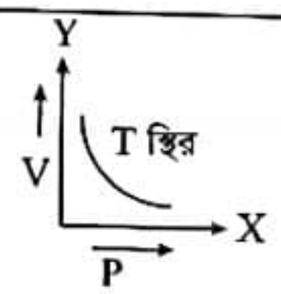
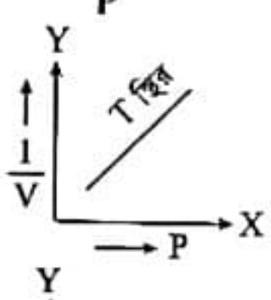
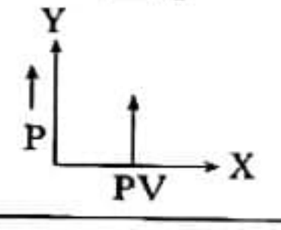
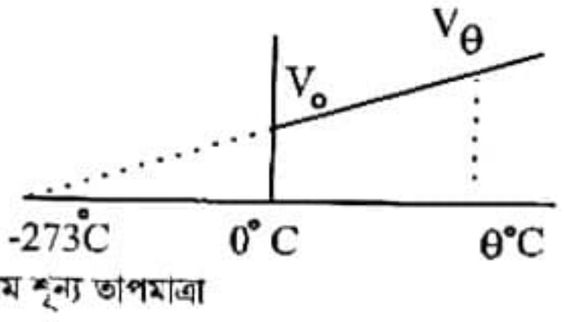
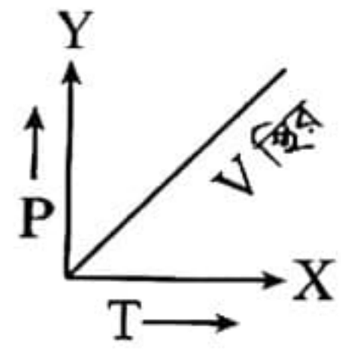
Question Type-01: বয়েল, চার্লস ও চাপীয়

➲ **Formula & Concept:**

T = তাপমাত্রা, P = গ্যাসের চাপ, n = মোল সংখ্যা

বিষয়	বয়েলের সূত্র	চার্লসের সূত্র	চাপীয় সূত্র
ধ্রুবক রাশি	T, n	P, n	V , n
সমীকরণ	$P_1V_1 = P_2V_2$	$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ $V_\theta = V_0\left(1 + \frac{1}{273}\theta\right)$ θ = সেলসিয়াস এককে তাপমাত্রা	$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ $P_\theta = P_0\left(1 + \frac{1}{273}\theta\right)$ θ = সেলসিয়াস এককে তাপমাত্রা
গ্রাফ	  		

- ♦ শুধুমাত্র n ধ্রুবক থাকলে,
  - ➢ $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$
  - ➢ $\frac{P_1}{\rho_1T_1} = \frac{P_2}{\rho_2T_2}$

01. One afternoon, Jamil and his friends were gossiping beside a lake. All on a sudden, Jamil noticed that a bubble from the bottom of the lake of transparent water was coming out on the surface of the water. After coming to the surface, the bubble took a large size. Size of the bubble on the surface was 5 times, and atmospheric pressure was 10^5 Nm^{-2}. [Density of water, $\rho = 1000$ kgm^{-3}]. Calculate the depth of the lake. **[IUT'21-22]**

(a) 38.82 m (b) 40.82 m (c) 42.82 m (d) 44.82 m

Solution: (b); $\frac{P_a+P_w}{P_a} = 5 \Rightarrow P_a + P_w = 5P_a \Rightarrow P_w = 4P_a \Rightarrow h\rho g = 4P_a \Rightarrow h = \frac{4p_a}{\rho g} = \frac{4\times10^5}{10^3\times9.8}$ m = 40.82 m

02. Compared to the initial value, what is the resulting pressure for an ideal gas that is compressed isothermally so one-third of its initial volume? **[IUT'20-21]**

(a) Equal
(b) Three times larger
(c) Larger, but less than three times larger
(d) More than three times larger

Solution: (b); Three times longer $\Rightarrow P_1V_1 = P_2V_2 \Rightarrow P_1 \times V_1 = P_2 \times \frac{V_1}{3} \Rightarrow P_2 = 3P_1$

03. In a still water lake a fish emits a 2.0 m^3 bubble at a depth of 1.5 m. What is the volume of the bubble when it reaches the surface of the lake? Atmospheric pressure is 100 kPa. Assume that the temperature remains constant. **[IUT'19-20]**

(a) 4.94 mm^3 (b) 4.74 mm^3 (c) 4.34 mm^3 (d) 4.54 mm^3

Solution: (No Answer); $h = \frac{p\times(n-1)}{\rho g} \Rightarrow n = 1 + \frac{h\rho g}{P} \therefore V_f = V_i\left(1 + \frac{h\rho g}{P}\right) = 2.294$ m^3

04. কোন হ্রদের তলদেশ থেকে পানির উপরিতলে আসা একটি বায়ু বুদবুদের ব্যাস 4 গুণ হয়। হ্রদের পৃষ্ঠে বায়ু মণ্ডলের চাপ বাতাবিক বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান এবং হ্রদের পানির উষ্ণতা ধ্রুবক হলে হ্রদের গভীরতা কত? [পৃষ্ঠদেশে বায়ুর চাপ = 101325Pa] **[KUET'18-19]**

(a) 72.4m (b) 289.6m (c) 580m (d) 651.4m (e) 950m

সমাধান: **(d)**; $P_1V_1 = P_2V_2 \Rightarrow P_1 \times 4^3 = (P_1 + h\rho g) \times 1 \Rightarrow h = 651.4m$

05. A bubble rises from the bottom of a lake of depth 80.0 m where the temperature is 4°C. The water temperature at the surface is 18 °C. If the bubble's initial diameter is 1.0mm, what is diameter when it reaches the surface?

(a) 2.35mm (b) 2.10mm (c) 2.50mm (d) 2.40mm **[IUT'16-17]**

Solution: (b); $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{P_1d_1^3}{T_1} = \frac{P_2d_2^3}{T_2}$

$P_1 = 101.325 \times 10^3 + 80 \times 1000 \times 9.8$; $P_2 = 101.325 \times 10^3 \therefore d_2 = 2.10mm$

06. T তাপমাত্রার এক লিটার বায়ুকে উত্তপ্ত করা হলো যতক্ষণ না বায়ুর চাপ ও আয়তন উভয়ই দ্বিগুণ হয়। চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত?

(a) 2 T (b) 4 T (c) $\frac{T}{2}$ (d) $\frac{T}{4}$ **[BUTEX'15-16]**

সমাধান: **(b)**; $\frac{PV}{T} = \text{const} \therefore \frac{PV}{T} = \frac{P'V'}{T'} \Rightarrow \frac{PV}{T} = \frac{2P.2V}{T'} \Rightarrow T' = 4T$

07. একটি $500m^3$ আয়তনের ঘরের বাতাসের তাপমাত্রা 37°C। এয়ার কুলার ব্যবহার করার জন্য বাতাসের তাপমাত্রা কমে 22°C হল। যদি ঘরে বায়ুচাপ সমান থাকে, তবে শতকরা কত ভাগ বাতাস ঘরের মধ্যে আসবে/বাহির হয়ে যাবে? **[CUET'14-15]**

(a) 4.84% (b) 2.42% (c) 24.2% (d) None of them

সমাধান: **(a)**; $V_2 = \frac{T_2}{T_1} \times V_1 = \left(\frac{273+22}{273+37} \times 500\right) m^3 = 475.81m^3 \quad \therefore \Delta V = V_1 - V_2 = 24.1935m^3$

∴ভেতরে আসা বাতাসের শতকরা পরিমাণ $= \frac{24.1935}{500} \times 100\% = 4.84\%$

08. একটি বড় পাত্রের আয়তন $480m^3$ এবং তাপমাত্রা 293K। তাপমাত্রা 298K এ উন্নীত হলে বায়ুর শতকরা কত অংশ বের হয়ে যাবে? (চাপ অপরিবর্তিত আছে) **[CUET'14-15]**

(a) 1.71% (b) 48.71% (c) 20.17% (d) None of them

সমাধান: **(a)**; $V_2 = \frac{T_2}{T_1} \times V_1 = \left(\frac{298}{293} \times 480\right) m^3 = 488.1911m^3 \quad \therefore \Delta V = V_2 - V_1 = 8.1911m^3$

∴ বের হওয়া গ্যাসের শতকরা পরিমাণ $= \frac{8.1911}{480} \times 100\% = 1.71\%$

09. A tank of helium gas used to inflate a toy balloon is at 15.5×10^6Pa pressure at 293K. Its volume is $0.20m^3$. How large a balloon would it fill at 1.00 atmosphere at 323K? [1 atmosphere $= 101.3 \times 10^3$Pa] **[IUT'14-15]**

(a) $3.70\ m^3$ (b) $3.40\ m^3$ (c) $4.70\ m^3$ (d) $4.30\ m^3$

Solution: (No answer); $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{P_1V_1T_2}{P_2T_1} = \frac{15.5\times10^6\times0.2\times323}{101.3\times10^3\times293} = 33.7355\ m^3$

∴ The volume of the balloon will be- $33.7355\ m^3$

10. A partially inflated balloon contains $500m^3$ of Helium at 27°C and 1 atm pressure. What is the volume of the Helium at an altitude of 3000m, where the pressure is 0.5 atm and temperature is −3°C? **[IUT'14-15]**

(a) $900\ m^3$ (b) $910\ m^3$ (c) $790\ m^3$ (d) $850\ m^3$

Solution: (a); $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{P_1V_1T_2}{T_1P_2} = \frac{1\times500\times(273-3)}{(27+273)\times0.5} = 900\ m^3$

11. একটি নির্দিষ্ট ভরের শুষ্ক বায়ুর 20°C তাপমাত্রায় আয়তন 100cc। যদি উক্ত শুষ্ক বায়ুকে স্থির চাপে 50°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয়, তবে আয়তন কত হবে? **[KUET'13-14]**

(a) 109cc (b) 115cc (c) 112cc (d) 110.2cc (e) 102cc

সমাধান: **(d)**; $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$; $V_2 = 100 \times \frac{323}{293} cc = 110.2cc$

12. ০°C তাপমাত্রা থেকে 27°C তাপমাত্রার কোন নিদৃষ্ট ভরের গ্যাসকে কত তাপমাত্রায় এর আয়তন দ্বিগুণ হবে? **[RUET'13-14]**

(a) 159K (b) 300K (c) 600K (d) 900K (e) None

সমাধান: (c); $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{V_2}{V_1} \times T_1 = (2 \times 300) = 600K.$

13. 0°C তাপমাত্রায় কোন গ্যাসের চাপ 3×10^5Pa. হলে 60°C তাপমাত্রায় এর চাপ কত হবে? **[RUET'12-13]**

(a) 4.66×10^5Pa (b) 3.66×10^5Pa (c) 4.66×10^4Pa (d) 5.67×10^5Pa (e) None

সমাধান: (b); $P_2 = \frac{P_1}{T_1}.T_2 = \frac{3\times10^5}{273} \times 333 = 3.66 \times 10^5$Pa

$P_1 = 3 \times 10^5$Pa; $T_1 = 273K$
$T_2 = (273 + 60)K = 333K$

14. একটি পাত্রে 0°C তাপমাত্রায় কিছু গ্যাস রক্ষিত আছে। কত তাপমাত্রায় গ্যাসের চাপ 0°C তাপমাত্রার চাপের এক-তৃতীয়াংশ হবে?

(a) 91K (b) 81K (c) 73K (d) 83K (e) 71K **[RUET'11-12]**

সমাধান: (a); $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ বা, $\frac{3P_2}{273} = \frac{P_2}{T_2} \therefore T_2 = 91K$

15. কোন হ্রদের তলদেশ থেকে পানির উপরিতলে আসায় একটি বায়ু বুদবুদের ব্যাস দ্বিগুণ হয়। হ্রদের পৃষ্ঠে বায়ুমন্ডলের চাপ স্বাভাবিক বায়ুমন্ডলীর চাপের সমান এবং হ্রদের পানির উষ্ণতা ধ্রুবক হলে হ্রদের গভীরতা কত?

[RUET'15-16, 09-10, CUET'13-14, KUET'04-05]

সমাধান: ব্যাস দ্বিগুণ হয় অর্থাৎ আয়তন হয় আট গুণ। $v \propto D^3$] আগে আয়তন $V_1 = V$ হলে পরে $V_2 = 8V$

তাহলে, $P_1V_1 = P_2V_2$ [T ধ্রুবক] বা, $(P + h\rho g)V = P \times 8V$ বা, $P + h\rho g = 8P$ বা, $h\rho g = 7P$

বা, $h = \frac{7\times P}{\rho g} = \frac{7\times101325}{10^3\times9.8} \therefore h = 72.375m$(Ans.)

16. একটি পুকুরে পানির গভীরতা 6m। বায়ুমন্ডলের তাপমাত্রা 27°C এবং পানির মধ্যে উহা প্রতি মিটার গভীরতার জন্য 0.5°C কমে। পানির ঘনত্বের পরিবর্তন উপেক্ষা করে পুকুরের তলদেশে উৎপন্ন একটি মার্শ গ্যাসের বুদবুদ ও উহার উপরিতলে পৌছার অবস্থায় আয়তনের পরিবর্তনের শতকরা হার নির্ণয় কর। **[KUET'05-06, RUET'05-06]**

সমাধান: $P_2 = P_1 + h\rho g = 1.013\times10^5 + (6\times1000\times9.8) = 1.6 \times 10^5$ Nm^{-2}

$T_1 = 300K, T_2 = (300 - 6 \times 0.5) = 297K$ [এখানে, V_2 হল আদি আয়তন]

$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \therefore \frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1T_2}{T_1P_2} = \frac{1.013\times10^5\times297}{1.6\times10^5\times300} = 0.626 \therefore \frac{V_1}{V_2} = 1.596$

এখন, আয়তনের শতকরা পরিবর্তন, $\frac{V_1-V_2}{V_2} \times 100\% = (1.596 - 1) \times 100\% = 59.6\%$ বৃদ্ধি।

17. একটি 500 m^3 আয়তনের ঘরের বাতাসের তাপমাত্রা 37°C। এয়ার কুলার ব্যবহার করার জন্য বাতাসের তাপমাত্রা কমে 23°C হল। যদি ঘরে বায়ুচাপ সমান থাকে, তবে শতকরা কতভাগ বাতাস ঘরের মধ্যে আসবে/বাহির হয়ে যাবে? **[CUET'04-05]**

সমাধান: ঘর বদ্ধ নয় বিবেচনা করে, $T_1 = 37 + 273 = 310K; T_2 = 23 + 273 = 296K$

$V_1 = 500$ m^3, $V_2 = ?$ $\therefore \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{V_1T_2}{T_1} = \frac{500\times296}{310} = 477.4m^3$

ভেতরে আসবে $= \frac{\Delta V}{V_1} \times 100\% = \frac{500-477.4}{500} \times 100\% = 4.5\%$ (Ans.)

18. একটি অক্সিজেন সিলিন্ডারের আয়তন 5×10^5 cm^3 এবং এতে 300 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে অক্সিজেন ভর্তি। কিছুটা ব্যবহারের পর দেখা গেল যে চাপ 100 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে নেমে গেছে। যে পরিমাণ অক্সিজেন ব্যবহৃত হয়েছে তার আয়তন কত? **[CUET'03-04]**

সমাধান: আমরা জানি, $P_1V_1 = P_2V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{P_1V_1}{P_2}$

$\Rightarrow V_2 = \frac{300\times5\times10^2}{100} = 1500L$

$P_1 = 300$ atm, $P_2 = 100$ atm
$V_1 = 5 \times 10^5$ cm^3 $= 5 \times 10^2$ L

$\therefore$ ব্যবহৃত গ্যাস, $V_2 - V_1 = 1500 - 500 = 1000$ L (Ans.)

Question Type-02: PV = nRT

➲ **Formula & Concept:**

আদর্শ গ্যাসের সমীকরণঃ $PV = nRT$; P = গ্যাসের চাপ; V = গ্যাসের আয়তন; n = মোল সংখ্যা = $\frac{m}{M} = \frac{N}{N_A}$, m = গ্যাসের ভর, M = গ্যাসের মোলার ভর; N = গ্যাসের অণু সংখ্যা, N_A = অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা = 6.023×10^{23}; T = তাপমাত্রা (কেলভিন এককে)

01. If $R = 8.31\ Jkg^{-1}mol^{-1}$, then find the volume of 20 g oxygen at 27°C and 72 cm-Hg pressure. **[IUT'21-22]**

(a) $16.24 \times 10^{-3}\ m^3$ (b) $26.24 \times 10^{-3}\ m^3$ (c) $16.24 \times 10^{-2}\ m^3$ (d) $26.24 \times 10^{-2}\ m^3$

Solution: (a); $PV = nRT \Rightarrow V = \frac{nRT}{P} = \frac{\frac{20}{32} \times 8.314 \times 300}{\frac{72}{76} \times 1.01325 \times 10^5}\ m^3 = 16.24 \times 10^{-3}\ m^3$

02. The temperature of an open room of volume 30 m^3 increases from 17°C to 27°C due to the sunshine. The atmospheric pressure in the room remains 1×10^5 Pa. If n_i and n_f are the number of molecules in the room before and after heating, then $n_i - n_f$ will be: **[IUT'19-20]**

(a) -2.5×10^{25} (b) -1.61×10^{23} (c) 1.38×10^{23} (d) 2.5×10^{25}

Solution: (d); $n_i - n_f = \frac{PV}{R} \times \left(\frac{1}{290} - \frac{1}{300}\right) \times N_A = \frac{1 \times 10^5 \times 30}{8.314} \times \left(\frac{1}{290} - \frac{1}{300}\right) \times 6.023 \times 10^{23} = 2.5 \times 10^{25}$

03. To what volume must a liter of oxygen be expanded if the molecules per unit volume is $12.0 \times 10^{11} cm^{-3}$? Diameter of the oxygen molecule = 3Å. Assume that the gas starts at STP. **[IUT'17-18]**
($R = 8.3 \times 10^7 dynes.cm.mole^{-1}K^{-1}, N_o = 6.02 \times 10^{23} mole^{-1}$).

(a) $22.41 \times 10^{10} cm^3$ (b) $2.241 \times 10^{10} cm^3$ (c) $2.241 \times 10^{10} m^3$ (d) $4.482 \times 10^{10} cm^3$

Solution: (No correct answer); $10^3 \times 12 \times 10^{11} = \frac{V}{\frac{4}{3}\pi\left(\frac{3}{2} \times 10^{-2}\right)^3} \Rightarrow V = 1.696 \times 10^{10} cm^3$

04. একটি $300m^3$ আয়তনের কক্ষের বাতাসের তাপমাত্রা 27°C। এয়ারকুলার ব্যবহার করার জন্য বাতাসের তাপমাত্রা কমে 17°C হল। যদি ঘরে বায়ুচাপ সমান থাকে, তবে শতকরা কতভাগ বাতাস ঘরের মধ্য আসবে/বাহির হয়ে যাবে? **[CUET'15-16]**

(a) None of them (b) 10% (c) 30% (d) 3.33%

সমাধান: **(d);** $P_1V_1 = n_1RT_1, PV = n_2RT_2$

$\Rightarrow n_1T_1 = n_2T_2 \Rightarrow m_1T_1 = m_2T_2 \Rightarrow \frac{m_2}{m_1} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \frac{\Delta m}{m_1} = \left(\frac{T_1 - T_2}{T_2}\right) \times 100\% = 3.33\%$

05. সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবকের মান কত? **[Ans: a] [RUET'12-13]**

(a) $R = 8.314\ JK^{-1}mol^{-1}$ (b) $R = 8.314\ JK^{-1}$

(c) $R = 8.314\ Jmol^{-1}$ (d) $R = 8.314\ KJ^{-1}mol^{-1}$ (e) None

06. একটি সিলিন্ডারে রক্ষিত অক্সিজেন গ্যাস-এর আয়তন $1 \times 10^{-2} m^3$, তাপমাত্রা 300K এবং চাপ $2.5 \times 10^5 Nm^{-2}$। তাপমাত্রা স্থির রেখে কিছু অক্সিজেন বের করে নেয়া হল। ফলে চাপ কমে $1.3 \times 10^5 Nm^{-2}$ হয়। ব্যবহৃত অক্সিজেন-এর ভর নির্ণয় কর।

(a) 0.18Kg (b) 0.015Kg (c) 0.018Kg (d) None of these **[CUET'11-12]**

সমাধান: **(b);** $P_1V_1 = P_2V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{P_1V_2}{P_2} = \frac{2.5 \times 10^5 \times 1 \times 10^{-2}}{1.3 \times 10^5} = 1.92 \times 10^{-2}$

$\therefore P = P_1 - P_2 = 1.2 \times 10^5$ এবং $V = V_2 - V_1 = 0.92 \times 10^{-2}$

$\therefore PV = \frac{mRT}{M} \quad \therefore m = \frac{PVM}{RT} = \frac{1.2 \times 10^5 \times 0.92 \times 10^{-2} \times 32 \times 10^{-3}}{8.31 \times 300}$ বা, $m = 0.015kg$

অথবা, $^nO_2 = (P_1 - P_2)\frac{V}{RT} = 0.48$ mole $\therefore$ ভর $= n \times 32gm = 15gm = 0.015kg$

07. একটি সিলিন্ডারে রক্ষিত অক্সিজেন গ্যাসের আয়তন $1 \times 10^{-2}m^3$, তাপমাত্রা 300K এবং চাপ $2.5 \times 10^5 Nm^{-2}$। তাপমাত্রা স্থির রেখে কিছু অক্সিজেন বের করে নেয়া হল। ফলে চাপ কমে $1.3 \times 10^5 Nm^{-2}$ হল। ব্যবহৃত অক্সিজেনের ভর নির্ণয় কর।

সমাধান: আমরা জানি, $PV = nRT$ **[CUET'13-14, 07-08]**

সিলিন্ডারে অক্সিজেনের পূর্বের মোল সংখ্যা $n_1 = \frac{P_1V}{RT}$; পরের মোল সংখ্যা $n_2 = \frac{P_2V}{RT}$

ব্যবহৃত মোল সংখ্যা $= n_1 - n_2 = (P_1 - P_2)\frac{V}{RT} = (2.5 - 1.3) \times 10^5 \times \frac{10^{-2}}{8.31 \times 300} = 0.48$

$\therefore$ ব্যবহৃত অক্সিজেনের ভর $= 0.48 \times 32 \times 10^{-3}kg = 0.015kg = 15g$

08. যদি 0°C উষ্ণতার এবং 10^6 dyne cm^{-2} চাপে 1 gm হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন 11.2 litre হয় তবে মোলার ধ্রুবক R এর মান কত হবে? **[RUET'06-07]**

সমাধান: $PV = nRT \Rightarrow R = \frac{PV}{nT} = \frac{10^6 \times 11.2 \times 10^3}{(1/2) \times (0+273)} = 8.2 \times 10^7 \times$ erg-$mole^{-1}K^{-1}$ (Ans.)

Question Type-03: বর্গমূল গড় বর্গবেগ

Formula & Concept:

- গড়বেগ ও মূল গড় বর্গবেগ সমান নয়।
- গড়বেগ, $C_{avg} = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + \ldots + C_n}{n}$; আদর্শ গ্যাসের জন্য, $C_{avg} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}$
- মূল গড় বর্গবেগ, $C_{rms} = \sqrt{\frac{C_1^2 + C_2^2 + C_3^2 + \ldots + C_n^2}{n}}$;
- আদর্শ গ্যাসের জন্য, $C_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$ [$k = 1.38 \times 10^{23} JK^{-1}$ $molecule^{-1}$, m =একটি অণুর ভর(Kg এককে)]
- আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে, অণুগুলোর সম্ভাব্যতম বেগ, $C_p = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$ এখানে, $C_{rms} > C_{avg} > C_p$

Note: সূত্রে T (তাপমাত্রা) কেলভিন এককে, M (আণবিক ভর) kg এককে, $R = 8.31 JK^{-1} mol^{-1}$ বসালে C এর মান ms^{-1} এককে পাওয়া যাবে।

01. 27°C তাপমাত্রার গ্যাসকে কত তাপমাত্রায় নেওয়া হলে গড়বেগ দ্বিগুণ হবে? **[CKRUET'21-22]**

(a) 54°C (b) 273°C (c) 540°C (d) 1000 K (e) 927°C

সমাধান: (e); $C_{avg} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} \therefore C \propto \sqrt{T}$

$\therefore C_2 = C_1 \times \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{C_1^2}{C_2^2} \Rightarrow T_2 = T_1 \times 2^2 = (300 \times 4)K = 1200\,K = 927°C$

02. Density of the carbon-di-oxide gas is $1.98\,kgm^{-3}$ at 0°C temperature and at $1.0 \times 10^5\,Nm^{-2}$ pressure. Calculate the root mean square velocity of the molecules of that gas at 30°C temperature and at same pressure. **[IUT'21-22]**

(a) $414.08\,ms^{-1}$ (b) $420.08\,ms^{-1}$ (c) $424.08\,ms^{-1}$ (d) $410.08\,ms^{-1}$

Solution: (d); $C_1 = \sqrt{\frac{3p}{\rho}} = \sqrt{\frac{3 \times 10^5}{1.98}}\,ms^{-1} = 389.249\,ms^{-1}$

$\therefore C_2 = C_1 \times \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} = 389.25\sqrt{\frac{303}{273}} = 410.08\,ms^{-1}$

03. কত ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় অক্সিজেন অণুর মূল গড় বর্গবেগ $-100°C$ তাপমাত্রার হাইড্রোজেন অণুর মূল গড় বর্গবেগের সমান হবে? **[KUET'16-17, 15-16]**

(a) $2495°C$ (b) $2768°C$ (c) $4368°C$ (d) $4095K$ (e) $-100°C$

সমাধান: **(a);** এখানে, $T_2 = 173K$; $C_{O_2} = C_{H_2} \Rightarrow \sqrt{\frac{3RT_1}{M_{O_2}}} = \sqrt{\frac{3RT_2}{M_{H_2}}} \Rightarrow T_1 = 2768K = 2495°C$

04. স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপে অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন এর মূল গড় বর্গবেগের অনুপাত কত? **[BUTEX'15-16]**

(a) 1 : 4 (b) 4 : 1 (c) 1 : 2 (d) 2 : 1

সমাধান: **(a);** $\frac{V_{rms(O_2)}}{V_{rms(H_2)}} = \sqrt{\frac{M_{H_2}}{M_{O_2}}} = \sqrt{\frac{2}{32}} = \frac{1}{4}$

05. Four molecules of a gas have speeds 1,2,3 and 4 kms^{-1}. The value of the root mean square speed of the gas molecules is- **[IUT'08-09]**

(a) $\frac{1}{2}\sqrt{15}kms^{-1}$ (b) $\frac{1}{2}\sqrt{10}\ kms^{-1}$ (c) $\frac{1}{2}\sqrt{30}\ kms^{-1}$ (d) $\sqrt{\frac{15}{2}}kms^{-1}$

Solution: (c); $\overline{V} = \sqrt{\frac{1^2+2^2+3^2+4^2}{4}} = \frac{1}{2}\sqrt{30}\ kms^{-1}$

06. স্থির চাপে কত ডিগ্রী সেলসিয়াস তাপমাত্রায় কোন গ্যাসের অণুর মূল গড় বর্গবেগ প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রার মূল গড় বর্গবেগ এর অর্ধেক হবে? **[KUET'19-20]**

সমাধান: প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় $C_{rms} = C_1$, তাপমাত্রা $T_1 = 273K$, T_2 তাপমাত্রায় $C_{rms} = C_2$

প্রশ্নমতে, $C_2 = \frac{1}{2}C_1 \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{1}{2}$; এখন, $C_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}\ \therefore C_{rms} \propto \sqrt{T}$

তাহলে, $\frac{C_2}{C_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \Rightarrow T_2 = 273 \times \frac{1}{4} = 68.25K = -204.75°C$ (Ans.)

07. $27°C$ তাপমাত্রার গ্যাসকে কত তাপমাত্রায় নেওয়া হলে গড়বেগ দ্বিগুণ হবে? **[RUET'19-20]**

সমাধান: গ্যাসের গড় দ্রুতি, $C = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}\ \therefore C \propto \sqrt{T}$ (M স্থির থাকলে)

$\frac{C_2}{C_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{C_2}{C_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{T_2}{27+273} = 2^2 \Rightarrow T_2 = 4 \times 300 = 1200\ K$

$\therefore 1200\ K$ বা $927°C$ তাপমাত্রায় গড় বেগ দ্বিগুণ হবে।

08. কত ডিগ্রী সেলসিয়াস তাপমাত্রায় অক্সিজেন অণুর মূল গড় বর্গবেগ $-100°C$ তাপমাত্রার হাইড্রোজেন অণুর মূল গড় বর্গবেগের সমান হবে? **[BUET'17-18, 00-01]**

সমাধান: আমরা জানি, $C_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \Rightarrow M = \frac{3R}{C_{rms}^2}T$

সুতরাং $M \propto T$; এখন $M_{O_2} = 32g$, $T_{O_2} = ?$, $M_{H_2} = 2g$

$T_{H_2} = -100°C = -100 + 273 = 173\ K$

সুতরাং $\frac{M_{O_2}}{T_{O_2}} = \frac{M_{H_2}}{T_{H_2}} \Rightarrow T_{O_2} = \frac{M_{O_2}}{M_{H_2}} \times T_{H_2} \Rightarrow T_{O_2} = \frac{32}{2} \times 173 \Rightarrow T_{O_2} = 2768\ K = 2495°C$ (Ans.)

09. $0°C$ তাপমাত্রা এবং $1.0 \times 10^5\ Nm^{-2}$ চাপে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের ঘনত্ব $1.98\ kg\ m^{-3}$. সমচাপে $0°C$ ও $30°C$ তাপমাত্রায় উক্ত গ্যাস অণুর মূল গড় বর্গবেগ বের কর। **[BUET'06-07]**

সমাধান: $C_1 = \sqrt{\frac{3P}{\rho}} = \sqrt{\frac{3\times10^5}{1.98}} = 389.25ms^{-1}$

আবার, $\frac{C_2}{C_1} = \frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{303}{273}}\ \therefore C_2 = \sqrt{\frac{303}{273}} \times 389.25 = 410.08ms^{-1}[\because C_{rms} \propto \sqrt{T}]$

Question Type-04: স্বাধীনতার মাত্রা, শক্তির সমবিভাজন নীতি ও গতিশক্তি

➲ **Formula & Concept:**

k = বোল্টজম্যান ধ্রুবক, $\frac{R}{N_A}$

♦ গ্যাসের গতিশক্তিঃ

1 টি অণুর গড় গতিশক্তি	$\frac{f}{2}kT$
N সংখ্যক অণুর মোট গতিশক্তি	$\frac{f}{2}NkT$
1 mol গ্যাসের মোট গতিশক্তি	$\frac{f}{2}RT$
n mol গ্যাসের মোট গতিশক্তি	$\frac{f}{2}nRT$

♦ n মোল গ্যাসের স্বাধীনতার মাত্রা ও গতিশক্তি:

গ্যাস	স্বাধীনতার মাত্রা (f)	গতিশক্তি		
		রৈখিক	ঘূর্ণন	মোট
এক পারমাণবিক (**Example:** H_2, Ar)	3	$\frac{3}{2}nRT$	0	$\frac{3}{2}nRT$
দ্বিপারমাণবিক (**Example:** He, O_2, N_2) এবং সরলরৈখিক বহুপারমাণবিক (**Example:** CO_2)	$3+2=5$	$\frac{3}{2}nRT$	$2\times\frac{1}{2}nRT$	$\frac{5}{2}nRT$
বহুপারমাণবিক (**Example:** NH_3)	$3+3=6$	$\frac{3}{2}nRT$	$3\times\frac{1}{2}nRT$	$6\times\frac{1}{2}nRT$

Note: আদর্শ গ্যাসের মোট শক্তি = গতিশক্তি = অন্তঃস্থশক্তি। গ্যাসের শক্তি শুধু পরম তাপমাত্রা (T) এর উপর নির্ভরশীল।

01. একটি বন্ধ সিলিন্ডারে 10 gm অক্সিজেন গ্যাস আছে। 30°C তাপমাত্রায় কী পরিমাণ গতিশক্তি লাভ করবে? **[KUET'17-18]**

(a) 1080.28J (b) 1108.28J (c) 1180.28J (d) 1100J (e) 1801.28J

সমাধানঃ **(c)**; $E_k=\frac{3}{2}\times\frac{W}{M}RT=\frac{3}{4}\times\frac{10}{32}\times 8.314\times 303=1180.28J$

02. 20 লিটার ধারণ ক্ষমতার একটি সিলিন্ডার হাইড্রোজেন দ্বারা পূর্ণ। হাইড্রোজেন গ্যাস অণুর মোট গড় গতি শক্তি 1.5×10^5J। সিলিন্ডারে হাইড্রোজেন গ্যাসের চাপ হল– **[BUTEX'15-16]**

(a) $2\times10^6\ Nm^{-2}$ (b) $3\times10^6\ Nm^{-2}$ (c) $4\times10^6\ Nm^{-2}$ (d) $5\times10^6\ Nm^{-2}$

সমাধান: **(d)**; $PV=\frac{2}{3}E\Rightarrow P=\frac{2E}{3V}=\frac{2\times1.5\times10^5}{3\times20\times10^{-3}}\ Nm^{-2}=5\times10^6Nm^{-2}$

03. বোলজ্‌ম্যান ধ্রুবকের মান কত? **[BUTEX'10-11]**

সমাধান: $1.38\times10^{-23}Jk^{-1}molecule^{-1}$

04. 29°C তাপমাত্রায় 3g নাইট্রোজেনের মোট গতিশক্তি নির্ণয় কর। [নাইট্রোজেনের গ্রাম আণবিক ভর 28g] **[BUTEX'09-10]**

সমাধান: $E_K=\frac{5}{2}nRT=\frac{5}{2}\times\frac{3}{28}\times 8.316\times(273+29)=672.54\ J$

05. একজন ব্যক্তি শ্বাস-প্রশ্বাসে 1.12 litre বায়ু সেবন করলে (i) সে মোট কতগুলো অণু সেবন করে? (ii) 27°C তাপমাত্রায় ঐ অণুগুলোর গড় গতিশক্তি কত? [সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক = $8.314\ \text{J mole}^{-1}\text{K}^{-1}$] **[BUET'02-03]**

সমাধান: (i) অণুর সংখ্যা = $\frac{1.12}{22.4} \times 6.022 \times 10^{23} = 3.01 \times 10^{22}$ (Ans.)

(ii) গড় গতিশক্তি, $K = \frac{5}{2}\frac{RT}{N} = \frac{5}{2} \times \frac{8.314 \times 300}{6.022 \times 10^{23}} = 1.035453 \times 10^{-20}$ Joule/molecule. (Ans.)

Question Type-05: গড় মুক্ত পথ

➲ **Formula & Concept:**

- ক্লসিয়াসের সূত্রানুসারে গড় মুক্তপথ, $\lambda = \frac{1}{n\pi\sigma^2}$; σ = অণুর কার্যকর ব্যাস, n = একক আয়তনে অণুর সংখ্যা = $\frac{N}{V} = \frac{PN_A}{RT}$ যেখানে N_A = অ্যাভোগ্যাড্রো ধ্রুবক।
- বোলজম্যানের সূত্রানুসারে, $\lambda = \frac{3}{4n\pi\sigma^2}$
- ম্যাক্সওয়েলের সূত্রানুসারে $\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}n\pi\sigma^2}$ [কিছু দেওয়া না থাকলে এই সূত্র ব্যবহার করতে হবে]
- সকল কণাকে গতিশীল ধরে প্রতি সেকেন্ডে সংঘটিত ধাক্কা = $\frac{C_{rms}}{\lambda}$
- পরপর দুটি ধাক্কার মধ্যবর্তী সময়, $T = \frac{\lambda}{C_{rms}}$
- $\lambda = \frac{RT}{\sqrt{2}PN_A\pi\sigma^2}\left[\because n = \frac{PN_A}{RT}\right]$

01. কোন গ্যাস অণুর ব্যাস 2.5×10^{-10} m এবং প্রতি ঘনমিটার গ্যাস অণুর সংখ্যা 6.02×10^{25}। গ্যাসটির গড় মুক্ত পথ কত হবে? **[KUET'17-18, CUET'09-10]**

(a) 5×10^{-8}m (b) 5.8 nm (c) 0.6 nm (d) 8×10^{-8}m (e) 0.72 nm

সমাধানঃ **(a);** ম্যাক্সওয়েলের সূত্রানুসারে $\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\pi\sigma^2 n} = 5.97 \times 10^{-8}$ m

02. একটি গ্যাসের অণুর ব্যাসার্ধ 3.5×10^{-10}m এবং প্রতি ঘন সেন্টিমিটারে অণুর সংখ্যা 2.69×10^{19}। অণুর গড় মুক্ত পথ কত? **[RUET'14-15]**

(a) 2.42×10^{-8}m (b) 2.42×10^{-6}m (c) 4.22×10^{-8}m (d) 4.22×10^{-6}m (e) None

সমাধান: **(a);** $\lambda = \frac{1}{\pi d^2 n} = \frac{1}{\lambda \times (2 \times 3.5 \times 10^{-10} \times 100)^2 \times 2.69 \times 10^{19}} = 2.42 \times 10^{-6}\text{cm} = 2.42 \times 10^{-8}\text{m}$

03. কোন গ্যাস অণুর গড় মুক্তপথ এর ব্যাসের- **[BUTEX'14-15]**

(a) সমানুপাতিক (b) বর্গের ব্যস্তানুপাতিক (c) বর্গের সমানুপাতিক (d) বর্গমূলের সমানুপাতিক

সমাধান: **(b);** $\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}h\pi\sigma^2} \Rightarrow \lambda \propto \frac{1}{\sigma^2}$

04. কোন একটি গ্যাসের অণুগুলোর গড় মুক্ত পথ 2.4×10^{-6}cm ও আণবিক ব্যাস 2.0×10^{-8}cm হলে প্রতি ঘন সেন্টিমিটারে অণুর সংখ্যা কত? **[KUET'11-12]**

(a) 2.345×10^{26} (b) 3.2×10^{22} (c) 2.342×10^{28} (d) 3.5×10^{20} (e) 2.344×10^{20}

সমাধান: **(e);** $\lambda = 2.4 \times 10^{-6}$cm , $\sigma = 2 \times 10^{-8}$cm, n =?

ম্যাক্সওয়েল অনুসারে $\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\pi\sigma^2 n} \Rightarrow n = 2.3445 \times 10^{20}$ [এ অঙ্কে cm কে m বানানো লাগবে না কারণ সবাই C. G. S এ আছে।]

Question Type-06: আপেক্ষিক আর্দ্রতা

➲ **Formula & Concept:**

♦ আপেক্ষিক আর্দ্রতার বিশেষ সূত্র:

➢ $R = \frac{\text{নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের ভর (m)}}{\text{নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় সর্বোচ্চ বা সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের ভর (M)}}$

➢ $R = \frac{f}{F} \times 100\% = \frac{P_f}{P_F} \times 100\% = \frac{m_f}{m_F} \times 100\%$

f = শিশিরাঙ্কে বাষ্পচাপ, F = কক্ষ তাপমাত্রায় বাষ্পচাপ। P_f = কক্ষ তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের ঘনত্ব। P_F = কক্ষ তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের ঘনত্ব। m_f = উপস্থিত জলীয়বাষ্পের ভর, m_F = সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের ভর।

♦ শিশিরাঙ্ক নির্ণয়:

$\theta = \theta_1 - G(\theta_1 - \theta_2)$;

θ_1 = শুষ্ক থার্মোমিটার পাঠ, θ_2 = আর্দ্র থার্মোমিটার পাঠ।

θ = শিশিরাঙ্ক, G = গ্লেইসার ধ্রুবক

Note: শুষ্ক বাল্ব থার্মোমিটারের তাপমাত্রাই (θ_d) হচ্ছে কক্ষ তাপমাত্রা।

01. 30°C তাপমাত্রায় $150m^3$ আয়তনের কক্ষে একটি পানির পাত্র রাখা আছে। কতটুকু পানি বাষ্প হওয়ার পর অবশিষ্ট পানি ও বাষ্প সাম্যাবস্থায় থাকবে? [30°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ 31.83 mm Hg চাপ] **[CKRUET'20-21]**

(a) 1.13 kg (b) 3.03 kg (c) 4.32 kg (d) 4.55 kg (e) 4.55 gm

সমাধান: **(d);** পানি ও বাষ্পের সাম্যাবস্থায়,

বাষ্পের আয়তন, $V = 150m^3$, বাষ্পের চাপ, $P = 31.83$ mm Hg $= 4243.65Pa$, তাপমাত্রা, $T = 30°C = 303K$

∴ বাষ্পের মোল সংখ্যা, $n = \frac{PV}{RT} = \frac{4243.65 \times 150}{8.314 \times 303} = 252.68$ = পানির মোল সংখ্যা

∴ বাষ্পীভূত পানির ভর, $W = nM = (252.68 \times 18)g = 4548.32g = 4.55kg$

02. শুষ্ক ও সিক্ত বাল্ব আর্দ্রতা মাপক যন্ত্রে থার্মোমিটার দুটির তাপমাত্রার পার্থক্য হঠাৎ কমে গেলে কোনটি বোঝায়? **[BUTEX'16-17]**

(a) বাতাস শুষ্ক (b) ঝড় হতে পারে (c) বাতাস আর্দ্র (d) বৃষ্টি হতে পারে

সমাধান: **(b);** তাপমাত্রার পার্থক্য হঠাৎ কমে গেলে, বাতাসের আর্দ্রতা বাড়ে। তাই ঝড় হওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

03. কোন একদিনের শিশিরাঙ্ক 20°C ও আপেক্ষিক আর্দ্রতা 75%. ঐ দিনের বায়ুর সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ কত? [20°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ 17.7×10^{-3}m] **[KUET'14-15]**

(a) 17.7mm (b) 17.7×10^{-4}m (c) 23.6×10^{-5}m (d) 23.6×10^{-4}m (e) 23.6×10^{-3}m

সমাধান: **(e);** $R = \frac{f}{F} \times 100\% \Rightarrow 75\% = \frac{17.7 \times 10^{-3}}{F} \times 100\% \Rightarrow F = 23.6 \times 10^{-3}$m

04. বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা কম হলে বাষ্পায়ন- **[Ans: a] [RUET'10-11]**

(a) তাড়াতাড়ি হবে (b) ধীরে হবে (c) একই থাকবে (d) কোনটিই নহে (e) গরম হবে

05. কোন স্থানের বায়ুর তাপমাত্রা 26°C এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতা 70%। যদি সে স্থানের তাপমাত্রা কমে 18°C হয়, তবে বায়ুস্থিত জলীয় বাষ্পের কত শতাংশ ঘনীভূত হয়ে তরল পানি হবে? [26°C এবং 18°C এ সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 25.21 mm এবং 15.48 mm পারদ স্তম্ভের সমান] **[BUET'17-18]**

সমাধান: আমরা জানি, আপেক্ষিক আর্দ্রতা $R = \frac{f}{F} \times 100\%$

দেওয়া আছে, 26°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ = 25.21 mm

26°C তাপমাত্রায় বর্তমান জলীয় বাষ্পের চাপ = f_i

এখন $R = \frac{f_i}{F} \times 100\% \Rightarrow f_i = \frac{70}{100} \times 25.21 = 17.647$ mm

এখন, 18°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ $f_f = 15.48$ mm

অর্থাৎ বর্তমান বাষ্প চাপ > সম্পৃক্ত বাষ্প চাপ। সুতরাং কিছু বাষ্প ঘনীভূত হবে।

এখন জলীয় বাষ্পের ভর বাষ্পচাপের সমানুপাতিক।

সুতরাং ঘনীভূত হবে $= \frac{f_i - f_f}{f_i} = \frac{17.647 - 15.48}{17.647} \times 100\% = 12.28\%$ (Ans.)

06. সম্পৃক্ত বাষ্প বয়েল ও চালর্সের সূত্র মেনে চলে কি? **[BUTEX'10-11]**

সমাধান: সম্পৃক্ত বাষ্প বয়েল ও চার্লসের সূত্র মেনে চলে না।

07. নির্দিষ্ট কোন দিনে শিশিরাংক 8.5°C এবং বায়ুর তাপমাত্রা 18.4°C। আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় কর। 8°C, 9°C, 18°C ও 19°C তাপমাত্রায় সর্বাধিক বাষ্পচাপ যথাক্রমে 8.04×10^{-3}m, 8.61×10^{-3}m, 15.46×10^{-3}m ও 16.46×10^{-3}m পারদ। **[BUTEX'03-04]**

সমাধান: আপেক্ষিক আর্দ্রতা $R = \frac{f}{F} \times 100\%$

(9 – 8)°C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে বাষ্পচাপের পরিবর্তন = $(8.61 - 8.04) \times 10^{-3}$m = 0.57×10^{-3}m.

∴ শিশিরাংক বা 8.5°C এ বাষ্পচাপ, $f = (8.04 + 0.57 \times 0.5) \times 10^{-3}$m = 8.325×10^{-3}m.

18.4°C এ বাষ্পচাপ, $f = \{15.46 + (16.46 - 15.46) \times 0.4\} \times 10^{-3}$m = 15.86×10^{-3}m

∴ $R = \frac{8.325 \times 10^{-3}}{15.86 \times 10^{-3}} \times 100\% = 52.49\%$ (Ans.)

Question Type-07: নিউটনের শীতলীকরণ সূত্র

➲ **Formula & Concept:**

বস্তু ও পারিপার্শ্বিকের তাপমাত্রার পার্থক্য কম হলে বস্তুর তাপমাত্রা যে হারে কমবে তা বস্তু ও পারিপার্শ্বিকের তাপমাত্রার পার্থক্যের সমানুপাতিক। $\frac{d\theta}{dt} = k(\theta - \theta_0)$

01. একটি বস্তুকে 80°C তাপমাত্রা থেকে 64°C তাপমাত্রায় নামাতে 5 মিনিট এবং 52°C তাপমাত্রায় নামাতে 10 মিনিট সময়ের প্রয়োজন। পরিবেশের তাপমাত্রা কত? **[KUET'15-16]**

(a) 52°C (b) 64°C (c) 16°C (d) 32°C (e) −5°C

সমাধান: **(c);** নিউটনের শীতলীকরণ সূত্রানুসারে, $\frac{d\theta}{dt} = k(\theta - \theta_o) \Rightarrow \int \frac{d\theta}{\theta - \theta_o} = \int k dt$

∴ $\int_{64}^{80} \frac{d\theta}{\theta - \theta_o} = 5k \Rightarrow \ln\left(\frac{80 - \theta_o}{64 - \theta_o}\right) = 5k$ .....(i) ∴ $\int_{52}^{80} \frac{d\theta}{\theta - \theta_o} = 10k \Rightarrow \ln\left(\frac{80 - \theta_o}{52 - \theta_o}\right) = 10k$ .....(ii)

(i), (ii) $\Rightarrow 2\ln\left(\frac{80 - \theta_o}{64 - \theta_o}\right) = \ln\left(\frac{80 - \theta_o}{52 - \theta_o}\right)$ $(80 - \theta_o)(52 - \theta_o) = (64 - \theta_o)^2$

$\Rightarrow 4160 - 132\,\theta_o = 4096 - 128\theta_o \Rightarrow \theta_o = 16°C$