আদর্শ গ্যাস ও গ্যাসের গতিতত্ত্ব

দশম অধ্যায়

পদার্থবিজ্ঞান - প্রথম পত্র

সৃজনশীল নমুনা প্রশ্ন ও উত্তর

বেপজা পাবলিক স্কুল ও কলেজ

চট্টগ্রাম ইপিজেড

প্রিয় শিক্ষার্থীরা,
এই অধ্যায়টি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ।
প্রতি বছরই এই অধ্যায় থেকে বোর্ড পরীক্ষায় রচনামূলক প্রশ্ন থাকে।
তাই অধ্যায়টি অত্যন্ত যত্নসহকারে অধ্যয়ন করবে।

অধ্যায় : আদর্শ গ্যাস ও গ্যাসের গতিতত্ত্ব

১। একটি হ্রদের তলদেশ ও পৃষ্ঠের পানির তাপমাত্রা যথাক্রমে $8\ ^0C$ ও $30\ ^0C$ । 2L আয়তন বিশিষ্ট একটি বায়ুপূর্ণ বেলুন হ্রদের তলদেশ হতে ছেড়ে দেয়া হলো। বেলুনটির সর্বোচ্চ প্রসারণ সক্ষমতা 15L। হ্রদের পৃষ্ঠে বায়ুমণ্ডলের চাপ $10^5\ Nm^{-2}$ হ্রদয়ের গভীরতা 15 m এবং পানির ঘনত্ব 1000 kg m-3।

ক) আদর্শ গ্যাস কাকে বলে ? ১

খ) বোল্টজম্যান ধ্রুবক, $k = 1.38 \times 10^{-23}\ J/K$ বলতে কী বোঝায়, ব্যাখ্যা কর। ২

গ) বেলুনে আবদ্ধ বায়ুর অণুসমূহের গতিশক্তির পরিবর্তন নির্ণয় কর। ৩

ঘ) বেলুনটি হ্রদের পৃষ্ঠে এসে বিস্ফোরিত হওয়ার সম্ভাবনা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

উত্তর: ক) যে সকল গ্যাস গ্যাসের গতিতত্ত্বের মৌলিক স্বীকার্যসমূহ মেনে চলে এবং সকল তাপমাত্রায় ও চাপে বয়েল ও চার্লসের সূত্র যুগ্মভাবে মেনে চলে তাকে আদর্শ বলে।

খ) বোল্টজম্যান ধ্রুবক $k = 1.38 \times 10^{-23}\ J/K$ বলতে বুঝায় একটি গ্যাসীয় অণুর তাপমাত্রা 1 K বাড়াতে 1.38×10^{-23}J কাজ করতে হয়।

গ) এখানে $T_1 = 8°C = 281\ K$

$T_2 = 30°C = 303\ K$

বোল্টজম্যান ধ্রুবক $k = 1.38 \times 10^{-23}\ J/K$

আমরা জানি, $E = \frac{3}{2} kT$

$\therefore \Delta E = \frac{3}{2} k\ (T_2 - T_1)$

$= \frac{3}{2} \times 1.38 \times 10^{-23} \times (303 - 281)$

$\therefore \Delta E = 4.554 \times 10^{-23}$J

অতএব, বেলুনে আবদ্ধ বায়ুর অণুসমূহের গতিশক্তির পরিবর্তন 4.554×10^{-23}J।

ঘ) এখানে, পানির ঘনত্ব, $\rho = 1000\ kg\ m^{-3}$

হ্রদের গভীরতা, $h = 15m$

হ্রদের তলদেশে আয়তন, $V_1 = 2L$

হ্রদের তলদেশের তাপমাত্রা, $T_1 = 281\ K$

হ্রদের পৃষ্ঠে তাপমাত্রা, $T_2 = 303\ K$

হ্রদের পৃষ্ঠে চাপ, $P_2 = 10^5\ Nm^{-2}$

হ্রদের তলদেশে চাপ, $P1 = 10^5 + h\rho g$

$= (10^5 + 15 \times 1000 \times 9.8)\ pa$

$= 247000 Nm^{-2}$

এখন, হ্রদের পৃষ্ঠের বেলুনটির আয়তন V_2 হলে,

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

বা, $V_2 = \frac{P_1V_1T_2}{P_2T_1} = \frac{247000 \times 2 \times 303}{10^5 \times 281} L$

$\therefore V_2 = 5.33$ L

যেহেতু $V_2 < 15$L

অর্থাৎ হ্রদের পৃষ্ঠে বেলুনটির আয়তন বেলুনের সর্বোচ্চ প্রসারণ সক্ষমতা অপেক্ষা কম, সেহেতু বেলুনটি হ্রদের পৃষ্টে এসে বিস্ফোরিত হওয়ার সম্ভাবনা নেই।

২। স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপে অক্সিজেন গ্যাসের ঘনত্ব 1.25 kg m^{-3}। গ্যাসের গতিতত্ত্ব অনুযায়ী তাপমাত্রা বাড়ালে গ্যাস অণুসমূহের বেগ বাড়ে।

ক) প্রমাণ চাপ কী ? ১

খ) বাতাসের তাপমাত্রা 30 ^{0}C এবং শিশিরাঙ্ক 20 ^{0}C বলতে কী বোঝায় ? ২

গ) 100 ^{0}C তাপমাত্রায় অক্সিজেন গ্যাসের বর্গমূল গড় বর্গবেগ নির্ণয় কর। ৩

ঘ) গ্যাসটির বর্গমূল গড় বর্গবেগ 5 গুণ করা হলে তাপমাত্রার কীরূপ পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

উত্তর: ক) সমুদ্র পৃষ্ঠে45° অক্ষাংশে0°C বা $273.16K$তাপমাত্রায় উলম্বভাবে অবস্থিত$76\ cm$ উচ্চতাবিশিষ্ট শুষ্ক ও বিশুদ্ধ পারদস্তম্ভ তার তলদেশে যে চাপ দেয় তাই প্রমাণ চাপ।

খ) বাতাসের তাপমাত্রা 30 ^{0}C বলতে বুঝায় ঐ স্থানের বায়ুর তাপমাত্রা 30 ^{0}C । তদুপরি, উক্ত স্থানের শিশিরাঙ্ক 20 ^{0}C বলতে বুঝায়, ঐ স্থানের বায়ুর তাপমাত্রা হ্রাস পেয়ে 20 ^{0}C এ উপনীত হলে বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা ঐ স্থানের বায়ু সম্পৃক্ত হবে, ফলে আপেক্ষিক আর্দ্রতা 100% হবে এবং বায়ুস্থ জলীয় বাষ্প শিশির বা বৃষ্টি আকারে ঝরে পড়তে শুরু করবে।

গ) এখানে, চাপ, P = 1.013 x 10^5 Pa

ঘনত্ব, ρ = 1.25 kg m^{-3}

$C_{rms} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}}$

$= \sqrt{\frac{3 \times 1.013 \times 105}{1.25}} ms - 1$

= 493.1 m s^{-1}

ঘ) $C_{rms} \alpha \sqrt{T}$

বা $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{C_{rms_2}}{C_{rms_1}}\right)^2 = 25$

বা, $\frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\% = (25 - 1) \times 100\% = 2400\%$

অতএব, গ্যাসটির বর্গমূল গড় বর্গবেগ 5 গুণ করলে তাপমাত্রা 2400% বৃদ্ধি পাবে।

৩। কোনো একদিন বেপজা পাবলিক স্কুল ও কলেজ ল্যাবরেটরিতে সিক্ত ও শুষ্ক বাল্ব আর্দ্রতা মাপক যন্ত্রের শুষ্ক বাল্বের পাঠ 33^0C এবং সিক্ত বাল্বে পাঠ 28^0C পাওয়া গেল। ভিন্ন ভিন্ন তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ ও গ্লেইসারের উৎপাদকের মান নিচের সারণিতে প্রদত্ত হলো –

তাপমাত্রা (^0C)	সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্প চাপ (mHg)	গ্লেইসারের উৎপাদক
24	22.38	1.72
26	25.21	1.69
32	35.7	1.63
33	37.78	1.62
34	39.9	1.61

ক) স্বাধীনতার মাত্রা কী ? ১

খ) বিমানের বাতাসের অনুকূলে নাকি প্রতিকূলে উড্ডয়ন সহজ হয় –ব্যাখ্যা কর। ২

গ) ল্যাবরেটরিতে ঐ দিন আদ্রতা কত ছিল ? ৩

ঘ) যদি ঐ দিন তাপমাত্রা 1 ^0C হ্রাস পায় তবে শিশিরাঙ্কের পরিবর্তন কীরূপ হবে গাণিতিক বিশ্লেষণ কর। ৪

উত্তর: ক) কোনো গতিশীল সংস্থার অবস্থা বা অবস্থান সুনির্দিষ্টভাবে প্রকাশের জন্য যতগুলো স্থানাঙ্কের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ গতিশীল সংস্থার স্বাধীনতার মাত্রা বলে।

খ) বিমানের বাতাসের বিপরীত দিকে উড্ডয়ন সহজ হয়। কারণ বিমান উড্ডয়নের ক্ষেত্রে এর উপর প্রযুক্ত বলের অনুভূমিক উপাংশের জন্য সামনের দিকে যায় এবং উল্লম্ব উপাংশের জন্য উপরের দিকে উঠে। এক্ষেত্রে বাতাসের বিপরীত দিকে চলার ক্ষেত্রে অনুভূমিক উপাংশ বাধার সম্মুখীন হলে অল্প অনুভূমিক দূরত্ব অতিক্রমে উপরে উঠা যাবে।

গ) আমরা জানি,

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

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

$= 33\ ^0C - 1.62(33\ ^0C - 28\ ^0C)$

$= 24.9\ ^0C$

এখানে,

শুষ্ক বাল্বের পাঠ, $\theta_1 = 33\ ^0C$

সিক্ত বাল্বের পাঠ, $\theta_2 = 28\ ^0C$

$33\ ^0C$ তাপমাত্রায় গ্লেইসারের উৎপাদক, $G = 1.62$

শিরিরাঙ্ক $\theta = ?$

আবার, $(26 - 24)\ ^0C = 2\ ^0C$ এর জন্য বাষ্পচাপ বৃদ্ধি পাবে।

$(25.21 - 22.38)\ mHg = 2.83\ mHg$

অতএব , $0.9\ ^0C$ এর জন্য বাষ্পচাপ বৃদ্ধি $= \frac{2.83 \times 0.9}{9} mHg$

$= 1.2735\ mHg$

24.9^0C এর জন্য সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ,

$f = (22.38 + 1.2735)\ mHg = 23.6535\ mHg$

অতএব, আর্দ্রতা $= \frac{f}{F} \times 100\% = \frac{23.6535}{37.78} \times 100\% = 62.60\%$

ঐ দিনের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 62.60%

ঘ) এখানে, শুষ্ক বাল্বের পাঠ, $\theta_1 = 33\ ^0C$

আর্দ্র বাল্বের পাঠ, $\theta_2 = 28\ ^0C$

$1\ ^0C$ তাপমাত্রা কমলে শুষ্ক বাল্বের পাঠ হবে

$\theta_3 = 33\ ^0C - 1\ ^0C = 32\ ^0C$

$32\ ^0C$ গ্লেইসারের উৎপাদক, $G = 1.63$

আবার, $\theta_3 - \theta = G(\theta_3 - \theta_2)$

বা, $\theta = \theta_3 - G(\theta 3 - \theta_2)$

$= 32\ ^0C - 1.63(32\ ^0C - 28\ ^0C) = 25.48\ ^0C$

'গ' হতে $33\ ^0C$ তাপমাত্রায় শিশিরাঙ্ক $24.9\ ^0C$

$1\ ^0C$ তাপমাত্রা হ্রাসে শিশিরাঙ্ক বৃদ্ধি

$= (25.48\ ^0C - 24.9\ ^0C) = 0.58\ ^0C$

৪। একটি অক্সিজেন সিলিন্ডারে $27\ ^0C$ তাপমাত্রায় এবং 15 atm চাপে 30 litre অক্সিজেন আছে। কিছু অক্সিজেন নিয়ে নেওয়ার ফলে সিলিন্ডারে অক্সিজেনের চাপ 11 atm এবং তাপমাত্রা $17\ ^0C$ হলো। অক্সিজেন গ্যাসের NTP তে গড় মুক্ত পথ 9.5×10^{-6} cm ।

ক) শব্দের তীক্ষ্ণতা কাকে বলে ? ১

খ) ফাঁপা দোলক পিন্ডকে তরল দ্বারা অর্ধপূর্ণ করলে দোলকটি ধীরে চলবে না দ্রুত চলবে ?– ব্যাখ্যা কর। ২

গ) উদ্দীপকের অক্সিজেনের অণুর পর পর দুটি ধাক্কা খাওয়ার মধ্যে সময়ের অবকাশ নির্ণয় কর। ৩

ঘ) উদ্দীপকের সিলিন্ডার থেকে অক্সিজেন বের করে নেয়ার পর, অবশিষ্ট মোল সংখ্যা জানা যাবে কি না? গাণিতিকভাবে মতামত দাও। ৪

উত্তর: ক) শব্দের যে বৈশিষ্ট্যের জন্য কোনো সুর চড়া বা চিকন এবং কোনো সুর মোটা বা খাদের তা বোঝা যায় তাকে শব্দের তীক্ষ্ণতা বলে।

খ) ফাঁপা অবস্থায় যে দোলনকাল থাকে তরল দ্বারা অর্ধপূর্ণ অবস্থায় তার দোলনকাল পরিবর্তিত হবে। কারণ তরল দ্বারা পূর্ণ করার সময় এর ভারকেন্দ্রের পরিবর্তন ঘটে। সাথে সাথে সুতার কার্যকর দৈর্ঘ্যও পরিবর্তিত হয়। ভারকেন্দ্র পূর্বের অবস্থান থেকে আরও নিচে নেমে যায়। ফলে কার্যকর দৈর্ঘ্যও বাড়ে এবং দোলনকাল বাড়ে।

গ) আমরা জানি,

$$C_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

$$= \sqrt{\frac{3 \times 8.314 \times 298}{32 \times 10^{-3}}}$$

$= 481.94\ m\ s^{-1}$

$\approx 482\ m\ s^{-1}$

প্রয়োজনীয় সময়,

$$t = \frac{\lambda}{C_{rms}} = \frac{9.5 \times 10^{-8}}{482}\ s$$

$\therefore t = 1.97 \times .10^{-10} s$

NTP- তে

তাপমাত্রা, $T = 25\ ^0C = 298\ K$

$R = 8.314\ J\ kg^{-1}\ mol^{-1}$

অক্সিজেনের আণবিক ভর,

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

গড় মুক্ত পথ $\lambda = 9.5 \times 10^{-8}\ m$

ঘ) এখন মোল সংখ্যা n হলে,

আমরা জানি,

$PV = nRT$

বা, $n = \frac{PV}{RT}$

অক্সিজেন বের করার পর,

তাপমাত্রা, $T = 17\ ^0C$

$= 17 + 273 = 290\ K$

চাপ, $P = 11\ atm$

আয়তন, $V = 30L$

$R = 0.0821\ L\ atm\ mol^{-1}\ K^{-1}$

বা, $n = \frac{11 \times 30}{0.0821 \times 290} = 13.86$

অতএব, মৌল সংখ্যা 13.86

৫। দুটি পাত্র পরস্পর তাপীয় সাম্যবস্থায় আছে। প্রথম পাত্রে 103475 N m^{-2} চাপে 1.25 kg m^{-3} ঘনত্বের এক মোল অক্সিজেন গ্যাস আছে। ঘনকাকৃতির অপর পাত্রে 106368 Nm^{-2} চাপে 20g He গ্যাস আছে।[R = 8.3 $Jmol^{-1}$ K^{-1} , ঘনকের প্রতি বাহুর দৈর্ঘ্য =50 cm]

ক) সেকেন্ড দোলক কাকে বলে ?

খ) লোহার ইয়ং এর গুণাংক 2×10^{11} Nm^{-2} বলতে কী বুঝায় ?

গ) ১ম পাত্রের গ্যাসের চাপ যদি দ্বিতীয় পাত্রের চাপের সামান করা হয় তবে ১ম পাত্রের গ্যাসের ঘনত্ব কত হবে ?

ঘ) দ্বিতীয় পাত্রে উল্লেখিত গ্যাসটি কি আদর্শ গ্যাস ? উত্তরের স্বপক্ষে যুক্তি দাও।

উত্তর: ক) যে দোলকের দোলনকাল দুই সেকেন্ড অর্থাৎ যে দোলকের এক প্রান্ত থেকে অপর প্রান্তে যেতে এক সেকেন্ড সময় লাগে তাকে সেকেন্ড দোলক বলে।

খ) লোহার ইয়ং এর গুণাঙ্ক 2×10^{11} N/m^{-2} বলতে বুঝায় 1 m^2 প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট ইস্পাতের তাপে দৈর্ঘ্য বরাবর 2×10^{11} N বল প্রয়োগ করলে তারটি দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি আদি দৈর্ঘ্যের সমান হবে।

গ) এখানে, ১ম পাত্রের গ্যাসের আদি চাপ, $P_1 = 103875 Nm^{-2}$

এবং পরিবর্তিত চাপ, $P_2 = 106368$ Nm^{-2}

গ্যাসের আদি ঘনত্ব, $\rho_1 = 1.25$ kg m^{-3}

বের করতে হবে, পরিবর্তিত ঘনত্ব, $\rho_2 = ?$

$PV = \frac{m}{M} RT$

বা, $P = \frac{m}{VM} RT = \frac{\rho RT}{M}$ সুত্রানুসারে,

R, T, M অপরিবর্তিত থাকলে $P \alpha \rho$

$\therefore \frac{P1}{P2} = \frac{\rho 1}{\rho 2}$

বা, $\rho_2 = \rho_1 \frac{P2}{P1} = 1.25$ kg $m^{-3} \times \frac{106368\ Nm-2}{103874\ Nm-2}$

$= 1.28$ kg m^{-3}

ঘ) প্রথম গ্যাসটির ক্ষেত্রে, চাপ, $P = 103875$ Nm^{-2}

ঘনত্ব, $\rho = 1.25$ kg m^{-3}

মোল সংখ্যা n = 1

গ্রাম আণবিক ভর, $M = 32$ gm $= 32 \times 10^{-3}$ kg

তাপমাত্রা T হলে, $PV = \frac{m}{M} RT$

বা, $P = \frac{mRT}{VM} = \frac{\rho RT}{M}$

$\therefore T = \frac{PM}{\rho R} = \frac{103875\ Nm^{-2} \times 32 \times 10^{-3}\ kg}{1.25\ kg\ m^{-3} \times 8.31\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}}$

তাহলে দ্বিতীয় পাত্রের গ্যাসের তাপমাত্রাও 320 K কারণ গ্যাসদ্বয় পরস্পর তাপীয় সাম্যবস্থায় আছে। দ্বিতীয় গ্যাসের ক্ষেত্রে, চাপ, $P = 106368\ Nm^{-2}$

আয়তন, V = (ঘনকের বাহুর দৈর্ঘ্য)^3

= $(0.5\text{m})^3 = 0.125\ \text{m}^3$

ভর, m = 20 g

গ্রাম আণবিক ভর, M = 4 g

তাপমাত্রা, T = 320 K

PV = $\frac{m}{M}$ RT সূত্র হতে R এর মান নির্ণয় করি,

$$R = \frac{PVM}{mT} = \frac{106368 \times 0.125 \times 4}{20 \times 320}$$

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

যা Rএর প্রদত্ত মানের সমান।

সুতরাং দ্বিতীয় পাত্রে উল্লেখিত গ্যাসটি আদর্শ গ্যাস।