आदर्श गैसीय

1. प्रस्तावना :

जैसा कि हम जानते हैं, द्रव्य की तीन अवस्थाएं होती हैं–
यहाँ हमेशा द्रव्य के कणों के बीच दो विपरीत प्रवृत्ति होती हैं जो द्रव्य की अवस्था निर्धारित करती है :

- अन्र्तािण्वक आकर्षण बल
- आण्विक गति/ यादृच्छिक गति

पदार्थ

गुण	ठोस अवस्था	द्रव अवस्था	गैसीय अवस्था
आकर्षण बल	• अधिकतम	• न्यूनतम	• पूर्णतया शून्य (लगभग)
ऊष्मीय गति	• पूर्णतया शून्य (लगभग)	• अधिकतम	• याद्रच्छिक गति
आयतन	• निश्चित आयतन	• निश्चित आयतन	• पात्र के साथ बदलता है।
ज्यामिती	• निश्चित	• निश्चित नहीं	• निश्चित नहीं

इस पाठ में हम गैसों के व्यवहार और उनके गुणों का विस्तृत अध्ययन करेगें। इनके गुणों का मापन हम गैस नियम, बॉयल नियम, चार्ल्स नियम तथा गैलुसेक नियम की सहायता से करते हैं।

2. खण्ड (A) : आदर्श गैस समीकरण एवं गैस नियम

Th1

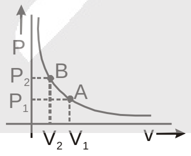
2.1. बॉयल–नियम एवम् दाब का मापन :

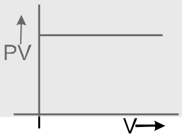
D1 **कथन :** नियत ताप पर गैस की निश्चित मात्रा के लिए गैस के द्वारा घेरा गया आयतन, गैस के दाब अथवा गैस पर लगाये गये दाब, के व्युत्क्रमानुपाती होता है :

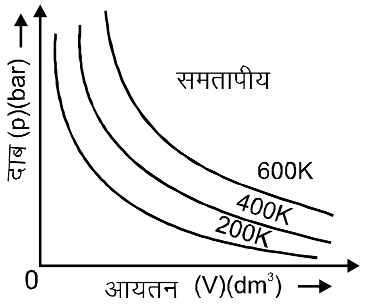
$V \propto \frac{1}{P}$ अतः $PV =$ नियतांक

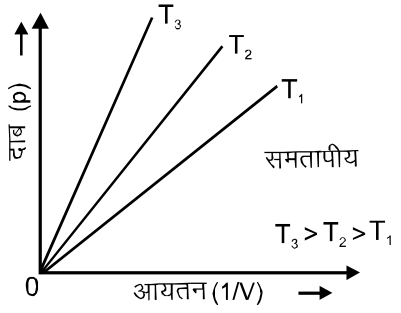
यह नियतांक गैस की मात्रा पर तथा गैस के तापमान पर निर्भर करता है।

F1 $P_1V_1 = P_2V_2$









बॉयल नियम के अनुप्रयोग : वक्र के दो बिन्दु 'A' तथा 'B' के लिए $P_1V_1 = K$ & $P_2V_2 = K$
अतः यह बताता है कि $P_1V_1 = P_2V_2$.

इकाईयाँ

आयतन	दाब	ताप
गैस का आयतन पात्र के आयतन के बराबर है S.I. इकाई $\rightarrow m^3$ C.G.S. इकाई $\rightarrow cm^3$ $1\ \ell = 10^{-3}\ m^3$ $1\ \ell = 10^3\ cm^9$ $1\ dm^3 = 1\ \ell = 10^{-3}\ m^3$ $1\ ml = 10^{-3}\ \ell = 1\ cm^3 = 1cc$	दाब $= N/m^2 = Pa \rightarrow$ S.I. इकाई C.G.S इकाई $= dyne\text{-}cm^2$ परिवर्तन $1N/m^2$ into $dyne/cm^2$ $\frac{1N}{1m^2} = \frac{10^5\ dyne}{10^4\ cm^2}$ $1\ N/m^2 = 10\ dyne/cm^2$ $1\ atm = 1.013 \times 10^5\ N/m^2$ $1\ bar = 1 \times 10^5\ N/m^2$ 1 atm = 760 mm Hg = 760 टोर	केल्विन पैमाना $\rightarrow$ क्वथनांक बिन्दु = 373 K हिमांक बिन्दु = 273 K फारहेनाईट पैमाना $\rightarrow$ क्वथनांक बिन्दु = 212ºF हिमांक बिन्दु = 32º F सैल्सियम पैमाना $\rightarrow$ क्वथनांक बिन्दु = 100ºC हिमांक बिन्दु = 0ºC $\frac{C-0}{100-0} = \frac{K-273}{373-273} = \frac{F-32}{212-32} = \frac{R-R(0)}{R(100)-R(0)}$ जहाँ R = ताप (अज्ञात पैमाने पर)

वायुमण्डलीय दाब :

समुद्री सतह पर वायुमण्डल द्वारा लगाया गया दाब 1 atm कहलाता है

1 atm = 1.013 bar

$1\ atm = 1.013 \times 10^5\ N/m^2 = 1.013\ bar = 760\ torr$

Solved Example

Example 1. एक रबर गुब्बारा कुछ ठोस मार्बल रखता है। प्रत्येक का आयतन 10 ml है। गुब्बारे में 2 atm दाब पर एक गैस भरी जाती है तथा इस परिस्थिति में कुल आयतन 1 लीटर है। यदि बाह्य दाब 4atm तक बढ़ाया जाता है, तो गुब्बारे का आयतन 625 ml हो जाता है। गुब्बारे में उपस्थित मार्बल की संख्या ज्ञात कीजिए।

हल. माना कि मार्बल की संख्या = n .

मार्बल का आयतन = 10 n ml.

पूर्व में गुब्बारे का आयतन = 1000 ml.

बाद में = 625 ml.

अब गुब्बारे में गैस की मात्रा तथा तापमान नियत रहता है, अतः बॉयल नियम काम में ले सकते है

$P_1V_1 = P_2V_2$

$4\times (625 - 10n) = 2 \times (1000 - 10n)$

$625 \times 4 = 2000 - 20n + 40n$

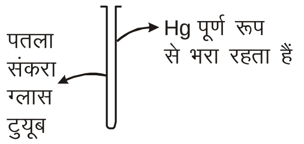
$625 \times 4 - 2000 = 20n$

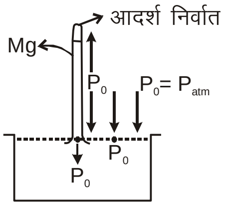
$\frac{625 \times 4 - 2000}{20} = n. \qquad \frac{125}{5} = n\ ; \qquad n = 25$

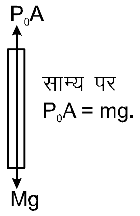
Th2

2.2. दाब का मापन :

बेरोमीटर : बेरोमीटर एक उपकरण है जो कि दाब मापन के काम आता है। बेरोमीटर का निर्माण निम्न प्रकार से होता है :

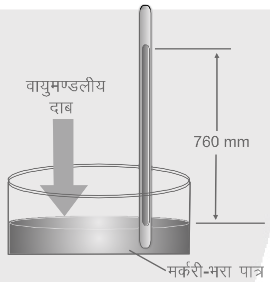






(केशिका स्तम्भ की अनुप्रस्थ काट का दृश्य)

वायुमण्डलीय दाब का मापन मर्करी बैरोमीटर की बन्द काँच की नलिका में मर्करी स्तम्भ की ऊँचाई का निर्धारण करके किया जाता है। पारे के स्तम्भ में लगने वाला नीचे की और दाब, बाहरी वातावरण के दाब से सन्तुलित होता है जो कि पात्र में रखे मर्करी पर दाब लगाता है तथा मर्करी कॉलम को ऊपर की और धकेलता है।



एक पतली संकरी अंशांकित केशिका नली को पूर्णरूप से मर्करी जैसे द्रव के साथ भरकर, समान द्रव से भरी हुई आयताकार नांद में इसे उल्टा रखा जाता है। अब बाह्य वायुमण्डलीय दाब के आधार पर नली के अन्दर पारे का स्तर स्वयं को व्यवस्थित करता है जिसका पाठ्यांक ध्यानपूर्वक देखा जाता है। जब केशिका नली के अन्दर मर्करी कॉलम स्थिर हो जाता है तब कॉलम पर परिणामी बल संतुलित होना चाहिए। बल संतुलन को लगाने पर, हम प्राप्त करते हैं–

$P_{atm} \times A = m \times g$ ('A' केशिकानली का अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल है)

यदि 'ρ' तरल का घनत्व है, तो $m = \rho \times V$ $(V = A \times h)$

अतः $P_{atm} \times A = (\rho \times g \times h) \times A$ ('h' वह ऊँचाई है, जिस तक केशिकानली में मर्करी का स्तर बढ़ता है)

F2 अथवा $P_{atm} = \rho g h$

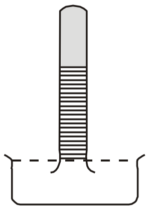
☞ सामान्य वायुमण्डलीय दाब जिसे हम 1 वायुमण्डलीय अथवा 1 atm कहते हैं, को माध्य समुद्र स्तर पर वायुमण्डल द्वारा लगाये गये दाब से परिभाषित किया जाता है। यह Hg के 760 mm = Hg के 76 cm तक पाया जाता है। (माध्य समुद्र स्तर पर बेरोमीटर के द्वारा दर्शाया गया पाठ्यांक Hg का 76 cm है)

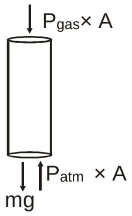
$1 \text{ atm} = (13.6 \times 10^3)\ 9.8 \times 0.76 = 1.013 \times 10^5$ Pas.

1 torr = 1 mm of Hg.

1 bar = 10^5 N/m^2 (Pa)

त्रुटि युक्त बेरोमीटर : एक आदर्श बेरोमीटर सही पाठ्यांक केवल तब दर्शाऐगा यदि मर्करी कॉलम के ऊपर के स्थान पर निर्वात हो, लेकिन कुछ स्थितियों में यदि कुछ गैस को मर्करी कॉलम के ऊपर के स्थान पर रखा जाता है, तो बेरोमीटर को त्रुटि युक्त बेरोमीटर के रूप में वर्गीकृत किया जाता है। इस प्रकार के बेरोमीटर का वास्तविक दाब से कम पाठ्यांक होता है।





इस प्रकार के त्रुटि युक्त बेरोमीटर के लिए

$$P_0A = Mg + P_{गैस}A$$

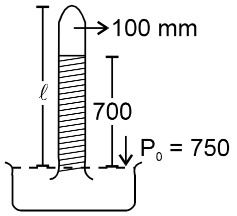
$$P_0 = \rho g h + P_{गैस} \quad \text{अथवा} \quad \rho g h = P_0 - P_{गैस}$$

Solved Example

Example 1. एक त्रुटि युक्त बेरोमीटर का पाठ्यांक 700 mm Hg है। जबकि वास्तविक दाब Hg का 750 mm है। इस परिस्थिति में वायु कॉलम के द्वारा प्राप्त की गई लम्बाई 10 cm है। वायुमण्डलीय दाब का वास्तविक मान ज्ञात कीजिए जब इस बेरोमीटर का पाठ्यांक Hg का 750 mm हो। यह मानकर कि पात्र में मर्करी सतह के ऊपर बेरोमीटर ट्यूब की लम्बाई नियत रहती है।

हल. $P_0 = P_{गैस} + 700\ \rho g$

$\therefore$ $P_{गैस} = 750\ \rho g - 700\ \rho g = 50\ \rho g$

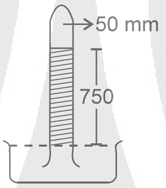


अब केशिकानली में गैस कॉलम के लिए मात्रा तथा तापमान नियत रहते हैं

$P_1V_1 = P_2V_2$

$\Rightarrow$ $(50\ \rho g)(100\ A) = P'_{गैस} \times (50\ A)$

$\therefore$ $P'_{गैस} = 100\ \rho g$

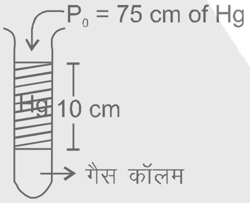


अब, नयी स्थिति में बल–संतुलन लगाया जाता है।

$P'_{atm} = P'_{गैस} + 750\ \rho g = 100\ \rho g + 750\ \rho g = 850\ \rho g$

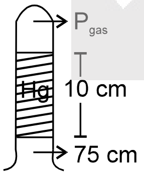
अतः अब वायुमण्डलीय दाब Hg का 850 mm है।

Example 2. इनमें से प्रत्येक उदाहरण में, गैस का दाब ज्ञात कीजिए।



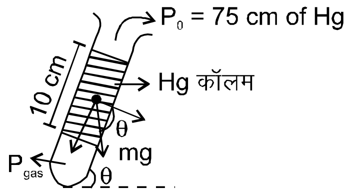
हल. गैस कॉलम का कुल दाब = 75 + 10 = Hg के 85 cm.

Example 3.



हल. P_{gas} = 65 cm of Hg.

Example 4.



$P_g = 75 + 10\cos\theta$.

हल. उपरोक्त समस्या से, सामान्यतः यह कहा जा सकता है कि हर समय बल संतुलन लगाना आवश्यक नही है। यदि हम एक तरल में ऊपर जाते हैं तो उर्ध्वाधर लम्बाई को घटाते है तथा जब नीचे जाते हैं तो उर्ध्वाधर लम्बाई जोड़ी जाती है।

D2 चार्ल्स–नियम :

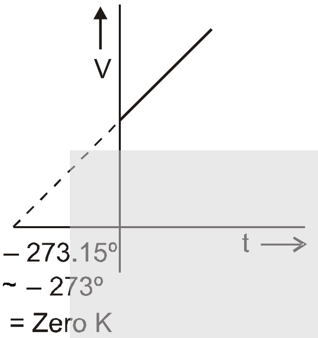
नियत दाब पर गैस की निश्चित मात्रा के लिए गैस के द्वारा घेरा गया आयतन, (परम ताप पैमाने पर) गैस के तापमान के सीधे समानुपाती होता है :

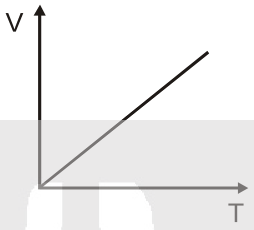
$V \propto T$ अथवा $V = kT$

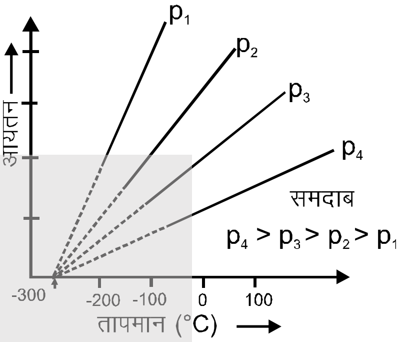
$\frac{V}{T}$ = नियत जहाँ 'k' समानुपाती नियतांक है तथा यह गैस की मात्रा तथा दाब पर निर्भर करता है।

$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ तापमान, मानक परम पैमाने, कैल्विन पैमाने अथवा आदर्श गैस पैमाने पर

$V = a + bT$ सेन्टीग्रेड पैमाने पर तापमान







संबंध : $T = t + 273$

- यद्यपि आयतन परम ताप T के समानुपाती है तब परम शून्य पर गैस का आयतन सैद्धान्तिक रूप से शून्य होना चाहिए।
- इस प्रकार परम शून्य के नजदीक ताप पर कोई भी पदार्थ गैसीय अवस्था में नहीं रहता, सीधी रेखा आरेख को अति वृद्धित करने पर शून्य आयतन प्राप्त होता है, प्रायोगिक रूप से परम शून्य ताप प्राप्त नहीं किया जा सकता, इस प्रकार यह केवल एक सिद्धान्त है।
- न्यूनतम तापमान की सीमा –273.15°C को मानकर केल्विन में तापमान के एक पैमाने को विकसित किया जो कि परम पैमाने के नाम से जाना जाता है।

Solved Example

Example 1. यदि एक निश्चित मात्रा कि गैस का ताप 27°C से 57°C तब बढ़ाया जाता है, तो गैस का अन्तिम आयतन ज्ञात करो यदि प्रारम्भिक आयतन = 1 L है तथा माना कि दाब नियत है।

हल. $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1}{(273+27)} = \frac{V_2}{(273+57)}$ अतः $V_2 = 1.1$ lt.

Example 2. 1 वायुमण्डलीय दाब पर 3 लीटर आयतन का एक खुला पात्र वायु युक्त है। पात्र को प्रारम्भिक तापमान 27°C या 300 K से t°C या (t + 273)K तक गर्म किया जाता है। 17°C तथा 1 atm पर पात्र से निकली गैस की मात्रा 1.45 लीटर मापी जाती है। तापमान t ज्ञात कीजिए।

हल. $\therefore \quad T_1 = 300$ K

यह मानकर की पहले गैस को (t + 273) तक गर्म किया जाता है, जिस पर पात्र से 'Δv' आयतन निकल जाता है।

अतः चार्ल्स नियम लगाने पर :

$$\frac{3}{300} = \frac{3+\Delta V}{t+273}$$

अब निष्कासित 'Δv' आयतन को पात्र में स्थानान्तरित करके ठण्डा किया जाता है, तो

$$\therefore \quad \frac{\Delta V}{t+273} = \frac{1.45}{290}$$

दो समीकरण को हल कर Δv तथा t का मान प्राप्त करते है।

ΔV ज्ञात कर, t को परिकलित कर उत्तर प्राप्त करेगें।

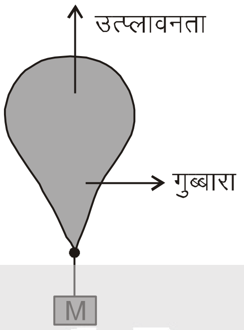
Th3

2.3. पेय लोड (Pay सवंकद्ध का परिकलन :

वह अधिकतम भार जो गैस से भरे गुब्बारे के द्वारा उठाया जा सकता है, पैलोड कहलाता है।

$F_{उत्प्लावन} = M_{गुब्बारा} \times g + M_{लगाया\ गया\ भार} \times g$

⇒ $\rho_{वायु}$ v.g. = $\rho_{गैस}$ v.g + Mg + mg.



गुब्बारे का भार = m   गुब्बारे पर परिणामी बल = 0

गुब्बारे का आयतन = V

वायु का घनत्व = $\rho_{वायु}$ (साम्य पर /जब गुब्बारा नियत गति के साथ आता है)

गुब्बारे के अन्दर गैस का घनत्व = $\rho_{गैस}$

Solved Example

Example 1. 20 मीटर व्यास के एक गुब्बारे का वजन 100 kg है। इसके द्वारा लगाये गये पेय लोड (Pay load) परिकलन कीजिए। यदि यह 1.0 atm दाब तथा 27ºC पर He द्वारा भरा गया हो, तथा वायु का घनत्व 1.2 kg m^{-3} है। [R = 0.082 dm^3 atm K^{-1} mol^{-1}]

हल. गुब्बारे का भार = 100 kg = 10 × 10^4 g

गुब्बारे का आयतन = $\frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3} \times \frac{22}{7} \times \left(\frac{20}{2} \times 100\right)^3$ = 4190 × 10^6 cm^3 = 4190 × 10^3 litre

गुब्बारे में (He) गैस का भार = $\frac{PVM}{RT} = \frac{1 \times 4190 \times 10^3 \times 4}{0.082 \times 300}$ = 68.13 × 10^4 g $\left(\because \quad PV = \frac{w}{M}RT\right)$

M = आण्विक भार = 4 × 10^{-3} Kg

∴ गुब्बारे तथा He गैस का कुल भार = 68.13 × 10^4 + 10 × 10^4 = 78.13 × 10^4 g

विस्थापित वायु का भार = $\frac{1.2 \times 4190 \times 10^6}{10^3}$ = 502.8 × 10^4 g

∴ लगाया गया भार = विस्थापित वायु का भार – (गुब्बारे का भार + गैस का भार)

∴ लगाया गया भार = 502.8 × 10^4 – 78.13 × 10^4 = **424.67 × 10^4 g.**

D3 ## गैल्यूसाक नियम :

नियत आयतन पर गैस की निश्चित मात्रा के लिए गैस का दाब, गैस के परम ताप के सीधा समानुपाती होता है।

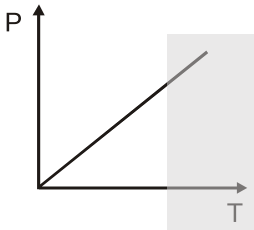
$$P \propto T$$

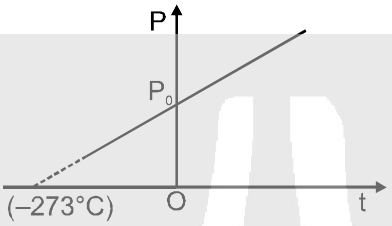
$\frac{P}{T}$ = नियतांक $\rightarrow$ गैस की मात्रा तथा आयतन पर निर्भर करता है।

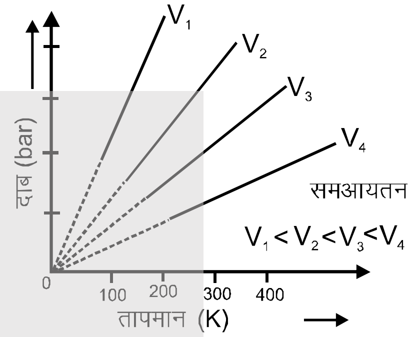
F3 $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ $\rightarrow$ परम स्केल के ताप पर

मूल रूप से, नियम को सेन्टीग्रेड पैमाने पर विकसित किया गया था, जहाँ यह ज्ञात हुआ दाब, तापमान का रेखीय फलन हैं,

$P = P_0 + bt$ जहाँ पर 'b' नियतांक हैं तथा शुन्य डिग्री सेंटीग्रेड पर दाब P_0 है।







उदाहरण : $PV = K \Rightarrow V = K_1/p$

$\frac{V}{T} = K_2 \qquad \Rightarrow V = K_2 T \qquad \Rightarrow \qquad = K_2T$

$PT = \frac{K_1}{K_2}$ = नियत $\Rightarrow P \alpha = \frac{1}{T} \Rightarrow ?$

हम कहाँ गलत हैं ?

यह गलत हैं क्योंकि हम तापमान तथा $K_1 = f(1)$ परिवर्तित करते हैं अतः K_1, तापमान के अनुसार परिवर्तित होगा इसलिए $\frac{K_1}{K_2}$ तापमान का फलन होता हैं लेकिन नियत नहीं होता है।

Solved Example

Example 1. एक निश्चित द्रव्यमान गैस का तापमान दुगुना किया जाता है, यदि गैस प्रारम्भ में 1 atm दाब पर है, तो दाब में % वृद्धि ज्ञात कजिये ?

हल. $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$; $\qquad \frac{1}{T} = \frac{P_2}{2T}$

$P_2 = 2\text{atm} \qquad \because P_1 = 1 \text{ atm}$

% वृद्धि $= \frac{2-1}{1} \times 100 = 100\%$

Example 2. एक निश्चित द्रव्यमान गैस का ताप नियत आयतन पर 27°C से 37°C ताप तक बढ़ाया जाता है, तो गैस का दाब क्या होगा।

हल. $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$; $\qquad \frac{P}{300} = \frac{P_2}{310}$; $\quad P_2 = \frac{31}{30}P$

D4 आवागाद्रो परिकल्पना :

दाब तथा ताप के समान मान के लिए विभिन्न गैसों के अणुओं की समान संख्या, समान आयतन को घेरते हैं।

$N_1 \longrightarrow V$ (एक गैस के P तथा T पर N_1 अणुओं का आयतन)

$N_1 \longrightarrow V$ (द्वितीय गैस के P तथा T पर N_1 अणुओं का आयतन)

$\Rightarrow$ प्रत्येक 1 मोल के द्वारा घेरा गया आयतन मोलर आयतन है तथा यह समान परिस्थितियों के अर्न्तगत प्रत्येक गैस के लिए समान होगा।

STP पर 1 मोल गैस तथा गैस का संयोजन 22.413996 L आयतन रखता है।

प्रारम्भिक मानक अभी भी रसायन विज्ञान के प्रयोग में लाये जाते हैं, इसके अनुसार **मानक ताप एवं दाब (STP),** 0°C ताप (273.15K) तथा थोड़ा सा अधिक दाब 1 atm (101.325 kPa) प्रदर्शित करता है।

मानक परिवेश ताप एवं दाब (SATP), कुछ वैज्ञानिक प्रयोगों में उपयोग होता है SATP परिस्थिति का अर्थ है, 298.15 K ताप तथा 1 bar (अर्थात् exactly 10^5 Pa). SATP पर (1 bar तथा 298.15 K) आदर्श गैस का आयतन 24.789 L mol^{-1} है।

Th4

2.4. अवस्था का समीकरण :

सभी सम्बन्धों को संयोजित करने पर

$\frac{PV}{T}$ = नियतांक (गैस के मोल्स n पर निर्भर करता हैं)

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

आदर्श गैस समीकरण : $\frac{PV}{nT}$ = नियतांक [सार्वत्रिक नियतांक]

= R (आदर्श गैस नियतांक अथवा सार्वत्रिक गैस नियतांक)

प्रयोगात्मक रूप से, $R = 8.314$ J/Kmole $\approx 25/3$

$= 1.987$ cal/mole ≈ 2

$= 0.08$ Latm/mole $\approx 1/12$

Solved Example

Example 1. 4 लीटर आयतन के एक सिलेण्डर से 27°C तथा 1 वायुमण्डल दाब पर हाइड्रोजन गैस के साथ प्रत्येक 2 लीटर आयतन के कुछ गोलीय गुब्बारों को भरा जाता है। 127°C पर सिलेण्डर के अन्दर H_2 गैस का दाब 2 atm है। इस सिलेण्डर को प्रयुक्त कर भरे जा सकने वाले गुब्बारों की संख्या ज्ञात कीजिए। सिलेण्डर का तापमान 27°C मानिये।

हल. सिलेण्डर के अन्दर लिए गए गैस के मोलों की संख्या = $\frac{20 \times 4}{R \times 400}$ = 2.43 L

सिलेण्डर के अन्दर गैस के शेष मोलों की संख्या = $\frac{1 \times 4}{R \times 300}$ = 0.162L

गुब्बारे भरने के लिए उपयोग किए जाने वाले मोलों की संख्या = 2.43 – 0.162 = 2.268

मानाकि 'n' संख्या में गुब्बारे भरे जा सकते है, तो 1 गुब्बारे में भरे जाने वाले मोलों की संख्या = $\frac{1 \times 2}{0.082 \times 300}$

= 0.081

$\therefore$ $0.081 \times n = 2.268$

n = 28 गुब्बारे।

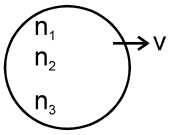
3. खण्ड (B) : डाल्टन का आंशिक दाब का नियम

Th5

3.1. आंशिक दाब का डॉल्टन नियम :

आंशिक दाब :

एक अक्रियाशील गैसो के मिश्रण में किसी अवयवी गैस के आंशिक दाब को उस गैस के द्वारा लगाये गये दाब से परिभाषित किया जाता है यदि मिश्रण का पूर्णरूप से आयतन केवल उस अवयव द्वारा घेरा जाता है। प्रथम अवयवी गैस का आंशिक दाब–



$P_1 = \frac{n_1RT}{v}$; $P_2 = \frac{n_2RT}{v}$; $P_3 = \frac{n_3RT}{v}$

कुल दाब = $P_1 + P_2 + P_3$.

D5 **डॉल्टन नियम :**

एक अक्रियाशील गैसीय मिश्रण के लिए मिश्रण का कुल दाब विभिन्न अवयवी गैसों के आंशिक दाब का योग होता है।

F4 $P_{कुल} = P_1 + P_2 + P_3 = \frac{(n_1+n_2+n_3)RT}{v}$

$\frac{P_1}{P_T} = \frac{n_1}{n_T} = x_1$ (प्रथम अवयवी गैस का मोल–भिन्न)

$\frac{P_2}{P_T} = \frac{n_2}{n_T} = x_2$ (द्वितीय अवयवी गैस का मोल–भिन्न)

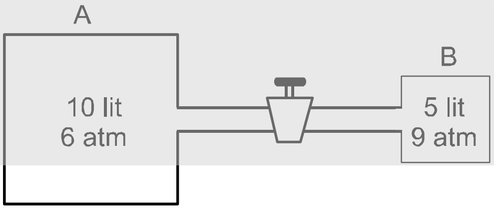
$\frac{P_3}{P_T} = \frac{n_3}{n_T} = x_3$ (तृतीय अवयवी गैस का मोल–भिन्न)

4. खण्ड (C) : गैसों का मिश्रण

Solved Example

Example 1. दो बल्ब जिनका आयतन 5 लीटर और 10 लीटर है, इनके क्रमशः 9 atm तथा 6 atm पर आदर्श गैस है, स्टॉप कॉर्क द्वारा जुड़े हैं। यदि ताप नियत रहे तो स्टॉप कॉर्क खोलने के बाद अन्तिम दाब की गणना करों।

हल. स्टॉप कॉक खेलने के बाद दोनो बल्बों का दाब बराबर होगा



प्रारम्भ में, A में गैस के मोलों की संख्या = $\frac{10\times 6}{RT}$

प्रारम्भ में B में गैस के मोलों की संख्या = $\frac{5\times 9}{RT}$

$\therefore$ प्रारम्भ में कुल मोलो की संख्या = $\frac{105}{RT}$

स्टॉप कॉक खोलने से पहले कुल मोलो की संख्या = स्टॉप कॉक खोलने के बाद कुल मोलो की संख्या = $\frac{105}{RT}$

$\therefore$ स्टॉप कोक खेलने के बाद दाब

$P = \frac{105}{RT} \times \frac{RT}{V_{total}} = \frac{105}{10+5} = 7$ atm

Th6

4.1. गैसीय मिश्रण का विश्लेषण :

D6 **वाष्प–घनत्व :**

तापमान T तथा दाब P की आदर्श परिस्थितियों के अन्तर्गत H_2 गैस के घनत्व के सापेक्ष किसी गैस के घनत्व से गैस के वाष्प–घनत्व को परिभाषित किया जाता है।

$$\text{वाष्प–घनत्व} = \frac{\text{T तथा P पर गैस का घनत्व}}{\text{T तथा P पर } H_2 \text{ का घनत्व}}$$

$$P = \frac{m}{V}.\frac{RT}{M} \quad \Rightarrow \quad P = \rho\frac{RT}{M} \qquad \rho = \frac{PM}{RT}$$

$$\text{वाष्प–घनत्व} = \frac{PM_{\text{गैस}} \times RT}{RT \times PM_{H_2}} = \frac{M_{\text{गैस}}}{M_{H_2}} = \frac{M_{\text{गैस}}}{2} \qquad \text{(समान ताप एवं दाब पर)}$$

F5 $M_{\text{गैस}} = 2 \times$ वाष्प घनत्व

गैसीय–मिश्रण का औसत आण्विक भार :

मिश्रण के कुल दाब को मिश्रण में मोलों की कुल संख्या से विभाजित किया जाता है।

$$M_{\text{मिश्रण}} = \frac{\text{मिश्रण का कुल भार}}{\text{मोलों की कुल संख्या (मिश्रण में)}}$$

मोलर भार 'M_1' की एक गैस के 'n_1' मोल

मोलर भार 'M_2' की एक गैस के 'n_2' मोल

मोलर भार 'M_3' की एक गैस के 'n_3' मोल

यदि तीन भिन्न गैसें जिनके मोलर द्रव्यमान क्रमशः 'M_1', 'M_2' एवं 'M_3' हो, के 'n_1', 'n_2' एवं 'n_3'.

$$M_{\text{मिश्रण}} = \frac{n_1M_1 + n_2M_2 + n_3M_3}{n_1 + n_2 + n_3}$$

Solved Example

Example 1. STP पर नाइट्रोजन के 7 g , CO_2 के 22 g तथा CO के 5.6 लीटर गैसों के मिश्रण के औसत मोलर भार की गणना करो।

हल. N_2 के मोल = 7/28 = 1/4

CO_2 के मोल = 22/44 = 1/2

CO के मोल = 5.6 / 22.4 = 1/4

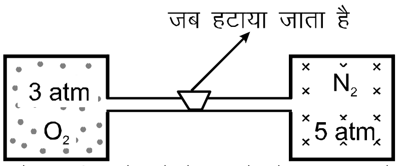
$$\text{माध्य मोलर भार} = M_{min} = \frac{n_1M_1 + n_2M_2 + n_3M_3}{n_1 + n_2 + n_3} = (7 + 7 + 22) / 1 = 36$$

5. खण्ड (D) : ग्राहम का विसरण का नियम

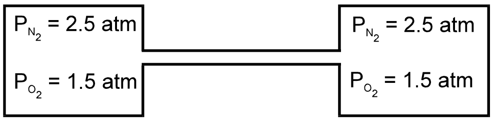
Th7

5.1. विसरण/निसरण का ग्राहम् नियम :

D7 **विसरण :** उच्च सान्द्रता (उच्च आंशिक दाब) के क्षेत्र से निम्न सान्द्रता के क्षेत्र (निम्न आंशिक दाब) की ओर गैसीय अणु का तात्क्षणिक प्रवाह विसरण कहलाता है।



दोनों ओर से प्रवाह होगा, जिसमें दोनों पात्रों में N_2 इसके आंशिक दाब को बराबर रखने का प्रयास करेगी तथा O_2 भी ऐसा ही करेगी।



ग्राहम् नियम :

ताप व दाब (आंशिक दाब) की समान परिस्थितियों के अन्तर्गत विभिन्न गैसों के विसरण की दर, विभिन्न गैसों के घनत्व के वर्गमूल के व्युत्क्रमानुपाती होता है।

विसरण की दर $r \propto \frac{1}{\sqrt{d}}$ d = गैस का घनत्व

F6 $\frac{r_1}{r_2} = \frac{\sqrt{d_2}}{\sqrt{d_1}} = \frac{\sqrt{M_2}}{\sqrt{M_1}} = \sqrt{\frac{V.D_2}{V.D_1}}$ V.D वाष्प घनत्व है।

r = आयतन प्रवाह दर = $\frac{dV_{\text{बाह्य}}}{dt}$; r = मोल प्रवाह दर = $\frac{dn_{\text{बाह्य}}}{dt}$

r = प्रति इकाई समय में गैसीय अणु द्वारा तय की गई दूरी = $\frac{dx}{dt}$

जब एक या सभी चर राशियाँ (parameter) परिवर्तित हो सकती हों, तो ग्राहम् के विसरण नियम को सामान्यरूप से इस प्रकार से व्यक्त किया जाता है।

F7 दर $\propto \frac{P}{\sqrt{TM}} A$

P – दाब , A – छिद्र का क्षेत्रफल, T – तापमान, M – आण्विक भार

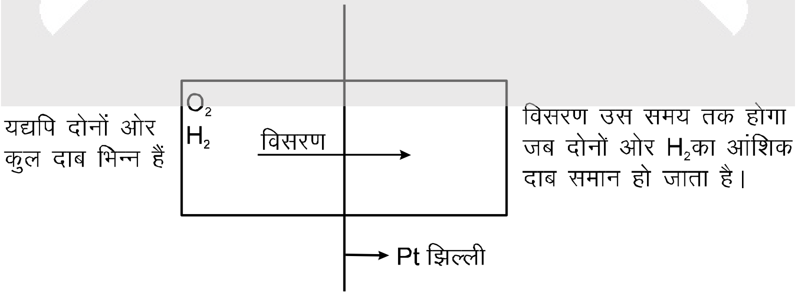
- यदि गैसों के आंशिक दाब समान नहीं हैं, तब विसरण की दर आंशिक दाब के समानुपाती होता है तथा मोलर भार के वर्ग मूल के व्युक्रमानुपाती होता है

  $r \propto P$

  $r \propto \frac{1}{\sqrt{M}}$; $\frac{r_1}{r_2} = \frac{P_1}{P_2}\sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$

चयनात्मक विसरण :

यदि एक मिश्रण के एक अथवा एक से अधिक अवयवों को विसरित किया जाता है तथा अन्यों को नहीं किया जाता है, तो इसे अवयव का चयनात्मक विसरण कहते है।

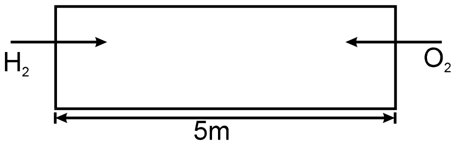


☞ **प्लेटिनम केवल H_2** गैस को प्रवाहित होने देती है

निसरण : (बल पूर्वक विसरण) एक गैस को बाह्यय दाब के अनुप्रयोग द्वारा एक छिद्र में से विसरित किया जाता है।

Solved Example

Example 1. एक नली जिसकी लम्बाई 5 m है इसके विपरीत दो सिरों पर दो सममित छिद्र हैं। समान परिस्थितियों के अन्तर्गत विपरीत सिरों से नली में H_2 तथा O_2 को निसरित किया जाता है तो वह बिन्दु ज्ञात कीजिए, जहाँ दोनों गैसे प्रथम बार मिलती हैं ?



हल. $\frac{r_1}{r_2} = \frac{ax}{dt} \times \frac{dt}{dx} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} = \frac{dx_1}{dx_2} = \sqrt{\frac{32}{2}}$

$\frac{dx_1}{dx_2} = 4 \quad \Rightarrow \quad \frac{H_2 \text{ द्वारा तय की गई दूरी}}{O_2 \text{ द्वारा तय की गई दूरी}} = 4$

$\frac{x}{(5-x)} = 4 \quad \Rightarrow \quad x = (5-x)\,4 \quad \Rightarrow \quad x = 20 - 4x$

$5x = 20$ $\quad$ H_2 की ओर से $x = 4$

Example 2. यह मानकर कि आपके पास हाइड्रोजन गैस का प्रादर्श है जो कि H_2, HD तथा D_2 युक्त है उसमें से आपको शुद्ध अवयवों को पृथक करना हो, तब ($H = {}^1H$ तथा $D = {}^2H$) तो ग्राहम नियम के अनुसार तीनों अणुओं के विसरण की आपेक्षिक दर क्या होगी ?

हल. चूँकि D_2 तीनों अणुओं में से भारी है अतः इसका विसरण बहुत कम होता है तथा हम इसकी आपेक्षिक दर 1.00 मानकर हम HD तथा H_2 की D_2 के साथ तुलना कर सकते हैं।

HD की D_2, के साथ तुलना करने पर हमें निम्न प्राप्त होगा।

$$\frac{\text{HD विसरण की दर}}{D_2 \text{ विसरण की दर}} = \sqrt{\frac{D_2 \text{ का द्रव्यमान}}{\text{HD का द्रव्यमान}}} = \sqrt{\frac{4.0 \text{ amu}}{3.0 \text{ amu}}} = 1.15$$

H_2 की D_2 के साथ तुलना करने पर

$$\frac{H_2 \text{ विसरण की दर}}{D_2 \text{ विसरण की दर}} = \sqrt{\frac{D_2 \text{ का द्रव्यमान}}{H_2 \text{ का द्रव्यमान}}} = \sqrt{\frac{4.0 \text{ amu}}{2.0 \text{ amu}}} = 1.41$$

इस तरह विसरण की आपेक्षिक दर क्रमशः $H_2(1.41) > HD\ (1.15) > D_2(1.00)$ है।

6. खण्ड (E) : गैसों की गतिक अवधारणा

Th8

6.1. गैसो का गतिज सिद्धान्त :

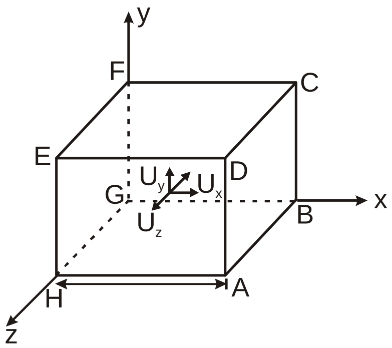
KTG की परिकल्पनाएँ :

- गैस के एक छोटे गोलीय कण को गैसीय अणु कहते है जो आकृति एवम् आकार (द्रव्यमान) में समान होते हैं।
- अणुओं द्वारा घेरा गया आयतन, गैस के कुल आयतन की तुलना में नगण्य होता है। एक आदर्श गैस के लिए आदर्श गैस अणु का आयतन ≈ 0 है।
- गैसीय अणु हमेशा यादृच्छिक गति करते है तथा दूसरे गैसीय अणुओं के साथ तथा पात्र की दीवार के साथ टकराते हैं तथा पात्र की दीवारों के साथ इन अणुओं के संघट्‌ट (टक्कर) होने के कारण गैस का दाब होता हैं।
- गैस का दाब पात्र की दीवारों के साथ उनके आण्विक संघट्‌ठ के कारण है।
- यह संघट्‌ठ प्रत्यास्थ प्रकृति के होते है।
- आण्विक आकर्षण बल नगण्य होते हैं। वास्तव में एक आदर्श गैस के लिए आकर्षण अथवा प्रतिकर्षण बल शून्य होते है।
- गैसीय अणु की गति पर गति के न्यूटन नियम लागू होते हैं।
- आण्विक गति पर गुरुत्व का प्रभाव नगण्य होता है।
- गैसीय अणु के लिए औसत गतिज ऊर्जा (K.E.), गैस के परम ताप के समानुपाती होती है।

$\frac{1}{2} M(\overline{u^2}) \propto T$ $\qquad$ गैसीय अवस्था के लिए गतिज समीकरण (गैस के दाब के लिए व्यंजक)

Der.1 m = एक अणु का द्रव्यमान

$\vec{u} = u_x\hat{i} + u_y\hat{j} + u_z\hat{k}$



ABCD से संघट्‌ठ पर विचार करो।

$\vec{P}_i = mu_x\hat{i}$ प्रारम्भ में

$\vec{P}_f = -mu_x\hat{i}$ अन्त में

संघट्‌ठ के कारण संवेग में परिवर्तन = $2U_x m$

फलक ABCD के साथ दो क्रमागत संघट्‌ठ के बीच लिया गया समय = $t = \frac{2\ell}{\mu_x}$

संघट्‌ठ के लिए आवृति = $\frac{1}{t} = \frac{U_x}{2\ell}$

एक सैकण्ड में संवेग में परिवर्तन = बल = $2m\,\frac{U_x \times U_x}{2\ell}$

$F_x = \frac{2mU_x^2}{\ell}$

सभी अणुओं के कारण बल = $\frac{m}{\ell}\{U_{x_1}^2 + U_{x_2}^2 + \ldots\ldots + U_{x_N}^2\}$

U_N^2 का औसत मान = $\overline{U_N^2} = \frac{Ux_1^2 + U_{x_2}^2 + \ldots\ldots\ldots U_{x_N}^2}{N}$

$F_x = \frac{m}{\ell}\{N \quad \overline{U_x^2}\}$

पूर्ण रूप से यादृच्छिक गति होने के कारण सभी तीनों दिशाएं समान हैं, अतः

$\overline{U_x^2} = \overline{U_y^2} = \overline{U_z^2}$

$\overline{U^2} = \frac{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + \ldots\ldots + U_N^2}{N} = \overline{U_x^2} + \overline{U_y^2} + \overline{U_z^2} = 3\overline{U_x^2}$

$F = \frac{m}{\ell}.N\frac{1}{3}\overline{U^2}$

दाब $\frac{F_x}{\ell^2} = \frac{1}{3}\frac{mN}{\ell^3}\overline{U^2}$ पात्र का आयतन 'V' = ℓ^3 जहाँ

$\therefore$ $PV = \frac{1}{3}mN\overline{U^2}$ (गैसो की गतिज समीकरण)

जहाँ $\overline{U^2}$ माध्य वर्ग वेग हैं।

वर्ग माध्य मूल वेग = $U_{rms} = \sqrt{\overline{U^2}} = \sqrt{\left(\frac{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + \ldots\ldots \quad U_N^2}{N}\right)}$

Th9

6.2. गतिज समीकरण का उपयोग कर गैसीय नियमों का सत्यापन :

F8 एक परिकल्पना के अनुसार ; $PV = \frac{1}{3} mN\overline{U^2}$

$\frac{1}{2} m\overline{U^2} \propto T = \lambda T$ जहाँ 'λ' समानुपात नियतांक हैं

$PV = \frac{2}{3}\left(\frac{1}{2} m\overline{U^2}\right) N$; $PV = \frac{2}{3} \lambda NT$ (N = Total number of molecules)

बॉयल–नियम : N : नियत
T : नियत ⇒ PV = नियत

चार्ल्स नियम : N : नियत
P : नियत ⇒ $V \propto T$

गैसीय अणुओं की गतिज ऊर्जा (स्थानान्तरण गतिज ऊर्जा)

⇒ λ को परिकलित करने के लिए हमें आदर्श गैस समीकरण काम में लेनी चाहिए (प्रायोगिक समीकरण)
PV = nRT

गतिज समीकरण $PV = nRT = \frac{2}{3} \lambda NT = \frac{2}{3} \lambda (nN_A)T$

तुलना करने पर $\lambda = \frac{3}{2} \times \frac{R}{N_A}$

$\lambda = \frac{3}{2} K$ जहाँ $K = \frac{R}{N_A}$ = बोल्ट्जमान नियतांक

F9 अणु की औसत गतिज ऊर्जा $= \frac{1}{2} m\overline{U^2} = \lambda T$; औसत गतिज ऊर्जा $= \frac{3}{2} KT$
(केवल ताप पर निर्भर करते हैं गैस की प्रकृति पर नहीं)

F10 एक मोल के लिए औसत गतिज ऊर्जा $= N_A\left(\frac{1}{2} m\overline{U^2}\right) = \frac{3}{2} KN_AT = \frac{3}{2} RT$

- **वर्ग माध्य मूल वेग (U_{rms})**

$U_{\text{वर्ग माध्य मूल वेग}} = \sqrt{\overline{U^2}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3RT}{mN_A}}$ गैस की प्रकृति पर निर्भर करता है।

- गैस की प्रकृति पर निर्भर करती है अर्थात् गैस के द्रव्यमान पर।

F11 $U_{\text{वर्ग माध्य मूल वेग}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$ m-एक अणु का द्रव्यमान

$U_{\text{वर्ग माध्य मूल वेग}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$ मोलर द्रव्यमान kg/mol में होना चाहिए (SI इकाई में)।

- **औसत गति (U_{av})**

F12 $U_{av} = \frac{U_1 + U_2 + U_3 + ...U_N}{N}$; $U_{av} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} = \sqrt{\frac{8KT}{\pi m}}$ K बोल्ट्जमान नियतांक हैं।

- **सर्वाधिक सम्भव वेग (U_{mp}) :** दिये गये ताप पर अधिकतम अणुओं की संख्या द्वारा धारण गति को बताता है।

F13 $U_{mp} = \sqrt{\frac{2RT}{M}} = \sqrt{\frac{2KT}{m}}$
अधिकतम अणुओं की संख्या द्वारा गति को बताया जाता है।

Molecular speed

- Most probable speed: $\sqrt{\frac{2KT}{m}} = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$
- Average speed: $\sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} = \sqrt{\frac{8KT}{m}}$
- Root mean square: $\sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3KT}{m}}$

$$V_{mps} : V_{av} : V_{rms} = \sqrt{2} : \sqrt{\frac{8}{\pi}} : \sqrt{3}$$

Solved Example

Example 1. एक लीटर क्षमता वाले पात्र में प्रत्येक 10^{-22} gms द्रव्यमान के लिए 10^{23} अणु होते हैं। यदि मूल माध्य वर्ग गति 10^5 cm/sec है, तो गैस का दाब परिकलित कीजिए।

हल. $PV = \frac{1}{3} mNU^2_{rms}$

$P = ?$; $V = 10^{-3}\ m^3$

$m = 10^{-25}$ kg ; $N = 10^{23}$

$\sqrt{\overline{U^2}} = 10^5$ cm/sec $= 10^3$ m/sec

$\overline{U^2} = 10^6\ m^2/sec^2$

$P \times 10^{-3} = \frac{1}{3} \times 10^{-25} \times 10^{23} \times 10^6$

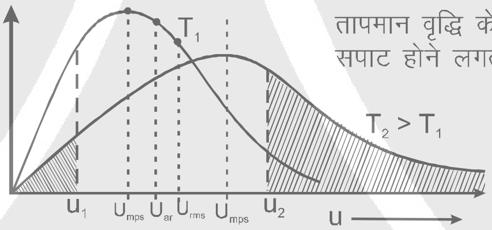
$P = \frac{1}{3} \times 10^{-2} \times 10^6 \times 10^3$; $P = \frac{1}{3} \times 10^7$ पास्कल

Th10

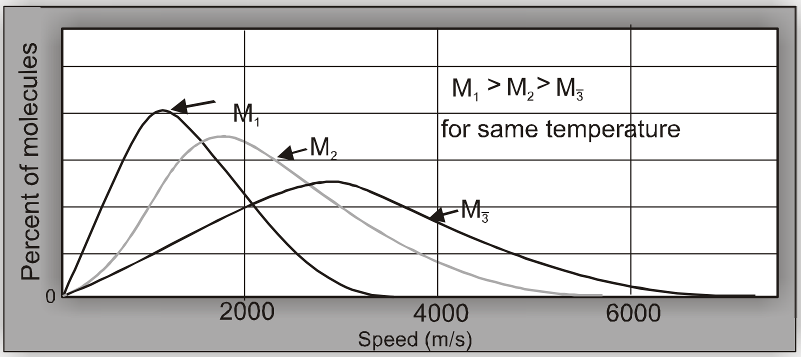
6.3. आण्विक गतियों का मैक्सवेल वितरण :

आण्विक गतियों के लिये अभिधारणाएँ

- यह प्रायिकता के सिद्धान्त पर आधारित है।
- यह गैस अणुओं के पूरे संग्रह की गति का सांख्यिकी औसत देता है।
- मैक्सवेल के अनुसार गैसीय अणुओं की गति 0 से ∞ तक परिवर्तित हो सकती है। मैक्सवेल के गति वितरण का अणुओं के अंश के साथ निम्न प्रकार ग्राफ बनाया जा सकता है।



- वक्र के अन्तर्गत क्षेत्रफल, अणुओं का कुल प्रभाज बताता है जिनकी गति शून्य से अनन्त तक होती हैं।
- वक्र के अर्न्तगत कुल क्षेत्रफल नियत रहता हैं। सभी तापमान पर इसका मान इकाई के रूप में आता हैं।
- शून्य से u_1 के बीच वक्र के अर्न्तगत क्षेत्रफल अणुओं का प्रभाज देता हैं जिनकी गति 0 से u_1 तक होती है। यह प्रभाज T_1 पर अधिक हैं तथा T_2 पर कम हैं
- वक्र के शीर्ष अधिकतम प्रायिक वेग से संबधित है।
- उच्च ताप पर अणुओं का अंश जिसका निश्चित वेग मान होता है कम हो जाता है।
- दिये गये ताप पर विभिन्न मोलर द्रव्यमान रखने वाली गैसों के लिए निम्न आरेख दिया जाता है



7. खण्ड (F) : गैस आयतनमिति
Th11
7.1. गैस आयतनमिति :
गैसीय मिश्रण का विश्लेषण गैस आयतनमिति कहलाता है। गैसों की पहचान विशिष्ट अभिकर्मकों के द्वारा गैसों को अवशोषित करके की जाती है।

कुछ सामान्य कारक :

- द्रव तथा विलयन, गैसों को अवशोषित कर सकते हैं।
- यदि एक हाइड्रोकार्बन को जलाया जाता है, तो मुक्त हुई गैस CO_2 तथा H_2O होगी। [जलीय KOH द्वारा CO_2 को अवशोषित किया जाता है तथा H_2O को ठंडा करके पृथक किया जाता है।]
- यदि कार्बनिक यौगिक S अथवा P युक्त हों, तो कार्बनिक यौगिक को जलाकर इनको SO_2 तथा P_4O_{10} में परिवर्तित किया जाता है।
- यदि नाइट्रोजन उपस्थित हो, तो इसे N_2 में परिवर्तित किया जाता है।
  [केवल अपवाद : यदि कार्बनिक यौगिक – NO_2 समूह युक्त हों तो NO_2 मुक्त होती है]
- यदि मिश्रण, N_2 गैस युक्त हो तथा इसे O_2 गैस के साथ विस्फोटित किया जाए, तो जब तक निर्धारित नहीं किया जाए तब तक किसी ऑक्साइड का बनना नहीं माना जाता है।
- ओजोन, टरपेन्टाइन ऑयल में तथा ऑक्सीजन, क्षारीय पायरोगैलोल में अवशोषित होती है।

Solved Example

Example 1. कार्बन डाइऑक्साइड (CO_2) की 1 लीटर मापित मात्रा को गर्म कोक (C) से प्रवाहित किया जाता है, तो गैस का कुल आयतन 1.6 लीटर हो जाता है। CO_2 का कार्बन मोनोऑक्साइड में % परिवर्तन ज्ञात कीजिए।

हल– $CO_2 + C \longrightarrow 2CO$ $\quad CO_2 \quad CO$

1 $\quad$ 0 $\quad$ t समय पर $\quad 1 - x \quad 2x$

प्रारंभिक आयतन = 1 लीटर

अन्तिम आयतन = 1.6 लीटर $\qquad$ अन्तिम आयतन = (1 + x) लीटर

$1 + x = 1.6$

$x = 0.6$

$x = 0.6$

$\frac{0.6}{1} \times 10 = CO_2$ का 60%, CO में बदल जाता है।

Example 2. ऑक्सीजन के आधिक्य के साथ हाइड्रोकार्बन के 100 ml को मिश्रित किया जाता है तथा विस्फोटित किया जाता है। मिश्रण को ठंडा करने पर 250 ml का संकुचन हो जाता है शेष बची गैस को जलीय KOH के विलयन में से प्रवाहित किया जाता है, तो आगे 300 ml का फिर संकुचन दर्शाता है। हाइड्रोकार्बन का आण्विक सूत्र ज्ञात कीजिए।

हल. $C_xH_y + \left(x + \frac{Y}{4}\right)O_2 \longrightarrow x\,CO_2 + \frac{y}{2}H_2O$

100 ml $\qquad x\,100 \qquad \frac{y}{2}100.$

मिश्रण CO_2, H_2O तथा आधिक्य O_2 युक्त होता है।

ठंडा करने पर, H_2O पृथक् हो जाता है, अतः H_2O का आयतन = 250 ml

$\frac{y}{2} \times 100 = 250$; $\quad y = 5,$

KOH, CO_2 को अवशोषित करता है। अतः CO_2 का 300 ml संकुचन जो अवशोषित हो जाता है।

CO_2 का आयतन = 100 x = 300

x = 3

मूलानुपाती सूत्र = C_3H_5 ; $\quad$ अणुसूत्र = C_6H_{10}

नोट : यदि जल का पहले संघनन हो चुका हो तो अभिक्रिया मिश्रण में कुल संकुचन = {अभिकारक का आयतन} – {उत्पाद का आयतन + H_2O के आयतन को छोड़कर अप्रयुक्त अभिकारक का आयतन}

Example 3. ऑक्सीजन के अधिक्य में हाइड्रोकार्बन के 100 ml को जलाया जाता है, तो जल संघनित होकर बाहर आ जाता है तथा अभिक्रिया मिश्रण में कुल संकुचन 250 ml पाया गया जब अभिक्रिया मिश्रण को जलीय KOH में विस्फोटित किया गया तो 300 ml का और संकुचन प्रेक्षित हुआ, तो हाइड्रोकार्बन का अणु सूत्र ज्ञात कीजिए।

हल. $C_xH_y + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$

100 ml   आधिक्य   300 ml

कार्बन परमाणु पर 'POAC' द्वारा

$x \times 100 = 300$

$x = 3$

H-परमाणु पर 'POAC' द्वारा

$y \times 100 = 2 \times V_{H_2O}$

O परमाणु पर 'POAC' द्वारा

$2 \times V = 2 \times 300 + 1 \times H_2O$ (V = प्रयुक्त O_2 का आयतन)

$2 \times V = 600 + 50\,y$

$V = \frac{600 + 50y}{2}$ (प्रयुक्त किए गये O_2 का आयतन)

आयतन संकुचन कुल 250 ml है।

अतः $100 + V - 300 = 250$

$-200 + V = 250$

$V = 450$ ml

$2 \times 450 - 600 = 50\,y$

$\frac{300}{50} = y = 6$

हाइड्रोकार्बन C_3H_6 होगा

वैकल्पिक :

संतुलित रासायनिक समीकरण का उपयोग कर

$$C_xH_y + \left(\frac{x+y}{4}\right) O_2 \longrightarrow xCO_2 + \frac{y}{2} H_2O$$

t = 0	100 ml	V	0	0
t	0	$V - 100\left(x + \frac{y}{4}\right)$	100 x ml	$\frac{100\,y}{2}$

बचा हुआ आयतन निकालने के लिए

$V - 100\left(x + \frac{y}{4}\right) + 100x + 50y$

$-100 - V = 250$

$-25y + 50y = 150$

$25y = 150$; $y = 6$

8. सारांश

गैस, परमाणुओं और अणुओं का ऐसा समूह है जो किसी आयतन में स्वतंत्र रूप से गति करते हैं तथा यह आयतन अधिकतर रिक्त स्थान होता है। यादृच्छिक रूप से गति कर रहे कण पात्र की दीवार से टकराकर इकाई क्षेत्र में बल लगाते हैं, जिसे हम दाब कहते हैं। दाब की SI इकाई पास्कल है, लेकिन वायुमण्डलीय दाब और Hg के mm के रूप में अधिकतर उपयोग लिया जाता है। गैस की भौतिक अवस्था 4 पदों द्वारा परिभाषित की जाती है। दाब (P), ताप (T), आयतन (V) तथा मोलर मात्रा (n) इन पदों के मध्य निश्चित सम्बन्ध गैसीय नियम कहलाते हैं –

बॉयल का नियम : गैस का आयतन इसके दाब के व्युत्क्रमानुपाती होता है। $V \propto 1/P$ या
$PV = k$ (नियत n तथा T पर)

चार्ल्स का नियम : गैस का आयतन इसके ताप (केल्विन) के समानुपाती होता है।
$V \propto T$ या $V/T = k$ (नियत n तथा P पर)

आवागाद्रो नियम : गैस का आयतन इसकी मोलर मात्रा के समानुपाती होता है। $V \propto n$ या
$V/n = k$ नियत (नियत T तथा P पर)

इन तीनों गैस नियमों को मिलाकर आदर्श गैस समीकरण $PV = nRT$ बनाई जाती है। यदि चार में तीन पद ज्ञात हो तो चौथा चर (variable) ज्ञात कर सकते हैं। समीकरण में नियतांक R गैस नियतांक है जो सभी गैसों के लिये समान है। मानक ताप और दाब पर (STP ; 1 atm और 0°C) पर एक आदर्श गैस का मोलर आयतन 22.414 L होता है।

गैस नियम गैसों के मिश्रण और शुद्ध गैस दोनों पर लगाये जा सकते है। डाल्टन के आंशिक दाब के नियम के अनुसार गैस के मिश्रण द्वारा पात्र पर लगाया गया कुल दाब, प्रत्येक गैस के कणों द्वारा लगाये गये व्यक्तिगत दाब के योग के बराबर होता है।

गैसों के व्यवहार को एक मॉडल, जिसे अणु गतिक सिद्धान्त कहते हैं, का उपयोग कर समझाते हैं ये पाँच अनुप्रयोगो का समूह है।।

Problem 1. गैस में अत्यन्त सूक्ष्म कण होते हैं, जो अनियमित गति करते हैं।

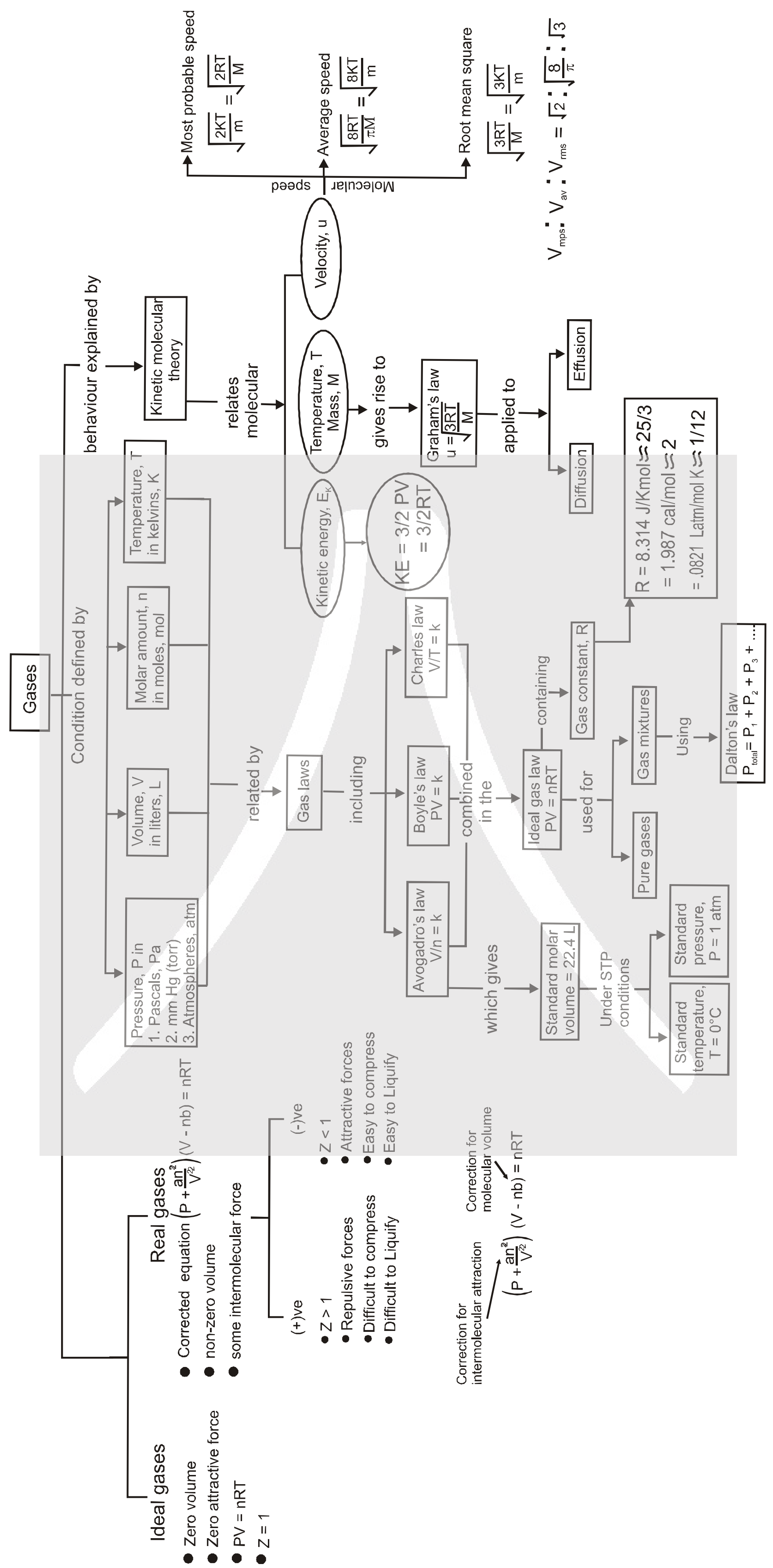
Problem 2. गैस के कुल आयतन की तुलना में गैस के एक कण का आयतन नगण्य है।

Problem 3. इन कणों के मध्य न तो आकर्षण, न ही कोई प्रतिकर्षण का बल होता है।

Problem 4. गैस के कणों में प्रत्यास्थ टक्कर होती है।

Problem 5. गैस के कणों की औसत गतिज ऊर्जा उसके परमताप के समानुपाती होती है।

अणु गतिज सिद्धान्त द्वारा ताप और गतिज ऊर्जा के मध्य सम्बन्ध प्राप्त होता है जिससे गैस के किसी कण का किसी ताप पर औसत गति की गणना करना संभव है । इसी क्रम में उपर्युक्त संबधित महत्वपूर्ण ग्राहम नियम है जिसके अनुसार गैस की एक झिल्ली के एक सूक्ष्म छिद्र से स्वतः प्रवाहित होने की दर अथवा निःस्रण की दर गैस के द्रव्यमान के वर्ग मूल के व्युत्क्रमानुपाती होती है। विशेषतः उच्च दाब पर वास्तविक गैस आदर्श व्यवहार से भिन्न व्यवहार दर्शाती है, जो कि आदर्श गैस नियम द्वारा अनुमानित किया जाता है, जहाँ पर गैस के कण आकर्षण बल द्वारा समीकृत हैं तथा इनके मध्य अर्न्तार्णिवक बल प्रभावी होता है।


Gases
Condition defined by
behaviour explained by
Kinetic molecular theory
relates molecular
Temperature, T Mass, M
Velocity, u
Molecular speed
Most probable speed
Average speed
Root mean square
gives rise to
Graham's law
applied to
Diffusion
Effusion
Kinetic energy, E
KE = 3/2 PV = 3/2RT
Pressure, P in
1. Pascals, Pa
2. mm Hg (torr)
3. Atmospheres, atm
Volume, V in liters, L
Molar amount, n in moles, mol
Temperature, T in kelvins, K
related by
Gas laws
including
Avogadro's law V/n = k
Boyle's law PV = k
Charles law V/T = k
combined in the
Ideal gas law PV = nRT
containing
Gas constant, R
R = 8.314 J/Kmol ≃ 25/3
= 1.987 cal/mol ≃ 2
= .0821 Latm/mol K ≃ 1/12
used for
Pure gases
Gas mixtures
Using
Dalton's law
which gives
Standard molar volume = 22.4 L
Under STP conditions
Standard temperature, T = 0°C
Standard pressure, P = 1 atm
Ideal gases
Zero volume
Zero attractive force
PV = nRT
Z = 1
Real gases
Corrected equation
non-zero volume
some intermolecular force
(+)ve
Z > 1
Repulsive forces
Difficult to compress
Difficult to Liquify
(-)ve
Z < 1
Attractive forces
Easy to compress
Easy to Liquify
Correction for intermolecular attraction
Correction for molecular volume

Miscellaneous Solved Problems (MSPs)

Problem 1 झील की सतह पर 1 बुलबुले का व्यास 4 mm है तथा तल पर 1 mm है। यदि वायुमण्डलीय दाब 1 atm है, झील का तथा वातावरण का ताप समान है तो झील की गहराई बताइये ? (जल तथा मर्करी का घनत्व क्रमशः 1 g/ml तथा 13.6 g/ml है। पृष्ठ तनाव के कारण लगने वाले दाब को नगण्य माना जाता है।)

Solution: $P_1V_1 = P_2V_2$

$\therefore$ (760 mm × 13.6 × g) $\frac{4}{3}\pi$ (4 mm/2)^3 = (760 mm × 13.6 × g + h × 1 × g) $\frac{4}{3}\pi$ (1 mm/2)^3

760 × 13.6 × 64 = (760 × 13.6 + h)

h = 64 × 760 × 13.6 – 760 × 13.6

h = 63 × 760 × 13.6 mm

h = $\frac{63 \times 760 \times 13.6}{1000 \times 1000}$ km = 0.6511 km = **651.1 m Ans.**

Problem 2 एक गैस प्रारम्भ में 1 atm पर है इस गैस को प्रारम्भिक आयतन के 1/4 आयतन तक सम्पीडित करने के लिये आवश्यक दाब क्या होगा ?

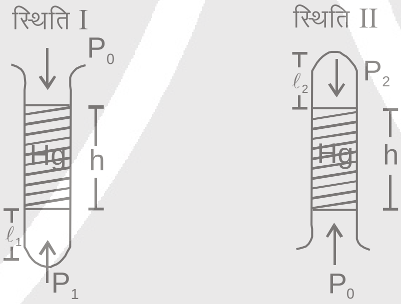
Solution: P_1 = 1 atm V_1 = V

P_2 = ? V_2 =

$P_1V_1 = P_1V_2$ at const. T & n

$P_2 = \frac{P_1V_1}{V_2} = \frac{1\ \text{atm} \times V}{V/4}$ = **4 atm Ans.**

Problem 3 एक गैस कॉलम को ट्यूब के बन्द सिरे तथा लम्बाई (h) के मर्करी कॉलम के बीच रखा जाता है। जब इसके ऊपरी खुले सिरे को ऊपर रखकर नली को रखा जाता है, तो गैस कॉलम की लम्बाई (ℓ_1) है तथा गैस कॉलम की लम्बाई (ℓ_2) होगी जब नली का खुला सिरा नीचे की ओर रखा जाता है। Hg कॉलम की ऊँचाई के पदों में वायुण्डलीय दाब ज्ञात कीजिए।



Solution: गैस के लिए $P_1 = (P_O + h)$ $P_2 = (P_O - h)$

$V_1 = \pi r^2 \ell_1$ $V_2 = \pi r^2 \ell_2$

at const T. and moles.

$P_1V_1 = P_2V_2$; $(P_O + h)\ \pi r^2 \ell_1 = (P_O - h)\ \pi r^2 \ell_2$

$P_O\ell_2 + h\ell_1 = P_O\ell_2 - h\ell_2$

$P_O\ell_2 - P_o\ell_1 = h\ell, + h\ell_2$

$P_0 = \frac{h\,(\ell_1 + \ell_2)}{(\ell_2 - \ell_1)}$ cm of Hg column **Ans.**

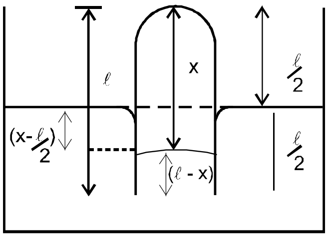
Problem 4 यदि जल को मर्करी के स्थान पर काम में लेते हैं, तो सामान्य वायुमण्डलीय दाब को मापने के लिए बेरामीटर नलिका की न्यूनतम लम्बाई क्या होनी चाहिए ?

Solution: $P_{H_g} = P_{H_2O} = P_{atm}$.

0.76 m × 13.6 × g = h_{H_2O} × 1 × g ;

h_{H_2O} = 0.76 × 13.6 = **10.336 m Ans.**

Problem 5 Hg के 75 cm दाब पर 50 cm लम्बाई की एक नलिका प्रारम्भ में खुले वायुमण्डल में रखी है। अब इस नली को Hg पात्र में इसकी लम्बाई की आधी लम्बाई तक डुबोया जाता है। नली के अन्दर मर्करी कॉलम का स्तर ज्ञात कीजिए।



Solution: नली को डुबाने पर

माना, वायु कॉलम की लम्बाई x cm, (जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।)

$P_i V_i = P_f V_f$ प्रयोग करके

75 cm Hg × ℓA = P_f × x × A .... (1) (ℓ = 50 cm)

$P_f = 75 \text{ cm Hg} + (x - \frac{\ell}{2})$ .... (2)

(2) & (1) $\Rightarrow$ [75 + (x – 25)] × x = 75 × 50

$\Rightarrow$ $x^2 + 50x - 3750 = 0$

$\therefore$ x = 41.14 या – 91.14

लेकिन, x cm का मान ऋणात्माक नहीं हो सकता अतः x = 41.14

$\therefore$ नली के अन्दर मर्करी कॉलम = (50 – 41.14) cm **= 8.86 cm Ans.**

Problem 6. तापमान 27ºC अथवा 300 K पर आयतन V का एक खुला पात्र, वायु युक्त है। पात्र को किस ताप पर इस प्रकार गर्म किया जाए कि जिससे निकली गैस की मात्रा

(a) पात्र में प्रारम्भ में उपस्थित गैस की मात्रा की 2/3 भाग हो।

(b) पात्र में, अन्त में बची गई गैस की मात्रा का 2/3 भाग हो।

Solution: (a) यहाँ, P तथा V नियत है जब की n या T बदल रहा है।

माना प्रारम्भ में गैस की n मात्रा 27ºC ताप पर उपस्थित है। अन्त में उपस्थित गैस = $n - \frac{2}{3}n = \left(\frac{1}{3}\times n\right)$ तथा

अन्तिम ताप T है। अतः $n_1T_1 = n_2T_2$

$n \times 300 = \frac{n}{3} \times T_2 = T_2 = 900K$

अन्तिम तापमान = 900K

(b) माना x मात्रा गैस की पात्र में रह जाती है तथा x = $\frac{2}{3}$ बाहर निकल जाती है।

$\therefore$ $(\frac{2}{3}x + x) = n \Rightarrow \frac{5x}{3} = n$ $\therefore$ $x = \frac{3n}{5}$ $\therefore$ Using $n_1 T_1 = n_2 T_2$ $n \times 300 \text{ K} = \frac{3n}{5} \times T_2$

$\therefore$ T_2 = 500 K अतः अन्तिम तापमान = 500 K

Problem 7. 25°C ताप तथा 730 mm पर He से भरे 100 लीटर आयतन के गुब्बारे की भार उठाने की क्षमता ज्ञात करो। (वायु का घनत्व = 1.25 g/L).

Solution: $\therefore$ PV = nRT

$PV = \frac{W}{M}RT$ $\therefore$ $W = \frac{PVM}{RT} = \frac{730}{760} \times \frac{100 \times 4}{0.082 \times 298}$ ग्राम

अर्थात् He का द्रव्यमान = 15.72 ग्राम

हटा हुआ वायु का भार = 100 × 125 g/L = 125 ग्राम

$\therefore$ गुब्बारे का भार उठाने की क्षमता = 125 ग्राम – 15.72 ग्राम = **109.28 ग्राम Ans.**

Problem 8. एक मौसमी गुब्बारा हाइड्रोजन से 1 atm तथा 300 K पर भरा जाता है जिसका आयतन 12000 लीटर है, इसको उड़ाने पर यह उस स्थान पर पहुँचता है जहाँ ताप 250 K तथा दाब 0.5 atm है गुब्बारे का आयतन है।

(A) 24000 लीटर (B) 20000 लीटर (C) 10000 लीटर (D) 12000 लीटर

Solution: Using $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$; $\frac{1 \text{ atm} \times 12000 \text{ L}}{300 \text{ K}} = \frac{0.5 \text{ atm} \times V_2}{250 \text{ K}}$

$\therefore$ V_2 = 20,000 लीटर **अतः Ans. (B)**

Problem 9. एक लीटर के चार पृथक फ्लास्क को क्रमशः O_2, F_2, CH_4 तथा CO_2 की समान परिस्थितियों में भरा जाता है इन गैसों में अणुओं की संख्या का अनुपात है।

(A) 2 : 2 : 4 : 3 (B) 1 : 1 : 1 : 1 (C) 1 : 2 : 3 : 4 (D) 2 : 2 : 3 : 4

Solution: आवॉगाद्रो परिकल्पना के अनुसार

सभी फलास्क में अणुओ की संख्या समान है।

$\therefore$ अणु का अनुपात O_2, F_2, CH_4 & CO_2 = 1 : 1 : 1 : 1 **Ans (B)**

Problem 10. जलीय गैस के नमूने का संघटन 50% H_2, 45% CO तथा 5% CO_2 आयतन से होता है। STP पर जलीय गैस का आयतन ज्ञात करो जिसको कि भाप के आधिक्य से उपचारित करने पर 5 लीटर H_2 उत्पादित होती है अभिक्रिया के लिए समीकरण निम्न है: $CO + H_2O \longrightarrow CO_2 + H_2$

Solution: अगर x लीटर CO चाहिये, तो जल गैस में H_2 का आयतन = $\left(\frac{x}{0.45} \times 50\%\right)$ लीटर = $\left(\frac{x}{0.45} \times \frac{1}{2}\right)$ लीटर = $\frac{x}{0.9}$ लीटर

परन्तु समीकरण से $CO + H_2O \longrightarrow CO_2 + H_2$

गैल्यूसाक (Gay Lussac) नियम से H_2 का बनने वाला

आयतन = CO का लिया गया आयतन

$\therefore$ अभिक्रिया में लिया गया H_2 का आयतन = x लीटर

$\therefore$ H_2 का कुल आयतन = $\left(\frac{x}{0.9} + x\right)$ लीटर = 5 लीटर

$\Rightarrow$ $\frac{1.9x}{0.9}$ = 5 लीटर

$\therefore$ $x = \frac{0.9 \times 5}{1.9}$

$\therefore$ जल गैस का आयतन = $\frac{x}{0.45}$ लीटर = $\frac{0.9 \times 5}{1.9 \times 0.45}$ लीटर = **5.263 लीटर Ans.**

Problem 11 हाइड्रोजन के 2 ग्राम तथा सल्फरडाईऑक्साइड के 32 ग्राम युक्त फ्लास्क में हाइड्रोजन का आंशिक दाब है :

(A) कुल दाब का 1/16 भाग (B) कुल दाब का 1/9 भाग

(C) कुल दाब 2/3 भाग (D) कुल दाब का 1/8 भाग

Solution: $n_{H_2} = \frac{2g}{2g/mol} = 1$ mol. ; $n_{SO_2} = \frac{32g}{64g/mol} = 0.5$ mol

$\therefore$ $P_{H_2} = \frac{n_{H_2}}{(n_{H_2} + n_{SO_2})} \times P_T = \frac{1}{(1+0.5)} \times P_T = \frac{2}{3} P_T$. **Hence, Ans. (C)**

Problem 12 दो गैसों का समान आयतन, जो कि पृथक पात्र में एक साथ अभिक्रिया नहीं करती, उनके दाब क्रमशः 10 mm तथा 400 mm हैं, यदि दो पात्रों को एक साथ जोड दिया जाए तब परिणामी मिश्रण का दाब क्या होगा। (ताप को नियत मानते हुए)

(A) 120 mm (B) 500 mm (C) 1000 mm (D) 205 mm

Solution: माना कि, पात्र का आयतन V तथा तापमान T है

P_1 = 10mm P_2 = 400mm

$\therefore$ $n_1 = \frac{P_1V}{RT}$ & $n_2 = \frac{P_2V}{RT}$

$\therefore$ $n_1 + n_2 = \frac{(P_1+P_2) \times V}{RT}$

दोनों पात्र मिलाने पर अन्तिम आयतन = (V+V) = 2V(गैस के लिए)

$P_{final} = \frac{(n_1+n_2)RT}{V_{final}} = \frac{(P_1+P_2) \times V}{RT} \times \frac{RT}{2V} = \frac{(P_1+P_2)}{2} = \frac{(10+400)mm}{2} = 205$ mm. **Ans. (D)**

Problem 13 एक छिद्र से 1 सै. में H_2 गैस का 5 ml विसरित किया जाता है। उस O_2 का आयतन ज्ञात कीजिए जो 2 सै. में समान परिस्थितियों के अन्तर्गत समान छिद्र से विसरित किया जाता हो ।

Solution: H_2 के विसरण की दर = $\frac{5ml}{1\ \ sec}$ = 5 ml/s = r_{H_2} (say)

$\therefore\ r_{O_2} = r_{H_2} \times \frac{1}{4} = 5ml/s \times \frac{1}{4}$

2 सैकण्ड में O_2 का विसरित आयतन = $\frac{5}{4} \times 2$ ml = 2.5 ml.

Problem 14 एक पात्र में उपस्थित H_2 तथा O_2 का मोलर अनुपात क्रमशः 8 : 1 है। गैस के इस मिश्रण को छिद्र में से विसरित किया जाता है, छिद्र में से बाहर निकाले गये मिश्रण का संघटन ज्ञात कीजिए।

Solution: Here, $n_{H_2} : n_{O_2} = 8 : 1$ & $\frac{r_{H_2}}{r_{O_2}} = \frac{r_{H_2}}{r_{O_2}}\sqrt{\frac{M_{O_2}}{M_{H_2}}}$

$\Rightarrow \frac{r_{H_2}}{r_{O_2}} = \frac{8}{1} \times \sqrt{\frac{32}{2}} = \frac{32}{1}$ $\Rightarrow$ $\frac{H_2 \text{ के निकलने वाले मोलो की संख्या}}{O_2 \text{ के निकलने वाले मोलो की संख्या}} = \frac{32}{1}$

$H_2 : O_2$ का निकलने वाला संघटन = 32 : 1

Problem 15 ताप T_A तथा T_B पर दो गैसों के लिए आण्विक भार M_A तथा M_B है $T_AM_B = T_BM_A$, कौनसा गुणधर्म दोनों गैसों के लिए समान परिमाण रखता है।

(A) घनत्व (B) दाब (C) गतिज ऊर्जा 1 मोल (D) RMS गति

Solution: दिया है $T_A M_B = T_B M_A \Rightarrow \frac{T_A}{M_A} = \frac{T_B}{M_B}$

परन्तु r.m.s. = $\sqrt{\frac{3RT}{M}}$ $\Rightarrow$ r.m.s_A = $\sqrt{\frac{3RT_A}{M_A}}$ & r.m.s_B = $\sqrt{\frac{3RT_B}{M_B}}$

r.m.s_A = r.m.s_B **Ans. (D)**

Problem 16 यह माना गया है कि पृथ्वी के निर्माण के समय H_2 गैस उपलब्ध थी। परन्तु पृथ्वी की अधिक ऊष्मा के कारण ये बाहर चली गई पृथ्वी के निर्माण के समय इसका ताप क्या था।
(बाहर निकलने का वेग 1.1×10^6 cm/s)

Solution: H_2 के बाहर निकलने का वेग उसके औसत वेग के समान है।

H_2 की औसत वेग = 1.1×10^6 cm/s = 1.1×10^4 m/s

परन्तु औसत वेग = $\sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} \Rightarrow 1.1 \times 10^4 = \sqrt{\frac{8 \times 8.314 \times T}{\pi \times 2 \times 10^{-3}}}$ $\left(M_{H_2} = 2g = 2 \times 10^{-3} kg\right)$

$\therefore$ T = $\frac{\left(1.1 \times 10^4\right)^2 \times \pi \times 2 \times 10^{-3}}{8 \times 8.314}$ K = 11430.5 K = **11157.5ºC Ans.**

Problem 17 एक गैसीय मिश्रण जिसमें गैस CO, मेथेन CH_4 तथा N_2 उपस्थित हैं का आयतन 40 ml हैं, इस मिश्रण को ऑक्सीजन के आधिक्य के साथ विस्फोटित किया जाता हैं। ठंडा करने पर इस मिश्रण में 30 ml का संकुचन प्रेक्षित होता है तथा जब इस मिश्रण को जलीय KOH में विस्फोटित किया जाता हैं तो 30 ml का फिर संकुचन होता है। मिश्रण का संगठन ज्ञात कीजिए।

Solution: माना, CO का आयतन = x mL, CH_4 का आयतन = y mL , N_2 का आयतन = z mL
ऑक्सीजन के आधिक्य के साथ अभिक्रिया होने पर
गैल्यूसाक (Gay Lussac) का आयतन सयोजन नियम के अनुसार

$CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$

x mL x mL

$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$

y mL y mL 2 ymL

N_2 अभिक्रिया में भाग नहीं लेती है

H_2O (g) को द्रवीकृत करने पर आयतन में 30 mL घट जाता है

2y = 30 y = 15

CO_2 का आयतन प्राप्त होगा = (x + y) mL

यह KOH में अवशोषित हो जाता है तथा आयतन में कमी 30 mL प्रेक्षित की गयी।

x + y = 30 $\Rightarrow$ x = 30 – y = (30 – 15) = 15

x + y + z = 40 $\Rightarrow$ z = 40 – x – y = 40 – 15 – 15 = 10

मिश्रण का संगठन है

CO का आयतन = 15 mL, CH_4 का आयतन = 15 mL ,N_2 का आयतन = 10 mL

CHECK LIST

Theories (Th)

Th-1: बॉयल–नियम एवम् दाब का मापन ☐

Th-2: दाब का मापन ☐

Th-3: पेय लोड (Pay load) का परिकलन ☐

Th-4: अवस्था का समीकरण ☐

Th-5: आंशिक दाब का डॉल्टन नियम ☐

Th-6: गैसीय मिश्रण का विश्लेषण ☐

Th-7: विसरण/निसरण का ग्राहम् नियम ☐

Th-8: गैसो का गतिज सिद्धान्त ☐

Th-9: गतिज समीकरण का उपयोग कर गैसीय नियमों का सत्यापन ☐

Th-10: आण्विक गतियों का मैक्सवेल वितरण ☐

Th-11: गैस आयतनमिति ☐

Definitions (D)

D-1. कथन ☐

D-2. चार्ल्स–नियम ☐

D-3. गैल्यूसाक नियम ☐

D-4. आवागाद्रो परिकल्पना ☐

D-5. डॉल्टन नियम ☐

D-6. वाष्प–घनत्व ☐

D-7. विसरण ☐

Formulae (F)

F-1. $P_1V_1 = P_2V_2$ ☐

F-2. $P_{atm} = \rho gh$ ☐

F-3. $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ → परम स्केल के ताप पर ☐

F-4. $P_{कुल} = P_1 + P_2 + P_3$ ☐

F-5. $M_{गैस} = 2 \times$ वाष्प घनत्व ☐

F-6. $\frac{r_1}{r_2} = \frac{\sqrt{d_2}}{\sqrt{d_1}} = \frac{\sqrt{M_2}}{\sqrt{M_1}} = \sqrt{\frac{V.D_2}{V.D_1}}$ ☐

F-7. दर $\propto \frac{P}{\sqrt{TM}} A$ ☐

F-8. $PV = \frac{1}{3} mN \overline{U^2}$ ☐

F-9. अणु की औसत गतिज ऊर्जा $= \frac{3}{2} KT$ ☐

F-10. $N_A \left(\frac{1}{2} m \overline{U^2}\right) = \frac{3}{2} K N_A T = \frac{3}{2} RT$ ☐

F-11. $U_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$ ☐

F-12. $U_{av} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} = \sqrt{\frac{8KT}{\pi m}}$ ☐

F-13. $U_{MPS} = \sqrt{\frac{2RT}{M}} = \sqrt{\frac{2KT}{m}}$ ☐

Table (Tab.)

Tab-1. V, P & T की इकाईयाँ ☐

Derivation (Deri.)

Deri-1. गतिज समीकरण की परिकल्पनाएँ