্তি শূন্য হয়। ফলে গ্যাসের অণুগুলোর গতিশক্তি এবং গড় বর্গবেগের র্গমূল-এর মানও শূন্য হয়। কোনো গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করলে, এটি গ্যাসের অণুসমূহের গতিশক্তি হিসেবে প্রকাশ য়।

$$\therefore \quad \text{K.E.} = \frac{1}{2} mnc^2 = \frac{1}{2} Mc^2 \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (10.24)$$

এখানে, m= প্রতিটি অণুর ভর, n = অণুর সংখ্যা, c = গড় বর্গবেগের বর্গমূল এবং $M = mn$ = গ্যাসের ভর।

আমরা পূর্বেই দেখেছি যে, কোনো গ্যাসের ক্ষেত্রে অণুর গড় গতিশক্তি পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক।

$\therefore$ আমরা পাই,

$$\frac{1}{2} mnc^2 \propto T \text{ ; বা, } \frac{1}{2} Mc^2 \propto T \text{ ; বা, } \frac{1}{2} Mc^2 = KT$$

এখানে K = সমানুপাতিক ধ্রুবক।

কিন্তু গ্যাসের চাপের রাশিমালা হতে আমরা পাই,

$$P = \frac{1}{3} \frac{mnc^2}{V} = \frac{1}{3} \frac{Mc^2}{V}$$

$$\text{বা, } PV = \frac{1}{3} Mc^2 = \frac{2}{3} \times \frac{1}{2} Mc^2 = \frac{2}{3} KT$$

$$\text{বা, } PV = RT \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (10.25)$$

এখানে, $R = \frac{2}{3} K$ = একটি ধ্রুব সংখ্যা।

$\therefore$ **PV = RT সমীকরণকে আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ বলে।**

এখানে উল্লেখ থাকে যে, V = এক গ্রাম অণু গ্যাসের আয়তন। যদি n গ্রাম অণু গ্যাস বিবেচনা করা হয়, তবে আদর্শ গ্যাস সমীকরণ হয় $PV = nRT$। **গ্যাসের গতিতত্ত্ব হতে এটি প্রমাণিত হলো।**

বাস্তব গ্যাস আদর্শ গ্যাসের অবস্থার সমীকরণ, PV = RT সর্বদা মেনে চলে না। শুধুমাত্র উচ্চ তাপমাত্রা এবং নিম্ন চাপে বাস্তব গ্যাস আদর্শ গ্যাস সমীকরণ অনুসরণ করে।

স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপে বাস্তব গ্যাস আদর্শ গ্যাস সমীকরণ অনুসরণ না করার মূল কারণ নিম্নরূপ :

গতিতত্ত্ব থেকে আদর্শ গ্যাস সমীকরণ প্রতিপাদন করার সময় গ্যাস অণুগুলিকে শুধুমাত্র বিন্দু ভর (point mass) ধরা হয়। অর্থাৎ অণুগুলোর আয়তন বিবেচনা করা হয়নি। এছাড়া গ্যাস অণুগুলোর মধ্যকার আকর্ষণ বল

বিবেচনা করা হয়নি। বিখ্যাত ওলন্দাজ পদার্থবিদ ভ্যানডার ওয়ালস (Van der Waals) গ্যাস অণুগুলোর সীমিত আকার এবং এদের মধ্যকার আন্তঃআণবিক বল বিবেচনা করে আদর্শ গ্যাস সমীকরণটি নিম্নরূপ সংশোধন করেন :

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (10.26)$$

এখানে a ও b রাশিদ্বয় যে কোনো নির্দিষ্ট গ্যাসের জন্য ধ্রুব, তবে সব গ্যাসের জন্য একই মানের নয়।

নিজে কর : বাস্তব গ্যাসের জন্য ভ্যানডার ওয়ালসের অবস্থার সমীকরণ গঠনে কোন দুটি বিষয় বিবেচনা করা হয় ?

(i) বাস্তব গ্যাসের অণুগুলোর নির্দিষ্ট আকার আছে অর্থাৎ তাদের আয়তন নগণ্য নয়।

(ii) অণুগুলির মধ্যে আকর্ষণ বল সম্পূর্ণ উপেক্ষণীয় নয়। এই দুটি বিষয় গণ্য করা হয়।

যাচাই কর : স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপে বাস্তব গ্যাস আদর্শ গ্যাস সমীকরণ অনুসরণ করে না কেন ?

১০·১১ গতিসূত্র প্রয়োগ করে পারস্পরিক সম্পর্ক প্রতিপাদন

(i) চাপ ও আয়তনের সাথে ঘনত্বের সম্পর্ক :

আদর্শ গ্যাসের গতীয় সমীকরণ থেকে জানি $PV = \frac{1}{3}Mc^2$

বা, $P = \frac{1}{3}\frac{M}{V}c^2 = \frac{1}{3}\rho c^2$ $\left[\because \text{ ঘনত্ব, } \rho = \frac{M}{V}\right]$

(ii) গ্যাসের চাপ একক আয়তনের গতিশক্তির দুই তৃতীয়াংশ :

যেহেতু $PV = \frac{1}{3}Mc^2$

বা, $P = \frac{1}{3}\frac{M}{V}c^2 = \frac{2}{3} \times \frac{\frac{1}{2}Mc^2}{V} = \frac{2}{3} \times \frac{E}{V}$

$\therefore$ চাপ $= \frac{2}{3} \times \frac{\text{গতিশক্তি}}{\text{আয়তন}}$ $\quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (10.27)$

(iii) $E = \frac{3}{2}RT$:

যেহেতু $PV = \frac{1}{3}Mc^2$ আবার এক মোল গ্যাসের জন্য আদর্শ গ্যাস সূত্র $PV = RT$

$\therefore \quad \frac{1}{3}Mc^2 = RT$

বা, $\frac{2}{3} \times \frac{1}{2}Mc^2 = \frac{1}{2}RT$

বা, $\frac{1}{2}Mc^2 = \frac{3}{2}RT$

বা, $E = \frac{3}{2}RT$

$\therefore$ 1 গ্রাম গ্যাসের গতিশক্তি $= \frac{3}{2}$ RT. $\quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (10.28)$

(iv) মূল গড় বর্গবেগ পরম তাপমাত্রার বর্গমূলের সমানুপাতিক :

আমরা জানি $PV = \frac{1}{3}Mc^2$

আবার আদর্শ গ্যাস সূত্র থেকে 1 মোল গ্যাসের জন্য $PV = RT$

$\therefore \quad \frac{1}{3}Mc^2 = RT$ বা, $c^2 = 3\frac{R}{M}T$

এখানে $\frac{R}{M}$ = ধ্রুবক

$\therefore \quad c^2 =$ ধ্রুবক $\times T$

$\sqrt{c^2} =$ ধ্রুবক $\sqrt{T}$ বা $c_{rms} \propto \sqrt{T}$ ... ... (10.29)

$\therefore$ মূল গড় বর্গবেগ পরম তাপমাত্রার বর্গমূলের সমানুপাতিক।

(v) $E' = \frac{3}{2}KT$

আমরা জানি, $\frac{1}{2}Mc^2 = \frac{3}{2}RT \quad \therefore \quad \frac{1}{2}\frac{M}{N}c^2 = \frac{3}{2}\frac{R}{N}T$

N = অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা = এক গ্রাম অণু গ্যাসে অণুর সংখ্যা বুঝায়।

$\frac{1}{2}mc^2 = \frac{3}{2}KT$

আবার $E' = \frac{3}{2}KT$, এখানে E' একটি অণুর গতিশক্তি

$\therefore$ একটি অণুর গতিশক্তি $= \frac{3}{2} \times$ বোল্‌জম্যান ধ্রুবক $\times$ পরম তাপমাত্রা ... ... (10.30)

K = বোল্‌জম্যান ধ্রুবক $= 1.38 \times 10^{-23}\ JK^{-1}$

সুতরাং কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের ক্ষেত্রে একটি অণুর গতিশক্তি পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক অর্থাৎ গ্যাসের সুষম তাপমাত্রার মূল কারণ এর অণুগুলোর মধ্যে গতিশক্তির সুষম বণ্টন। গড় গতিশক্তি বৃদ্ধি পেলে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাবে। আবার গড় গতিশক্তি হ্রাস পেলে তাপমাত্রা হ্রাস পাবে। অতএব পরম শূন্য তাপমাত্রায় অণুর গতিশক্তি শূন্য হবে। **এটিই হলো গতিতত্ত্ব অনুযায়ী তাপমাত্রার ব্যাখ্যা।**

গাণিতিক উদাহরণ

১। স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপে নাইট্রোজেনের ঘনত্ব $1.25\ kgm^{-3}$।

(i) অণুগুলোর গড় বর্গবেগের বর্গমূল বের কর। [ঢা. বো. ২০১১, ২০০৮; চ. বো. ২০০৩]

(ii) 100°C তাপমাত্রায় নাইট্রোজেন অণুর গড় বর্গবেগের বর্গমূল নির্ণয় কর।

[সি. বো. ২০০৮; য. বো. ২০০৭; ঢা. বো. ২০০২]

(i) আমরা জানি,

$$c = \sqrt{\frac{3P}{\rho}}$$

$$= \sqrt{\frac{3 \times 1.013 \times 10^5}{1.25}}$$

$$= 493.07\ ms^{-1}$$

এখানে,

স্বাভাবিক চাপ, $P = 1.013 \times 10^5\ Nm^{-2}$

স্বাভাবিক তাপমাত্রা, $T = 273K$

ঘনত্ব, $\rho = 1.25\ kgm^{-3}$

(i) স্বাভাবিক তাপমাত্রায়, $c = ?$

(ii) তাপমাত্রা, $T_1 = 100°C = (100 + 273)\ K = 373K$

$c_1 = ?$

(ii) আবার, $c = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$

এবং $c_1 = \sqrt{\frac{3RT_1}{M}} \quad \therefore \quad \frac{c_1}{c} = \sqrt{\frac{T_1}{T}}$

বা, $c_1 = c\sqrt{\frac{T_1}{T}} = 493.07 \times \sqrt{\frac{373}{273}} = 576.34\ ms^{-1}$

উ: (i) $493.07\ ms^{-1}$ (ii) $576.34\ ms^{-1}$

২। স্থির চাপে কোন তাপমাত্রায় কোনো গ্যাসের অণুর মূল গড় বর্গবেগ প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রার মূল গড় বর্গবেগের অর্ধেক হবে? [সি. বো. ২০১১; য. বো. ২০০৩]

আমরা জানি,

$$c = \sqrt{\frac{3RT}{m}}$$

$$\therefore \quad c_1 = \sqrt{\frac{3RT_1}{m}}$$

এবং $c_2 = \sqrt{\frac{3RT_2}{m}}$

অতএব, $\frac{c_2}{c_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}}$

বা, $\frac{1}{2} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}}$

বা, $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$

$$\therefore \quad T_2 = \frac{1}{4} \times T_1 = \frac{1}{4} \times 273$$

$$= 68.25 \text{ K}$$

এখানে,

$c_2 = \frac{1}{2} c_1$

প্রমাণ তাপমাত্রা, $T_1 = 273$ K

নির্ণেয় তাপমাত্রা, $T_2 = ?$

৩। 29°C তাপমাত্রায় 3g নাইট্রোজেন গ্যাসের মোট গতিশক্তি নির্ণয় কর। [নাইট্রোজেনের গ্রাম আণবিক ভর 28 g] [কু. বো. ২০০৩]

আমরা জানি, n মোল গ্যাসের গতি শক্তি,

$$\text{K. E.} = \frac{3}{2} nRT = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT$$

$$\therefore \text{ K. E.} = \frac{3}{2} \times \frac{3}{28} \times 8.31 \times 302$$

$$= 403 \text{ J}$$

এখানে, $m = 3$ g

$M = 28$ g

$R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

$T = (273 + 29) \text{ K} = 302 \text{ K}$

K. E. = ?

প্রমাণ তাপমাত্রা ও প্রমাণ চাপ
Standard temperature and standard pressure (STP)

প্রমাণ তাপমাত্রা : যে তাপমাত্রায় প্রমাণ চাপে বরফ গলে পানিতে পরিণত হয় বা পানি জমে বরফে পরিণত হয় সেই তাপমাত্রাকে প্রমাণ তাপমাত্রা বলে। সেলসিয়াস স্কেলে এটি 0°C এবং কেলভিন স্কেলে 273 K।

প্রমাণ চাপ : 45° অক্ষাংশে 273 K তাপমাত্রায় উল্লম্বভাবে অবস্থিত 760 mm উচ্চতাবিশিষ্ট শুষ্ক ও বিশুদ্ধ পারদ স্তম্ভ যে চাপ দেয় তাকে প্রমাণ চাপ বলে।

অতএব, প্রমাণ চাপ = 760 mm পারদ স্তম্ভ চাপ

$$= 0.76 \text{ m} \times 13596 \text{ kgm}^{-3} \times 9.806 \text{ ms}^{-2}$$

$$= 1.013 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$$

$$= 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$$

১০·১২ শক্তির সমবিভাজন নীতি
Law of Equipartition of Energy

শক্তির সমবিভাজন নীতি আলোচনার পূর্বে স্বাধীনতার মাত্রা কী জানা দরকার ?

স্বাধীনতার মাত্রা (Degrees of freedom) : একটি বস্তুর গতিশীল অবস্থা (State) বা অবস্থান (position) সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করার জন্য যত সংখ্যক স্বাধীন চলরাশির প্রয়োজন হয় তাকে স্বাধীনতার মাত্রা বলে।

একটি এক পারমাণবিক গ্যাস অণুর তিনটি স্বাধীনতার মাত্রা আছে। একটি দ্বিপারমাণবিক গ্যাস অণুর স্বাধীনতার মাত্রা সংখ্যা পাঁচ—তিনটি হলো রৈখিক গতির জন্য এবং দুটি হলো ঘূর্ণন গতির জন্য।

শক্তির সমবিভাজন নীতি (Law of Equipartion of Energy) : কোনো গতীয় সংস্থার মোট শক্তি তাপীয় সাম্যাবস্থায় প্রতিটি স্বাধীনতার মাত্রার মধ্যে সমভাবে বণ্টিত হয় এবং প্রতিটি স্বাধীনতার মাত্রার শক্তির পরিমাণ $=\frac{1}{2}KT$।

এখন আমরা এই সূত্রটিকে গ্যাস অণুর ক্ষেত্রে প্রয়োগ করব। আমরা জানি, এক পারমাণবিক গ্যাসের একটি অণুর স্বাধীনতার মাত্রা 3। অতএব এই সূত্র অনুযায়ী একটি অণুর গড়শক্তি $=\frac{3}{2}KT$। দ্বিপারমাণবিক গ্যাসের একটি অণুর স্বাধীনতার মাত্রা 5, অতএব প্রতিটি অণুর গড়শক্তি $=\frac{5}{2}KT$।

প্রমাণ : গ্যাসের গতিতত্ত্ব থেকে আমরা জানি, তাপীয় সাম্যাবস্থায় তিনটি অক্ষ X, Y ও Z বরাবর কোনো গ্যাস অণুর বেগ c-এর উপাংশগুলির গড় বর্গমান পরস্পর সমান অর্থাৎ, $u^2 = v^2 = w^2$। এখানে X, Y ও Z অক্ষ বরাবর অণুটির উপাংশ বেগগুলির গড়মান যথাক্রমে u, v ও w। কাজেই উপাংশ বেগগুলির আনুষঙ্গিক মান সমান হবে।

$$\therefore \quad \frac{1}{2}mu^2 = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mw^2$$

কিন্তু, $c^2 = u^2 + v^2 + w^2$ এবং $u^2 = v^2 = w^2$

$$\therefore \quad \frac{1}{2}mu^2 = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mw^2 = \frac{1}{3}\times\frac{1}{2}mc^2$$

আবার, আমরা জানি, প্রতিটি অণুর গড় গতিশক্তি

$$\frac{1}{2}mc^2 = \frac{3}{2}KT$$

$$\therefore \quad \frac{1}{2}mu^2 = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mw^2 = \frac{1}{3}\times\frac{3}{2}KT = \frac{1}{2}KT$$

অতএব, প্রত্যেক অণুর স্বাধীনতার মাত্রার গড় শক্তির পরিমাণ $= \frac{1}{2}KT$।

আবার কম্পনরত কণার ক্ষেত্রে, অর্ধেক হলো গতিশক্তি এবং অর্ধেক হলো স্থিতিশক্তি। কাজেই স্বাধীনতার মাত্রা পিছু মোট শক্তি = গতিশক্তি + স্থিতিশক্তি $=\frac{1}{2}KT + \frac{1}{2}KT = KT$.

তাহলে আমরা দেখতে পাই যে, বেগের প্রতিটি উপাংশের সাথে সংশ্লিষ্ট অপসরণ গতিশক্তি মোট গতিশক্তির এক-তৃতীয়াংশ। প্রাপ্তব্য মোট শক্তি অণুর শক্তি শোষণের বিভিন্ন নিরপেক্ষ উপায় সমমানে শোষিত অংশের সমষ্টি। অন্য কথায় প্রাপ্তব্য মোট শক্তি বিভিন্ন নিরপেক্ষ শক্তি হিসেবে সমভাবে বিভাজিত হয়।

আবার অণুগুলি সসীম আকৃতিবিশিষ্ট, জ্যামিতিক বিন্দু নয়। কাজেই অণুসমূহের জড়তার ভ্রামক ও ভর রয়েছে তাই অপসরণ গতির সাথে এদের ঘূর্ণন গতিও রয়েছে। অণুগুলোর আকৃতি পরিপূর্ণভাবে দৃঢ় নয় এবং অন্যান্য অণুর সাথে সংঘর্ষের কারণে এদের মধ্যে স্পন্দন আশা করা যেতে পারে। ফলে এদের স্বাধীনতার মাত্রা আরও বেশি হতে পারে। ম্যাক্সওয়েল-বোলজম্যান সংখ্যায়নিক বলবিদ্যার সাহায্যে দেখানো যায় যে, কোনো স্বাধীনতা মাত্রার সাথে সংশ্লিষ্ট শক্তি যদি স্বাধীনতা মাত্রা নির্দিষ্টকারী চলরাশির দ্বিঘাত অপেক্ষক হয়, তাহলে সংশ্লিষ্ট শক্তির গড় মান $\frac{1}{2}KT$ এর সমান হবে। মোট শক্তি যদি সকল স্বাধীনতার মাত্রার মধ্যে সমভাবে বিভক্ত হয়, তাহলে f স্বাধীনতার মাত্রাসম্পন্ন কোনো অণুর মোট জড়শক্তি $= f\times\frac{1}{2}KT = \frac{f}{2}KT$.

জেনে রাখ : স্বাধীনতার মাত্রা কী ?

স্বাধীনতার মাত্রা (Degree of freedom) : কোনো বস্তু অবাধে বা স্বাধীনভাবে যতগুলি গতির অধিকারী হতে পারে, সেই সংখ্যাকে ঐ বস্তুর স্বাধীনতার মাত্রা বলে। রৈখিক গতির স্বাধীনতার মাত্রা 3। আবর্তনরত কণার স্বাধীনতার মাত্রা 5।

কোনো সংস্থার উপাদানগুলির অবস্থান পুরোপুরি প্রকাশ করতে প্রয়োজনীয় মোট স্থানাঙ্ক হতে উপাদানগুলোর মধ্যে স্বতন্ত্রভাবে বর্তমান সম্পর্কের সংখ্যা বাদ দিলে মোট স্বাধীনতার মাত্রা সংখ্যা পাওয়া যায়। যেমন, কোনো সংস্থার স্বাধীন এক পরমাণু অণুর সংখ্যা n হলে স্বাধীনতার মাত্রা হবে $3n$. কিন্তু অণুগুলোর পারস্পরিক অবস্থান r সংখ্যক সমীকরণ দ্বারা সম্পর্কযুক্ত হলে, মোট স্বাধীনতার মাত্রা সংখ্যা হবে $n' = (3n - r)$.

১০·১৩ জলীয় বাষ্প ও বায়ু চাপ
Water Vapour and Air Pressure

বায়ুমণ্ডলে সর্বদা কিছু না কিছু জলীয় বাষ্প বিদ্যমান থাকে। বাষ্পায়ন প্রক্রিয়ায় খাল-বিল, পুকুর, নদী, সমুদ্র প্রভৃতি হতে প্রতিনিয়ত প্রচুর পরিমাণে পানি বাষ্প হয়ে বায়ুমণ্ডলে মিশে যাচ্ছে। মেঘ, বৃষ্টি, কুয়াশা, শিশির প্রভৃতি নৈসর্গিক ঘটনা হতে প্রমাণিত হয় যে, বায়ুতে প্রচুর পরিমাণ জলীয় বাষ্প আছে।

বিভিন্ন স্থানে বায়ুমণ্ডলের জলীয় বাষ্পের পরিমাণ বিভিন্ন। আবার কোনো কোনো দিন বায়ুতে জলীয় বাষ্প বেশি থাকে এবং কোনো কোনো দিন বায়ুতে জলীয় বাষ্প কম থাকে। তাহলে এখন আমাদের প্রশ্ন জাগে কী কী বিষয়ের উপর জলীয় বাষ্প নির্ভর করে ? এর জবাবে নিশ্চয় আমরা বলব—

কোনো কোনো স্থানে পানির উৎসের উপস্থিতি, অক্ষাংশ, সমুদ্র পৃষ্ঠ হতে তার অবস্থান প্রভৃতির উপর বায়ুমণ্ডলের জলীয় বাষ্পের পরিমাণ নির্ভর করে।

কোনো স্থানের আবহাওয়ার উপর বায়ুমণ্ডলের জলীয় বাষ্পের গুরুত্ব অপরিসীম। কোনো কোনো দ্রব্যের সুষ্ঠু উৎপাদন ও গুদামজাতকরণে বায়ুমণ্ডলের জলীয় বাষ্পের পরিমাণ ও তাপমাত্রা একটি নির্দিষ্ট সীমার মধ্যে থাকা প্রয়োজন। এই কারণে বায়ুমণ্ডলের জলীয় বাষ্পের পরিমাণ নির্ণয়ের গুরুত্বও অনেক। কোনো স্থানের জলীয় বাষ্পের চাপ ঐ স্থানের জলীয় বাষ্পের পরিমাণের ওপর নির্ভর করে। জলীয় বাষ্পের পরিমাণ যত বেশি হবে তার চাপও তত বেশি হবে।

তরল থেকে নির্গত বাষ্পও সাধারণ গ্যাসের মতো আধারের গায়ে চাপ প্রয়োগ করে। এই চাপই বাষ্প চাপ। এই বাষ্প চাপ ও জলীয় বাষ্প আমাদের দৈনন্দিন জীবন প্রভাবিত করে।

বায়ুতে অণুসমূহ অবিরত ইতস্তত ছুটাছুটি করার ফলে পাত্রের একক ক্ষেত্রফলের উপর বায়ুর অণুসমূহ যে চাপ প্রয়োগ করে তাকে বায়ুর চাপ বলে। বহুকাল থেকে গ্যাসের চাপের একক বায়ুচাপ বা বায়ুমণ্ডল বা অ্যাটমস্ফিয়ার (atmosphere) সংক্ষেপে atm ব্যবহৃত হয়ে আসছে।

0°C তাপমাত্রায় 45° অক্ষাংশে সমুদ্র সমতলে যে পরিমাণ বায়ুচাপ 760 mm পারদস্তম্ভের চাপের সমান হয়, তাকে এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপ বা এক বায়ুচাপ (1 atm) বলে। মিমি পারদ বা mm Hg এককেও চাপ প্রকাশ করা হয়।

এস. আই. এককে গ্যাসের চাপকে নিউটন/মিটার^2 (Nm^{-2}) বা প্যাসকেল (Pa) এককে প্রকাশ করা হয়। প্রতি বর্গমিটারে এক নিউটন বলকে 1 প্যাসকেল (Pascal) বলে।

কোনো স্থানে তাপমাত্রার কমবেশি হলে ঐ স্থানের বাষ্পকণার ধারণ ক্ষমতারও কমবেশি হয়। তবে নির্দিষ্ট **তাপমাত্রায় একটি আবদ্ধ স্থানের বাষ্পধারণ ক্ষমতা নির্দিষ্ট থাকে; অতিরিক্ত বাষ্প ধারণ করতে পারে না। এই অবস্থায় বাষ্প যে চাপ দেয় তাকে সম্পৃক্ত বাষ্প চাপ বলে।** আবার একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো স্থানে বাষ্পের পরিমাণ যদি এমন হয় যে, তা আরও অতিরিক্ত বাষ্প ধারণ করতে পারে, তবে ঐ বাষ্পকে **অসম্পৃক্ত বাষ্প** বলে। **এই অবস্থায় বাষ্প যে চাপ দেয় তাকে অসম্পৃক্ত বাষ্পচাপ বলে।**

"কোনো স্থানের সম্পৃক্ত বাষ্প চাপ 1·336 mm পারদ"—এই উক্তি দ্বারা বুঝি সংশ্লিষ্ট স্থানে বাষ্প সর্বদা 1·336 mm পারদ চাপ প্রয়োগ করবে।

ক্রিয়াকর্ম : বাড়ির বারান্দায় একটি রশির উপর শীতের দিনে ভেজা কাপড় নেড়ে দাও। আবার ঐ একই স্থানে বর্ষার দিনে ঐ কাপড়টি শুকাতে দাও। দেখা যাবে শীতকালে কাপড় দ্রুত শুকায়। কাপড় দ্রুত শুকাবার কারণ কী ?

শীতকালের চেয়ে যদিও বর্ষাকালে বায়ুমণ্ডলের তাপমাত্রা বেশি থাকে তবু কাপড় শীতকালেই দ্রুত শুকায়। এর কারণ হলো বর্ষাকালে বায়ুতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ বেশি থাকে ফলে বাষ্পায়ন কম হয়। আর শীতকালে বায়ুতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ কম থাকায় ভেজা কাপড়ের পানির বাষ্পায়ন দ্রুত হয় এবং কাপড় দ্রুত শুকায়।

পর্যবেক্ষণ : কোনো একদিন গরমের দুপুর বেলা কিছুক্ষণ ঢাকাতে অবস্থান কর। তারপর প্লেনে করে ঐ একই দিন চট্টগ্রামে পৌঁছাও। চট্টগ্রামে পৌঁছে কি অনুভব করবে ?

সমুদ্র থেকে ঢাকার অবস্থান অনেক দূরে; কিন্তু চট্টগ্রাম সমুদ্রের খুবই কাছে। ফলে ঢাকার তুলনায় চট্টগ্রামের বায়ুতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ অনেক বেশি থাকে, তাই সেখানকার আপেক্ষিক আর্দ্রতা বেশি থাকায় বেশি অস্বস্তি লাগবে।

আমরা জানি, শরীরের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে শরীর থেকে ঘাম বের হয়। বায়ু শুষ্ক হলে অর্থাৎ আর্দ্রতা কম হলে ঘাম দ্রুত শুকায় এবং শরীর ঠাণ্ডা হয়। বায়ু আর্দ্র হলে ঘাম দ্রুত শুকায় না, ফলে শরীর ঠাণ্ডা হয় না, তাই অশস্তি বোধ হয়। চট্টগ্রামের বায়ুতে আর্দ্রতা বেশি থাকায় সেখানে ঘাম দ্রুত শুকায় না বলে শরীরে অস্বস্তি বোধ হবে।

জলীয় বাষ্পের সাথে বায়ুর চাপের সম্পর্ক
Relation between water vapour and air pressure

আমরা জানি বায়ুতে জলীয় বাষ্প থাকলে বা বায়ু আর্দ্র থাকলে এর ঘনত্বেরও পরিবর্তন হয়। আর্দ্র বায়ু বা জলীয় বাষ্প পূর্ণ বায়ুর ঘনত্ব শুষ্ক বায়ুর ঘনত্বের তুলনায় কম অর্থাৎ বায়ুতে জলীয় বাষ্প যত বেড়ে যায় এর ঘনত্বও তত কমে যায়।

মনে করি m ভরবিশিষ্ট কোনো বায়ুর P_1 চাপে এবং T_1K তাপমাত্রায় যদি আয়তন V_1 এবং ঘনত্ব ρ_1 হয় এবং ঐ গ্যাসের P_2 চাপে এবং T_2K তাপমাত্রায় আয়তন V_2 এবং ঘনত্ব ρ_2 হয় তা হলে,

$$\rho_1 = \frac{m}{V_1} \quad \text{বা,} \quad V_1 = \frac{m}{\rho_1} \quad \text{এবং} \quad \rho_2 = \frac{m}{V_2} \quad \text{বা,} \quad V_2 = \frac{m}{\rho_2}$$

এখন $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$ সম্পর্কে V_1 এবং V_2 এর মান বসিয়ে পাই,

$$\frac{P_1 m}{\rho_1 T_1} = \frac{P_2 m}{\rho_2 T_2} = \text{ধ্রুবক} \quad \text{বা,} \quad \frac{P_1}{\rho_1 T_1} = \frac{P_2}{\rho_2 T_2} = \text{ধ্রুবক}$$

বা, $$\frac{\rho_1 T_1}{P_1} = \frac{\rho_2 T_2}{P_2} = \text{ধ্রুবক} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (10.31)$$

$\therefore \frac{\rho T}{P} = \text{ধ্রুবক}$। এই সম্পর্ক T তাপমাত্রায় বায়ুর চাপ ও জলীয় বাষ্পের ঘনত্বের মধ্যে সম্পর্ক নির্দেশ করে। যদি তাপমাত্রা স্থির থাকে অর্থাৎ $T_1 = T_2$ হয় তবে (10.31) নং সমীকরণ থেকে পাই, $\frac{\rho_1}{P_1} = \frac{\rho_2}{P_2} = \text{ধ্রুবক}$

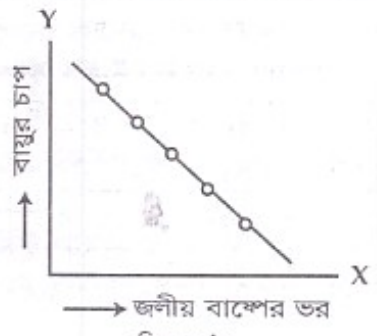
বা, $$\frac{\rho}{P} = \text{ধ্রুবক} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (10.32)$$

$\therefore \boxed{\rho \propto P}$

নিজে কর : একটি গ্রাফ কাগজে জলীয় বাষ্প বৃদ্ধি ও হ্রাসের সাথে বায়ুর চাপের লেখচিত্র অঙ্কন কর এবং ব্যাখ্যা কর। লেখচিত্রটি চিত্র ১০·৬ এ দেখানো হলো।

সমীকরণ (10·35) অনুযায়ী স্থির তাপমাত্রায় বায়ুর ঘনত্ব উহার চাপের সমানুপাতিক। অর্থাৎ বায়ুতে জলীয় বাষ্প বেড়ে গেলে বায়ুর ঘনত্ব কমে এবং বায়ুর চাপও কমে যায়। আবার বিপরীতক্রমে বলা যায় বায়ুতে জলীয় বাষ্প কমে গেলে বায়ুর ঘনত্ব বেড়ে যায় এবং বায়ুর চাপও বেড়ে যায়।

বায়ুতে কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্প ধারণ করতে পারা এবং না পারার উপর বাষ্পচাপের প্রকৃতি দুই ধরনের— (১) সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ ও (২) অসম্পৃক্ত বাষ্পচাপ।



চিত্র ১০·৬

সম্পৃক্ত বাষ্পচাপের বৈশিষ্ট্য :

১। কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো আবদ্ধ স্থানে যখন সর্বাধিক পরিমাণ বাষ্প ধারণ করে তখন ঐ বাষ্পকে সম্পৃক্ত বাষ্প বলে। সম্পৃক্ত বাষ্প সর্বাধিক চাপ প্রয়োগ করে।

২। এটি একটি আবদ্ধ স্থানে তৈরি করা যায়।

৩। যদি কোনো আবদ্ধ স্থানে তরল পদার্থের সংস্পর্শে কিছু বাষ্প থাকে তবে বুঝতে হবে যে, ঐ বাষ্প সম্পৃক্ত বাষ্প।

৪। সম্পৃক্ত বাষ্প বয়েল এবং চার্লস-এর সূত্র মানে না।

৫। সম্পৃক্ত বাষ্পের সংস্পর্শে যথেষ্ট তরল পদার্থ না থাকলে স্থির তাপমাত্রায় ঐ বাষ্পের আয়তন বৃদ্ধি করলে, তরল পদার্থ বাষ্পীভূত হবার পর ঐ স্থান বাষ্প অসম্পৃক্ত হবে।

৬। তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ সম্পৃক্ত বাষ্পকে অসম্পৃক্ত বাষ্পে পরিণত করা যায়।

অসম্পৃক্ত বাষ্পচাপের বৈশিষ্ট্য : (20 -22)

১। একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো স্থানে বাষ্পের পরিমাণ যদি এমন হয় যে তা আরও অতিরিক্ত বাষ্প ধারণ করতে পারে, তবে ঐ বাষ্পকে অসম্পৃক্ত বাষ্প বলে। এই চাপ সম্পৃক্ত চাপের চেয়ে কম হয়।

২। এটি আবদ্ধ বা খোলা যে কোনো স্থানে তৈরি হতে পারে।

৩। কোনো আবদ্ধ স্থানে যদি কিছু বাষ্প থাকে কিন্তু কোনো তরল পদার্থ না থাকে তবে ঐ বাষ্প অসম্পৃক্ত বা সদ্য সম্পৃক্ত হতে পারে । এই স্থানের আয়তন সামান্য কমালে যদি কিছু বাষ্প তরলে পরিণত হয় তবে ঐ বাষ্প সদ্য সম্পৃক্ত—অন্যথায় অসম্পৃক্ত।

৪। অসম্পৃক্ত বাষ্প বয়েল এবং চার্লস-এর সূত্র মেনে চলে।

৫। একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ অসম্পৃক্ত বাষ্পের তাপমাত্রা স্থির রেখে তার আয়তন ক্রমাগত কমাতে থাকলে এক সময় ঐ স্থান বাষ্প সম্পৃক্ত হবে।

৬। তাপমাত্রা কমিয়ে একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ অসম্পৃক্ত বাষ্পকে সম্পৃক্ত বাষ্পে পরিণত করা যায়।

সারণি ১০.১ : তাপমাত্রার সাথে বাষ্পচাপের পরিবর্তন

তাপমাত্রা (°C)	চাপ (mm HgP)	তাপমাত্রা (°C)	চাপ (mm HgP)
0	4.58	28	28.35
2	5.29	30	31.83
4	6.10	32	35.66
6	7.01	34	39.90
8	8.05	36	44.42
10	9.21	38	49.58
12	10.52	40	55.32
14	11.99	50	92.51
16	13.63	60	149.38
18	15.48	70	233.70
20	17.54	80	355.10
22	19.83	90	525.75
24	22.38	100	760.00
26	25.21		

১০·১৪ শিশিরাংক ও আপেক্ষিক আর্দ্রতা
Dew point and Relative Humidity

শিশিরাঙ্ক
Dew point

একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ু একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ জলীয় বাষ্প ধারণ করতে পারে। বায়ুর জলীয় বাষ্প ধারণের ক্ষমতা তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে বেড়ে যায় এবং তাপমাত্রা হ্রাস পেলে কমে যায়। বায়ু যে পরিমাণ জলীয় বাষ্প ধরে রাখতে পারে সাধারণ বায়ুতে তার চেয়ে কম জলীয় বাষ্প থাকে বলে সাধারণ বায়ু জলীয় বাষ্পে অসম্পৃক্ত থাকে এবং অসম্পৃক্ত বায়ুর জলীয় বাষ্পের চাপ অপেক্ষা সম্পৃক্ত বায়ুর জলীয় বাষ্পের চাপ বেশি হয়। কিন্তু বায়ুর তাপমাত্রা যদি ক্রমশ কমতে থাকে তবে তার জলীয় বাষ্প ধারণের ক্ষমতা কমে যায় এবং একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বায়ুর মধ্যে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্প থাকে তা দ্বারা উক্ত বায়ু সম্পৃক্ত অবস্থা ধারণ করে। এ অবস্থায় তাপমাত্রা আর একটু কমলে কিছু জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হয়ে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র পানি বিন্দুতে পরিণত হয়। এই নির্দিষ্ট তাপমাত্রাকে শিশিরাঙ্ক বলে। এখন আমরা দেখব শিশিরাঙ্ক বলতে কী বুঝায় ?

যে তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ু তার ভেতরের জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয় তাকে ঐ বায়ুর শিশিরাঙ্ক বলে। অথবা, **যে তাপমাত্রায় শিশির জমতে বা অদৃশ্য হতে শুরু করে তাকে শিশিরাঙ্ক বলে।**

"কোনো স্থানের বায়ুর শিশিরাঙ্ক 15°C"—এটি দ্বারা বুঝা যায় যে, 15°C তাপমাত্রায় ঐ স্থানের বায়ু তার মধ্যস্থ জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হবে। অথবা 15°C তাপমাত্রায় ঐ স্থানে শিশির গঠিত বা অদৃশ্য হতে শুরু করবে।

বায়ুর তাপমাত্রায় কোনো একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্প উপস্থিত থাকে শিশিরাঙ্কে ঐ একই পরিমাণ জলীয় বাষ্প সম্পৃক্ত অবস্থা ধারণ করে। ডালটন-এর সূত্র অনুসারে এই সম্পৃক্ত বাষ্পের চাপ বায়ুর উপর নির্ভর করে না। সুতরাং **বায়ুর তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের অসম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপের সমান হবে।**

পরীক্ষণ : শিশিরাঙ্কের মান নির্ণয় করার জন্য বায়ুর মধ্যে একটি উজ্জ্বল ধাতব পৃষ্ঠকে ধীরে ধীরে ঠান্ডা করা হয়। শিশির জমতে শুরু করার সঙ্গে সঙ্গে ধাতব পৃষ্ঠটির ঔজ্জ্বল্য নষ্ট হয়ে যায়। এই সময় এর উষ্ণতার পাঠ লিখে রাখ। এখন ধাতব পৃষ্ঠটিকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করলে এর উপরের জমা শিশির এক সময় মিলিয়ে যায় তখন আবার এর উষ্ণতার পাঠ লিখে রাখ।

দুটি পাঠের গড় নিলে শিশিরাঙ্কের মান পাওয়া যায়।

আপেক্ষিক আর্দ্রতা
Relative humidity

বায়ু কতখানি শুষ্ক বা ভিজা তা নির্দেশ করতে 'আর্দ্রতা' শব্দটি ব্যবহৃত হয়। অনেক সময় শীতকালের বায়ু শুষ্ক ও গ্রীষ্মকালের বায়ু আর্দ্র বলা হয়। এটি দ্বারা শীতকালের তুলনায় গ্রীষ্মকালের বায়ুতে অধিক পরিমাণ জলীয় বাষ্প থাকে এটিই বুঝানো হয়। বায়ুর আর্দ্রতা দুভাবে প্রকাশ করা হয়। যথা—পরম আর্দ্রতা ও আপেক্ষিক আর্দ্রতা।

পরম আর্দ্রতা (Absolute humidity) : কোনো সময় কোনো স্থানের একক আয়তনের বায়ুতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্প থাকে তাকে ঐ বায়ুর পরম আর্দ্রতা বলে। সাধারণত এক ঘন মিটার আয়তনের বায়ুতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্প থাকে তা বায়ুর পরম আর্দ্রতা নির্দেশ করে।

"বায়ুর পরম আর্দ্রতা 10^{-2} kg-m^{-3} "—এটি দ্বারা বুঝা যায় যে, এক ঘন মিটার আয়তনের বায়ুতে 10^{-2} kg জলীয় বাষ্প বিদ্যমান আছে।

আপেক্ষিক আর্দ্রতা : কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্প থাকে ঐ তাপমাত্রায় ঐ আয়তনের বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্পের প্রয়োজন হয়

তাদের অনুপাতকে আপেক্ষিক আর্দ্রতা বলে। এই অনুপাত দ্বারা বায়ু কতখানি ভিজা বা শুষ্ক তা নির্দেশ করা হয়। একে সাধারণত R দ্বারা ব্যক্ত করা হয়।

∴ আপেক্ষিক আর্দ্রতা,

$$R = \frac{\text{বায়ুর তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের ভর}}{\text{ঐ তাপমাত্রায় উক্ত আয়তনের ঐ বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে প্রয়োজনীয় জলীয় বাষ্পের ভর}}$$

তাপমাত্রা $t°C$ এবং আয়তন V হলে,

$$\text{আপেক্ষিক আর্দ্রতা, } R = \frac{t°C \text{ তাপমাত্রায় V আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের ভর}}{t°C \text{ তাপমাত্রায় V আয়তনের বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে প্রয়োজনীয় জলীয় বাষ্পের ভর}}$$

কিন্তু স্থির তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের ভর তার বাষ্পচাপের সমানুপাতিক।

$$\therefore \text{ আপেক্ষিক আর্দ্রতা, } R = \frac{t°C \text{ তাপমাত্রায় V আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপ}}{t°C\text{-এ V আয়তনের বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে প্রয়োজনীয় জলীয় বাষ্পের চাপ}}$$

আবার যে কোনো তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপ = শিশিরাঙ্কে উক্ত বায়ুর সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ।

$$\therefore \text{ আপেক্ষিক আর্দ্রতা, } R = \frac{\text{শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ}}{\text{বায়ুর তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ}}$$

সাধারণত আপেক্ষিক আর্দ্রতা শতকরা হিসেবে প্রকাশ করা হয়। সুতরাং আপেক্ষিক আর্দ্রতা R দ্বারা, শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ f দ্বারা এবং বায়ুর তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ F দ্বারা নির্দেশ করলে,

$$R = \frac{f}{F} \times 100\% \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (10.33)$$

"বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা 60%"—এর দ্বারা বুঝা যায় যে, (i) বায়ুর তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের ঐ বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্পের প্রয়োজন তার শতকরা 60 ভাগ জলীয় বাষ্প বায়ুতে আছে।

(ii) বায়ুর তাপমাত্রায় ঐ বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপ একই তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপের 100 ভাগের 60 ভাগ অর্থাৎ $\frac{3}{5}$ অংশ।

(iii) ঐ বায়ুর শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ বায়ুর তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপের 100 ভাগের 60 ভাগ।

নিজে কর : কোনো ঘরের মধ্যে পানি ছিটাও তাতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ বেড়ে যাবে। কিন্তু দেখবে তাপমাত্রা একই থাকবে। আবার আপেক্ষিক আর্দ্রতা ও শিশিরাঙ্ক বেড়ে যাবে। এর কারণ কী ?

ঘরের ভেতর পানি ছিটালে ঘরের বায়ুতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ বেড়ে যায়। কিন্তু ঘরের উষ্ণতা একই থাকে বলে ঐ উষ্ণতায় ঘরের বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে প্রয়োজনীয় জলীয় বাষ্পের ভর অপরিবর্তিত থাকে। আপেক্ষিক তাপের সংজ্ঞায় অর্থাৎ (10.33) সমীকরণের লব বাড়ে কিন্তু হর একই থাকে। ফলে আপেক্ষিক আর্দ্রতা বাড়ে। স্পষ্টত শিশিরাঙ্কও বাড়ে।

আমাদের দৈনন্দিন জীবনে আপেক্ষিক আর্দ্রতার প্রভাব লক্ষণীয়। যা আমাদের শারীরিক, মানসিক অবস্থায় প্রভাব ফেলে। তাই আপেক্ষিক আর্দ্রতার গুরুত্ব জানা দরকার।

আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয়ের গুরুত্ব
Importance of determination of relative humidity

(১) কোনো কোনো রোগের জীবাণু শুষ্ক আবহাওয়ায় এবং কোনো কোনো রোগের জীবাণু আর্দ্র আবহাওয়ায় বংশ বৃদ্ধি করে। এই কারণে জনস্বাস্থ্য বিভাগ আপেক্ষিক আর্দ্রতার হিসাব রাখে এবং কোনো কোনো রোগের প্রাদুর্ভাব দেখা দিলে বেতার ও সংবাদপত্রের মাধ্যমে তা ঘোষণা করে।

(২) মানুষের মেজাজ, স্বাস্থ্য, কর্মোদ্যম অনেকাংশে আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপর নির্ভরশীল। যে সব আবদ্ধ স্থানে অধিক লোক সমাগম হয় সেখানকার বায়ু কিছুক্ষণের মধ্যে দূষিত ও আর্দ্র হয়ে পড়ে। এজন্য আধুনিক সিনেমা হল, অডিটরিয়াম, বড় বড় অফিস ইত্যাদিতে শীতাতপ নিয়ন্ত্রণের প্রচলন দেখা যায়।

(৩) কোনো কোনো বস্তু যেমন আলু, তামাক, কাঠ, পেঁয়াজ, রসুন প্রভৃতি শুষ্ক আবহাওয়ায় ভালো থাকে। তাই আপেক্ষিক আর্দ্রতা জানা আবশ্যক।

(৪) আবার বৈদ্যুতিক, ইলেকট্রনিক প্রভৃতি যন্ত্রপাতির স্টোরে ও কারখানায় একটি নির্দিষ্ট আপেক্ষিক আর্দ্রতার প্রয়োজন হয়। এই কারণে এসব ক্ষেত্রে বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা একটি নির্দিষ্ট সীমার মধ্যে রাখা বিশেষভাবে প্রয়োজন। তাই আপেক্ষিক আর্দ্রতা জানা অপরিহার্য।

(৫) কোনো স্থানের আবহাওয়া বহুলাংশে আপেক্ষিক আর্দ্রতার পরিবর্তনে পরিবর্তিত হয়। তাই আবহাওয়া অফিস আপেক্ষিক আর্দ্রতার হিসাব রাখে এবং বেতার ও সংবাদপত্রে আবহাওয়ার পূর্বাভাস প্রদান করে।

(৬) সিগারেট, পশম, কার্পাস প্রভৃতি শিল্পের কতকগুলো বিশেষ রাসায়নিক প্রক্রিয়ার সহায়তার জন্য বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা একটি নির্দিষ্ট সীমার মধ্যে থাকা প্রয়োজন। এই কারণে এসব কল-কারখানা বিশেষ বিশেষ অঞ্চলে স্থাপিত হয়।

(৭) নিরাপদ বিমান চালনার জন্য বিমান চালককে আর্দ্র বায়ুর অঞ্চল এড়িয়ে যেতে হয়। এই কারণে তাকে আপেক্ষিক আর্দ্রতার হিসাব জানার প্রয়োজন হয়।

আর্দ্রতামিতি সম্পর্কিত কয়েকটি বাস্তব ঘটনা যা আমাদেরকে প্রভাবিত করে

(ক) মেঘাচ্ছন্ন রাত্রি অপেক্ষা মেঘশূন্য রাত্রি শিশির জমার জন্যে সহায়ক।

আমরা জানি নদী-নালা, খালবিল, সাগর-সমুদ্র, জলাশয় ইত্যাদি হতে পানি সব সময় বাষ্পায়নের ফলে জলীয় বাষ্পে পরিণত হয় এবং বায়ুমণ্ডলে মিশে যায়। দিনের বেলায় সূর্যের তাপে ভূ-পৃষ্ঠ সংলগ্ন বাতাস গরম থাকে এবং জলীয় বাষ্প দ্বারা অসম্পৃক্ত থাকে। মেঘহীন রাত্রিতে ভূ-পৃষ্ঠ তাপ বিকিরণ করে ঠান্ডা হতে থাকে এবং পরিশেষে এমন একটি তাপমাত্রায় উপনীত হয় যখন বাতাস জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয় এবং জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হয়ে শিশির জমে।

কিন্তু আকাশ মেঘাচ্ছন্ন থাকলে ভূ-পৃষ্ঠ তাপ বিকিরণ করে ঠান্ডা হতে পারে না। কারণ মেঘ তাপরোধী পদার্থ বলে ভূ-পৃষ্ঠ হতে বিকিরণজনিত কারণে তাপ পরিবাহিত হতে পারে না। ফলে ভূ-পৃষ্ঠ ঠান্ডা হয় না এবং শিশির জমে না।

(খ) বর্ষার দিন অপেক্ষা শীতকালে ভিজা কাপড় তাড়াতাড়ি শুকায়।

বর্ষার দিনে বায়ুমণ্ডল জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত থাকে। ফলে বাতাস অধিক পরিমাণে জলীয় বাষ্প ধারণ করতে পারে না। শীতকালের বাতাস শুকনা থাকে। শুকনা বাতাস জলীয় বাষ্পহীন। এই বাতাস ভিজা কাপড় থেকে দ্রুত জলীয় বাষ্প শোষণ করে নিয়ে সম্পৃক্ত হতে চায়। ফলে শীতের দিনে ভিজা কাপড় তাড়াতাড়ি শুকায়।

(গ) গরমের দিনে কুকুর জিহ্বা বের করে দৌড়ায়।

গরমের দিনে কুকুরের শরীর উত্তপ্ত থাকে এবং কুকুর অস্বস্তিবোধ করে। কিন্তু কুকুরের জিহ্বার উপর এক প্রকার লালা থাকে। সেই লালা কুকুরের শরীর থেকে বাষ্পীভবনের সুপ্ত তাপ শোষণ করে এবং কুকুরের শরীর ঠান্ডা হয়। কুকুর স্বস্তি অনুভব করে। সেজন্য কুকুর জিহ্বা বের করে দৌড়ায়।

(ঘ) ঘর্মাক্ত দেহে পাখার বাতাস লাগলে আরাম অনুভূত হয়।

ঘর্মাক্ত দেহ খুবই অস্বস্তিকর। শরীরের ঘাম শরীর থেকে বাষ্পীভবনের সুপ্ত তাপ গ্রহণ করে বাষ্প হয়ে উবে যায়। পাখার বাতাস সেই গরম বাষ্পকে দূরীভূত করে। ফলে শরীর ঠান্ডা হয় এবং আরাম অনুভূত হয়।

(৬) শীতকালে শরীরে ও ঠোঁটে-মুখে পমেট বা গ্লিসারিন লাগান হয়।

শীতকালে বাতাসে জলীয় বাষ্প থাকে না বললেই চলে। ফলে বাতাস জলীয় বাষ্প গ্রহণ করে সম্পৃক্ত হ চায়। শরীরের ঠোঁট-মুখ অত্যন্ত নরম। বাতাস শরীরের সেই অনাবৃত নরম স্থান থেকে জলীয় বাষ্প শোষণ করে নে ফলে ঠোঁট ও মুখের চামড়া শুকনা হয়ে চড়চড় করে এবং ফেটে যায়, সেজন্য পমেট বা গ্লিসারিন লাগিয়ে চামড়া ভেজা রাখা হয়।

শিশিরাঙ্ক এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতার সম্পর্ক
Relation between dew point and relative humidity

শিশিরাঙ্কের সংজ্ঞা থেকে আমরা আগেই জেনেছি যে তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুর ম অবস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয়, সেই তাপমাত্রাই হলো শিশিরাঙ্ক। অর্থাৎ জলীয় বাষ্প দ্বারা শিশিরাঙ্কে স্থানের বায়ু সম্পৃক্ত হয়।

অপরদিকে বায়ুমণ্ডলে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের পরিমাণের চেয়ে বায়ুমণ্ডলের সম্পৃক্ততার মাত্রা (অর্থাৎ বায়ুমণ্ড কতখানি শুষ্ক বা ভেজা) কতখানি তার দ্বারা আপেক্ষিক আর্দ্রতা পরিমাপ করা হয়।

গ্লেইসার-এর উপপাদ্যের সাহায্যে শিশিরাঙ্ক এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতার মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় করতে পারি। ম করি কোনো স্থানের তাপমাত্রা θ_1 এবং ঐ একই স্থানে থার্মোমিটারের বাল্‌ব সিক্তাবস্থায় তাপমাত্রা θ_2, এবং সময়ের শিশিরাঙ্ক θ, তাহলে গ্লেসিয়ারের নিম্নোক্ত সূত্রানুসারে শিশিরাঙ্ক (θ) নির্ণয় করা যায়।

$$\theta_1 - \theta = G(\theta_1 - \theta_2) \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (10.34)$$

বা, $-\theta = -\theta_1 + G(\theta_1 - \theta_2)$

বা, $\theta = \theta_1 - G(\theta_1 - \theta_2)$ $\cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (10.35)$

এখানে $G = \theta_1$°C তাপমাত্রায় গ্লেসিয়ারের উৎপাদক বা ধ্রুবক (সারণি ১০·২)।

রেনোর তালিকা থেকে শিশিরাঙ্ক θ°C তাপমাত্রায় প্রাপ্ত সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প চাপ = f (সারণি ১০·৩)

আবার বায়ুর তাপমাত্রা θ_1°C তাপমাত্রায় প্রাপ্ত সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প চাপ = F (সারণি ১০·৩)

সংজ্ঞানুযায়ী আপেক্ষিক আর্দ্রতা, $R = \dfrac{\text{শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত বাষ্প চাপ}}{\text{বায়ুর তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্প চাপ}}$

$\therefore \quad R = \dfrac{f}{F}$

আপেক্ষিক আর্দ্রতাকে শতকরা হিসেবে প্রকাশ করলে

$$R = \frac{f}{F} \times 100\% \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (10.36)$$

ইহাই শিশিরাঙ্ক এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতার মধ্যে সম্পর্ক।

১১·১৫ শিশিরাঙ্ক ও আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয়
Determination of dewpoint and relative humidity

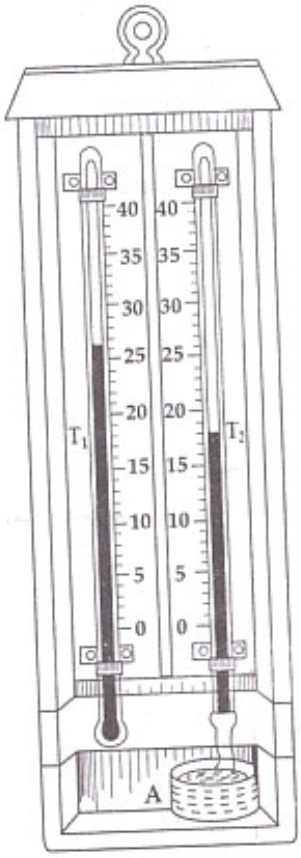
বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয়ের জন্য যে যন্ত্র ব্যবহৃত হয় তাকে আর্দ্রতামান যন্ত্র বা হাইগ্রোমিটার (hygros—আর্দ্র, metron—পরিমাপ) বলে।

এই অধ্যায়ে আমরা আর্দ্র বা সিক্ত ও শুষ্ক বাল্ব হাইগ্রোমিটার-এর গঠন ও কার্যপদ্ধতি আলোচনা করব।

আর্দ্র বা সিক্ত ও শুষ্ক বাল্‌ব হাইগ্রোমিটার : এটি সরল হাইগ্রোমিটার। সাধারণত আবহাওয়া অফিস ও শিল্প প্রতিষ্ঠানে এই প্রকার যন্ত্র ব্যবহৃত হয়। এর সাহায্যে বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা সম্বন্ধে দ্রুত মোটামুটি ধারণা পাওয়া যায়। এছাড়া এই যন্ত্রে আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ভুলভাবে পরিমাপও করা যায়।

পানির বাষ্পীভবনের হার বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের উপর নির্ভরশীল—এই তথ্যের উপর এই হাইগ্রোমিটারের কার্যপ্রণালী প্রতিষ্ঠিত। ১১·৭নং চিত্রে একটি আর্দ্র ও শুষ্ক বাল্‌ব হাইগ্রোমিটারের প্রয়োজনীয় ব্যবস্থাপনা দেখানো হয়েছে।

যন্ত্রের বর্ণনা : এই যন্ত্রে দুটি একই প্রকার সাধারণ থার্মোমিটার T_1 ও T_2 একটি ফ্রেমে পাশাপাশি খাড়াভাবে আবদ্ধ থাকে। T_1 থার্মোমিটারের বাল্‌ব স্বাভাবিক অবস্থায় এবং T_2 থার্মোমিটারের বাল্‌ব এক টুকরা পরিষ্কার মসলিন কাপড়ে জড়িয়ে কাপড়ের অপর প্রান্ত সলিতার মত পাকানো অবস্থায় নিচের পাত্র A-এর পানিতে ডুবিয়ে রাখা হয়। কাপড় পাত্রের পানি শোষণ করে T_2 থার্মোমিটারের বালবকে সিক্ত রাখে। এই কারণে T_1 বাল্‌বকে শুষ্ক বাল্‌ব এবং T_2 বাল্‌বকে আর্দ্র বাল্‌ব বলা যায়।



চিত্র ১০·৭

ক্রিয়া : T_2 থার্মোমিটারের বাল্‌ব সিক্ত মসলিন কাপড়ে আবৃত থাকায় ঐ বাল্‌ব হতে প্রয়োজনীয় তাপ সংগ্রহ করে পানি বাষ্পীভূত হবে এবং বাল্‌বের তাপমাত্রা ক্রমশ হ্রাস পাবে। ফলে বায়ুর তাপমাত্রা নির্দেশক T_1 থার্মোমিটারের পাঠ হতে T_2 থার্মোমিটারের পাঠের পার্থক্য ক্রমশ বৃদ্ধি পাবে। বায়ু যত বেশি শুষ্ক হবে অর্থাৎ বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা যত কম হবে বাষ্পায়ন তত দ্রুত হবে এবং T_1 ও T_2 থার্মোমিটারের পাঠের পার্থক্যও তত বেশি হবে। আবার বায়ুতে যত বেশি জলীয় বাষ্প থাকবে অর্থাৎ বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা যত বেশি হবে, বাষ্পায়নের হার এবং সাথে সাথে দুই থার্মোমিটারের পাঠের পার্থক্যও তত কম হবে।

সুতরাং দুই থার্মোমিটারের পাঠের পার্থক্য হতে বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা সম্বন্ধে একটি মোটামুটি ধারণা পাওয়া যাবে। কোনো সময় শুষ্ক বাল্‌বের তাপমাত্রা t_1°C ও আর্দ্র বাল্‌বের তাপমাত্রা t_2°C হলে নিম্নলিখিত উপায়ে ঐ সময়ের বায়ুর শিশিরাঙ্ক ও আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় করা যাবে।

(ক) গ্লেইসার-এর সমীকরণের সাহায্যে : গ্লেইসার-এর সমীকরণ অনুসারে,

$$t_1 = t + G(t_1 - t_2) \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (10.37)$$

এখানে, G = শুষ্ক বাল্‌বের তাপমাত্রায় গ্লেইসার-এর রাশি এবং t°C = বায়ুর শিশিরাঙ্ক।

শিশিরাঙ্ক নির্ণয় : শুষ্ক বাল্‌বের তাপমাত্রায় গ্লেইসার-এর রাশি G-এর মান জেনে উপরের সমীকরণের সাহায্যে বায়ুর শিশিরাঙ্ক t°C জানা যাবে।

আপেক্ষিক আর্দ্রতা : ধরা যাক রেনোর বাষ্প চাপের তালিকায় t°C ও t_1°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ যথাক্রমে f ও F mm পারদ।

$\therefore$ আপেক্ষিক আর্দ্রতা, $R = \frac{f}{F} \times 100\%$

রেনোর সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প চাপের তালিকাটি শুষ্ক বাল্‌বের তাপমাত্রা t_1°C এবং শুষ্ক এবং আর্দ্র বাল্‌বের তাপমাত্রার পার্থক্য $(t_1 - t_2)$°C-এর সাপেক্ষে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প চাপ নির্দেশ করে প্রস্তুত করা হয়েছে। তালিকার ব্যবহার বিধি নিম্নের উদাহরণ হতে পরিষ্কার বুঝা যাবে।

আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় : আপেক্ষিক আর্দ্রতার সংজ্ঞা ও উপরের তালিকা অনুসারে,

$$\text{আপেক্ষিক আর্দ্রতা, } R = \frac{t_1\text{°C-এর একই সমতায় } (t_1 - t_2)\text{°C চিহ্নিত সারিতে নির্দেশিত চাপ}}{t_1\text{°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ}} \times 100\%$$

ধরা যাক কোনো এক সময় শুষ্ক ও আর্দ্র বাল্‌বের তাপমাত্রা যথাক্রমে 18°C ও 15°C ; তালিকা অনুসারে 18°C তাপমাত্রায় একই সমতায় দ্বিতীয় সারিতে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ = 15·5 মিমি. পারদ।

আবার দুই থার্মোমিটারের তাপমাত্রার পার্থক্য = (18 — 15)°C = 3°C

তালিকায় 18°C তাপমাত্রায় একই সমতায় 3°C পার্থক্য চিহ্নিত সারিতে চাপ = 11·3 মিমি. পার = শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ।

∴ আপেক্ষিক আর্দ্রতা, $R = \frac{11·3}{15·5} \times 100\% = 72·9\%$

শিশিরাঙ্ক নির্ণয় : যে তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ = 11·3 মিমি. পারদ সেই তাপমাত্রাই নির্ণে শিশিরাঙ্ক।

তালিকা অনুসারে 13°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ = 11·2 মিমি. পারদ ; 14°C তাপমাত্রা সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ = 12·0 মিমি. পারদ।

সুতরাং নির্ণেয় শিশিরাঙ্ক 13°C ও 14°C-এর মাঝে হবে।

12·0 — 11·2 = 0·8 মিমি. পারদ চাপের পার্থক্যের জন্য তাপমাত্রা বৃদ্ধি = (14 — 13)°C = 1°C

11·3 — 11·2 = 0·1 মিমি. পারদ চাপের পার্থক্যের জন্য তাপমাত্রা বৃদ্ধি $= 1 \times \left(\frac{0·1}{0·8}\right)°C = 0·125°C$

∴ নির্ণেয় শিশিরাঙ্ক, t = 13°C + 0·125°C = 13·125°C

শুষ্ক ও আর্দ্র বালব হাইগ্রোমিটারের সাহায্যে আবহাওয়ার পূর্বাভাস
Weather forecast by wet and dry bulb hygrometer

আর্দ্র বায়ু অপেক্ষা শুষ্ক বায়ুতে পানি দ্রুত বাষ্পীভূত হয়। আবার বাষ্পায়ন যত বেশি হয় আর্দ্র বাল্ব থার্মোমিটারের পাঠ তত হ্রাস পায়। সুতরাং আর্দ্র ও শুষ্ক বাল্ব থার্মোমিটারের পাঠের পার্থক্য লক্ষ করে আবহাওয়ার মোটামুটি পূর্বাভাস দেয়া যায়।

থার্মোমিটার দুটির পাঠের পার্থক্য—

(১) কম হলে পূর্বাভাসে আর্দ্র আবহাওয়া উল্লেখ করা যায়।

(২) খুব বেশি হলে পূর্বাভাসে বলা যায় যে, আবহাওয়া শুষ্ক।

(৩) ধীরে ধীরে কমতে থাকলে বলা যায় যে, বৃষ্টি হওয়ার সম্ভাবনা রয়েছে।

(৪) হঠাৎ হ্রাস পেলে পূর্বাভাসে ঝড় হতে পারে উল্লেখ করা যায়।

সারণি ১০.২ : বিভিন্ন তাপমাত্রায় গ্লেইসার-এর রাশির মান

শুষ্ক বাল্বের তাপমাত্রা (°C)	গ্লেইসারের রাশি G	শুষ্ক বাল্বের তাপমাত্রা (°C)	গ্লেইসারের রাশি G	শুষ্ক বাল্বের তাপমাত্রা (°C)	গ্লেইসারের রাশি G
4	7·82	16	1·87	28	1·67
5	7·28	17	1·85	29	1·66
6	6·62	18	1·83	30	1·65
7	5·77	19	1·81	31	1·64
8	4·92	20	1·79	32	1·63
9	4·04	21	1·77	33	1·62
10	2·06	22	1·75	34	1·61
11	2·02	23	1·74	35	1·60
12	1·99	24	1·72	36	1·59
13	1·95	25	1·70	37	1·58
14	1·92	26	1·69		
15	1·90	27	1·68		

JOYKOLY PUBLICATIONS • JOYKOLY PUBLICATIONS • JOYKOLY PUBLICATIONS • JOYKOLY PUBLICATIONS •

সারণি ১০.৩ : রেনো

t_1°C				
	0	1	2	3
0	4·6	3·7	2·9	2·1
1	4·9	4·1	3·2	2·4
2	5·3	4·4	3·6	2·7
3	5·7	4·8	3·9	3·1
4	6·1	5·2	4·3	3·4
5	6·5	5·6	4·7	3·8
6	7·0	6·0	5·1	4·2
7	7·5	6·5	5·5	4·6
8	8·1	7·0	6·0	5·0
9	8·6	7·5	6·5	5·5
10	9·2	8·1	7·0	6·0
11	9·9	8·7	7·6	6·5
12	10·5	9·3	8·2	7·1
13	11·2	10·0	8·8	7·7
14	12·0	10·7	9·5	8·3
15	12·8	11·5	10·2	9·0
16	13·6	12·3	11·0	9·7
17	14·5	13·1	11·8	10·5
18	15·5	14·0	12·6	11·3
19	16·5	15·0	13·5	12·1
20	17·7	16·0	14·5	13·0

গাণিতিক উদাহরণ

১। কোনো একটি আবদ্ধ স্থানের ত
হলে পরিবর্তিত জলীয় বাষ্পের চাপ ও শিশি
চাপ যথাক্রমে $7·5 \times 10^{-3}$ m ও $8·1 \times 10^{-3}$

মনে করি 10°C ও 15°C তাপমাত্রায় শিশিরাঙ্কের সংজ্ঞা অনুসারে, P_2 = 15°C তা বাষ্পের চাপ = $8·1 \times 10^{-3}$ m পারদ।

আবার স্থানটি আবদ্ধ বলে বায়ুর আয়

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{273+10}{273+15} = \frac{283}{288}$$

∴ পরিবর্তিত জলীয় বাষ্পের চাপ, P_1 =

- সমোষ্ণ পরিবর্তন বয়েলের সূত্র মেনে চলে।
- 18°C তাপমাত্রায় বায়ু এবং 269°C তাপমাত্রায় হাইড্রোজেন তরলে পরিণত হয়।
- স্থির চাপে গ্যাসের আয়তন প্রসারণ সহগ $0.00366°C^{-1}$
- স্থির আয়তনে গ্যাসের চাপ প্রসারণ সহগ $0.00366°C^{-1}$
- নিম্নচাপ ও উচ্চ তাপমাত্রায় কোন বাস্তব গ্যাস আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে।
- এক মোল গ্যাসের তাপমাত্রা 1°C বাড়ালে তা যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন করে তাকে সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক বলে।
- বার্নোলিকে গ্যাসের গতিতত্ত্বের জনক বলা হয়।
- সর্বাধিক সম্ভাব্য বেগ > গড় বেগ > মূল গড় বর্গবেগ।
- $c_{rmv} > c_{av} > c_m$
- আদর্শ গ্যাসের স্থিতিশক্তি = 0
- পরপর ধাক্কাগুলোর ভিতর একটি অণু যে গড় দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে গড় মুক্ত পথ বলে।
- কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন আবদ্ধ স্থানে যে পরিমাণ বাষ্প ধারণ করতে পারে, সে পরিমাণ বাষ্প সেখানে থাকলে ঐ বাষ্পকে সম্পৃক্ত বাষ্প বলে।

জলীয় বাষ্পের পরিমাণ নির্ভর করেঃ

A. পানির উৎসের অবস্থিতি।
B. অক্ষাংশ।
C. সমুদ্র পৃষ্ঠ হতে তার উন্নতি।

হাইগ্রোমিটার বা আর্দ্রতামাপক যন্ত্রের শ্রেণীবিভাগ ঃ

A. শিশিরাঙ্ক হাইগ্রোমিটার।
B. আর্দ্র বা সিক্ত ও শুষ্ক বাল্ব হাইগ্রোমিটার।
C. রাসায়নিক হাইগ্রোমিটার।
D. স্কেল হাইগ্রোমিটার।

নিম্নলিখিত কারণে বায়ুর তাপমাত্রা শিশিরাঙ্কের নিচে নামতে পারেঃ

A. বিকিরণ প্রক্রিয়ায় তাপ বর্জন করে– শিশির, কুয়াশা এভাবে সৃষ্টি হয়।
B. শীতল ও গরম বায়ুর মিশ্রণে। কোন কোন মেঘের উৎপত্তি ও তিরোধান এই প্রক্রিয়ায় সংঘটিত হয়।
C. রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় চাপের দ্রুত পরিবর্তনে। মেঘের উৎপত্তি ও বৃষ্টিপাত এই প্রক্রিয়ায় হয়ে থাকে।

- বর্ষার দিন অপেক্ষা শীতকালে ভিজা কাপড় তাড়াতাড়ি শুকায়।
- মেঘাচ্ছন্ন রাত্রি অপেক্ষা মেঘশূন্য রাত্রি শিশির জমার জন্য সহায়ক।

শুষ্ক ও আর্দ্র বাল্ব হাইগ্রোমিটারের সাহায্যে আবহাওয়ার পূর্বাভাস ঃ আর্দ্র বায়ু অপেক্ষা শুষ্ক বায়ুতে পানি দ্রুত বাষ্পীভূত হয়। আবার বাষ্পায়ন যতবেশি হয় আর্দ্র বাল্ব থার্মোমিটারের পাঠ তত হ্রাস পায়। সুতরাং আর্দ্র ও শুষ্ক বাল্ব থার্মোমিটারের পাঠের পার্থক্য লক্ষ্য করে আবহাওয়ার মোটামুটি পূর্বাভাস দেখা যায়।

থার্মোমিটার দুটির পাঠের পার্থক্য ঃ

- কম হলে পূর্বাভাসে আর্দ্র আবহাওয়া উল্লেখ করা যায়।
- খুব বেশি হলে পূর্বাভাসে বলা হয় আবহাওয়া শুষ্ক
- ধীরে ধীরে কমতে থাকলে বলা যায় যে, বৃষ্টির সম্ভাবনা রয়েছে।
- হঠাৎ হ্রাস পেলে পূর্বাভাসে ঝড় হতে পারে উল্লেখ করা যায়।

তাপমাত্রা (°C)	সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্পের চাপ (mm Hg p)
0	4.58
5	7.01
8	8.05
10	9.21
12	10.52
14	11.99
16	13.63
18	15.48
20	17.54

মনে করি পরিবর্তিত শিশিরাঙ্ক = $t°C$

∴ $t°C$ তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্পের চাপ $=7·96 \times 10^{-3}$ m পারদ।

এখন প্রদত্ত রাশিগুলো হতে দেখা যাচ্ছে যে, $(8·1 - 7·5) \times 10^{-3}$ m পারদ $= 6 \times 10^{-4}$ m পারদ চাপ বৃদ্ধির জন্য 7°C হতে তাপমাত্রা বৃদ্ধি = (8 — 7)°C = 1°C

$(7·96 - 7·5) \times 10^{-3}$ m $= 0·46 \times 10^{-3}$ m পারদ চাপ বৃদ্ধির জন্য 7°C হতে তাপমাত্রা বৃদ্ধি $= \frac{1}{0·6} \times 0·46$ $= 0·766°C$

∴ পরিবর্তিত শিশিরাঙ্ক = $(7 + 0·766)°C = 7·766°C$

২। কোনো একদিন বায়ুর তাপমাত্রা 26°C এবং শিশিরাঙ্ক 20·4°C। আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় কর। 20°C, 22°C এবং 26°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 17·54, 19·83 এবং 25·21 mm পারদ চাপ। [ব. বো. ২০১০, ২০০৩; য. বো. ২০০৯; চ. বো. ২০০৬; সি. বো. ২০০৪; কু. বো. ২০০০]

(22 — 20)° C = 2°C-এর জন্য সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপের বৃদ্ধি

$= (19·83 - 17·54)$ mmHg $= 2·29$ mmHg

∴ (20·4 — 20)°C = 0·4°C-এর জন্য সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ বৃদ্ধি

$= \frac{2·29 \times 0·4}{2}$ mmHg $= 0·458$ mmHg

∴ শিশিরাঙ্ক 20·4°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ, f $= (17·54 + 0·458)$ mmHg

$= 17·998$ mm Hg

আবার, 26°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ, F = 25·21 mmHg

আমরা জানি, আপেক্ষিক আর্দ্রতা,

$R = \frac{f}{F} \times 100\% = \frac{17·998}{25·21} \times 100\% = 71·39\%$

১০·১৬ ব্যবহারিক
Experimental

পরীক্ষণের নাম :	**নিউটনের শীতলীকরণ সূত্রের সাহায্যে তরলের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয়।**
পিরিয়ড : ২	**Determination of Specific heat of a liquid by Newton's law of cooling.**

মূলতত্ত্ব (Theory) : কোনো একটি পদার্থের একক ভরের তাপমাত্রা এক ডিগ্রী হ্রাস বা বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয়, তাকে ঐ পদার্থের আপেক্ষিক তাপ বলে। একে S দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

একই পরিবেশে কোনো একটি পদার্থের তাপ হারাবার হার ঐ পদার্থের তাপমাত্রা এবং তার পারিপার্শ্বিকের তাপমাত্রার পার্থক্যের সমানুপাতিক। এটিই হলো শীতলীকরণ পদ্ধতির মূলনীতি। পদার্থের তাপমাত্রা এবং পারিপার্শ্বিকের তাপমাত্রার পার্থক্য অবশ্যই কম হতে হবে।

মনে করি,

নাড়নীসহ ক্যালরিমিটারের পানি সম = W kg

ক্যালরিমিটারে পরীক্ষণীয় তরলের ভর = M kg

তরলের আপেক্ষিক তাপ = $S\ J\ kg^{-1}\ K^{-1}$

তরলের তাপমাত্রা $\theta_1°$ হতে $\theta_2°$ -তে শীতল হতে সময় = t_1 sec

তরলের সম-আয়তনের পানির ভর = m_1 kg

পানির আপেক্ষিক তাপ = $S_1\ Jkg^{-1}K^{-1}$

পানির তাপমাত্রা $\theta_1°$ হতে $\theta_2°$-তে শীতল হতে সময় = t_2 sec

অতএব, তরলের তাপ হারাবার হার $= \frac{(MS + W)(\theta_1 - \theta_2)}{t_1}$ Js^{-1} ... ... (i)

এবং পানির তাপ হারাবার হার $= \frac{(m_1S_1 + W)(\theta_1 - \theta_2)}{t_2}$ Js^{-1} ... ... (ii)

নিউটনের শীতলীকরণ সূত্র অনুসারে এই দুই ক্ষেত্রের তাপ হারাবার হার সমান।

$$\therefore \frac{(MS + W)(\theta_1 - \theta_2)}{t_1} Js^{-1} = \frac{(m_1S_1 + W)(\theta_1 - \theta_2)}{t_2} Js^{-1}$$

$$\text{বা, } \frac{(MS + W)(\theta_1 - \theta_2)}{t_1} = \frac{(m_1S_1 + W)(\theta_1 - \theta_2)}{t_2}$$

$$\text{বা, } S = \frac{1}{M}\left[\frac{(m_1S_1 + W)t_1}{t_2} - W\right]$$

$$\text{বা, } S = \frac{1}{M}\left\{\frac{t_1}{t_2}(m_1S_1 + W) - W\right\} \; J\,kg^{-1}K^{-1} \quad \ldots \quad \ldots \quad (iii)$$

এখন M, m_1, S_1, W, t_1 এবং t_2-এর মান সমীকরণ (iii)-এ বসিয়ে S-এর মান বের করা যায়।

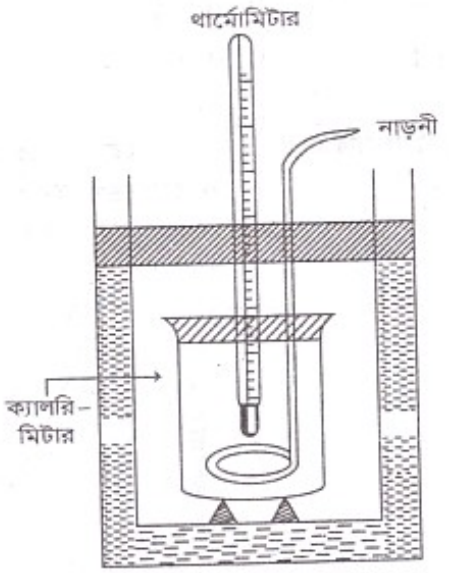
যন্ত্রপাতি (Apparatus) : (১) নাড়নীসহ ক্যালরিমিটার, (২) দুই দেয়ালবিশিষ্ট একটি প্রকোষ্ঠ, (৩) সুবেদী থার্মোমিটার, (৪) নিক্তি, (৫) বার্নার, (৬) স্টপ-ঘড়ি ইত্যাদি।

কার্যপদ্ধতি (Procedure) :

(১) নাড়নীসহ একটি পরিষ্কার ও শুষ্ক ক্যালরিমিটার নিয়ে ওজন করা হয়। ক্যালরিমিটারের ভেতরের দেয়ালে এর তলদেশ হতে তিন-চতুর্থাংশ উপরে একটি দাগ দেয়া হয়।

(২) অতঃপর অন্য একটি পাত্রে 70°C থেকে 75°C তাপমাত্রায় পানি গরম করে ঐ তাপমাত্রার পানি ক্যালরিমিটারের এই দাগ পর্যন্ত ঢালা হয় এবং গরম পানিসহ ক্যালরিমিটারটিকে দুই দেয়ালবিশিষ্ট প্রকোষ্ঠের মধ্যে স্থাপন করা হয়।

(৩) এরপর নাড়নী দ্বারা পানি আস্তে আস্তে নাড়া হয় এবং এক মিনিট পরপর থার্মোমিটারের সাহায্যে পানির তাপমাত্রা গ্রহণ করা হয়। পানির তাপমাত্রা কক্ষ তাপমাত্রা অপেক্ষা বেশি হওয়ায় তা ক্রমশ তাপ হারিয়ে শীতল হবে। এভাবে 20 থেকে 25টি পাঠ নিয়ে পানিসহ ক্যালরিমিটার ওজন করা হয়। এই দুই ওজনের পার্থক্য হতে পানির ভর নির্ণয় করা হয়।



চিত্র : ১০.৮

(৪) এখন ক্যালরিমিটার হতে পানি ফেলে দেয়া হয় এবং একে পরিষ্কার ও শুষ্ক করে অন্য একটি পাত্রে 70°C থেকে 75°C তাপমাত্রায় গরম করা পরীক্ষাধীন তরল পদার্থ দিয়ে ক্যালরিমিটারের সেই দাগ পর্যন্ত ভর্তি করা হয় এবং তরলসহ ক্যালরিমিটারটিকে প্রকোষ্ঠের মধ্যে স্থাপন করা হয়।

(৫) এবার তরল পদার্থটিকে আস্তে আস্তে নাড়া হয় এবং (৩) পদ্ধতির অনুরূপ এক মিনিট পরপর এর তাপমাত্রার পাঠ নেয়া হয়। এভাবে 20—25টি পাঠ নেয়ার পরে তরলসহ ক্যালরিমিটারের ওজন গ্রহণ করা হয়। তৃতীয় এবং প্রথম ওজনের পার্থক্য হতে তরলের ভর নির্ণয় করা হয়।

(৬) সময়কে X অক্ষে এবং তাপমাত্রাকে Y অক্ষে স্থাপন করে একটি ছক কাগজে দুটি সমতাপমাত্রা লেখচিত্র অঙ্কন করা হয়। প্রাপ্ত এই দুটি রেখাকে শীতলীকরণ রেখা বলা হয়। অঙ্কিত লেখচিত্র হতে তরল পদার্থ ও পানির কোনো একটি তাপমাত্রা θ_1°C হতে θ_2°C-এ শীতল হতে কত সময়ের প্রয়োজন হয় তা নির্ণয় করা হয়।

লেখচিত্রের θ_1°C ও θ_2°C তাপমাত্রায় সময় অক্ষের সমান্তরালে দুটি সরলরেখা AB ও CD টানা হয় এবং θ_1°C হতে θ_2°C পর্যন্ত শীতল হতে পানির সময় t_1 সে ও তরলের সময় t_2 সে বের করা হয়।

পর্যবেক্ষণ ও সন্নিবেশন (Observation and Manipulation) :

পর্যবেক্ষণ ছক—1 (পানি ও তরলের ভর নির্ণয়ের জন্য)

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	ক্যালরিমিটারসহ নাড়নীর ভর = W_1 kg	(ক্যালরিমিটার + নাড়নী + পানি) এর ভর = W_2 kg	(ক্যালরিমিটার + নাড়নী + তরল) এর ভর = W_3 kg	পানির ভর m_1 = $(W_2 - W_1)$ kg	তরলের ভর $M = (W_3 - W_1)$ kg
1	... ...	... ...	... ...	... ...	... ...

ক্যালরিমিটারের উপাদানের আঃ তাপ = S' $Jkg^{-1}K^{-1}$

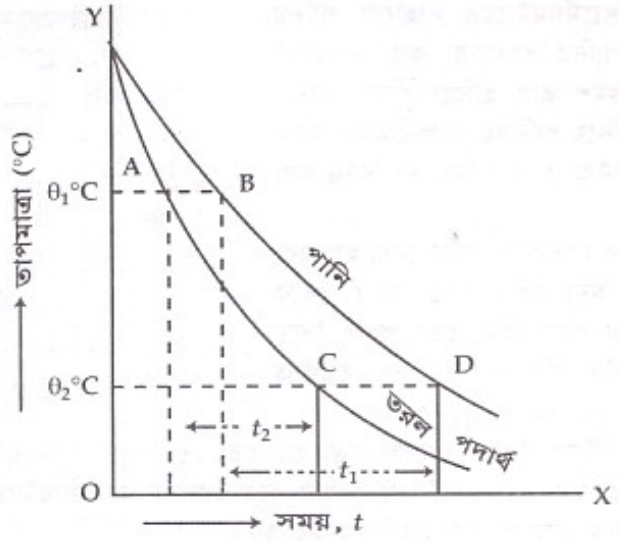
$\therefore$ ক্যালরিমিটারের পানিসম, $W = W_1 \times S'$ kg

পর্যবেক্ষণ ছক—2 (সময়-তাপমাত্রার পাঠ)

সময় মিনিট																				
পানির তাপ-মাত্রা (°C)																				
তরলের তাপ-মাত্রা (°C)																				

লেখচিত্র হতে : θ_1°C হতে θ_2°C-এ শীতল হতে প্রদত্ত তরলের প্রয়োজনীয় সময় = t_1 মি

θ_1°C হতে θ_2°C-এ শীতল হতে পানির প্রয়োজনীয় সময় = t_2 মি



চিত্র ১০.৯

হিসাব বা গণনা (Calculation) : $S = \frac{1}{M}\left\{\frac{t_1}{t_2}(m_1S_1 + W) - W\right\}$

ফলাফল (Result) : প্রদত্ত তরলের নির্ণেয় আঃ তাপ, S = ... $J\,kg^{-1}K^{-1}$

সতর্কতা (Precautions) :

(১) ক্যালরিমিটার পরিষ্কার ও শুষ্ক হওয়া উচিত।

(২) ওজন নির্ভুল হওয়া উচিত।

(৩) তাপমাত্রা সঠিকভাবে পরিমাপ করা উচিত।

(৪) সময়ের পাঠ নির্ভুল হওয়া উচিত।

আলোচনা (Discussions) :

(১) ক্যালরিমিটার পরিষ্কার ও শুষ্ক, ওজন নির্ভুল, তাপমাত্রার পাঠ সঠিক এবং সময়ের পাঠ নির্ভুল না হলে পরীক্ষার ফলাফল সঠিক হবে না।

(২) সম আয়তনের তরল পদার্থ ও পানি না নিলে ফলাফল ভুল হবে।'

(৩) ক্যালরিমিটারের তলদেশ কালো করা হয়। ফলে এর তাপ বিকিরণ করার ক্ষমতা বেড়ে যায়।

(৪) কোনো উদ্বায়ী তরল নেয়া উচিত হবে না।

উচ্চতর দক্ষতাভিত্তিক নমুনার গাণিতিক উদাহরণ

১। এক বিকেলে অহনা ও তার বন্ধুরা একটি হ্রদের পাশে বসে গল্প করছিল। হঠাৎ অহনার নজরে পড়ল হ্রদের স্বচ্ছ পানির তলদেশ থেকে বায়ু বুদবুদ পানির উপরিতলে আসছে। পানির উপরিতলে এসে বুদবুদটি বড় আকার ধারণ করে। [পানির উপরিতলে বুদবুদটির আকার 5 গুণ এবং বায়ুমণ্ডলের চাপ ছিল $10^5\ Nm^{-2}$]। পানির ঘনত্ব, $\rho = 1000\ kgm^{-3}$।

(ক) উদ্দীপকে প্রদত্ত তথ্যানুসারে অহনার দেখা হ্রদের গভীরতা নির্ণয় কর।

(খ) উল্লিখিত উদ্দীপকটি বয়েলের সূত্র মানে কিনা তা প্রমাণ করে দেখাও।

(ক) ধরি হ্রদের গভীরতা = h

আমরা জানি, $P_1V_1 = P_2V_2$

বা, $(P_2 + h\rho_1 g)\,V = P_2 \times 5V$

বা, $P_2 + h\rho_1 g = 5P_2$

বা, $4P_2 = h\rho_1 g$

$\therefore\ h = \dfrac{4P_2}{\rho_1 g} = \dfrac{4 \times 10^5}{1000 \times 9{\cdot}8}$

$= 40{\cdot}82\ m$

এখানে,

হ্রদের তলদেশে বুদবুদের আয়তন, $V_1 = V$

উপরিতলে, $V_2 = 5V$

পানির উপরিতলে বায়ুমণ্ডলের চাপ,

$P_2 = 10^5\ Nm^{-2}$

পানির ঘনত্ব, $\rho = 1000\ kgm^{-3}$

হ্রদের তলদেশে পানির চাপ

$P_1 = P_2 + h\rho_1 g$

(খ) $V_1 = V$

$V_2 = 5V$

$P_2 = 10^5\ N\text{-}m^{-2}$

$P_1 = P_2 + h\rho_1 g$

$= 10^5 + 40{\cdot}82 \times 1000 \times 9{\cdot}8$

$= 5 \times 10^5\ Nm^{-2}$

আমরা জানি, $P_1V_1 = P_2V_2$

আবার, $P_1V_1 = 5 \times 10^5\ V$ ... ... (i)

এবং $P_2V_2 = 5 \times 10^5\ V$ ... ... (ii)

সমীকরণ (i) ও (ii) থেকে পাই,

$P_1V_1 = P_2V_2 = 5 \times 10^5$ ধ্রুবক।

অতএব, স্থির তাপমাত্রায় কোনো বস্তুর বিভিন্ন সময়ে চাপ ও আয়তনের গুণফল ধ্রুবক। এটিই বয়েলের সূত্রের প্রমাণ।

২। লিটন হিলিয়াম গ্যাসকে আদর্শ গ্যাস ধরে গড় গতিশক্তি নির্ণয় করল 1.6×10^{-20} J যেখানে বোলজ্‌ম্যান ধ্রুবক $K = 1.38 \times 10^{-23}$ JK^{-1}।

(ক) আদর্শ গ্যাসের তাপমাত্রা কত ?

(খ) হিলিয়াম গ্যাসের তাপমাত্রা দ্বিগুণ হলে অণুগুলোর গড় গতিশক্তি কি দ্বিগুণ হবে ? না হলে তা ব্যাখ্যা কর।

(ক) হিলিয়াম গ্যাসের গতিশক্তি

$$E = \frac{3}{2}KT$$

বা, $1.6 \times 10^{-20} = \frac{3}{2} \times 1.38 \times 10^{-23} \times T$

$$\therefore T = \frac{2}{3} \times \frac{1.6 \times 10^{-20}}{1.38 \times 10^{-23}} = 772.95 \text{ K}$$

$$\simeq 500 \text{ °C}$$

(খ) হিলিয়াম গ্যাসের তাপমাত্রা দ্বিগুণ হলে অণুগুলোর গড় গতিশক্তিও দ্বিগুণ হবে। এখানে হিলিয়াম গ্যাসের তাপমাত্রা 500°C। এই তাপমাত্রার জন্য এর অণুগুলোর গড় গতিশক্তি ছিল 1.6×10^{-20} J।

আমার জানি, $E = \frac{3}{2}KT$, এখানে E = অণুর গড় গতিশক্তি, K = বোলজ্‌ম্যান ধ্রুবক, T = পরম তাপমাত্রা

$$\therefore \quad E \propto T$$

সুতরাং কোনো গ্যাসের অণুর গড় গতিশক্তি এর পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক। অর্থাৎ তাপমাত্রা বেড়ে গেলে গড় গতিশক্তিও বেড়ে যায়। আবার তাপমাত্রা হ্রাস পেলে গড় গতিশক্তিও হ্রাস পাবে। অতএব হিলিয়াম গ্যাসের তাপমাত্রা দ্বিগুণ হলে এর অণুগুলোর গতিশক্তিও দ্বিগুণ হবে।

৩। গ্যাস ভর্তি একটি বেলুনকে 40.81 m গভীরতায় পানির তলদেশে নিয়ে যাওয়ায় এর আয়তন 1 লিটার ধারণ করল। পানির তলদেশে ঐ বেলুনে আরো 1 লিটার গ্যাস ভর্তি করে ছেড়ে দেওয়া হলো। বায়ুমণ্ডলের চাপ 10^5 Nm^{-2}, পানির ঘনত্ব 10^3 kgm^{-3} এবং $g = 9.804$ ms^{-2}।

(ক) পানিতে নিমজ্জনের পূর্বে উদ্দীপকের বেলুনের আয়তন কত ছিল ?

(খ) যদি বেলুনটির গ্যাস ধারণ ক্ষমতা 9 লিটার হয়। তা হলে পানির উপরিতলে বেলুনটি অক্ষত অবস্থায় পৌঁছাবে কী? বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও।

(ক) মনে করি, h গভীরতায় চাপ P_1 এবং হ্রদের উপরিতলে আয়তন V_2।

আমরা জানি, $P_1 = P_2 + h\rho g$

আবার,

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

বা, $V_2 = \frac{P_1V_1}{P_2} = \frac{(P_2 + h\rho g)V_1}{P_2}$

$$= \frac{(P_2 + h\rho g) \times 1}{P_2}$$

$$= \frac{10^5 + 40.81 \times 10^3 \times 9.804}{10^5} = \frac{10^5 + 4 \times 10^5}{10^5} = 5 \text{ লিটার}$$

এখানে,

$h = 40.81$ m

পানির তল দেশে, $V_1 = 1$ লিটার

উপরিতলে চাপ, $P_2 = 10^5$ Nm^{-2}

ঘনত্ব, $\rho = 10^3$ kgm^{-3}

$g = 9.804$ ms^{-2}

নিমজ্জনের পূর্বে বেলুনের আয়তন, $V_2 = ?$

(খ) এখন, পানির তলদেশে আরও 1 লিটার বায়ু প্রবেশ করানোর ফলে পরিবর্তিত আয়তন $V_1' = 1 + 1 = 2$ লিটার

$$\therefore \quad (P_2 + h\rho g) \times 2 = P_2V_2'$$

বা, $V_2' = \frac{2 \times (10^5 + 40.81 \times 10^3 \times 9.804)}{10^5} = 10$ লিটার

এই মান বেলুনের সর্বোচ্চ ধারণ ক্ষমতা 9 লিটার অপেক্ষা বেশি। সুতরাং, বেলুনটি ফেটে যাবে। অর্থাৎ বেলুনটি অক্ষত থাকবে না।

সার-সংক্ষেপ

তাপ : তাপ এক প্রকার শক্তি যা গরম বা উচ্চ তাপমাত্রার বস্তু হতে নিম্ন তাপমাত্রার বস্তুতে তাপমাত্রার পার্থক্যের কারণে সঞ্চালিত হয়।

গ্যাসীয় সূত্রাবলি :

(১) বয়েলের সূত্র : তাপমাত্রা স্থির থাকলে কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন তার চাপের ব্যস্তানুপাতিক।

(২) চার্লস-এর সূত্র : স্থির চাপে কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন 0°C থেকে প্রতি ডিগ্রী সেলসিয়াস তাপমাত্রা পরিবর্তনের জন্য এর 0°C তাপমাত্রার আয়তনের নির্দিষ্ট ভগ্নাংশ $\frac{1}{273}$ অংশ পরিবর্তিত হয়।

(৩) চাপীয় সূত্র : স্থির আয়তনে কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ 0°C থেকে প্রতি ডিগ্রী সেলসিয়াস তাপমাত্রা পরিবর্তনের জন্য এর 0°C তাপমাত্রার চাপের নির্দিষ্ট ভগ্নাংশ $\frac{1}{273}$ অংশ পরিবর্তিত হয়।

আদর্শ গ্যাস : যে সব গ্যাস বয়েল এবং চার্লস-এর সূত্র মেনে চলে তাদেরকে আদর্শ গ্যাস বলে।

পরম শূন্য তাপমাত্রা : স্থির চাপে একটি নির্দিষ্ট ভরের কোনো গ্যাসের তাপমাত্রা ক্রমশ কমাতে থাকলে চার্লসের সূত্রানুযায়ী যে তাপমাত্রায় পৌঁছে তার আয়তন শূন্য হয় ও গ্যাসের গতিশক্তি সম্পূর্ণরূপে লোপ পায় তাকে পরম শূন্য তাপমাত্রা বলে।

সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক, R : এক মোল আদর্শ গ্যাসের তাপমাত্রা এক ডিগ্রী বাড়ালে তা যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন করে তাকে সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক বলে।

গড় বর্গ বেগ : দুই বা ততোধিক বেগের বর্গের গড় মানকে গড় বর্গ বেগ বলে।

গড় বর্গ বেগের বর্গমূল বা মূল গড় বর্গবেগ : দুই বা ততোধিক বেগের বর্গের গড় মানের বর্গমূলকে গড় বর্গবেগের বর্গমূল বা মূল গড় বর্গবেগ বলে।

শিশিরাঙ্ক : যে তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ু এর মধ্যে অবস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয়, সেই তাপমাত্রাকে শিশিরাঙ্ক বলে।

পরম আর্দ্রতা : বায়ুর প্রতি একক আয়তনে জলীয় বাষ্পের ভরকে ঐ স্থানের পরম আর্দ্রতা বলে।

শক্তির সমবিভাজন নীতি : কোনো গতীয় সংস্থার মোট শক্তি তাপীয় সাম্যাবস্থায় প্রতিটি স্বাধীনতার মাত্রার মধ্যে সমভাবে বণ্টিত হয় এবং প্রতিটি স্বাধীনতার মাত্রার শক্তির পরিমাণ $=\frac{1}{2}$ KT।

স্বাধীনতার মাত্রা : একটি বস্তুর গতিশীল অবস্থা বা অবস্থান সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করার জন্য যত সংখ্যক স্বাধীন চলরাশির প্রয়োজন হয় তাকে স্বাধীনতার মাত্রা বলে।

প্রমাণ চাপ : সমুদ্রপৃষ্ঠে 45° অক্ষাংশে 273 K তাপমাত্রায় উল্লম্বভাবে অবস্থিত 760 mm উচ্চতাবিশিষ্ট শুষ্ক ও বিশুদ্ধ পারদস্তম্ভ যে চাপ দেয় তাকে প্রমাণ চাপ বলে।

প্রমাণ তাপমাত্রা : যে তাপমাত্রায় প্রমাণ চাপে অর্থাৎ 760 mm পারদ চাপে বরফ গলে পানিতে পরিণত হয় বা পানি জমে বরফে পরিণত হয় সেই তাপমাত্রাকে প্রমাণ তাপমাত্রা বলে।

বাষ্পচাপ : তরল থেকে নির্গত বাষ্প আধারের গায়ে যে চাপ প্রয়োগ করে তাকে বাষ্পচাপ বলে।

বায়ুচাপ : বায়ুতে অণুসমূহ অবিরত ইতস্তত ছুটাছুটি করার ফলে পাত্রের একক ক্ষেত্রফলের উপর যে বল প্রয়োগ করে তাকে বায়ুচাপ বলে।

এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপ : 0°C তাপমাত্রায় 45° অক্ষাংশে সমুদ্র সমতলে যে পরিমাণ বায়ুচাপ 760 mm পারদস্তম্ভের চাপের সমান হয়, তাকে এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপ বা এক বায়ুচাপ (1 atm) বলে।

সম্পৃক্ত বাষ্প চাপ : কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো আবদ্ধ স্থানের বাষ্প যে সর্বাধিক চাপ প্রয়োগ করে তাকে সম্পৃক্ত বাষ্প চাপ বলে।

অসম্পৃক্ত বাষ্পচাপ : কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো আবদ্ধ স্থানের বাষ্প যদি সর্বাধিক বাষ্পচাপ অপেক্ষা কম চাপ প্রয়োগ করে তবে তাকে অসম্পৃক্ত বাষ্প চাপ বলে।

আপেক্ষিক আর্দ্রতা : কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্প থাকে ঐ তাপমাত্রায় ঐ আয়তনের বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্পের প্রয়োজন হয় তাদের অনুপাতকে আপেক্ষিক আর্দ্রতা বলে।

অনুশীলনী

(ক) বহুনির্বাচনি প্রশ্ন

১। $\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$ সম্পর্কটি কোন সূত্রকে সমর্থন করে ?

ক বয়েলের সূত্র
খ চার্লসের সূত্র
গ চাপের সূত্র
ঘ অ্যাভোগ্যাড্রোর সূত্র

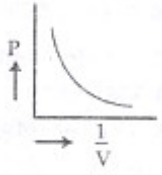
২। স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন এর পরম তাপমাত্রার—

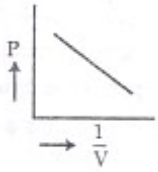
(i) ব্যস্তানুপাতিক
(ii) সমানুপাতিক
(iii) বর্গের ব্যস্তানুপাতিক

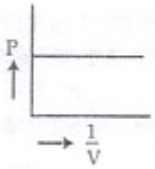
নিচের কোনটি সঠিক?

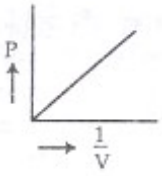
ক i
খ i ও ii
গ ii ও iii
ঘ ii

৩। P বনাম $\frac{1}{V}$ লেখচিত্রে স্থির তাপমাত্রায় একটি আদর্শ গ্যাসের 1 mole এর জন্য নিচের কোন চিত্রটি প্রযোজ্য ?

ক


খ


গ


ঘ


৪। আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে চাপ, আয়তন ও তাপমাত্রার মধ্যে সম্পর্ক হচ্ছে—

(i) $PV = RT$
(ii) $PV = nRT$
(iii) $PV = KT$

নিচের কোনটি সঠিক?

ক ii ও iii
খ i ও ii
গ i ও iii
ঘ i, ii ও iii

৫। পরম স্কেলে চাপের সূত্র হলো—

ক $P \propto T^2$
খ $P \propto \frac{1}{T}$
গ $P \propto T$
ঘ $P \propto \sqrt{T}$

৬। নিম্নলিখিত কোন ক্ষেত্রে একটি গ্যাস আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে ?

ক নিম্নচাপ ও উচ্চ তাপমাত্রা
খ নিম্নচাপ ও নিম্ন তাপমাত্রায়
গ উচ্চতাপ ও নিম্ন তাপমাত্রায়
ঘ উচ্চ চাপ ও উচ্চ তাপমাত্রায়

৭। আদর্শ গ্যাসের বৈশিষ্ট্য হলো—

(i) সকল তাপমাত্রা ও চাপে $PV = nRT$ সমীকরণ মেনে চলে
(ii) স্থির তাপমাত্রায় এর অভ্যন্তরীণ শক্তি এর আয়তনের উপর নির্ভরশীল
(iii) আদর্শ গ্যাসের অণুসমূহের মধ্যে কোনো আকর্ষণ ও বিকর্ষণ নেই

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii
খ i ও iii
গ ii ও iii
ঘ i, ii ও iii

৮। 100°C তাপমাত্রায় 20g অক্সিজেন একটি 20 cm দৈর্ঘ্যের ঘনককে পূর্ণ করে। এক মোল অক্সিজেনের ভর 32 g. ঘনকের অভ্যন্তরে অক্সিজেনের চাপ কত ? [ঢা. বো. ২০১৫]

ক 7800 kPa
খ 242 kPa
গ 65 kPa
ঘ 12 kPa

৯। এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপ সমান—

(i) $1.013 \times 10^5\ Nm^{-2}$

(ii) $1.013 \times 10^5\ Pa$

(iii) 760 mm Hg

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii

খ i ও iii

গ ii ও iii

ঘ i, ii ও iii

১০। গ্যাসের অণুর মৌলিক স্বীকার্য হলো—

(i) কোনো একটি গ্যাসের অণুগুলি সদৃশ

(ii) গ্যাসের অণুগুলো বিন্দুভর আদর্শ অস্থিতিস্থাপক গোলক

(iii) অণুগুলোর মধ্যে ধাক্কা সবই তাৎক্ষণিক

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii

খ i ও iii

গ ii ও iii

ঘ i, ii ও iii

১১। গ্যাসের গতি তত্ত্বের ক্ষেত্রে—

(i) গ্যাসের আয়তনের তুলনায় অণুগুলোর আয়তন নগণ্য

(ii) সর্বত্র গ্যাসের ঘনত্ব সমান থাকে

(iii) গ্যাসের শক্তি সম্পূর্ণটাই গতিশক্তি

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii

খ i ও iii

গ ii ও iii

ঘ i, ii ও iii

১২। গড় বর্গ বেগের বর্গমূল ও পরম তাপমাত্রার মধ্যে সম্পর্ক হলো—

ক $C_{rms} \propto T$

খ $C_{rms} \propto \sqrt{T}$

গ $C_{rms} \propto \frac{1}{T}$

ঘ $C_{rms} \propto \frac{1}{\sqrt{T}}$

১৩। নাইট্রোজেন গ্যাসের ক্ষেত্রে গামা (γ) এর মান কত? [ঢা. বো. ২০১৫]

ক 1.67

খ 1.4

গ 1.33

ঘ 1.28

১৪। স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপে নাইট্রোজেনের ঘনত্ব $1.25\ kg\ m^{-3}$।

অণুগুলোর গড় বর্গবেগের বর্গমূল এর মান কত ?

ক $c = 400\ ms^{-1}$

খ $c = 125\ ms^{-1}$

গ $c = 493.07\ ms^{-1}$

ঘ $c = 490.05\ ms^{-1}$

১৫। আণবিক গতিশক্তি কোন রাশির উপর নির্ভরশীল?

ক ঘর্ষণ

খ তাপমাত্রা

গ অন্তস্থশক্তি

ঘ তাপ

১৬। প্রত্যেক অণুর স্বাধীনতার মাত্রার গড় শক্তির পরিমাণ—

ক $\frac{1}{2}$ KT

খ $\frac{3}{2}$ KT

গ $\frac{2}{3}$ KT

ঘ 0

১৭। 27° C তাপমাত্রায় প্রতি গ্রাম অণু হিলিয়াম গ্যাসের গতিশক্তি কত ? ($R = 8.3\ JK^{-1}\ mol^{-1}$)

ক $2350\ J\ mol^{-1}$

খ $3375\ J\ mol^{-1}$

গ $3735\ J\ mol^{-1}$

ঘ $5535\ J\ mol^{-1}$

১৮। একটি দ্বিপারমাণবিক গ্যাস অণুর স্বাধীনতার মাত্রার সংখ্যা—

ক ৩টি

খ ৪টি

গ ৫টি

ঘ ২টি

১৯। জলীয় বাষ্পের চাপ বেড়ে যায়—

(i) তাপমাত্রা হ্রাস পেলে

(ii) তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে

(iii) তাপমাত্রা স্থির থাকলে

নিচের কোনটি সঠিক ?

ক i ও ii

খ i ও iii

গ ii ও iii

ঘ i, ii ও iii

২০। জলীয় বাষ্পের ঘনত্বের সাথে বায়ুর চাপের সম্পর্ক হলো—

ক $\rho \propto P^2$

খ $\rho \propto \sqrt{P}$

গ $\rho \propto P$

ঘ $\rho \propto \frac{1}{P}$

২১। সম্পৃক্ত বাষ্প চাপের বৈশিষ্ট্য হলো—

(i) এটি একটি আবদ্ধ স্থানে তৈরি করা যায়

(ii) সম্পৃক্ত বাষ্প বয়েল ও চার্লস-এর সূত্র মেনে চলে

(iii) তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ সম্পৃক্ত বাষ্পকে অসম্পৃক্ত বাষ্পে পরিণত করা যায়

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii

খ i ও iii

গ ii ও iii

ঘ i, ii ও iii

২২। বায়ুর আপেক্ষিক আর্দতা 60% এর দ্বারা বুঝা যায়—

(i) বায়ুর তাপমাত্রায় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের ঐ বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্পের প্রয়োজন তার শতকরা 60 ভাগ জলীয় বাষ্প বায়ুতে আছে

(ii) বায়ুর তাপমাত্রায় ঐ বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপ একই তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপের 100 ভাগের 60 ভাগ

(iii) ঐ বায়ুর শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ বায়ুর তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের 100 ভাগের 60 ভাগ

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii

খ i ও iii

গ ii ও iii

ঘ i, ii ও iii

২৩। আপেক্ষিক আর্দ্রতা প্রকাশ করা হয়—

(i) $R = \frac{F}{f}$

(ii) $R = \frac{f}{F}$

(iii) $R = \frac{f}{F} \times 100\%$

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii

খ i ও iii

গ ii ও iii

ঘ i, ii ও iii

২৪। কোনো একদিনের শিশিরাঙ্ক 10°C ও আপেক্ষিক আর্দ্রতা 67·30%। ঐ দিনের বায়ুর সম্পৃক্ত বাষ্প-চাপ কত ? [10°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ $13·64 \times 10^{-3}$ m]

ক $1·01 \times 10^4$ m

খ $2·02 \times 10^4$ m

গ $2·02 \times 10^{-4}$ m

ঘ $1·01 \times 10^{-4}$ m

২৫। বায়ুর আর্দ্রতা কমে গেলে—

(i) দ্রুত বাষ্পায়ন ঘটে

(ii) বাষ্পায়ন বন্ধ হয়ে যাবে

(iii) হাইগ্রোমিটারের দুই থার্মোমিটারের ব্যবধান কমে যায়

নিচের কোনটি সঠিক?

ক i ও ii

খ i ও iii

গ ii ও iii

ঘ i, ii ও iii

২৬। বাতাসের আর্দ্রতা পরিমাপের যন্ত্র—

ক থার্মোমিটার

খ ওয়াটমিটার

গ হাইগ্রোমিটার

ঘ পটেনশিওমিটার

২৭। বর্ষার দিন অপেক্ষা শীতকালে ভিজা কাপড় তাড়াতাড়ি শুকায় কেন ?

ক বাতাসে জলীয় বাষ্প বেশি থাকে

খ বাতাসে জলীয় বাষ্প কম থাকে

গ বাতাসের চাপ বেশি

ঘ বাতাসের চাপ কম

২৮। একই তাপমাত্রায় রংপুর অপেক্ষা টেকনাফ অস্বস্তিকর কেন ?
- ক বাতাসের চাপ কম
- খ আপেক্ষিক আর্দ্রতা কম
- গ আপেক্ষিক আর্দ্রতা বেশি
- ঘ বাতাসের চাপ বেশি

২৯। বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হওয়ার ফল নয় কোনটি ?
- ক শিশির
- খ কুয়াশা
- গ ঝড়
- ঘ বৃষ্টি

৩০। শুষ্ক ও সিক্ত বাল্বের মধ্যে তাপমাত্রার অধিক পার্থক্য নির্দেশ করে—
- ক উচ্চ আপেক্ষিক আদ্রতা
- খ নিম্ন আপেক্ষিক আদ্রতা
- গ উচ্চ শিশিরাংক
- ঘ কোনোটিই না

৩১। একটি আদর্শ গ্যাসের তাপমাত্রা T হতে বৃদ্ধি করে 2T করা হলো। কোন রাশিটি দ্বিগুণ হবে ?
- ক অণুগুলির গড় বর্গবেগের বর্গমূল
- খ অণুগুলির গড় বেগের বর্গ
- গ অণুগুলির গতিশক্তি
- ঘ অণুগুলির গড় বর্গবেগ

উত্তর :

১। খ	২। ঘ	৩। ঘ	৪। ঘ	৫। গ	৬। ক	৭। খ	৮। খ	৯। ঘ	১০। খ
১১। ঘ	১২। খ	১৩। খ	১৪। গ	১৫। খ	১৬। ক	১৭। গ	১৮। খ	১৯। গ	২০। গ
২১। ঘ	২২। ঘ	২৩। গ	২৪। গ	২৫। খ	২৬। গ	২৭। খ	২৮। গ	২৯। গ	৩০। খ
৩১। গ									

(খ) সৃজনশীল প্রশ্ন

১। হিলিয়াম গ্যাসের অণুর গড় গতিশক্তি 1.6×10^{-20} J। বোল্‌জম্যান ধ্রুবক, $K = 1.38 \times 10^{-23}$ JK^{-1}। ধরা যাক হিলিয়াম আদর্শ গ্যাস।

(ক) আপেক্ষিক আর্দ্রতা কী ?

(খ) আদর্শ গ্যাস সমীকরণটি লিখ।

(গ) হিলিয়াম গ্যাসের তাপমাত্রা °C-এ নির্ণয় কর।

(ঘ) হিলিয়াম গ্যাসের তাপমাত্রা দ্বিগুণ হলে অণুগুলোর গড় গতিশক্তি কি দ্বিগুণ হবে ? যদি না হয়, তাহলে এর কারণ ব্যাখ্যা কর।

২। এক বিকেলে অহনা ও তার বন্ধুরা একটি হ্রদের পাশে বসে গল্প করছিল। হঠাৎ অহনার নজর পড়ে হ্রদের স্বচ্ছ পানির তলদেশ থেকে বায়ু বুদবুদ পানির উপরিতলে আসছে। পানির উপরে এসে বুদবুদটি বড় আকার ধারণ করে। [পানির উপরিতলে বুদবুদটির আকার 5 গুণ এবং বায়ুমণ্ডলের চাপ ছিল 10^5 Nm^{-2}]

(ক) আদর্শ গ্যাস কী?

(খ) কোনো স্থানে বাতাসের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 70% বলতে কী বুঝায়?

(গ) উদ্দীপকে প্রদত্ত তথ্যানুসারে অহনার দেখা হ্রদের গভীরতা নির্ণয় কর।

(ঘ) বয়েলের সূত্রটি বর্ণনাপূর্বক গাণিতিক প্রমাণ দাও।

৩। তাপমাত্রা স্থির রেখে আয়তন কমিয়ে একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ অসম্পৃক্ত বাষ্পকে সম্পৃক্ত বাষ্পে পরিণত করা হলো। 7°C, 8°C ও 19°C তাপমাত্রায় ঐ সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 7.5, 8.2 এবং 16.5 mm পারদ।

(ক) সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ কী?

(খ) পরম আর্দ্রতা বলতে কী বুঝায়?

(গ) কক্ষ তাপমাত্রা 26°C এবং শিশিরাঙ্ক 7.4°C হলে আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় কর।

(ঘ) প্রমাণ কর যে, সম্পৃক্ত বাষ্প বয়েলের সূত্র মেনে চলে না।

(গ) সাধারণ প্রশ্ন

১। আদর্শ গ্যাস কাকে বলে? বাস্তব ক্ষেত্রে আদর্শ গ্যাস পাওয়া যায় কী?
২। বয়েলের সূত্র বিবৃত কর।
৩। চার্লসের সূত্র বিবৃত কর।
৪। রেনোর চাপীয় সূত্র বিবৃত কর।
৫। চার্লসের সূত্র হতে প্রমাণ কর যে স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক।
৬। একটি আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে $PV = nRT$ সম্পর্কটি প্রতিপাদন কর।
৭। মোলার গ্যাস ধ্রুবক R-কে সর্বজনীন বা বিশ্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক বলা হয় কেন?
৮। গ্যাস ধ্রুবক K এবং সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক R-এর মধ্যে পার্থক্য কী?
৯। দেখাও যে নির্দিষ্ট আয়তনে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক।
১০। 1 মৌল গ্যাসের জন্য আদর্শ গ্যাস সমীকরণ $PV = RT$ সমীকরণ থেকে প্রতিপাদন কর।
১১। গ্যাসের গতিতত্ত্বের মৌলিক স্বীকার্যগুলো লিখ।
১২। ভ্যানডার ওয়ালস সমীকরণটি লিখ। সমীকরণে ধ্রুবক 'a' ও 'b' সকল গ্যাসের ক্ষেত্রের একই মানের কী ?
১৩। বাস্তব গ্যাসের ক্ষেত্রে ভ্যাভার ওয়ালস সমীকরণ গঠনে কোন বিষয় দুটি বিবেচনা করা হয় ?
১৪। গতিতত্ত্ব অনুযায়ী তাপমাত্রার ব্যাখ্যা কর।
১৫। $PV = \frac{1}{3}Mc^2$ সমীকরণ থেকে 1 মৌল গ্যাসের গতিশক্তি $\frac{3}{2}RT$ নির্ণয় কর।
১৬। গড় বর্গবেগ কাকে বলে?
১৭। মূল গড় বর্গবেগ কাকে বলে?
১৮। স্বাধীনতার মাত্রা বলতে কী বুঝ?
১৯। শক্তির সমবিভাজন নীতি বিবৃত কর।
২০। জলীয় বাষ্প ও বায়ু চাপ কাকে বলে ?
২১। এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপ (1 atm) বলতে কী বুঝ ?
২২। প্রমাণ চাপ কী ? [ঢা. বো. ২০১৫] প্রমাণ তাপমাত্রা বলতে কী বুঝায়?
২৩। পরম আর্দ্রতা কাকে বলে?
২৪। বায়ুর পরম আর্দ্রতা 10^{-2} kg m^{-3} বলতে কী বুঝ ?
২৫। আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয়ের গুরুত্ব আলোচনা কর।
২৬। সম্পৃক্ত বাষ্পচাপের বৈশিষ্ট্যগুলি লিখ।
২৭। কোনো স্থানে বাতাসের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 70% বলতে কী বুঝ ?
২৮। জলীয় বাষ্পের চাপ ও বায়ুচাপের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় কর।
২৯। সম্পৃক্ত বাষ্পচাপের বৈশিষ্ট্য কী কী?
৩০। অসম্পৃক্ত বাষ্পচাপের বৈশিষ্ট্য কী কী?
৩১। শিশিরাঙ্ক ও আপেক্ষিক আর্দ্রতা কাকে বলে ? এদের মধ্যে সম্পর্ক প্রতিষ্ঠা কর।
৩২। শিশিরাঙ্কের সাথে গ্লেসিয়ারের সম্পর্কটি প্রতিপাদন কর।
৩৩। মেঘলা রাত অপেক্ষা মেঘহীন রাতে বেশি শিশির জমে কেন ?

(ঘ) ক্রিয়াকর্ম

প্রতিবেদন রচনা : দৈনন্দিন জীবনের কাজকর্মে আপেক্ষিক আর্দ্রতা নানাভাবে প্রভাব বিস্তার করে—আপেক্ষিক আর্দ্রতার ইতিবাচক প্রভাব সম্পর্কে একটি প্রতিবেদন রচনা করে শিক্ষকের কাছে উপস্থাপন কর।
শিক্ষক সবচেয়ে ভালো প্রতিবেদন নির্বাচন করে শ্রেণিকক্ষে উপস্থাপন করতে বলবেন।

(ঙ) কাজ (গাণিতিক সমস্যা)

১। স্থির তাপমাত্রায় 2×10^5 Nm^{-2} চাপে কোনো নির্দিষ্ট গ্যাসের আয়তন 0·004 m^3। 6×10^5 Nm^{-2} চাপে গ্যাসটির আয়তন কত? [উ. $1·34 \times 10^{-3}$ m^3]

২। 27°C তাপমাত্রায় ও 0·76m পারদ স্তম্ভ চাপে একটি গ্যাসের আয়তন 4·5m^3। যদি তাপমাত্রা 77°C করা হয় তবে কত চাপে আয়তন 3m^3 হবে ? [উ. 1·33m পারদ স্তম্ভ চাপ]

৩। 30°C তাপমাত্রায় কোনো গ্যাসের চাপ $1.5 \times 10^5\ Nm^{-2}$ হলে 90°C তাপমাত্রায় এর চাপ কত ?
[উ. 1.8×10^5 Pa]

৪। একটি পাত্রে 0°C তাপমাত্রায় কিছু গ্যাস আছে। কত তাপমাত্রায় গ্যাসের চাপ 0°C তাপমাত্রার চাপের অর্ধেক হবে? [উ. 136.5 K]

৫। কোনো হ্রদের তলদেশ থেকে পানির উপরিতলে আসায় একটি বায়ু বুদবুদের আয়তন 3 গুণ হয়। বায়ুমণ্ডলের চাপ 1.013×10^5 Pa হলে হ্রদের গভীরতা কত ? [উ. 20.67 m]

৬। জলাশয়ের কত গভীরতায় একটি বুদবুদের আয়তন উপর তলে থাকাকালীন আয়তন অপেক্ষা অর্ধেক হবে? ঐ সময় বায়ুমণ্ডলের চাপ 760 mm এবং পারদের ঘনত্ব $13.6 \times 10^3\ kgm^{-3}$। [উ. 10.336m]

৭। কোনো হ্রদের তলদেশ থেকে পানির উপরিতলে আসায় একটি বায়ু বুদবুদের আয়তন 5 গুণ হয়। বায়ুমণ্ডলের চাপ $10^5\ Nm^{-2}$ হলে হ্রদের গভীরতা কত ? [উ. 40.81 m]

৮। 20g হিলিয়াম গ্যাস পূর্ণ একটি বেলুনের আয়তন $0.12\ m^3$। বেলুনের ভিতরে গ্যাসের চাপ $1.5 \times 10^5\ Nm^{-2}$। বেলুনের ভিতরে গ্যাসের তাপমাত্রা কত? [উ. 433.2 K]

৯। 0.64 m পারদ স্তম্ভ চাপে এবং 39° C তাপমাত্রায় কোনো গ্যাসের আয়তন $5.7 \times 10^{-4}\ m^3$। প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন কত ? [উ. $4.2 \times 10^{-4}\ m^3$]

১০। স্থির তাপমাত্রায় কত চাপ প্রয়োগ করলে একটি গ্যাসের আয়তন এর স্বাভাবিক আয়তনের 4 গুণ হবে ?
[উ. $25.325 \times 10^3\ Nm^{-2}$]

১১। 600 mm পারদ স্তম্ভ চাপে কত তাপমাত্রার একটি গ্যাসের আয়তন এর স্বাভাবিক চাপ ও তাপমাত্রার আয়তনের দ্বিগুণ হবে ? [উ. 431.3 K]

১২। স্থির তাপমাত্রায় কত চাপ প্রয়োগ করলে একটি গ্যাসের আয়তন এর স্বাভাবিক আয়তনের 4 গুণ হবে ?
[ব. বো. ২০০৪, ২০০২] [উ. $25.325 \times 10^3\ Wm^{-2}$]

১৩। একটি ট্যাংকে 27°C তাপমাত্রায় 32 বায়ুমণ্ডলীয় চাপের 166 মিটার অক্সিজেন আছে। ট্যাংকে অক্সিজেনের ভর নির্ণয় কর। [অক্সিজেনের আণবিক ভর = 32 kg $kmol^{-1}$, 1 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ = 1.013×10^5 Pa ও R = 8314 Jk $mol^{-1}\ K^{-1}$] [উ. 4.3 g]

১৪। কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের তাপমাত্রা 30° C। (i) চাপ স্থির থাকলে কোন তাপমাত্রায় আয়তন দ্বিগুণ হবে ? (ii) আয়তন স্থির থাকলে কোন তাপমাত্রায় চাপ তিনগুণ হবে ? [উ. 333° C, 636° C]

১৫। যদি আদর্শ চাপ ও তাপমাত্রায় হাইড্রোজেন গ্যাসের ঘনত্ব $0.09\ kgm^{-3}$ হয়, তবে আদর্শ তাপমাত্রা ও চাপে হাইড্রোজেন অণুর মূল গড় বর্গবেগ কত ? [উ. $1837.6\ ms^{-1}$]

১৬। স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপে অক্সিজেনের ঘনত্ব হাইড্রোজেনের ঘনত্বের 16 গুণ হলে অক্সিজেন অণুর গড় বর্গবেগের বর্গমূলীয় মান নির্ণয় কর। [হাইড্রোজেনের ঘনত্ব = $0.0898\ kgm^{-3}$] [উ. $461.21\ ms^{-1}$]

১৭। 27°C তাপমাত্রায় প্রতি কিলোগ্রাম মোল হিলিয়াম গ্যাসের গতিশক্তি নির্ণয় কর। [R = 8314 Jk $mol^{-1}K^{-1}$]
[উ. 3.74×10^6 J]

১৮। 27°C তাপমাত্রায় 5g নাইট্রোজেনের গতিশক্তি নির্ণয় কর। (নাইট্রোজেনের গ্রাম আণবিক ভর = 28g)
[উ. 667.8 J]

১৯। স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপে হাইড্রোজেনের ঘনত্ব $0.09\ kgm^{-1}$। হাইড্রোজেন অণুর গড় বর্গবেগের বর্গমূল নির্ণয় কর। [উ. $18.38 \times 10^2\ ms^{-1}$]

২০। স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপে অক্সিজেন গ্যাসের অণুগুলোর গড় বর্গবেগের বর্গমূল নির্ণয় কর। স্বাভাবিক চাপ ও তাপমাত্রায় অক্সিজেনের ঘনত্ব $1.43\ kgm^{-1}$। [উ. $461\ ms^{-1}$]

২১। 29°C তাপমাত্রায় 3 g নাইট্রোজেন গ্যাসের মোট গতিশক্তি নির্ণয় কর। [নাইট্রোজেনের গ্রাম আণবিক ভর 28 g] [কু. বো. ২০০৩] [উ. 403 J]

২২। একটি খোলা লিটার ফ্লাস্কে 0° C তাপমাত্রায় 1.32×10^{-3} kg বায়ু আছে। 90° C তাপমাত্রায় ফ্লাস্ক হতে কী পরিমাণ বায়ু বের হয়ে যাবে ? [উ. 3.3×10^{-4} kg]

২৩। স্থির চাপ কত তাপমাত্রায় হাইড্রোজেন অণুর গড় বর্গবেগের বর্গমূল স্বাভাবিক চাপ ও তাপমাত্রায় গড় বর্গবেগের বর্গমূলের দ্বিগুণ হবে ? [ঢা. বো. ২০০৯] [উ. 819° C]

২৪। 1092° C তাপমাত্রায় বায়ুর অণুগুলোর গড় বর্গবেগের বর্গমূলীয় মান নির্ণয় কর। [স্বাভাবিক চাপ ও তাপমাত্রায় বায়ুর ঘনত্ব = 1·296 kgm^{-3}] [উ. $1·08 \times 10^3$ ms^{-1}]

২৫। 0°C তাপমাত্রায় নাইট্রোজেন গ্যাসের গড় বর্গবেগের বর্গমূলীয় মান 493 ms^{-1}। স্বাভাবিক চাপ ও তাপমাত্রায় নাইট্রোজেনের ঘনত্ব নির্ণয় কর। [উ. 1·2493 kgm^{-3}]

২৬। 0° C তাপমাত্রায় একটি হাইড্রোজেন অণুর গতিশক্তি $5·64 \times 10^{-21}$ J এবং R = 8320 Jk mol^{-1} K^{-1} ধরে অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা নির্ণয় কর। [উ. $16·04 \times 10^{26}$ কণা $kmol^{-1}$]

২৭। কোনো একদিন বায়ুর তাপমাত্রা 22°C এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতা 60%। যদি ঐ স্থানের তাপমাত্রা হ্রাস পেয়ে 12°C হয় তবে বায়ুস্থিত জলীয় বাষ্পের কত অংশ ঘনীভূত হবে ? [12°C ও 22°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ যথাক্রমে $10·5 \times 10^{-3}$ m এবং $19·8 \times 10^{-3}$ m] [উ. 0·116]

২৮। একটি শুষ্ক ও আর্দ্র বাল্‌ব থার্মোমিটারের শুষ্ক ও আর্দ্র বাল্‌বের তাপমাত্রা যথাক্রমে 25°C ও 19°C। বায়ুর শিশিরাঙ্ক ও আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় কর। [25°C তাপমাত্রায় G-এর মান 1·65 ; 15°C, 16°C ও 25°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ যথাক্রমে $12·77 \times 10^{-3}$ m, $13·71 \times 10^{-3}$ m ও $23·7 \times 10^{-3}$ m।] [উ. 15·1°C, 54·28%]

২৯। বায়ুর তাপমাত্রা 30°C এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতা 60% হলে বায়ুর জলীয় বাষ্পের চাপ কত ? 30°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প চাপ = $31·70 \times 10^{-3}$ mHg [উ. 19×10^{-3} mHg]

৩০। কোনো একদিনে শিশিরাঙ্ক 8·5°C এবং বায়ুর তাপমাত্রা 17·5°C। আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় কর। [8°C, 9°C, 17°C ও 18°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ যথাক্রমে $7·35 \times 10^{-3}$, $8·03 \times 10^{-3}$, $15·48 \times 10^{-3}$ এবং $16·46 \times 10^{-3}$ m পারদ।] [উ, 48·2%]

৩১। কোনো একটি আবদ্ধ স্থানের বায়ুর তাপমাত্রা 27°C ও শিশিরাঙ্ক 15°C। তাপমাত্রা কমে 17°C হলে, জলীয় বাষ্পের চাপ ও শিশিরাঙ্ক কত হবে? [সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ 15°C তাপমাত্রায় $12·8 \times 10^{-3}$ m পারদ।] [উ. 12·37 mmHg; 14·462°C]

৩২। কোনো একদিন সিক্ত ও শুষ্ক বালব আর্দ্রতামাপক যন্ত্রের শুষ্ক বালবের পাঠ 30° C এবং সিক্ত বালবের পাঠ 28° C। আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় কর। 30° C এ গ্লেইসারের উৎপাদক 1·65 এবং 26° C, 28° C এবং 30° C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ যথাক্রমে $25·25 \times 10^{-3}$ m, $28·45 \times 10^{-3}$ m এবং $31·85 \times 10^{-3}$ m পারদ চাপ। [উ. 82·79%]

৩৩। কোনো একদিনের শিশিরাঙ্ক 10° C এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতা 67·30%। ঐ দিনের বায়ুর সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ কত ? 10° C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ $13·64 \times 10^{-3}$ m। [উ. $2·02 \times 10^{-4}$]

৩৪। নির্দিষ্ট কোনো একদিনের শিশিরাঙ্ক 8·5° C এবং বায়ুর তাপমাত্রা 18° C। আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় কর। দেওয়া আছে 8° C, 9° C এবং 18° C তাপমাত্রায় সর্বোচ্চ বায়ুচাপ যথাক্রমে 0·084 m, 0·0861 m এবং 0·1546 m পারদ। [উ. 55%]

৩৫। কোনো একটি বন্ধ ঘরের তাপমাত্রা 17° C, শিশিরাঙ্ক 12° C। তাপমাত্রা কমে 14° C হলে, শিশিরাঙ্ক কত হবে ? (10° C ও 12°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ যথাক্রমে $9·2 \times 10^{-3}$ m ও $10·5 \times 10^{-3}$ m পারদ) [উ. 11·053° C]