Chapter-10

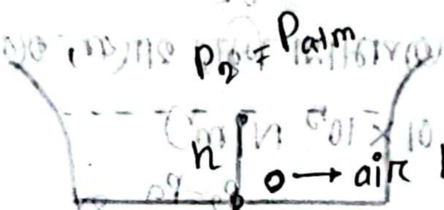
আদর্শ গ্যাস ও গতিতত্ত্ব
(Ideal gas & kinetics of gas)

Basic Introduction:

বয়েলের সূত্র: $P_1V_1 = P_2V_2$ [T = constant]

পুকুরের গভীরতা নির্ণয়:

[T = constant]



1 atm
= 1 bar
= $1.01 \times 10^5 \ N/m^2$ or Pa

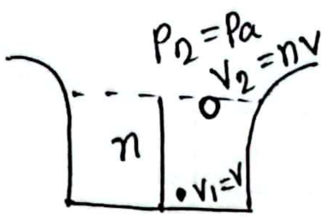
$P_1 = P_{atm} + h\rho g$

$P_1V_1 = P_2V_2$

$\Rightarrow (P_2 + h\rho g)V_1 = P_2V_2$

Math: (1) কোনো পুকুরের তলদেশ থেকে একটি বায়ুর বুদবুদ পুকুরের পৃষ্ঠে আসলে এর আয়তন n গুণ হয়। যদি পুকুরের সমগ্র অংশে তাপমাত্রা স্থির থাকে এবং পুকুরের পৃষ্ঠে বায়ুমণ্ডলীয় চাপ Pa হয় তবে দেখাও যে পুকুরের গভীরতা, $h = \frac{(n-1)P_a}{\rho g}$

P_a = 1 bar
= 1 atm
= $1.01325 \times 10^5 \ N/m^2$ or Pa



T = constant

$P_1 = P_a + h\rho g$

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

$$\Rightarrow (P_a + h\rho g)V = P_a nV$$

$$\Rightarrow P_a + h\rho g = P_a n$$

$$\Rightarrow h\rho g = P_a n - P_a$$

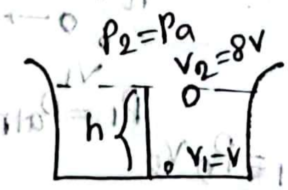
$$\Rightarrow h\rho g = P_a(n-1)$$

$$\therefore \boxed{h = \frac{P_a(n-1)}{\rho g}}$$

Math: ① একটি পুকুরের তলদেশ থেকে একটি বায়ুর বুদবুদ পুকুরের পৃষ্ঠে আসলে এর আয়তন 8 গুন হয়। যদি পুকুরের পৃষ্ঠের চাপ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ হয় এবং পুকুরের সর্বত্র তাপমাত্রা স্থির থাকে, তবে পুকুরের গভীরতা নির্ণয় কর। বায়ুমণ্ডলীয় চাপ ($1.01 \times 10^5\ N/m^2$)

$P_a = 1.01 \times 10^5\ N/m^2$

$\rho = 1000\ kgm^{-3}$



$$P_1 = P_2 + h\rho g$$

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

$$\Rightarrow (P_a + h\rho g)V = P_a \times 8V$$

$$\Rightarrow h\rho g = P_a(8-1)$$

$$\Rightarrow h = \frac{7 \times 1.01 \times 10^5}{1000 \times 9.8}$$

$$\therefore h = 72.14\ m$$

(iii) কোনো পুকুরের তলদেশ থেকে ১টি বায়ুর বুদবুদ পুকুরের পৃষ্ঠে আসলে এর ব্যাসার্ধ দ্বিগুন হয়। যদি পুকুরের পৃষ্ঠের চাপ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ এবং পুকুরের সর্বত্র তাপমাত্রা সমান হয়। তবে পুকুরের গভীরতা নির্ণয় কর।

ধরি, পুকুরের তলদেশে বায়ুর বুদবুদের ব্যাসার্ধ $= r$

$$V_1 = \frac{4}{3}\pi r^3$$

পুকুরের পৃষ্ঠে বায়ুর বুদবুদের ব্যাসার্ধ $= 2r$

$$V_2 = \frac{4}{3}\pi (2r)^3$$

$$V_2 = \boxed{\frac{4}{3}\pi 8 r^3}$$

$$\therefore V_2 = 8V_1$$

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

$$h = \frac{P_a \times (n-1)}{\rho g}$$

$$= \frac{1.01\times10^5 \times (8-1)}{1000\times 9.8}$$

$$= 72.1428\,m.$$

* যদি ব্যাস দ্বিগুন বলা হয় − $V_1 = \frac{4}{3}\pi r^3$ $[r = d/2]$

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

$$= \frac{1}{6}\pi d^3$$

$$\boxed{\therefore V = \frac{1}{6}\pi d^3}$$

আবার পুকুরের পৃষ্ঠের বায়ুর বুদবুদের ব্যাস $= 2d$

$$V_2 = \frac{1}{6}\pi (2d)^3$$

$$= 8\cdot\frac{1}{6}\pi d^3$$

$$\boxed{V_2 = 8V_1}$$

* কোনো পুকুরের তলদেশ থেকে কোনো বায়ুর বুদবুদ পুকুরের পৃষ্ঠে আসলে যদি এর ব্যাস / ব্যাসার্ধ n গুণ হয় তবে এর আয়তন n^3 গুণ হয়।

ধরি, পুকুরের তলদেশে বায়ুর বুদবুদের ব্যাসার্ধ r

$$V_1 = \frac{4}{3}\pi r^3$$

আবার, পুকুরের পৃষ্ঠে বায়ুর বুদবুদের ব্যাসার্ধ $= nr$

$$V_2 = \frac{4}{3}\pi (nr)^3$$

$$\Rightarrow V_2 = n^3 \underbrace{\boxed{\frac{4}{3}\pi r^3}}_{V_1}$$

$$\therefore V_2 = n^3 V_1$$

①Question: A ও B দুটি হ্রদের তলদেশ থেকে একটি বায়ুর বুদবুদ পানির উপরিতলে উঠলে এর আয়তন 4 গুণ হয়। A ও B হ্রদের পানির ঘনত্ব যথাক্রমে $1000\ kgm^{-3}$ ও $1100\ kgm^{-3}$. বায়ুমণ্ডলের চাপ 10^5 Pa।

(i) A হ্রদের তলদেশে চাপ কত?

(ii) A ও B হ্রদের মধ্যে কোনটির গভীরতা বেশি তা গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে নির্ণয় কর।

② একটি বায়ু বুদবুদ হ্রদের তলদেশ থেকে পানির উপরিপৃষ্ঠে আসলে এর আয়তন দ্বিগুণ হয়। বায়ুর চাপ 1.01×10^5 Pa।

(i) হ্রদের গভীরতা নির্ণয় কর।

(ii) যদি হ্রদের গভীরতা 55 m হয় তবে 2cm ব্যাসার্ধের বায়ু বুদবুদ হ্রদের তলদেশ হতে পৃষ্ঠে আসলে এর আয়তনের কীরূপ পরিবর্তন হবে?— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

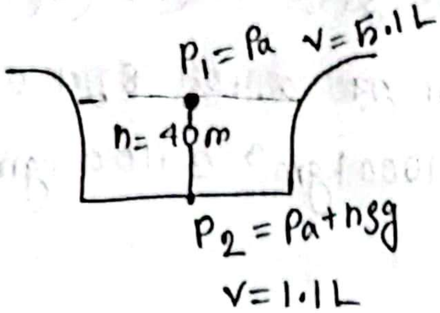
③ স্থিরতাপমাত্রায় 5.1 L বায়ুপূর্ণ একটি বেলুনকে 40 m পানির তলদেশে নেয়ায় বেলুনটি 1.1 L আয়তন ধারণ করে। বেলুনটির সর্বোচ্চ প্রসারণক্ষমতা 9.5 L এবং ঐ স্থানের অভিকর্ষজ ত্বরণ $9.8\ ms^{-2}$

(i) উদ্দীপক অনুসারে ঐ স্থানের বায়ুমণ্ডলীয় চাপ কত?

(ii) উল্লেখিত বেলুনটিতে বিশেষ ব্যবস্থায় তলদেশে থাকা অবস্থায় আরো 1L বায়ু প্রবেশ করিয়ে মুখ বন্ধ অবস্থায় ছেড়ে দেওয়া হলে অক্ষত অবস্থায় পানির উপরিতলে আসবে কী?

Answer :

③ ①



$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\Rightarrow Pa \times 5.1 = (Pa + hsg) \times 1.1$$

$$\Rightarrow \frac{5.1}{1.1} = \frac{Pa + hsg}{Pa}$$

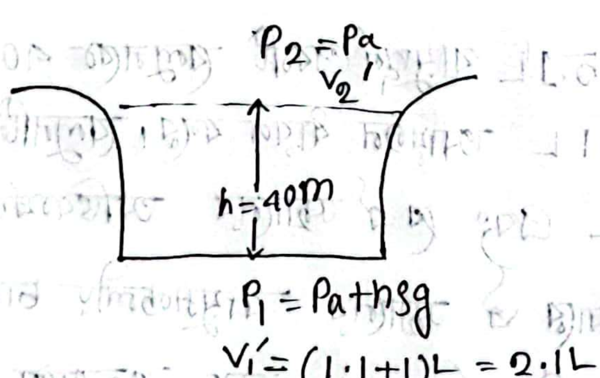
$$\Rightarrow 4.63 = 1 + \frac{hsg}{Pa}$$

$$\Rightarrow \frac{hsg}{Pa} = 3.63$$

$$\Rightarrow Pa = \frac{40 \times 1000 \times 9.8}{3.63}$$

$$= 1.07 \times 10^3 \, Pa$$

(ii)



$$P_1 V_1' = P_2 V_2'$$

$$\Rightarrow (P_a + h\rho g)\, V_1' = P_a V_2'$$

$$\Rightarrow \frac{P_a + h\rho g}{P_a} = \frac{V_2'}{V_1'}$$

$$\Rightarrow 1 + \frac{h\rho g}{P_a} = \frac{V_2'}{V_1'}$$

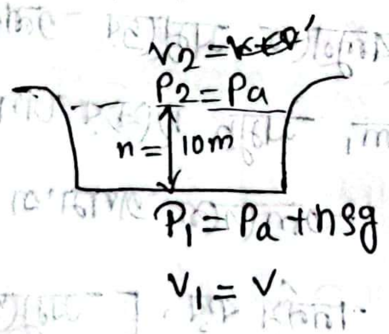
$$\Rightarrow 1 + 3.63 = \frac{V_2'}{V_1'}$$

$$\Rightarrow \frac{V_2'}{V_1'} = 4.63$$

$$\Rightarrow V_1' = (4.63 \times 2.1)\, L$$

$$\therefore V_1 = 9.72 L$$

④ কোনো পুকুরের তলদেশ হতে একটি বায়ুর বুদবুদ পুকুরের পৃষ্ঠে আসলে এর আয়তন বৃদ্ধি পায়। যদি পুকুরের সর্বত্র তাপমাত্রা সমান হয় এবং পুকুরের গভীরতা 10 m হয় তবে পুকুরের পৃষ্ঠে আসলে বায়ুর বুদবুদের ব্যাসার্ধ শতকরা কত বৃদ্ধি পাবে? [বায়ুমণ্ডলীয় চাপ $= 10^5 Pa$)



$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\Rightarrow (P_a + h\rho g) V = P_a (V + V')$$

$$\Rightarrow (10^5 + 10 \times 1000 \times 9.8) V = P_a V + P_a V'$$

$$\Rightarrow 198000 V =$$

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

$$\Rightarrow (P_a + h\rho g)\,V_1 = P_a V_2$$

$$\Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = 1 + \frac{h\rho g}{P_a}$$

$$\Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = 1.98$$

$$\Rightarrow \frac{r_2^3}{r_1^3} = 1.98$$

$$\Rightarrow \frac{r_2}{r_1} = \sqrt[3]{1.98} = 1.25$$

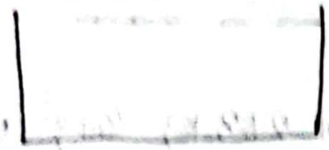
$$\Rightarrow \frac{r_2 - r_1}{r_1} = \frac{1.25 - 1}{1}$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta r}{r_1} = 0.255$$

$$\therefore \frac{\Delta r}{r_1} = 25.5\%$$

৬) N_2 গ্যাস ভর্তি একটি বেলুনকে সমুদ্রের তলদেশে নিয়ে যাওয়ায় আয়তন অর্ধেক হয়ে গেল। সমুদ্র পৃষ্ঠের চাপ 10^5 Pa এবং তাপমাত্রা ৩০°C, সমুদ্রের তলদেশে তাপমাত্রা 14°C তাপমাত্রা হলে সমুদ্রের গভীরতা নির্ণয় কর। [সমুদ্রের পানির ঘনত্ব $1025\ kgm^{-3}$]

$P_1 = P_a \quad V_1 = V \quad T_1 = 30^\circ C = 303K$



$P_2 = P_a + hsg$

$V_2 = \frac{V}{2} \quad T_2 = 287K$

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

$$\Rightarrow \frac{P_aV}{303} = \frac{(P_a + hsg)\frac{V}{2}}{287}$$

$$\Rightarrow \frac{P_a}{T_1} = \frac{P_a + hsg}{2T_2}$$

$$\Rightarrow \frac{P_a}{T_1} \times 2T_2 - P_a = hsg$$

$$h = 8.86\ m$$

Topic - 01

গ্যাসের সমন্বিত সূত্রঃ (Combined Law of Gases):

বয়েলের সূত্র, $V \propto \frac{1}{P}$ — (i) [T = constant]

চার্লসের সূত্র, $V \propto T$ — (ii) [P = constant]

from (i) and (ii),

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

$$\Rightarrow V = K\frac{T}{P}$$

$$\Rightarrow PV = KT$$

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

$$\therefore \frac{PV}{T} = \text{constant}$$

$\frac{PV}{T} = k$ [k = constant]

∴ স্বাভাবিক তাপমাত্রা (0°C বা 273 K) এবং চাপে (1atm or 1.01×10

1 mole গ্যাসের জন্য, $k = R$ ধরা হয়।

(মোলার গ্যাস ধ্রুবক)

For 1 mole gas,

$$\frac{PV}{T} = R$$ [স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপে]

$$\boxed{PV = RT}$$

→ 1 mole গ্যাসের আয়তন (V_{mole})

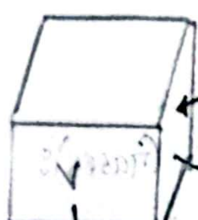
আমরা জানি,

স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপে 1 mole গ্যাসের আয়তন → 22.4L

→ ভর = M

আনবিক ভর

$$\boxed{\therefore PV_{mole} = RT}$$



কোনো গ্যাসের m ভর অবস্থিত

ঐ গ্যাসের আনবিক ভর M

V

Container এর আয়তন

∴ 1 mol এর আয়তন = M ভরের আয়তন

∴ m ভরের আয়তন V

1 " " $\frac{V}{m}$

M " " $\frac{VM}{m}$

∴ 1 mol এর আয়তন — $V_{mol} = \frac{MV}{m}$

for 1 mole, $PV_{mol} = RT$

$$\Rightarrow P\frac{MV}{m} = RT$$

$$\Rightarrow PV = \underbrace{\boxed{\frac{m}{M}}}_{n} RT$$

[$\frac{m}{M} = n$ (মোল সংখ্যা)] m → কোনো গ্যাসের ভর, M → আনবিক ভর

$$\therefore \boxed{PV = nRT}$$

Again, for 1 mol gas,

$$PV_{mol} = RT$$

↳ 1 mol এর আয়তন = 22.4L

↳ এই আয়তনে অণুর সংখ্যা ($N_A = 6.023 \times 10^{23}$ টি অণু)

N_A সংখ্যক অণুর আয়তন $= V_{mol} = 22.4L$

কোনো গ্যাসের অণুর সংখ্যা $= N$

ঐ গ্যাসের 1 mol এ অণুর সংখ্যা $= N_A$

N সংখ্যক অণুর আয়তন $= V$

$\therefore$ 1 " " " $= \frac{V}{N}$

N_A " " " $= \frac{N_A V}{N}$

$\therefore$ 1 mol গ্যাসের আয়তন $= N_A$ সংখ্যক অণুর আয়তন,

$$V_{mole} = \frac{N_A V}{N}$$

For 1 mol gas :

$$PV_{mol} = RT$$

$$\Rightarrow P\frac{N_A V}{N} = RT \qquad \left[\frac{N}{N_A} = n\right]$$

$$\Rightarrow PV = \frac{N}{N_A}RT$$

$$\boxed{PV = nRT}$$

$$PV = nRT$$

$$PV = \frac{m}{M}RT \qquad \therefore \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A} = n$$

$$PV = \frac{N}{N_A}RT$$

□ $PV = nRT$

→ এটিকে আদর্শ গ্যাসের সমীকরন বলা হয়।

→ বাস্তব গ্যাসসমূহ এই সমীকরন মেনে চলেনা।

→ শুধুমাত্র উচ্চতাপমাত্রা ও নিম্নচাপে বাস্তবগ্যাস আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরন করে।

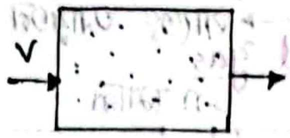
□ For Ideal Gas :

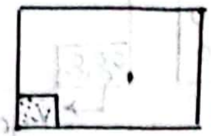
$$PV = nRT$$

P → P_{input}, V → $V_{effective}$

$V_{effective}$ → কার্যকরী আয়তন যেখানে গ্যাসের অনুসমূহ চলাচল করতে পারে।

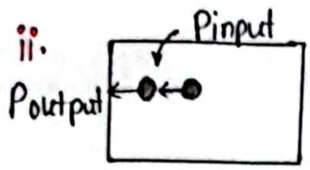
Ideal Gas: i. গ্যাসের অণুসমূহের আয়তন নগণ্য হয়।





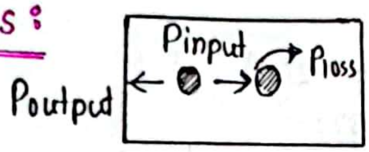
$V_{eff} = V - V_{gas}$ $\quad (V_{gas} \to 0)$

ii.



For ideal gas, $P_{input} = P_{output}$

Real Gas:



$P_{output} = P_{input} - P_{loss}$

$P_{input} = P_{output} + \underbrace{P_{loss}}_{\text{চাপ হ্রাস}}$

☐ বাস্তব গ্যাসের জন্য ভ্যানডারওয়ালস সমীকরণ:

(Vander Waals Equation)

$n \to$ মোল গ্যাসের জন্য

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

[a, b → V.W constant]

$\frac{n^2 a}{V^2} \to$ Pressure correction

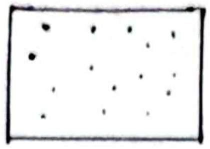
$nb \to$ Volume correction

$$\boxed{P_{input} \cdot V_{eff} = nRT}$$

ঘ) আয়তন ত্রুটিঃ $V_{eff} = V - V_{gas}$

V → পাত্রের আয়তন

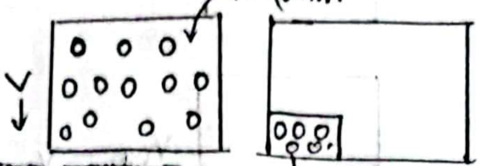
Ideal gas



$V_{gas} \to 0$

$\boxed{V_{eff} = V}$

Real gas



$\boxed{V_{eff} = V - V_{gas}}$

ধরি, 1 mol এর আয়তন $= b$

$\therefore$ n " " " $= nb$

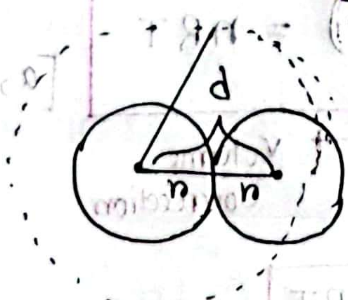
$\boxed{V_{gas} = nb}$

$\boxed{V_{eff} = \cancel{nb}\ V - nb}$

1 mol এর আয়তন → V.W constant for Volume

$\boxed{b = 4 N_A V_{molecules}}$

$V_{molecules}$ → $\frac{4}{3}\pi r^3$ → 1টি অনুর ব্যাসার্ধ



$d = 2r$

1টি অনুর জন্য কার্যকরী আয়তন $V_{molecules} = \frac{4}{3}\pi r^3$

$= \frac{2}{3}\pi d^3$

∴ 1 mole অণুর কার্যকরী আয়তন, $b = N_A \times \frac{2}{3}\pi d^3$

$= N_A \times \frac{2}{3}\pi(2r)^3$

$= 4N_A \frac{2}{3}\pi 2r^3$

$= 4N_A \frac{4}{3}\pi r^3$

$= 4N_A \cdot V_{molecules}$

"b" তাৎপর্য: $V_{gas} = nb$

$b = \frac{V_{gas}}{n} = \frac{L}{mole}$ $\boxed{b = L\ mole^{-1}}$

$b = 4N_A V_{molecule}$

↳ constant

$\boxed{b \propto \text{size of molecule}}$

$\boxed{b\uparrow \quad V_{eff}\downarrow}$

$F_2 < Cl_2$

$He < Ne < Ar < Kr < Xe$

Pressure Correction (চাপ ত্রুটি)

Real Gas: $P_{input} = P + P_{loss}$

Vander Waals এর তত্ত্বানুসারে কোনো বাস্তব গ্যাসের চাপ হ্রাসের মান মোলার-ঘনত্বের বর্গের সমানুপাতিক,

$V \text{ ---- } n$

মোলার ঘনত্ব, $d_m = \frac{n}{V}$ $1 \text{ ---- } \frac{n}{V}$

$P_{loss} \propto \left(\frac{n}{V}\right)^2$

$\Rightarrow P_{loss} = a\frac{n^2}{V^2}$ [a = V.W constant for pressure]

$$P_{input} = P + P_{loss}$$
$$= P + \frac{n^2 a}{V^2}$$

"a" তাৎপর্য:

একক:

$$P_{loss} = \frac{n^2 a}{V^2}$$

$$a = \frac{P_{loss} V^2}{n^2} = \frac{atm.\ mL^2}{mol^2}$$

$$\boxed{a = atm\ mL^{-2}\ mol^{-2}}$$

a ∝ অণুসমূহের আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল

For real gas:

$$\boxed{\left(P + \frac{n^2 a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT}$$ [For "n" mol gas]

For 1 mole gas:

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

Special observation: $P\downarrow \ V\uparrow$

নিম্নচাপ

For 1 mole – $V_{eff} = V - b$ $(b\downarrow)$, $b \to 0$

$\boxed{V_{eff} \approx V}$ $\boxed{P\downarrow V\uparrow \ b\downarrow}$

For Real Gas: $(n=1)$

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

$$\Rightarrow \left(P + \frac{a}{V^2}\right) V = RT$$

$$\Rightarrow PV + \frac{a}{V} = RT$$

$$\Rightarrow \frac{PV}{RT} + \frac{a}{VRT} = 1$$

$$\Rightarrow \frac{PV}{RT} = 1 - \frac{a}{VRT}$$

[For ideal gas, n=1 হলে $PV = RT$, $\frac{PV}{RT} = 1$]

$$T \to \infty \qquad \frac{a}{VRT} \to 0$$

$$\boxed{\frac{PV}{RT} = 1}$$

* উচ্চ তাপমাত্রা ও নিম্ন চাপে বাস্তব গ্যাস আদর্শ গ্যাসের মতো আচরন করে।

গ্যাসের সংকোচনশীলতা গুনাংক (Compressibility factor of gas): (Z)

কোনো গ্যাসের জন্য PV ও nRT এর অনুপাতকে ঐ গ্যাসের সংকোচনশীলতা গুনাংক বলা হয়।

$$\boxed{Z = \frac{PV}{nRT}}$$

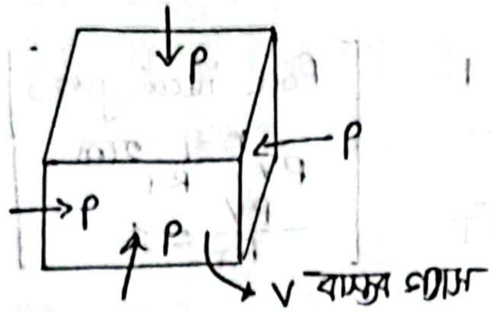
i) $Z<1$ হলে সংকোচনশীল বাস্তব গ্যাস

ii) $Z=1$ হলে আদর্শ গ্যাস

iii) $Z>1$ হলে প্রসারনশীল বাস্তব গ্যাস

* কোনো বাস্তব গ্যাস আদর্শ গ্যাস হতে যতটুকু বিচ্যুতি ধর্ম প্রদর্শন করে তার মাত্রা হচ্ছে $= |Z-1|$

Actually $= \boxed{|Z-1| \times 100\%}$ = বিচ্যুতির মাত্রা (আদর্শ গ্যাস হতে.



$$Z = \frac{P \times V_{\text{বাস্তব গ্যাস}}}{nRT}$$

$$P \times V_{\text{আদর্শ গ্যাস}} = nRT$$

$$\therefore V_{\text{আদর্শ গ্যাস}} = \frac{nRT}{P}$$

$$Z = \frac{V_{\text{বাস্তব গ্যাস}}}{\frac{nRT}{P}}$$

$$\boxed{\therefore Z = \frac{V_{\text{বাস্তব গ্যাস}}}{V_{\text{আদর্শ গ্যাস}}}}$$

27°C তাপমাত্রায় ও 100kPa চাপে কোনো গ্যাসের আয়তন 24.8 dm³ হলে গ্যাসটির আদর্শ গ্যাস হতে বিচ্যুতির মাত্রা নির্ণয় কর।

$$Z = \frac{PV}{nRT}$$

$$= \frac{10^5 \times 24.8 \times 10^{-3}}{1 \times 8.314 \times 300}$$

$$\therefore Z = 0.98$$

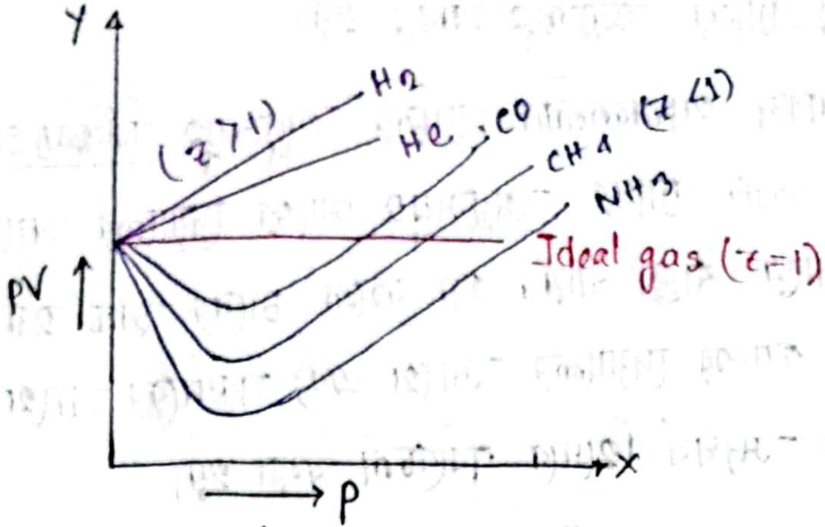
$P = 100 kPa$
$= 10^5 Pa$
$V = 24.8\ dm^3$
$= 24.8 \times 10^{-3}\ m^3$

$$\therefore \text{বিচ্যুতির মাত্রা} = |Z-1| \times 100\%$$

$$= 0.02 \times 100\%$$

$$= 2\%$$

☐ গ্রাফ (Graph): $z = \frac{PV}{nRT}$



i) z=1 এর ক্ষেত্রে আদর্শ গ্যাস

ii) z<1 এর ক্ষেত্রে আকৃতিগতভাবে বড় গ্যাসগুলোতে চাপ প্রয়োগ করা হলে প্রথমে তারা সংকুচিত হয়। পরে আবার চাপ বৃদ্ধি করা হলে গ্যাস প্রসারিত হতে থাকবে।

iii) z>1 এর ক্ষেত্রে, আকৃতিগতভাবে ছোট গ্যাসের উপর চাপ প্রয়োগ করা হলে গ্যাস প্রসারিত হতে থাকে।

☐ গ্যাসের গতিতত্ত্ব: (Kinetic of gas):

☐ গ্যাসের গতিতত্ত্বের মৌলিক স্বীকার্য:
(Fundamental Postulates of gas)

i) প্রতিটি গ্যাস অসংখ্য ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কনার সমন্বয়ে গঠিত। গ্যাসের গতিতত্ত্বে এদের অণু বলা হয়। প্রতিটি অণু নিউটনের গতিসূত্র মেনে চলে।

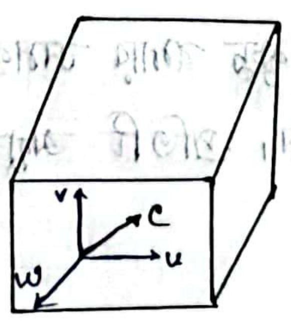
ii) একটি নির্দিষ্ট গ্যাসের অনুসমূহ একই রকম হয় (Identical). কিন্তু বিভিন্ন গ্যাসের অনুসমূহ বিভিন্ন হয়।

iii) পাত্রে আবদ্ধ থাকাকালীন গ্যাসের অনুসমূহ বিক্ষিপ্তভাবে ছোটাছোটি করে। এই সময় গ্যাসের অনুসমূহ পাত্রের দেয়ালের সাথে এবং পরস্পরের সাথে ধাক্কা খায়। এর ফলে চাপের সৃষ্টি হয়। গ্যাসের অনুসমূহের পাত্রের দেয়ালের সাথে এবং পরস্পরের সাথে ধাক্কাকে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ হিসেবে বিবেচনা করা হয়।

iv) গ্যাসের অনুসমূহকে বিন্দুবৎ (point mass) ও স্থিতিস্থাপক গোলক হিসেবে বিবেচনা করা হয়। এই অনুসমূহের মোট আয়তন পাত্রের আয়তনের তুলনায় অত্যন্ত নগন্য হয়।

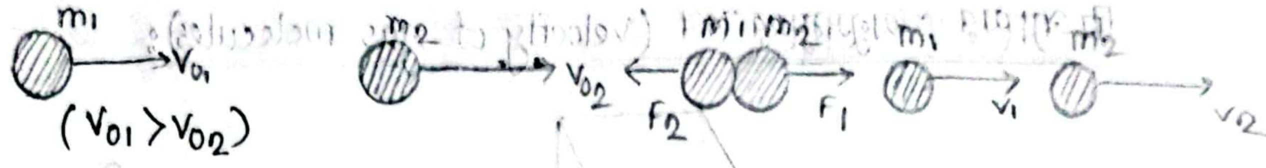
v) অনুসমূহের পরস্পরের সাথে ধাক্কা ও দেয়ালের সাথে ধাক্কা ব্যতীত এদের মধ্যে আর কোনো আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল কাজ করেনা।

vi) দুটি অনুসমূহ পরস্পরের সাথে ধাক্কা খায় এক্ষেত্রে পরপর দুটি ধাক্কার মধ্যবর্তী সময়ের নিউটনের গতির ১ম সূত্র অনুযায়ী সমবেগে সরলরেখায় চলে। পরপর দুটি ধাক্কার মধ্যবর্তী দূরত্বকে মুক্ত পথ (free path) বলা হয়।



$$\vec{c} = u\hat{i} + v\hat{j} + w\hat{k}$$

$$c = \sqrt{u^2+v^2+w^2}$$



$(v_{01} > v_{02})$

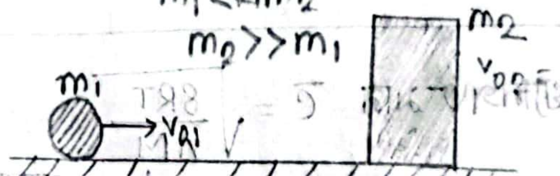
$$v_1 = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right) v_{01} + \left(\frac{2m_2}{m_1 + m_2}\right) v_{02}$$

$$v_2 = \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}\right) v_{02} + \left(\frac{2m_1}{m_1 + m_2}\right) v_{01}$$

১ম বস্তু - অত্যন্ত হালকা ও গতিশীল কিন্তু ২য় বস্তু অত্যন্ত ভারী ও স্থির।

$m_1 << m_2$

$m_2 >> m_1$



$m_2 >> m_1$

$m_1 + m_2 \approx m_2$

$m_1 - m_2 \approx -m_2$

$m_2 - m_1 \approx m_2$

$$v_1 = \left(\frac{-m_2}{m_2}\right) v_{01} + \left(\frac{2m_2}{m_2}\right) \cancel{v_{02}}^{\,0}$$

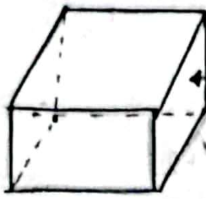
$$v_1 = -v_{01} + 0$$

$$\boxed{v_1 = -v_{01}}$$

$$v_2 = \left(\frac{m_2}{m_2}\right) \cancel{v_{02}}^{\,0} + \cancel{\left(\frac{2m_1}{m_2}\right)}^{\,0} v_{01}$$

$$\boxed{v_2 = 0}$$

গ্যাসের অনুসমূহের বেগ (Velocity of gas molecules):



গ্যাসের অনুসমূহ বিক্ষিপ্তভাবে ছোটাছুটি করে।

গ্যাসের অনুসমূহের বেগের বীজগানিতিক গড়কে গড়বেগ বলা হয়।

$$\boxed{\bar{c} = \frac{c_1+c_2+c_3+\dots+c_N}{N}}$$

গড়বেগের পরিসংখ্যানগত মান $\bar{c} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}$ → গ্যাসের আনবিক ভর

M → গ্যাসের আনবিক ভর
→ 1 mol এর ভর
→ 1 mol এ অনুর সংখ্যা, $N_A = 6.023\times10^{23}$

$$\boxed{\frac{M}{N_A} = m}$$ → একটি অনুর ভর

$$\boxed{M = mN_A}$$

গড়বেগ, $\bar{c} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}$

$$\Rightarrow \bar{c} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi m N_A}}$$

$$\Rightarrow \bar{c} = \sqrt{\frac{8\left(\frac{R}{N_A}\right)T}{\pi m}}$$

এখানে, $\frac{R}{N_A} = K$
→ Boltzman constant
→ অনুপ্রতি মোলার গ্যাস ধ্রুবক

$$\therefore \boxed{\bar{c} = \sqrt{\frac{8KT}{\pi m}}}$$ → একটি অনুর ভর

$$K = \frac{R}{N_A} = \frac{8.314\ J\,\cancel{mol^{-1}}\,K^{-1}}{6.023\times10^{23}\ \cancel{mol^{-1}}} = 1.38\times10^{-23}\ JK^{-1}$$

$$\bar{C} = \sqrt{\frac{8KT}{\pi m}}$$

$5\ ms^{-1}$, $6\ ms^{-1}$, $-8\ ms^{-1}$, $-3\ ms^{-1}$

$$\bar{C} = \frac{5+6-8-3}{4} = 0$$

$$\boxed{\bar{C} = 0}$$

গড় বর্গ বেগ (Mean square velocity): $\overline{C^2}$

গ্যাসের অনুসমূহের বেগের বর্গের বীজগানিতিক গড়কে গড়বর্গবেগ বলে।

$$\boxed{\overline{C^2} = \frac{C_1^2 + C_2^2 + \cdots + C_N^2}{N}}$$

$5\ ms^{-1}$, $6\ ms^{-1}$, $-8\ ms^{-1}$, $-3\ ms^{-1}$

$$\overline{C^2} = \frac{25+36+64+9}{4}$$

$$\overline{C^2} = 33.5\ m^2s^{-2}$$

বর্গমূল গড় বর্গবেগ: (Root mean square velocity): C_{rms}

$$C_{rms} = \sqrt{\overline{C^2}}$$

$$\boxed{C_{rms} = \sqrt{\frac{C_1^2 + C_2^2 + \cdots + C_N^2}{N}}}$$

$$C_{rms} = \sqrt{33.5}$$
$$= 5.79\ ms^{-1}$$

$$\boxed{C_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}}$$ → গ্যাসের আনবিক ভর

$$\boxed{C_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{mN_A}}}$$

$$C_{rms} = \sqrt{\frac{3\frac{R}{N_A}T}{m}} \quad \therefore \boxed{C_{rms} = \sqrt{\frac{3KT}{m}}}$$ → গ্যাসের একটি অণুর ভর

সর্বাধিক সম্ভাব্য বেগ (Most probable velocity): [C_{mp} or α]

কোনো গ্যাসের অধিকাংশ অণুসমূহ সর্বাধিক যে বেগে গতিশীল থাকে তাকে ঐ গ্যাসের সর্বাধিক সম্ভাব্য বেগ বলা হয়।

Maxwell & Boltzman এর পরিসংখ্যান অনুযায়ী,

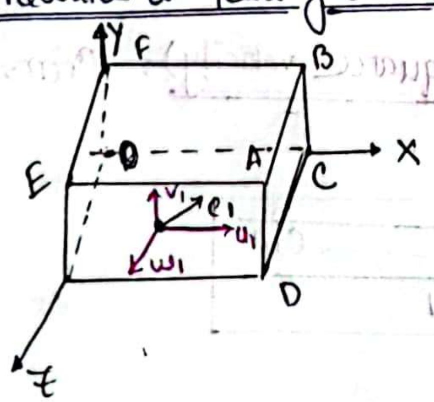
$$\boxed{C_{mp} = \sqrt{\frac{2RT}{M}}}$$ → গ্যাসের আনবিক ভর

$$\boxed{C_{mp} = \sqrt{\frac{2RT}{mN_A}}}$$

$$\boxed{C_{mp} = \sqrt{\frac{2KT}{m}}}$$ → গ্যাসের একটি অণুর ভর

গ্যাসের গতিতত্ত্বের সাহায্যে আদর্শ চাপের রাশিমালা:

(Pressure of ideal gas using kinetic theory of gas:)



ঘনকের একবাহুর দৈর্ঘ্য $= l$

আয়তন $V = l^3$

পৃষ্ঠ তলের ক্ষেত্রফল $= 6l^2$

কোনো আদর্শ গ্যাসে N সংখ্যক অণু বিদ্যমান.

N সংখ্যক অণু = n মোল

$$\boxed{n = \frac{N}{N_A}}$$

$$\boxed{N = nN_A}$$

একটি অণুর ভর m

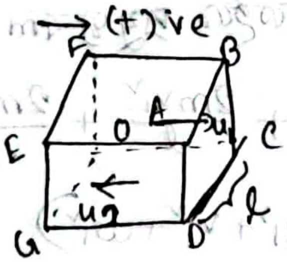
ঐ একটি অণুর বেগ = $\vec{c_1}$

$$\vec{c_1} = u_1\hat{i} + v_1\hat{j} + w_1\hat{k}$$

$$|\vec{c_1}| = \sqrt{u_1^2 + v_1^2 + w_1^2}$$

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

<u>X অক্ষ বরাবর</u>



ABCD তলে ভরবেগের পরিবর্তন $= -mu_1 - mu_1$

$$= -2mu_1$$

Similarly, EFGO তলে ভরবেগের পরিবর্তন $= -2mu_1$

x অক্ষ বরাবর পরপর দুটি ধাক্কার ফলে ভরবেগের পরিবর্তন,

$$P_x = -2mu_1 + (-2mu_1)$$

$$\Rightarrow P_x = -4mu_1$$

আবার, x অক্ষ বরাবর পর দুটি ধাক্কার সময়,

$$t = \frac{2l}{u_1}$$

X অক্ষ বরাবর ভরবেগের পরিবর্তনের হার $= \frac{-4mu_1}{t}$

$$= -\frac{4mu_1}{\frac{2l}{u_1}}$$

$$= \boxed{-\frac{2mu_1^2}{l}}$$

অণু কর্তৃক দেয়ালের উপর প্রযুক্ত বল

x অক্ষ বরাবর দেয়াল কর্তৃক অণুর উপর প্রযুক্ত বল $= \frac{2mu_1^2}{l}$

y অক্ষ বরাবর দেয়াল কর্তৃক অণুর উপর প্রযুক্ত বল $= \frac{2mv_1^2}{l}$

z অক্ষ বরাবর দেয়াল কর্তৃক অণুর উপর প্রযুক্ত বল $= \frac{2mw_1^2}{l}$

∴ একটি অণুর উপর দেয়াল কর্তৃক প্রযুক্ত বল,

$$F_1 = \frac{2mu_1^2}{l} + \frac{2mv_1^2}{l} + \frac{2mw_1^2}{l}$$

$$\Rightarrow F_1 = \frac{2m}{l}(u_1^2 + v_1^2 + w_1^2)$$

$$\boxed{F_1 = \frac{2mc_1^2}{l}}$$

∴ N সংখ্যক অনুর উপর দেয়াল কর্তৃক প্রযুক্ত মোট প্রযুক্ত বল

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + \ldots\ldots F_N$$

$$\Rightarrow F = \frac{2m}{l}c_1^2 + \frac{2m}{l}c_2^2 + \frac{2m}{l}c_3^2 + \ldots\ldots \frac{2m}{l}c_N^2$$

$$\Rightarrow F = \frac{2m}{l}\left(c_1^2 + c_2^2 + c_3^2 + \ldots\ldots c_N^2\right)$$

$$\Rightarrow F = \frac{2mN}{l}\left[\frac{c_1^2 + c_2^2 + \ldots\ldots c_N^2}{N}\right]$$

$$\boxed{F = \frac{2mN}{l} c^2_{r.m.s}}$$

$$\left[P = \frac{F}{A} \quad \therefore F = PA\right]$$

$$\Rightarrow PA = \frac{2mN}{l} c^2_{r.m.s}$$

$$\Rightarrow P6l^2 = \frac{2mN}{l} c^2_{r.m.s}$$

$$\Rightarrow Pl^3 = \frac{2}{6} mN c^2_{r.m.s.}$$

$$\Rightarrow \boxed{PV = \frac{1}{3} m N c^2_{rms}}$$

N → অনুর সংখ্যা

m → একটি অনুর ভর

$$\Rightarrow PV = \frac{1}{3} m (nN_A) c^2_{rms}$$

$$\Rightarrow PV = \frac{1}{3}(mN_A) n c^2_{rms}$$

$$\boxed{PV = \frac{1}{3} Mn c^2_{rms}}$$

$$\Rightarrow nRT = \frac{1}{3} Mn c^2_{rms}$$

$$\Rightarrow c_{rms}^2 = \frac{3RT}{M}$$

$$\boxed{\therefore c_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}}$$

আবার, $PV = \frac{1}{3} mN c_{rms}^2$

$$\Rightarrow PV = \frac{1}{3} m(nN_A) c_{rms}^2$$

$$\Rightarrow nRT = \frac{1}{3} m.(nN_A) c_{rms}^2$$

$$\Rightarrow c_{rms}^2 = \frac{3RT}{mN_A}$$

$$\Rightarrow c_{rms}^2 = \frac{3\left(\frac{R}{N_A}\right)T}{m}$$

$$\boxed{c_{rms} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}}$$

আবার, $PV = \frac{1}{3} mN c_{rms}^2$

1টি অণুর ভর m

N " " mN → total

$$\Rightarrow PV = \frac{1}{3} M_{Total} c_{rms}^2$$

$$\Rightarrow c_{rms}^2 = \frac{3PV}{M_{Total}}$$

গ্যাসের ঘনত্ব, $\rho = \frac{M_{total}}{V}$

$$\Rightarrow \frac{V}{M_{total}} = \frac{1}{\rho}$$

$$\therefore c_{rms}^2 = \frac{3P}{\rho}$$

$$\boxed{c_{rms} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}}}$$

আবার, $PV = \frac{1}{3} m c_{rms}^2$

$\Rightarrow PV = \frac{2}{3} N \left(\frac{1}{2} m c_{rms}^2\right)$

→ একটি অণুর গড় গতিশক্তি $= \overline{E_k}$

→ N সংখ্যক অণুর মোট গতিশক্তি $= E_k$

এখানে, মোট গতিশক্তি $= N\overline{E_k}$

$$\boxed{E_k = N\overline{E_k}}$$

$$\Rightarrow PV = \frac{2}{3} E_k$$

$$\Rightarrow \boxed{E_k = \frac{3}{2} PV}$$

$E_k = \frac{3}{2} nRT$ [n, R, → constant]

$E_k \propto T$

∴ কোনো আদর্শ গ্যাসের মোট গতিশক্তি এর পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক:

$$\frac{E_{k1}}{T_1} = \frac{E_{k2}}{T_2}$$

$$\boxed{\frac{E_{k1}}{E_{k2}} = \frac{T_1}{T_2}}$$

আবার, $E_k = \frac{3}{2} nRT$

$\boxed{n = 1 \text{ mole}}$

$\boxed{E_k = \frac{3}{2} RT}$ → একমোলের মোট গতিশক্তি,

1 mole = M গ্রাম
└→ আণবিক-ভর

M "gm" এর গতিশক্তি E_K

1 " " " $\frac{E_K}{M}$

$\therefore$ 1 gm অণুর গতিশক্তি $E_K' = \frac{E_K}{M} = \frac{\frac{3}{2}RT}{M}$

$$E_K' = \frac{3}{2}\frac{R}{m}T$$

$$\Rightarrow E_K' = \frac{3}{2}\frac{R}{mN_A}T$$

$$\Rightarrow E_K' = \frac{3}{2}\frac{\frac{R}{N_A}}{m}T$$

$$\boxed{E_K' = \frac{3}{2}\frac{K}{m}T}$$

আবার, N সংখ্যক অণুর মোট গতিশক্তি E_K

$\therefore$ একটি অণুর গড় গতিশক্তি

$$\bar{E}_K = \frac{E_K}{N}$$

$$\bar{E}_K = \frac{\frac{3}{2}nRT}{nN_A}$$

$$\boxed{\bar{E}_K = \frac{3}{2}KT}$$

গ্যাসের মোট শক্তিঃ মোট শক্তি, $E = E_k + \cancel{E_p} \rightarrow 0$

$E = E_k$ = মোট গতিশক্তি

$$\boxed{E = E_k = \frac{3}{2}PV = \frac{3}{2}nRT = \frac{3}{2}NKT}$$

H.W- Recent class এর formula দিয়ে example এর সব math.

গ্যাসের গতিতত্ত্ব ব্যবহার করে গ্যাসের সূত্রাবলিঃ

* বয়েলের সূত্রঃ

$$\boxed{PV = \frac{1}{3} Mn C_{rms}^2}$$

→ $C_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$ T = const   ∴ C_{rms} = const.

→ মোলসংখ্যা = const.

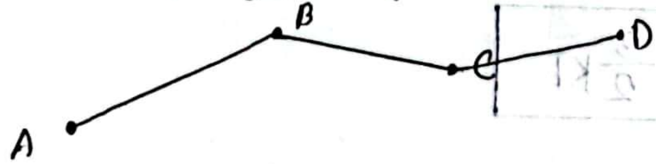
→ আনবিক ভর (m = const) [নির্দিষ্ট গ্যাসের

$$\boxed{PV = \text{const.}}$$

$$\boxed{P_1V_1 = P_2V_2}$$

গড় মুক্ত পথ (mean free path): (λ)

মুক্তপথ (Free path): কোনো গ্যাসের অণুর জন্য পরপর দুটি সংঘর্ষের মধ্যবর্তী দূরত্বকে মুক্তপথ বলে।



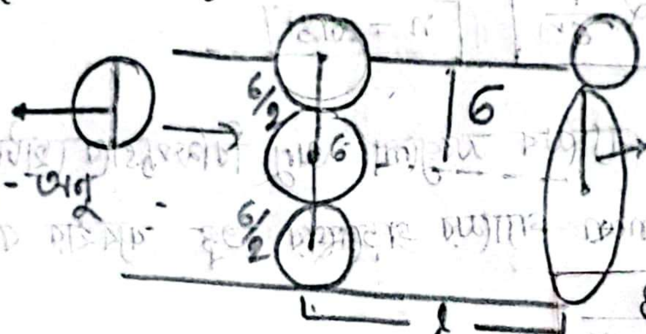
গড় মুক্ত পথ (Mean free path) : (λ)

$$\lambda = \frac{AB+BC+CD}{3}$$

কোনো গ্যাসের অনুর মোট অতিক্রান্ত দূরত্বকে মোট ধাক্কার সংখ্যা দিয়ে ভাগ করলে গড় মুক্ত পথ পাওয়া যায়। অর্থাৎ, কোনো গ্যাসের একটি অনুর জন্য অতিক্রান্ত মুক্ত পথের গড়ই হচ্ছে গড় মুক্ত পথ।

Clausius hypothesis:

একটি গ্যাসের অনুর ব্যাস σ



মনে করি, শুধুমাত্র A অনুটি গতিশীল এবং অন্যান্য অনুগুলো স্থির। A অনুর সাথে অন্য অনুগুলোর ধাক্কা খাওয়ার শর্ত:— (A অনুর কেন্দ্র থেকে অন্য অনুর কেন্দ্রের মধ্যবর্তী দূরত্ব $\leq \sigma$)

সুতরাং চিত্রের নলাকার অংশটিকে সিলিন্ডার বিবেচনা করে এর আয়তন, $\boxed{V = \pi\sigma^2 l}$

ধরি, একক আয়তনে অনুর সংখ্যা $= n$

$\therefore$ মোট অনুর সংখ্যা $N = n\pi\sigma^2 l$

$\therefore$ মোট ধাক্কার সংখ্যা $=$ মোট অনুর সংখ্যা $= n\pi\sigma^2 l$

∴ গড় মুক্ত পথ = $\dfrac{\text{মোট অতিক্রান্ত দূরত্ব}}{\text{মোট ধাক্কার সংখ্যা}}$

$$\lambda = \frac{l}{n\pi\sigma^2 l}$$

$$\boxed{\lambda = \frac{1}{n\pi\sigma^2}}$$ → একটি অণু গতিশীল বিবেচনা করে।

∴ গড়মুক্ত পথ, $\lambda = \dfrac{1}{n\pi\sigma^2}$

$$\boxed{\lambda \propto \frac{1}{n}} \quad [\sigma = const]$$

$$\boxed{\lambda \propto \frac{1}{\sigma^2}} \quad [n = const]$$

এখানে প্রকৃত পক্ষে গ্যাসের সবগুলো অণু বিক্ষিপ্তভাবে ছোটাছোটি করে। তাই Boltzman গ্যাসের গড়বেগের তত্ত্ব ব্যবহার করে দেখান যে গড়মুক্ত পথ, $\boxed{\lambda = \dfrac{3}{4n\pi\sigma^2}}$

***

মনে করি, একটি অণুর ভর $= m$

একক আয়তনে অণুর সংখ্যা $= n$

∴ একক আয়তনে ভর $= mn = \rho$ (ঘনত্ব)

$$\boxed{n = \frac{\rho}{m}}$$

$$\therefore \lambda = \frac{1}{4\frac{\rho}{m}\pi\sigma^2}$$

$$\Rightarrow \boxed{\lambda = \frac{m}{4\rho\pi\sigma^2}}$$ → একটি অণুর ভর

$(m, \sigma \longrightarrow const)$

$$\therefore \boxed{\lambda \propto \frac{1}{\rho}}$$

সুতরাং গড় মুক্ত পথ, গ্যাসের ঘনত্বের ব্যস্তানুপাতিক।

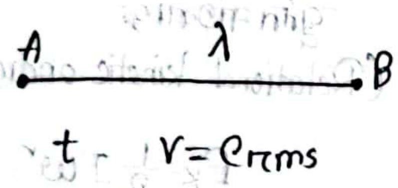
পরবর্তীতে Maxwell বন্টননীতির মাধ্যমে গড় মুক্তপথের আরো একটি সংশোধিনী রূপ প্রকাশ করেন, যেটি সবচেয়ে বেশি গ্রহণযোগ্য।

$$\therefore \boxed{\lambda = \frac{1}{\sqrt{2} n \pi \sigma^2}}$$

আবার, $\lambda = \dfrac{1}{\sqrt{2} \frac{\rho}{m} \pi \sigma^2}$

$$\boxed{\lambda = \frac{m}{\sqrt{2} \rho \pi \sigma^2}}$$

***



$A \longrightarrow B$ ধাক্কার সংখ্যা = 1

$A \longrightarrow B$ সময়কাল = t

$\therefore$ t সময়ে ধাক্কার সংখ্যা 1

1 " " " $\frac{1}{t}$

Number of collisions per unit time = $\frac{1}{t}$

(প্রতি একক সময়ে ধাক্কার সংখ্যা)

এখানে, $t = \frac{\lambda}{C_{rms}}$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{1}{t} = \left(\frac{C_{rms}}{\lambda}\right)}$$

Number of collision per unit time $= \frac{C_{rms}}{\lambda}$

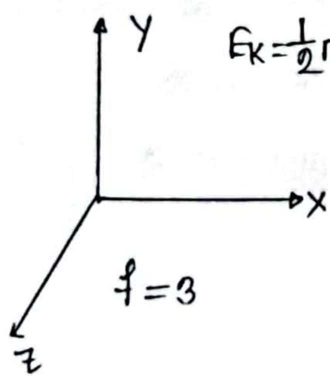
❖ স্বাধীনতার মাত্রা ও শক্তির সমবিভাজন নীতি:
(Degrees of freedom & Equipartition of Energy)

❖ স্বাধীনতার মাত্রা: কোনো বস্তু বা সিস্টেমের যেকোনো সময়ের গতিশক্তির অবস্থা নির্ণয়ের জন্য যেকয়টি নিরপেক্ষ স্থানাঙ্কের প্রয়োজন হয়, তবে সংখ্যাকে ঐ বস্তু বা সিস্টেমের স্বাধীনতার মাত্রা বলে।

গতিশক্তি

- রৈখিক গতিশক্তি (Linear kinetic energy)

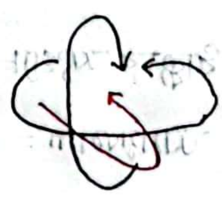
$E_K = \frac{1}{2}mv^2$



$f = 3$

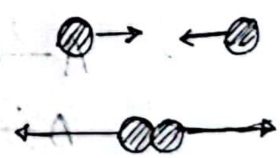
- ঘূর্ণন গতিশক্তি (Rotational kinetic energy)

$E_K = \frac{1}{2}I\omega^2$



$f = 3$

- কম্পনজনিত গতিশক্তি (Energy due to vibration)

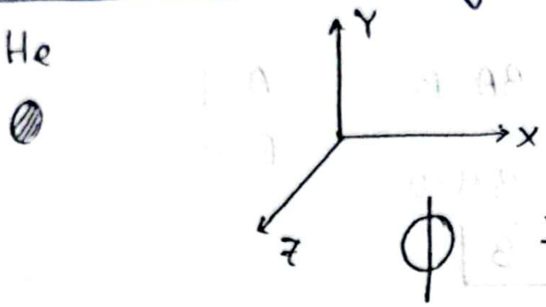


$f = 2$

(At high temparature

এক পারমাণবিক গ্যাস (Monoatomic gas):

He



$I = \frac{2}{5} m r^2$

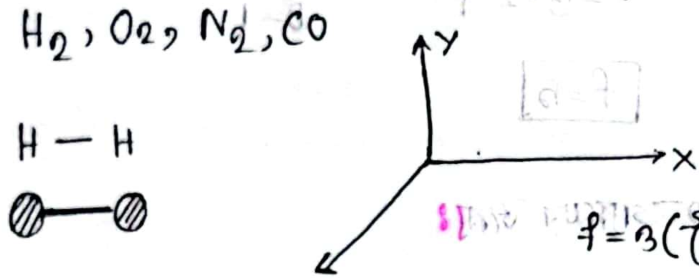
$(m \rightarrow 0)$

$I \rightarrow 0$

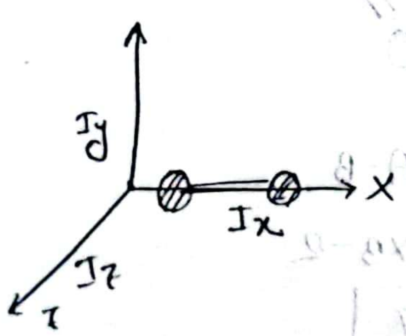
দ্বি পারমাণবিক গ্যাস:

H_2, O_2, N_2, CO

H — H



$f = 3$ (রৈখিক)



$I_x \rightarrow 0$

$f = 2$

কোনো গ্যাসের জন্য স্বাধীনতার মাত্রার সাধারণ সমীকরণ, $f = 3A - B$

A → গ্যাসের পরমাণুর সংখ্যা

B → পরমাণু সমূহের মধ্যে সম্পর্ক সংখ্যা

* এক পারমানবিক গ্যাসের জন্য:

He

$f = 3A - B$

$A = 1$

$B = 0$

$f = 3 \times 1 - 0$

$\boxed{f = 3}$

* দ্বি পারমানবিক গ্যাসের জন্য: (O_2, H_2, N_2, CO)

$N \equiv N$

$f = 3A - B$

$= 3 \times 2 - 1$

$A = 2$

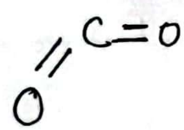
$B = 1$

$\boxed{f = 5}$

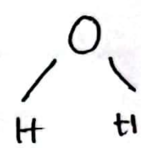
* ত্রি-পারমানবিক গ্যাসের জন্য:

Opened

CO_2



H_2O

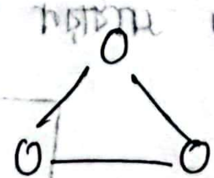


$f = 3A - B$

$= 3 \times 3 - 2$

$\boxed{f = 7}$

Closed



$f = 3A - B$

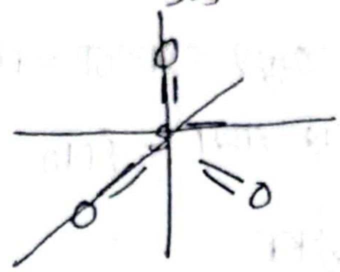
$= 3 \times 3 - 3$

$A = 3$

$B = 3$

$\boxed{f = 6}$

SO_3



$(L.K.F) \longrightarrow 3$

$(R.K.F) \longrightarrow 3$

$\overline{\quad\quad 6}$

শক্তির সমবিভাজন নীতিঃ

* কোনো গ্যাসের অণুর গড় গতিশক্তি প্রতিটি স্বাধীনতার মাত্রায় সমভাবে বন্টিত হয় এবং প্রতিটি স্বাধীনতার মাত্রার সাথে সংশ্লিষ্ট গড় গতিশক্তি $\frac{1}{2}KT$।

এখানে, এক পারমানবিক গ্যাসের জন্য $f = 3$

একটি অণুর গড় গতিশক্তি $\overline{E_K} = \frac{3}{2}KT$

$\therefore$ ৩টি স্বাধীনতার মাত্রায় গড় গতিশক্তি $\frac{3}{2}KT$

$\therefore$ ১টি " " " " $\dfrac{\frac{3}{2}KT}{3}$

$= \frac{1}{2}KT$

$\therefore$ প্রতিটি স্বাধীনতার মাত্রায় গড় গতিশক্তি $= \frac{1}{2}KT$

এখানে, ধরি, ১টি অণুর স্বাধীনতার মাত্রা $= f$

$\therefore$ f মাত্রা বিশিষ্ট ১টি অণুর গড় গতিশক্তি $= \frac{f}{2}KT$

$$\boxed{\overline{E_K} = \frac{f}{2}KT}$$

* আবার, 1টি অণুর স্বাধীনতার মাত্রা = f

কোনো গ্যাসের 1 mole এ অণুর সংখ্যা = N_A

∴ 1 mole এ, মোট স্বাধীনতার মাত্রা = fN_A

∴ 1টি মাত্রায় গতিশক্তি $\frac{1}{2}KT$

∴ fN_A সংখ্যক " " $\left(\frac{1}{2}KT\right)(fN_A)$

$$\boxed{E = \frac{1}{2}fKN_AT}$$

∴ 1 mole এর মোট গতিশক্তি $E = \frac{1}{2}fKN_AT$

$$\boxed{E = \frac{1}{2}fRT} \quad \left[\frac{R}{N_A} = K,\ KN_A = R\right]$$

মোলার আপেক্ষিক তাপ :

$$C = \frac{dQ}{n\,dT}$$

$\boxed{n=1}$ $C = \frac{dQ}{dT} = \frac{dE}{dT} = \frac{E}{T}$

C → স্থির আয়তনে C_v ; স্থির চাপে C_p

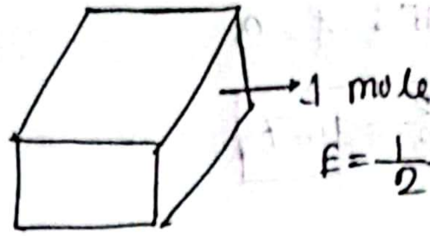
$C_v = \left(\frac{E}{T}\right)$ [V = cons]

$\boxed{C_p = \left(\frac{E}{T}\right)}$ [P = const]

$$\boxed{C_p - C_v = R}$$

$\frac{C_p}{C_v} = \gamma$ [$\gamma > 1$]

এইবার:



$$E = \frac{1}{2} f R T$$

V = const

$$C_v = \left(\frac{E}{T}\right)_v = \frac{\frac{1}{2} f R T}{T}$$

$$\boxed{C_v = \frac{f}{2} R}$$

$$C_p = C_v + R$$

$$\Rightarrow C_p = \frac{f}{2} R + R$$

$$\Rightarrow C_p = R\left(1 + \frac{f}{2}\right)$$

∴ মোলার আপেক্ষিক তাপদ্বয়ের অনুপাত:

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{\cancel{R}\left(1 + \frac{f}{2}\right)}{\frac{f}{2}\cancel{R}}$$

$$\gamma = \frac{1 + \frac{f}{2}}{f/2}$$

$$\gamma = \frac{2}{f} + 1$$

$$\boxed{\gamma = 1 + \frac{2}{f}}$$ ★★★★

** এক-পারমানবিক গ্যাস : $f=3$

$$\boxed{\gamma = 1 + \frac{2}{3} = 1.67}$$

** দ্বি-পারমানবিক গ্যাস: $f=5$

$$\boxed{\gamma = 1 + \frac{2}{5} = 1.4}$$

** বহুপারমানবিক গ্যাস: $f=6$

$$\boxed{\gamma = 1 + \frac{2}{6} = 1.33}$$

□ আর্দ্রতামিতি (Hygrometry):

পদার্থবিজ্ঞানের যে শাখায় বায়ুতে উপস্থিত জলীয়বাষ্পের পরিমান নিয়ে কাজ করা হয়, তাকে আর্দ্রতামিতি বলে।

□ বাষ্পচাপ (Vapour Pressure):

কোনো স্থানের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্প যে পরিমান চাপ দেয় তাকে বাষ্প চাপ বলে।

□ বাষ্পধারন ক্ষমতা (Vapour Capacitance):

নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো স্থানের বায়ু এর মধ্যে যে পরিমান জলীয় বাষ্প ধারন করতে পারে, তাকে ঐ স্থানের বাষ্পধারন ক্ষমতা বলে।

* বাষ্প ধারন ক্ষমতা তাপমাত্রার ওপর নির্ভরশীল।

□ তাপমাত্রা বাড়লে → বাষ্প ধারন ক্ষমতা বাড়ে

□ তাপমাত্রা কমালে → বাষ্পধারন ক্ষমতা কমে

∴ বাষ্পধারনক্ষমতা তাপমাত্রার সমানুপাতিক।

বাষ্প

অসম্পৃক্ত বাষ্প (Unsaturated vapour) | সম্পৃক্ত বাষ্প (Saturated vapour)

□ অসম্পৃক্ত বাষ্প ও অসম্পৃক্ত বাষ্পচাপ (Unsaturated vapour & Unsaturated vapour pressure):

নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো স্থানের বায়ুতে বাষ্পধারন ক্ষমতার চেয়ে কম বাষ্প থাকলে তাকে অসম্পৃক্ত বাষ্প বলে।

$\theta = 30^\circ C$

→ Capacity = 40gm

→ আছে = 20gm

→ Unsaturated condition

* অসম্পৃক্ত ~~বাষ্প~~ অবস্থায় বাষ্প যে চাপ দেয় তাকে অসম্পৃক্ত বাষ্পচাপ বলে।

বৈশিষ্ট্য:

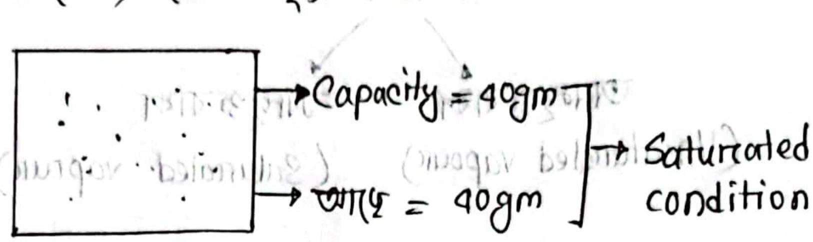
i. অসম্পৃক্ত বাষ্প বয়েল ও চার্লসের সূত্র মেনে চলে।

ii. তাপমাত্রা বাড়ালে অসম্পৃক্ততা বৃদ্ধি পায়।

সম্পৃক্ত বাষ্প ও সম্পৃক্ত বাষ্প চাপ → Maximum vapour pressure (M.V.P) (Saturated vapour & Saturated vapour pressure): (S.V.P)

নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো স্থানের বায়ুতে বাষ্পধারণক্ষমতার সমপরিমাণ বাষ্প উপস্থিত থাকলে, তাকে সম্পৃক্ত বাষ্প বলে।

$\theta = 30°C$



* সম্পৃক্ত অবস্থায় জলীয় বাষ্প যে চাপ দেয়, তাকে সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ বলে।

নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো স্থানে সম্পৃক্ত বাষ্প কর্তৃক প্রদত্ত চাপ হচ্ছে বাষ্প কর্তৃক প্রদত্ত সর্বাধিক বাষ্প চাপ।

বৈশিষ্ট্য: i. সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প বয়েল ও চার্লসের সূত্র মেনে চলেনা।

ii. তাপমাত্রা কমালে জলীয় বাষ্প সম্পৃক্ত হওয়ার দিকে প্রবণ হয়।

iii. চাপ বৃদ্ধি করলে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প তরলে পরিণত হয়।

Special Note:

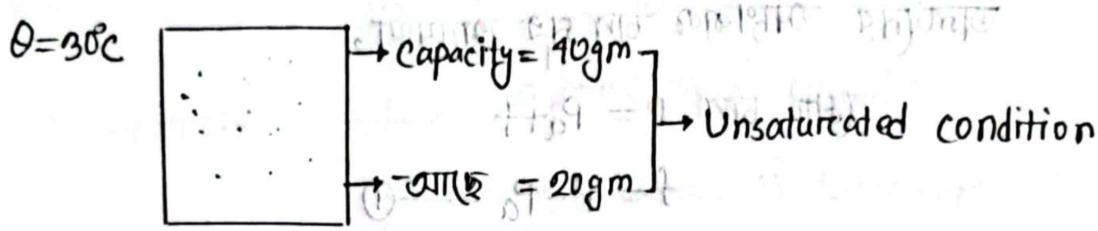
i. তাপমাত্রা কমিয়ে অসম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পকে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পে রূপান্তরিত করা যায়।

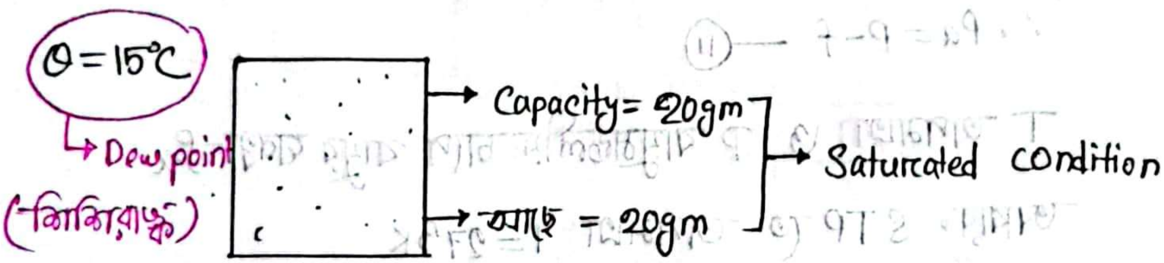
ii. তাপমাত্রা বাড়িয়ে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পকে অসম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পে রূপান্তরিত করা যায়।

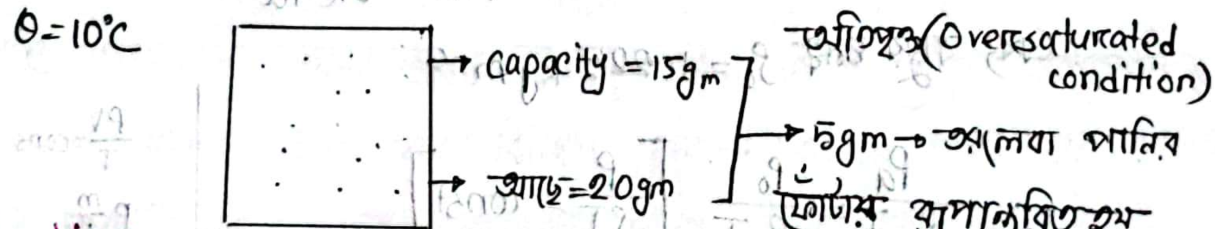
* সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের পার্থক্য?

শিশিরাঙ্ক (Dew point): *****

যে তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট স্থানের বায়ু ঐ স্থানের উপস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয়, সেই তাপমাত্রাকে ঐ স্থানের শিশিরাঙ্ক বলে।







Question:
কোনো স্থানের তাপমাত্রা 30°C এবং শিশিরাঙ্ক 14°C বলতে কি বুঝ?

Answer: কোনো স্থানের তাপমাত্রা 30°C বলতে বোঝায় যে ঐ স্থানের বায়ুর তাপমাত্রা 30°C এবং শিশিরাঙ্ক 14°C বলতে বোঝায় যে 14°C তাপমাত্রায় ঐ স্থানের বায়ু ঐ স্থানের উপস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয়।

জলীয়বাষ্প চাপের সাথে বায়ুমণ্ডলীয় চাপের সম্পর্ক :

মনে করি, T তাপমাত্রায় কোনো স্থানের বায়ু কর্তৃক মোট প্রদত্ত চাপ = P

এখানে, P তাপমাত্রায় শুধুমাত্র বায়ুমণ্ডলীয় চাপ = P_a

T " " বাষ্প চাপ = f

ডালটনের আংশিক চাপ সূত্র অনুযায়ী,

মোট চাপ, $P = P_a + f$

$f = P - P_a$ —— (i)

$\therefore P_a = P - f$ —— (ii)

T তাপমাত্রা ও P বায়ুমণ্ডলীয় চাপে বায়ুর ঘনত্ব = ρ_a

আবার, STP তে তাপমাত্রা $T = 273K$

চাপ $P_a = 1.01325 \times 10^5 \ Nm^{-2}$ or Pa

এবং বায়ুর ঘনত্ব $\rho_0 = 1.225 \ kg \ m^{-3}$

$$\frac{P_a}{\rho_a T} = \frac{P_0}{\rho_0 T_0} \quad \left[\frac{P}{\rho T} = const\right]$$

$$\frac{P-f}{\rho_a T} = \frac{P_0}{\rho_0 T_0} \quad [\text{Using (ii)}]$$

$$P - f = \frac{P_0 \rho_a T}{\rho_0 T_0}$$

$$\boxed{\therefore f = P - \frac{P_0 \rho_a T}{\rho_0 T_0}}$$

$\frac{PV}{T} = cons$

$\frac{P\frac{m}{\rho}}{T} = const$

$\frac{Pm}{\rho T} = const$

$\frac{P}{\rho T} = \frac{const}{m}$

$\frac{P}{\rho T} = const$

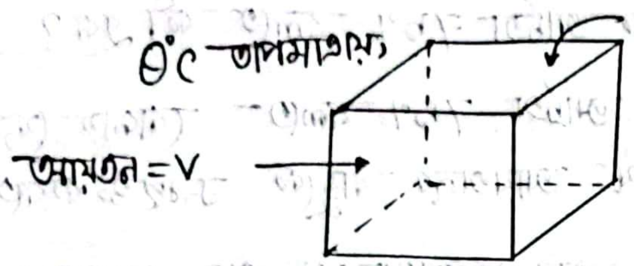
$$\boxed{\frac{P_1}{\rho_1 T_1} = \frac{P_2}{\rho_2 T_2}}$$

আর্দ্রতা (Humidity):

আর্দ্রতা বলতে বোঝায় কোনো স্থানের বায়ু কতটুকু শুষ্ক বা ভেজা।

পরম আর্দ্রতা (Absolute humidity)

নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট স্থানের একক আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের ভরকে ঐ স্থানের পরম আর্দ্রতা বলা হয়।



$\therefore$ V আয়তনে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের ভর m_p

$\therefore$ 1 " " " " $\frac{m_p}{V}$

$$\boxed{H_a = \frac{m_p}{V}}$$

Unit: $\frac{kg}{m^3} = kgm^{-3}$

* 21°C তাপমাত্রায় কোনো স্থানের পরম আর্দ্রতা $10^{-2}\ kgm^{-3}$ বলতে কী বুঝ?

* 30m × 20m × 15m মাত্রা বিশিষ্ট কোনো আবদ্ধ ঘরের পরম আর্দ্রতা $10^{-2}\ kgm^{-3}$ হলে ঐ ঘরের জলীয়বাষ্পের ভর নির্ণয় কর।

আপেক্ষিক আর্দ্রতা (Relative humidity): (R)

নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো স্থানের নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের ভর এবং ঐ তাপমাত্রায় ঐ আয়তনের বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে প্রয়োজনীয় জলীয় বাষ্পের ভরের অনুপাতকে ঐ স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা বলে।

* আপেক্ষিক আর্দ্রতাকে শতকরায় প্রকাশ করা হয়।

$$R = \frac{\text{নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের ভর } (m_p)}{\text{ঐ তাপমাত্রায় ঐ আয়তনের বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে প্রয়োজনীয় জলীয় বাষ্পের ভর } (m_s)} \times 100\%$$

$$\boxed{R = \frac{m_p}{m_s} \times 100\%}$$

* কোনো স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 75% বলতে কী বুঝ?

কোনো স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 75% বলতে বোঝায় যে, নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় ঐ স্থানের নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্প দরকার, তার শতকরা 75 ভাগ ঐ স্থানে উপস্থিত আছে।

* কোনো স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা বেশি হলে ঐ স্থান বেশি অস্বস্তিকর হয়।

আমরা জানি,

$$\frac{P}{\rho T} = const$$

$$\Rightarrow \frac{\rho T}{P} = const$$

$T = const$ হলে,

$$\frac{\rho}{P} = const.$$

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

$$\Rightarrow \frac{m}{V} \propto P$$

$\boxed{m \propto P}$

$\Rightarrow m = const \times P$

$$R = \frac{\text{বায়ুর তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের ভর}}{\text{ঐ তাপমাত্রায় ঐ আয়তনের বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে জলীয় বাষ্পের ভর}} \times 100\%$$

$$R = \frac{\cancel{const} \times \text{বায়ুর তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপ}}{\cancel{const} \times \text{বায়ুর তাপমাত্রায় বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে প্রয়োজনীয় জলীয় বাষ্পের চাপ}} \times 100 \quad \text{--- (1)}$$

∴ বায়ুর তাপমাত্রায় বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপ = শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত বাষ্প চাপ = f

∴ বায়ুর তাপমাত্রায় বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে প্রয়োজনীয় জলীয় বাষ্পের চাপ = বায়ুর তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প চাপ = F

$$\boxed{R = \frac{f}{F} \times 100\%}$$

Math: কোনো স্থানের শিশিরাঙ্ক $12°C$। ঐ স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় কর। (শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প চাপ ও বায়ুর তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প চাপ যথাক্রমে $\underset{f}{\underline{10.52 \text{ mm Hg}}}$ এবং $\underset{F}{\underline{13.15 \text{ mm Hg}}}$)

$$R = \frac{10.52}{13.15} \times 100\%$$

$$= 80\%$$

Question: নির্দিষ্ট কোনো দিনে কোনো স্থানের শিশিরাঙ্ক 10.5°C, এবং বায়ুর উষ্ণতা 20°C। ঐ স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় কর।
(10°C, 11°C ও 20°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্প চাপ যথাক্রমে 9.2, 9.9, এবং 17.7 mmHg)

(11−10)°C বা 1°C তাপমাত্রার পার্থক্যে বাষ্প চাপের পার্থক্য (9.9−9.2) বা 0.7mmHg

∴ 0.5°C " " " " " " " 0.7×0.5

$= 0.35$ mmHg

∴ শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত বাষ্প চাপ, $f = (9.2 + 0.35)$ mmHg

$= 9.55$ mmHg

আবার, ∴ বায়ুর তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্প চাপ, $F = 17.7$ mmHg

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

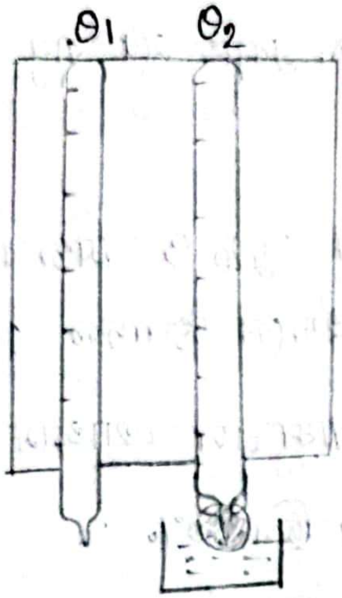
$$= \frac{9.55}{17.7} \times 100\%$$

$$= 53.95\%$$

আর্দ্রতা পরিমাপক যন্ত্র (Hygrometer):

↓

শুষ্ক ও সিক্ত বাল্ব হাইগ্রোমিটার



θ_1 = শুষ্ক বাল্বের তাপমাত্রা (বায়ুর তাপমাত্রা)/
(এই তাপমাত্রায় G নিতে হবে)

θ_2 = সিক্ত বাল্বের তাপমাত্রা

শিশিরাঙ্ক = θ°C

$$\boxed{\theta_1 - \theta = G(\theta_1 - \theta_2)}$$

→ গ্লেইসারের উৎপাদক
(θ_1°C তাপমাত্রায় নিতে হয়)

MCQ:

শুষ্ক ও সিক্ত বাল্ব হাইগ্রোমিটারের তাপমাত্রার পার্থক্য থেকে আবহাওয়ার পূর্বাভাস দেওয়া যায়।

(i) তাপমাত্রার পার্থক্য কম হলে বুঝতে হবে বাতাসে জলীয় বাষ্পের পরিমান বেশি অর্থাৎ আবহাওয়া আর্দ্র থাকবে।

(ii) তাপমাত্রার পার্থক্য বেশি হলে বুঝতে হবে জলীয় বাষ্পের পরিমান কম অর্থাৎ আবহাওয়া শুষ্ক থাকবে।

(iii) তাপমাত্রার পার্থক্য ধীরে ধীরে কমতে থাকলে বুঝতে হবে বাতাসে জলীয় বাষ্পের পরিমান ধীরে ধীরে বাড়ছে অর্থাৎ বৃষ্টি হওয়ার সম্ভাবনা আছে।

(iv) তাপমাত্রার পার্থক্য হঠাৎ কমে গেলে বুঝতে হবে জলীয় বাষ্পের পরিমান হঠাৎ বেড়ে গেছে অর্থাৎ সেক্ষেত্রে ঝড় বৃষ্টি হওয়ার সম্ভাবনা আছে।

(v) তাপমাত্রার পার্থক্য শূন্য হলে বুঝতে হবে বায়ু জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত।

Math: চট্টগ্রাম আবহাওয়া অফিসে শুষ্ক ও সিক্ত বাল্বের পাঠ যথাক্রমে $30^\circ C$ ও $28^\circ C$। $30^\circ C$ এ গ্লেইসারের উৎপাদক 1.65। $26^\circ C$, $28^\circ C$ এবং $30^\circ C$ তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্প চাপ যথাক্রমে 25.25, 28.45, 31.85 mm Hg. ঐ দিন রাজশাহীর আর্দ্রতা ছিল 60%।

(i) ঐ দিন চট্টগ্রামের শিশিরাঙ্ক নির্ণয় কর।

(ii) চট্টগ্রাম ও রাজশাহীর মধ্যে কোথায় ভেজা কাপড় দ্রুত শুকাবে? গানিতিক ভাবে বিশ্লেষণ কর।

(2) ***** Most Imp.

পদার্থবিজ্ঞান বিভাগের প্রধান স্যার office কক্ষে প্রবেশ করে দেখতে পেলেন হাইগ্রোমিটারের শুষ্ক বাল্বের পাঠ $30^\circ C$ এবং ঐদিন আপেক্ষিক আর্দ্রতা ছিল 75%। তিনি AC চালু করে কক্ষের তাপমাত্রা $23^\circ C$ এ নামিয়ে নিলেন তখন সিক্ত বাল্বের পাঠ $14.76^\circ C$। গ্লেইসারের তালিকায় $30^\circ C$ এবং $23^\circ C$ এ গ্লেইসারের উৎপাদক যথাক্রমে 1.65 এবং 1.74। $30^\circ C$, $23^\circ C$, $8^\circ C$ এবং $9^\circ C$ তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 29.92, 20.24, 8.02 এবং 7.22 mm Hg.

(i) ঐদিন সন্ধ্যায় বায়ুর তাপমাত্রা $23^\circ C$ এ নেমে এলে বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের কত অংশ ঘনীভূত হবে?

(ii) কক্ষের ভেতর AC চালু করায় বিভাগীয় প্রধান স্যার আরাম বোধ করেন কেন?

Answer: কক্ষের তাপমাত্রা = 30°C

30°C এ সম্পৃক্ত বাষ্প চাপ = ২৯.৯২ mm Hg

23°C এ " " " " = 20.24 mm "

R = 75% = 0.75

$$R = \frac{30°C \text{ তাপমাত্রার জলীয় বাষ্পের চাপ}}{30°C \text{ তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ}}$$

$$0.75 = \frac{30° \text{ তাপমাত্রার জলীয় বাষ্পের চাপ}}{২.৯২}$$

⇒ 30°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ = 22.44 mm Hg

আমরা জানি, জলীয় বাষ্পের ভর = K × জলীয় বাষ্পের চাপ

∴ 30°C তাপমাত্রায় " " " K × 22.44 K

[AC চালু করে কক্ষের তাপমাত্রা ২৩°C নামালে কিছু পরিমান জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হবে এবং বাকি জলীয় বাষ্প দ্বারা বায়ু সম্পৃক্ত থাকবে]

23°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের ভর = K × 20.24

= 20.24 K

∴ ঘনীভূত জলীয় বাষ্পের ভর (22.44 K − 20.24 K)

= 2.2 K

∴ " " বাষ্প = $\frac{2.2\,K}{22.44\,K}$ = 0.098 অংশ

or ৯.8%