

তাপে কঠিন, তরল ও বায়বীয় পদার্থের প্রসারণ ঘটলেও এ তিনি রকম পদার্থের প্রসারণ এক রকম হয় না। কঠিন ও তরল পদার্থের প্রসারণে চাপের ভূমিকা খুবই নগণ্য; কিন্তু গ্যাসীয় বা বায়বীয় পদার্থের আয়তন চাপের উপরও নির্ভরশীল। এ অধ্যায়ে আমরা গ্যাসীয় পদার্থের প্রসারণে চাপ ও তাপমাত্রার প্রভাব, গ্যাস সূত্রাবলি, আদর্শ গ্যাস সমীকরণ, গড় বর্গ বেগ ও মূল গড় বর্গ বেগ, স্বাধীনতার মাত্রা, শক্তির সমবিভাজন নীতি ইত্যাদি নিয়ে আলোচনা করব।

প্রধান শব্দসমূহ :

আদর্শ গ্যাস, বয়েলের সূত্র, চার্লসের সূত্র, চাপীয় সূত্র, স্থির চাপে গ্যাসের আয়তন প্রসারাঙ্ক, স্থির আয়তনের গ্যাসের চাপ প্রসারাঙ্ক, প্রমাণ তাপমাত্রা, প্রমাণ চাপ, গড় বর্গবেগ, মূল গড় বর্গবেগ, স্বাধীনতার মাত্রা, শক্তির সমবিভাজন নীতি, সম্পৃক্ত বাষ্প চাপ, পরম আর্দ্রতা, শিশিরাঙ্ক, আপেক্ষিক আর্দ্রতা।

এ অধ্যায় পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা—

ক্রমিক নং	শিখন ফল	অনুচ্ছেদ
১	আদর্শ গ্যাসের সূত্র ব্যাখ্যা করতে পারবে।	১০.২
২	বয়েলের সূত্র ও চার্লসের সূত্রের সমবয়ে $pV = RT$ সমীকরণ প্রতিষ্ঠা করতে পারবে।	১০.৪
৩	ব্যবহারিক :	
	○ বয়েলের সূত্র যাচাই করতে পারবে।	১০.৭
৪	গ্যাসের অণুর মৌলিক স্থীকার্য বর্ণনা করতে পারবে।	১০.৮
৫	গ্যাসের অণুর মৌলিক স্থীকার্যের আলোকে গ্যাসের আণবিক গতিতত্ত্ব ব্যাখ্যা করতে পারবে।	১০.৯, ১০.১০
৬	গ্যাসের গতিতত্ত্ব ব্যবহার করে আদর্শ গ্যাসের সূত্র ব্যাখ্যা করতে পারবে।	১০.১১, ১০.১২
৭	শক্তির সমবিভাজন নীতি বর্ণনা করতে পারবে।	১০.১৫
৮	জলীয় বাষ্প ও বায়ুর চাপের সম্পর্ক বিশ্লেষণ করতে পারবে।	১০.১৮
৯	শিশিরাঙ্ক ও আপেক্ষিক আর্দ্রতার সম্পর্ক বিশ্লেষণ করতে পারবে।	১০.১৯
১০	ব্যবহারিক :	
	○ নিউটনের শীতলীকরণ সূত্রের সাহায্যে তরলের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় করতে পারবে।	১০.২২

১০.১। আদর্শ গ্যাস

Ideal Gas

পরীক্ষা করে দেখা গেছে একই পরিমাণের বিভিন্ন গ্যাস একই আয়তনের বিভিন্ন পাত্রে একই তাপমাত্রায় রেখে যদি চাপ পরিমাপ করা হয় তাহলে প্রত্যেকের চাপ প্রায় সমান পাওয়া যায়। তাপমাত্রা আরো বাড়িয়ে যদি আবার চাপ পরিমাপ করা হয় তাহলে গ্যাসগুলোর চাপের মান আরো কাছাকাছি পাওয়া যায়। তাপমাত্রা যত বাড়ান যাবে চাপের পার্থক্য ততই কমতে থাকবে। তাপমাত্রা আরো বাড়িয়ে চাপ পরিমাপ করতে থাকলে একসময় দেখা যাবে প্রত্যেকটি গ্যাসই $pV = nRT$ সমীকরণ মেনে চলছে। এখানে p = গ্যাসের চাপ, V = গ্যাসের আয়তন, n = গ্যাসের মোল সংখ্যা, R = সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক, প্রত্যেক গ্যাসের জন্যে যার মান $8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ এবং T = কেলভিন এককে গ্যাসের তাপমাত্রা। এ সমীকরণকে বলা হয় আদর্শ গ্যাস সমীকরণ। উচ্চ তাপমাত্রা ও নিম্নচাপে সকল গ্যাস এ সমীকরণ মেনে চলে। যে সকল গ্যাস সকল তাপমাত্রা ও চাপে এই সমীকরণ মেনে চলে তারাই আদর্শ গ্যাস। প্রকৃতিতে অবশ্য এমন কোনো গ্যাসের অস্তিত্ব নেই যা প্রকৃতপক্ষে আদর্শ। উচ্চতাপমাত্রা ও নিম্নচাপে সকল গ্যাসই আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে। আদর্শ গ্যাসের আচরণ থেকেই আমরা বাস্তব গ্যাস সম্পর্কে ধারণা পেতে পারি। তাই আমরা সকল গ্যাস সমীকরণ আদর্শ গ্যাসের উপর ভিত্তি করে প্রতিপাদন করি।

১০.২। গ্যাস সূত্রাবলি

Gas Laws

গ্যাসের তিনটি চলরাশি যথা : চাপ, আয়তন ও তাপমাত্রার যেকোনো একটি স্থির থাকলে অন্য দুটি পরিবর্তিত হওয়ার সময় নির্দিষ্ট সূত্র মেনে চলে। তাই চাপ, আয়তন ও তাপমাত্রার মধ্যে সম্পর্কসূচক তিনটি সূত্র আছে। এগুলোকে গ্যাসীয় সূত্র বলে। এ সূত্রগুলো হলো

১. বয়েলের সূত্র : এ সূত্র তাপমাত্রা স্থির থাকলে আয়তন ও চাপের মধ্যে সম্পর্ক নির্দেশ করে।
২. চার্লসের সূত্র : এ সূত্র চাপ স্থির থাকলে আয়তন ও তাপমাত্রার মধ্যে সম্পর্ক নির্দেশ করে।
৩. চাপীয় সূত্র : এ সূত্র আয়তন স্থির থাকলে চাপ ও তাপমাত্রার মধ্যে সম্পর্ক নির্দেশ করে।

১. বয়েলের সূত্র

রবার্ট বয়েল নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় আয়তন ও চাপের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় করে এ সূত্র উপস্থাপিত করেন।

সূত্র : কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের তাপমাত্রা স্থির থাকলে তার আয়তন চাপের ব্যত্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

এ স্বত্ত্বানুসারে কোনো গ্যাসের ভর ও তাপমাত্রা স্থির থাকলে আয়তন চাপের উপর নির্ভর করে। চাপ দিগ্নেণ করলে আয়তন অর্ধেক হয়, চাপ তিনগুণ করলে আয়তন এক্ষ-ত্রুটীয়াৎশ হয়। কোনো স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন V এবং চাপ p হলে,

$$V \propto \frac{1}{p} \text{ যখন তাপমাত্রা ও ভর স্থির থাকে।}$$

$$\text{বা, } V = \text{ধ্রুবক} \times \frac{1}{p}$$

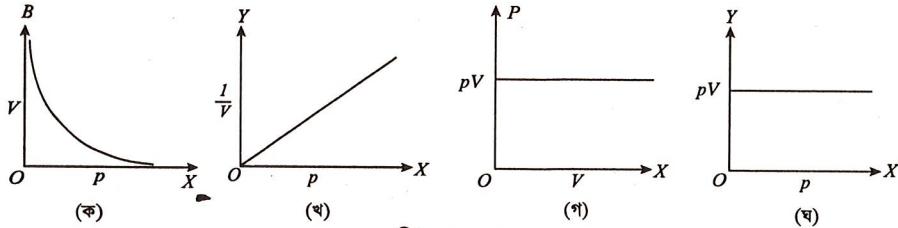
$$\text{বা, } pV = \text{ধ্রুবক, } K$$

এখানে K একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক। এ সমানুপাতিক ধ্রুবক K এর মান গ্যাসের ভর, তাপমাত্রা ও এককের উপর নির্ভর করে। সুতরাং যদি স্থির তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের p_1, p_2, \dots, p_n চাপে আয়তন যথাক্রমে V_1, V_2, \dots, V_n হয় তবে,

বয়েলের স্বত্ত্বানুসারে আমরা পাই,

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 = \dots = p_n V_n = \text{ধ্রুবক, } K \quad \dots \quad (10.1)$$

সমীকরণ (10.1) থেকে দেখা যায় যে, চাপ ও আয়তন পরম্পরের ব্যঙ্গানুপাতিক। তাই চাপ ও আয়তনের বিভিন্ন মানের জন্য স্থির তাপমাত্রার নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন (V) ও চাপ p এর লেখচিত্র আয়তকার অধিবৃত্ত (Rectangular hyperbola) হয় (চিত্র ১০.১ ক)।



চিত্র : ১০.১

আবার X -অক্ষের দিকে P এবং Y অক্ষের $\frac{1}{V}$ নিয়ে লেখচিত্র আঁকলে (১০.১খ) চিত্রের ন্যায় হবে। এক্ষেত্রে স্থির তাপমাত্রায় p এর সাথে $\frac{1}{V}$ বৃদ্ধি পায় বা p -হাস পেলে $\frac{1}{V}$ -হাস পায়।

উল্লেখ্য যে X -অক্ষের দিকে V এবং Y -অক্ষের দিকে p নিয়ে লেখ আঁকলে সেটিও (১০.১ক) চিত্রের ন্যায় হবে। আবার X -অক্ষের দিকে $\frac{1}{V}$ এবং Y -অক্ষের দিকে p -দিয়ে লেখ আঁকলে সেটিও (১০.১ খ) চিত্রের ন্যায় হবে।

আবার X -অক্ষের দিকে V বা p এবং Y -অক্ষের দিকে pV নিয়ে লেখচিত্র আঁকলে (১০.১গ) বা (১০.১ঘ) চিত্রের ন্যায় X -অক্ষের সমান্তরাল সরলরেখা পাওয়া যাবে।

২. চার্লসের সূত্র

স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের তাপমাত্রা ও আয়তনের মধ্যকার সম্পর্ক অনুসন্ধান করে জ্যাকুইস চার্লস ১৭৮৭ সালে একটি সূত্র প্রকাশ করেন যা চার্লসের সূত্র। নামে পরিচিত।

সূত্র : স্থির চাপে কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন 0°C থেকে প্রতি ডিগ্রি সেলসিয়াস তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হাসের জন্য এর 0°C তাপমাত্রার আয়তনের $\frac{1}{273}$ অংশ যথাক্রমে বৃদ্ধি বা হাস পায়।

এ নির্দিষ্ট ভগ্নাংশ $\frac{1}{273}$ হচ্ছে স্থির চাপে গ্যাসের আয়তন প্রসারণ সহগ। এটি নির্দেশ করে স্থির চাপে 0°C তাপমাত্রার নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের তাপমাত্রা 0°C থেকে প্রতি ডিগ্রি সেলসিয়াস বৃদ্ধি করলে ঐ গ্যাসের প্রতি একক আয়তনে আয়তনের কতটুকু প্রসারণ হবে। একে γ_p দিয়ে সূচিত করা হয়। সকল গ্যাসের জন্য আয়তন প্রসারণ সহগের মান $\frac{1}{273}^{\circ}\text{C}^{-1}$ বা, $0.00366^{\circ}\text{C}^{-1}$ অর্থাৎ চাপ স্থির রেখে 0°C তাপমাত্রার নির্দিষ্ট ভরের 1m^3 গ্যাসের তাপমাত্রা 1°C বাড়ালে এর আয়তন 0.00366 m^3 বাড়ে।

চার্লসের সূত্র অনুসারে স্থির চাপে 0°C তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন V_0 হলে 0°C থেকে প্রতি ডিগ্রি সেলসিয়াস তাপমাত্রার পরিবর্তনের জন্য এর আয়তন $\frac{1}{273} \times V_0$ হারে পরিবর্তিত হবে। 0°C তাপমাত্রার পরিবর্তনের জন্য আয়তনের পরিবর্তন হবে $\frac{\theta}{273} \times V_0$ । সুতরাং $\theta^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রায় যদি ঐ গ্যাসের আয়তন V হয় তবে চার্লসের সূত্রানুসারে,

$$V = V_0 + \frac{\theta}{273} V_0$$

$$\text{বা, } V = V_0 \left(1 + \frac{\theta}{273} \right) \quad \dots \quad (10.2)$$

$$\text{বা, } V = \frac{V_0}{273} (273 + \theta)$$

$$\text{বা, } V = \frac{V_0}{273} T$$

এখানে T হচ্ছে 0°C তাপমাত্রার আনুষঙ্গিক পরম বা কেলভিন তাপমাত্রা।

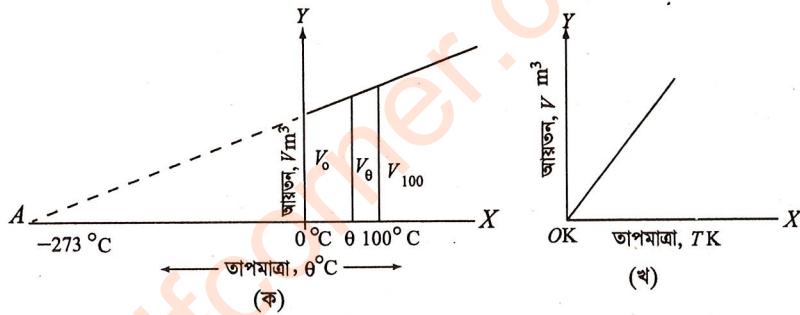
যেহেতু $\frac{V_0}{273}$ একটি ধ্রুব রাশি

সুতরাং $V \propto T$ যখন চাপ ও ভর স্থির থাকে।

অতএব চার্লসের সূত্রকে লেখা যায়,

স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন এর পরম বা কেলভিন তাপমাত্রার সমানুপাতিক।

অর্থাৎ গ্যাসের ভর ও চাপ স্থির রেখে কেলভিন তাপমাত্রা দিগুণ করা হলে আয়তন দিগুণ হবে, কেলভিন তাপমাত্রা তিনগুণ করা হলে আয়তন তিনগুণ হবে।



চিত্র : ১০.২

যদি কোনো ছক কাগজে X -অক্ষের দিকে তাপমাত্রা এবং Y -অক্ষের দিকে আনুষঙ্গিক আয়তন স্থাপন করে একটি লেখ অঙ্কন করা যায় তবে তা Y -অক্ষকে ছেদকারী একটি সরলরেখা হবে (চিত্র : ১০.২ ক)। এটি নির্দেশ করে যে তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে গ্যাসের প্রসারণ সূষ্ম হয়। লেখ থেকে 0°C তাপমাত্রায় বায়ুর আয়তন V_0 এবং যেকোনো সুবিধাজনক তাপমাত্রা θ° বায়ুর আয়তন V_θ নির্ণয় করে $V_\theta = V_0 (1 + \gamma_p \theta)$ সূত্র থেকে γ_p হিসাব করা যায়। বাতাসের জন্য γ_p -এর প্রাপ্ত মান $0.00366 \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ অর্থাৎ প্রায় $\frac{1}{273} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ এবং চার্লসের সূত্র মান্যকারী অন্যান্য গ্যাসের ক্ষেত্রেও একই মান পাওয়া যায়। এর থেকে চার্লসের সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত হয়।

লেখচিত্রে [চিত্র (১০.২ক)] সরল রেখাটিকে পেছন দিকে বর্ধিত করলে এটি X -অক্ষকে -273°C এ ছেদ করে, যার অর্থ হচ্ছে -273°C তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন তাত্ত্বিকভাবে শূন্য হয়। তাপমাত্রা -273°C থেকে কমালে গ্যাসের আয়তন ঝণাঝক হয়। কিন্তু ঝণাঝক আয়তন অর্থহীন। এটি অসম্ভব, অবস্থা বা হতে পারে না। কাজেই কোনো তাপমাত্রাই -273°C এর নিচে থাকতে পারে না। সুতরাং সর্বনিম্ন কল্পনাযোগ্য যে তাপমাত্রা তা হচ্ছে -273°C । এর নিচে কোনো তাপমাত্রা শুধু আমাদের প্রতিবিশ্বে কোথাও থাকতে পারে না। এ জন্য এ -273°C তাপমাত্রাকে সর্বনিম্ন তাপমাত্রা বা পরমশূন্য তাপমাত্রা বলা হয়।

আবার X -অক্ষের দিকে কেলভিন ক্ষেত্রে তাপমাত্রা এবং Y -অক্ষের দিকে আনুষঙ্গিক আয়তন স্থাপন করে লেখ আঁকলে (১০.২খ) চিত্রের ন্যায় মূল বিন্দুগামী সরলরেখা পাওয়া যায়। এক্ষেত্রে মূল বিন্দু পরম শূন্য তাপমাত্রা নির্দেশ করছে।

পরমশূন্য তাপমাত্রা : যে তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন শূন্য হয়, যার নিচে কোনো তাপমাত্রা থাকা সম্ভব নয়, কারণ তাহলে গ্যাসের আয়তন খণ্ডিত হতে হয়, যা অসম্ভব, সেই সর্বনিম্ন কল্পনাযোগ্য তাপমাত্রাকে বলে পরমশূন্য তাপমাত্রা।

তাপমাত্রার পরম ক্ষেল : পরমশূন্য তাপমাত্রাকে শূন্য ধরে তাপমাত্রার যে ক্ষেল গণনা করা হয়, যার এক ভাগ সেলসিয়াস ক্ষেলের এক ভাগের সমান তাকে তাপমাত্রার পরম ক্ষেল বলে।

লর্ড কেলভিনের নামানুসারে এ ক্ষেলকে কেলভিন ক্ষেল বলে। সাধারণত পরম তাপমাত্রা বা কেলভিন তাপমাত্রাকে T এবং সেলসিয়াস ক্ষেলে তাপমাত্রাকে θ দিয়ে নির্দেশ করা হয়, সুতরাং

$$T = 273 + \theta \quad \dots \quad (10.3)$$

৩. চাপীয় সূত্র

এ সূত্রের সাহায্যে স্থির আয়তনে গ্যাসের চাপ ও তাপমাত্রার মধ্যে সম্পর্ক পাওয়া যায়।

সূত্র : স্থির আয়তনে কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ 0°C থেকে প্রতি ডিগ্রি সেলসিয়াস তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হাসের জন্য এর 0°C তাপমাত্রার চাপের $\frac{1}{273}$ অংশ যথাক্রমে বৃদ্ধি বা হাস পায়।

এ নির্দিষ্ট ভগ্নাংশ $\frac{1}{273}$ হচ্ছে স্থির আয়তনে গ্যাসের চাপ প্রসারণ সহগ। এটি নির্দেশ করে স্থির আয়তনে 0°C তাপমাত্রার নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের তাপমাত্রা 0°C থেকে প্রতি ডিগ্রি সেলসিয়াস বৃদ্ধি করলে ঐ গ্যাসের প্রতি একক চাপে চাপের কর্তৃক বৃদ্ধি ঘটে। একে γ , দিয়ে সূচিত করা হয়।

চাপের সূত্রানুসারে স্থির আয়তনে কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ 0°C তাপমাত্রায় p_0 হলে 0°C থেকে প্রতি ডিগ্রি সেলসিয়াস তাপমাত্রা পরিবর্তনের জন্য এর চাপ $\frac{1}{273} \times p_0$ হারে পরিবর্তিত হবে। $\theta^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রা পরিবর্তনের জন্য চাপের পরিবর্তন হবে $\frac{\theta}{273} p_0$ । সুতরাং $\theta^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের চাপ যদি p হয় তবে চাপীয় সূত্রানুসারে,

$$p = p_0 + \frac{\theta}{273} p_0$$

$$\text{বা, } p = p_0 \left(1 + \frac{\theta}{273} \right) \quad \dots \quad (10.4)$$

$$\text{বা, } p = \frac{p_0}{273} (\theta + 273) \quad \text{বা, } p = \frac{p_0}{273} T$$

এখানে T হচ্ছে $\theta^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রার আনুষঙ্গিক পরম বা কেলভিন তাপমাত্রা। যেহেতু $\frac{p_0}{273}$ একটি ধ্রুব রাশি সুতরাং

$$p \propto T \text{ যখন আয়তন ও ভর স্থিতির থাকে।}$$

অতএব চাপের সূত্রকে লেখা যায়,

স্থির আয়তনে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ এর পরম বা কেলভিন তাপমাত্রার সমানুপাতিক।

অর্থাৎ গ্যাসের ভর ও আয়তন স্থির রেখে কেলভিন তাপমাত্রা দ্বিগুণ করা হলে চাপ দ্বিগুণ হবে, কেলভিন তাপমাত্রা তিনগুণ করা হলে চাপ তিন গুণ হবে।

১০.৩। প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপ

Standard Temperature & Pressure (S.T.P.)

প্রমাণ তাপমাত্রা : যে তাপমাত্রায় প্রমাণ চাপে বরফ গলে পানিতে পরিণত হয় বা পানি জমে বরফে পরিণত হয় সেই তাপমাত্রাকে প্রমাণ তাপমাত্রা বলে। সেলসিয়াস ক্ষেলে এটি 0°C এবং কেলভিন এককে 273.15 K ।

প্রমাণ চাপ : সমুদ্রপৃষ্ঠে 45° অক্ষাংশে 273.15 K তাপমাত্রায় উল্লম্বভাবে অবস্থিত 760 mm উচ্চতা বিশিষ্ট শুষ্ক ও বিশুদ্ধ পারদস্ত যে চাপ দেয় তাকে প্রমাণ চাপ বলে।

$$\therefore \text{প্রমাণ চাপ} = 760\text{ mm পারদস্ত চাপ}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.76 \text{ m} \times 13596 \text{ kg m}^{-3} \times 9.806 \text{ m s}^{-2} \\
 &= 1.013 \times 10^5 \text{ N m}^{-2} \\
 &= 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}
 \end{aligned}$$

চাপের বিভিন্ন এককের মধ্যে সম্পর্ক

চাপের একক প্যাস্কেল (P_a)। এ ছাড়াও চাপের কয়েকটি একক এখনও প্রচলিত আছে।

১ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ = $1.013 \times 10^5 \text{ N m}^{-2} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mm পারদ চাপ} = 76 \text{ cm পারদ চাপ}$
প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপ পূর্বে স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপ বা N.T.P নামে পরিচিত ছিল।

১০.৪। আদর্শ গ্যাস সমীকরণ বা গ্যাস সূত্রাবলির সমৰ্থয় $pV = nRT$

Ideal Gas Equation : $pV = nRT$

ধরা যাক, m ভরের কোনো গ্যাসের আয়তন, চাপ ও পরম তাপমাত্রা যথাক্রমে V , p এবং T ।

বয়েলের সূত্র থেকে আমরা পাই, $V \propto \frac{1}{p}$, যখন m এবং T ধ্রুব

এবং চার্লসের সূত্র থেকে আমরা পাই, $V \propto T$, যখন m এবং p ধ্রুব।

অনুপাতের সূত্রানুসারে, $V \propto \frac{T}{p}$ যখন m ধ্রুব

$$\text{বা, } V = K \frac{T}{p}$$

$$\text{বা, } \frac{pV}{T} = K$$

$$\text{বা, } pV = KT \quad \dots \quad (10.5)$$

এখনে K একটি ধ্রুব সংখ্যা, এর মান গ্যাসের ভর, m উপর নির্ভর করে।

যদি T_1, T_2, \dots, T_n কেলভিন তাপমাত্রায় এবং p_1, p_2, \dots, p_n চাপে কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন যথাক্রমে V_1, V_2, \dots, V_n হয়, তাহলে উপরিউক্ত সমীকরণ অনুসারে,

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} = \dots = \frac{p_n V_n}{T_n} = K, \text{ ধ্রুবক} \quad \dots \quad (10.6)$$

যদি এক মোল (mole) বা এক গ্রাম অণু গ্যাস বিবেচনা করা হয় তাহলে সকল গ্যাসের জন্য এই ধ্রুব সংখ্যার মান একই হয়। তখন এই ধ্রুবককে R দিয়ে নির্দেশ করা হয়, অন্যক্ষেত্রে একে K দিয়ে প্রকাশ করা হয়।

সূতরাং এক মোল গ্যাসের জন্য

$$\frac{pV}{T} = R$$

$$\text{বা, } pV = RT \quad \dots \quad (10.7)$$

এখনে R হচ্ছে মোলার গ্যাস ধ্রুবক এবং V হচ্ছে এক মোল গ্যাসের আয়তন। আজ্যতোগান্ত্রোর অনুকম্প অনুসারে অভিন্ন চাপ ও তাপমাত্রায় যেকোনো গ্যাসের এক মোল একই আয়তন দখল করে এবং প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে এই আয়তন হচ্ছে 22.4 litre বা, $22.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ । সূতরাং R -এর মান সকল গ্যাসের জন্য একই। এজন্য R -কে সর্বজনীন বা বিশ্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক বলে। R -এর মান এস আই বা আন্তর্জাতিক পদ্ধতিতে $8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ।

যদি এক মোল বা এক গ্রাম অণু গ্যাস না নিয়ে m পরিমাণ গ্যাস নেওয়া হয় যার আয়তন V এবং গ্যাসের আণবিক ভর যদি M হয়, তবে এক মোল বা এক গ্রাম অণু গ্যাসের আয়তন হবে $\frac{M}{m} V$ । সূতরাং (10.7) সমীকরণে V -এর পরিবর্তে $\frac{M}{m} V$ বসিয়ে আমরা পাই,

$$p \frac{M}{m} V = R T$$

$$\text{বা, } pV = \frac{m}{M} RT \quad \dots \quad (10.8)$$

কিন্তু $\frac{m}{M}$ হচ্ছে গ্যাসের মোলের সংখ্যা বা পূর্ণ সংখ্যা বা ভগ্নাংশ হতে পারে। একে n দিয়ে প্রকাশ করা হলে উপরিউক্ত সমীকরণ দাঁড়ায়,

$$pV = nRT \quad \dots \quad (10.9)$$

এ সমীকরণ হচ্ছে বয়েল ও চার্লসের সূত্রের সংযুক্ত রূপ। এ সমীকরণকে সাধারণত গ্যাস সমীকরণ বা আদর্শ গ্যাসের অবস্থার সমীকরণ বলা হয়। কেননা, যেকোনো ভরের গ্যাসের চাপ, আয়তন এবং তাপমাত্রা জেনে এর ভৌত অবস্থা পরিপূর্ণভাবে জানা যায়।

যে সকল গ্যাস বয়েল ও চার্লসের সূত্র যুগ্মভাবে (অর্থাৎ 10.9 সমীকরণ) মেনে চলে তাদেরকে আদর্শ গ্যাস বলে; এজন্য (10.9) সমীকরণকে আদর্শ গ্যাস সমীকরণও বলে। বাস্তবে কোনো গ্যাসই আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে না। কেবলমাত্র নিম্নচাপ ও উচ্চ তাপমাত্রায় গ্যাস এ সমীকরণ মেনে চলে।

সম্প্রসারিত কর্মকাণ্ড: দেখাও যে, একক চাপে কোনো আদর্শ গ্যাসের এক মোলের আয়তন বনাম পরম তাপমাত্রার লেখচিত্রের ঢালই হচ্ছে সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক R ।

এক মোল গ্যাসের জন্য আদর্শ গ্যাস সমীকরণ হচ্ছে $pV = RT$

একক চাপের ক্ষেত্রে $p = 1$ একক

$$\therefore V = RT \text{ অর্থাৎ } V \propto T$$

$$\text{বা, } \frac{V}{T} = R$$

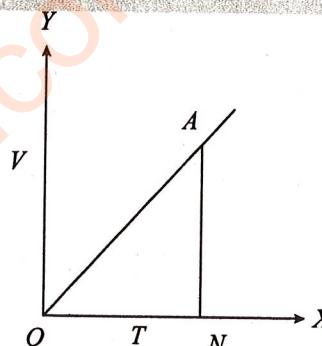
এখন X -অক্ষের দিকে পরম বা কেলভিন তাপমাত্রা T এবং Y -অক্ষের দিকে একক চাপে এক মোল গ্যাসের আয়তন নিয়ে লেখচিত্র আঁকলে সেটি মূলবিন্দুমী সরলরেখা হবে (চিত্র : ১০.৩)। এই সরলরেখা X -অক্ষের সাথে যে কোণ উৎপন্ন করে তার ট্যানজেন্টই হচ্ছে $V-T$ রেখার ঢাল।

সরল রেখার উপরস্থি A বিন্দু থেকে Y -অক্ষের উপর অঙ্কিত লম্ব AN । এখন $ON = T$ ধরলে $AN = V$ হবে।

$$\text{সূতরাং } OA \text{ রেখার ঢাল} = \tan \angle AON = \frac{AN}{ON}$$

$$\therefore V-T \text{ রেখার ঢাল, } = \frac{AN}{ON} = \frac{V}{T} = R$$

অর্থাৎ একক চাপের গ্যাসের এক মোলের আয়তন বনাম পরম তাপমাত্রা লেখচিত্রের ঢালই হচ্ছে ঐ গ্যাসের সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক।



চিত্র : ১০.৩

১০.৫। গ্যাস ধ্রুবকের মান

Magnitude of Gas Constant

(ক) সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক R -এর মান : এক মোল গ্যাসের জন্য গ্যাস ধ্রুবককে সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক বা মোলার গ্যাস ধ্রুবক R বলা হয়।

এক মোল গ্যাসের জন্য $pV = RT$ এই সমীকরণ যেকোনো আদর্শ গ্যাসের বেলায় সকল তাপমাত্রা ও চাপের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। অর্থাৎ

$$R = \frac{pV}{T} = \frac{p_0 V_0}{T_0}$$

এখানে V_0 হচ্ছে প্রমাণ চাপ p_0 এবং প্রমাণ তাপমাত্রা T_0 তে যেকোনো গ্যাসের এক মোলের আয়তন।

এখন, প্রমাণ চাপ, $p_0 = 1.013 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$

এবং প্রমাণ তাপমাত্রা, $T_o = 273.15 \text{ K}$

এবং অ্যাডভোগাট্রো অনুকল্প অনুসারে প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে যেকোনো গ্যাসের এক মোল 22.4 litre অর্থাৎ $22.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ আয়তন দখল করে। সুতরাং $V_o = 22.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$

$$\therefore R = \frac{p_o V_o}{T_o} = \frac{(1.013 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}) \times (22.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1})}{273.15 \text{ K}}$$

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

(খ) গ্যাস ধ্রুবক K -এর মান : (10.5) এবং (10.9) সমীকরণ তুলনা করে আমরা দেখি,

$$K = nR = \frac{m}{M} R \quad \dots \quad \dots \quad (10.10)$$

গ্যাস ধ্রুবক K -এর মান গ্যাসের মোলের সংখ্যা অর্থাৎ এর ভর ও আণবিক ভরের উপর নির্ভর করে।

সুতরাং 1 মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে গ্যাস ধ্রুবক R এবং n মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে গ্যাস ধ্রুবক হলো nR ।

১০.৬। তাপমাত্রা ও চাপের সাথে গ্যাসের ঘনত্বের পরিবর্তন

Variation of Density of a Gas with Temperature and Pressure

m ভরবিশিষ্ট কোনো গ্যাসের p_1 চাপে এবং T_1 তাপমাত্রায় যদি আয়তন V_1 এবং ঘনত্ব ρ_1 হয় এবং ঐ গ্যাসের p_2 চাপে এবং T_2 তাপমাত্রায় আয়তন V_2 এবং ঘনত্ব ρ_2 হয় তবে

$$\rho_1 = m/V_1$$

$$\text{বা, } V_1 = m/\rho_1$$

$$\text{এবং } \rho_2 = m/V_2$$

$$\text{বা, } V_2 = m/\rho_2$$

এখন, $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$ সম্পর্কে V_1 এবং V_2 -এর মান বসিয়ে আমরা পাই,

$$\frac{p_1 m}{\rho_1 T_1} = \frac{p_2 m}{\rho_2 T_2} = \text{ধ্রুবক}$$

$$\text{বা, } \frac{p_1}{\rho_1 T_1} = \frac{p_2}{\rho_2 T_2} = \text{ধ্রুবক}$$

$$\text{বা, } \frac{\rho_1 T_1}{p_1} = \frac{\rho_2 T_2}{p_2} = \text{ধ্রুবক}$$

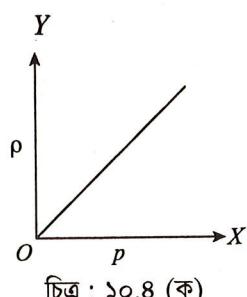
$$\text{অর্থাৎ } \frac{\rho T}{p} = \text{ধ্রুবক}$$

এ সম্পর্ক চাপ ও তাপমাত্রার সাথে ঘনত্বের পরিবর্তন নির্দেশ করে।

যদি তাপমাত্রা স্থির থাকে অর্থাৎ $T_1 = T_2$ হয় তবে (10.11) সমীকরণ থেকে পাওয়া যায়,

$$\text{বা, } \frac{\rho_1}{p_1} = \frac{\rho_2}{p_2} = \text{ধ্রুবক}$$

$$\text{বা, } \rho = \text{ধ্রুবক} \times p$$



$$\text{বা, } \rho \propto p$$

সুতরাং স্থির তাপমাত্রায় কোনো গ্যাসের ঘনত্ব এর চাপের সমানুপাতিক।

আবার যদি চাপ স্থির থাকে, অর্থাৎ $p_1 = p_2$ হয় তবে

$$\rho_1 T_1 = \rho_2 T_2 = \text{ধ্রুবক}$$

$$\text{বা, } \rho \propto \frac{1}{T}$$

সুতরাং স্থির চাপে গ্যাসের ঘনত্ব এর পরম তাপমাত্রার ব্যন্তানুপাতিক।

X -অক্ষের দিকে চাপ p এবং Y -অক্ষের দিকে ঘনত্ব ρ নিয়ে লেখচিত্র আঁকলে (১০.৪ক) চিত্রের ন্যায় মূল বিন্দুগামী সরলরেখা পাওয়া যাবে। আবার X -অক্ষের দিকে তাপমাত্রা T এবং Y -অক্ষের ঘনত্ব ρ নিয়ে অঙ্কিত লেখচিত্রটি (১০.৪খ) চিত্রের ন্যায় আয়তাকার অধিবৃত্ত হবে।

কর্মকাণ্ড : X -অক্ষের দিকে p এবং Y -অক্ষের দিকে $\frac{\rho T}{p}$ নিয়ে লেখচিত্রটি কেমন হবে এঁকে দেখাও।

১০.৭। ব্যবহারিক-১

Practical-1

বয়েলের যন্ত্রের বর্ণনা : এ যন্ত্রের AB ও CD দুটি কাচ নল আছে। AB একটি সুষম প্রস্থচ্ছেদের নল যার উপরের মুখ বক্ষ। CD নলের দুই মুখ খোলা। নলদ্বয় একটি লম্বা রবারের নল দ্বারা সংযুক্ত করা থাকে (চিত্র-১০.৫)। নল দুটি একটি কাচের ফ্রেমের সাথে লাগানো ক্লের দু পাশে আটকানো থাকে। ক্লের সাহায্যে পারদের উচ্চতার অবস্থান ও পার্থক্য নির্ণয় করা যায়। CD নলকে প্রয়োজন মতো ওঠানো নামানো যায়। AB নলের উপরের অংশে বায়ু আবদ্ধ অবস্থায় থাকে। AB নলের তেতর যে বায়ু থাকে তার আয়তন নলের অভ্যন্তরীণ প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল ও বায়ুপূর্ণ অংশের দৈর্ঘ্যের গুণফলের সমান। যেহেতু নলের অভ্যন্তরীণ প্রস্থচ্ছেদ নলের সর্বত্র সমান, সুতরাং এর তেতরের বায়ুর আয়তন ঐ দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক হবে। বায়ুপূর্ণ স্থানের দৈর্ঘ্য ক্লের সাহায্যে নির্ণয় করা যায়।

পরীক্ষণের নাম	বয়েল-এর সূত্রের সত্যতা যাচাই এবং p - V
পিরিয়ড : ২	লেখচিত্র অঙ্কন।

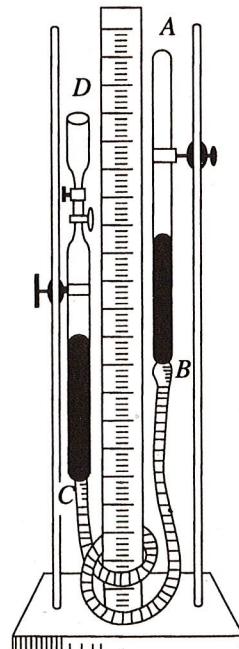
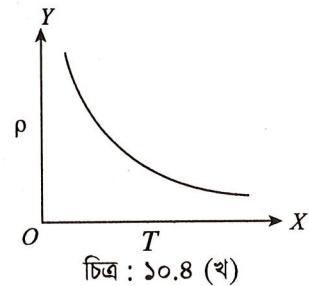
মূল তত্ত্ব : স্থির তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন এর চাপের ব্যন্তানুপাতিক। কোনো নির্দিষ্ট ভরবিশিষ্ট গ্যাসের আয়তন যদি V এবং চাপ p হয় তাহলে স্থির তাপমাত্রায়

$$V \propto \frac{1}{p}, \text{ যখন ভর ও তাপমাত্রা ধ্রুব।}$$

$$\text{বা, } pV = K. \text{ ধ্রুবসংখ্যা।}$$

যন্ত্রপাতি এবং অন্যান্য দ্রব্যাদি : বয়েল-এর যন্ত্র, ব্যারোমিটার, থার্মোমিটার ইত্যাদি।

১. পরীক্ষা শুরু করার আগে ব্যারোমিটার থেকে বায়ুমণ্ডলের চাপ জেনে নেওয়া হয়।



চিত্র : ১০.৫

ক. বায়ুমণ্ডলের চাপ

২. খোলা নল CD কে ওঠানামা কৰিয়ে এমন উচ্চতায় রাখা হয় যেন উভয় নলের পারদস্তত একই সমতলে থাকে। এ অবস্থায় AB নলে আবদ্ধ বায়ুর চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয়।

৩. এখন ক্ষেত্ৰ থেকে AB নলের বন্ধ মুখের ও উভয় নলের পারদস্তত তলের পাঠ নেওয়া হয়। এ দুই পাঠের পার্থক্য থেকে AB নলে আবদ্ধ বায়ুমণ্ডলের দৈর্ঘ্য নিৰ্ণয় কৰা যায়।

খ. বায়ুমণ্ডলের চাপের চেয়ে বেশি চাপের জন্য

৪. এবাব CD নলকে ধীৱে ধীৱে উপরে ওঠানো হলো। এ অবস্থায় CD নলের পারদস্তত AB নলের পারদস্ততের উপর থাকে এবং AB নলে আবদ্ধ বায়ুচাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের চেয়ে বেশি হয়।

৫. দু নলের পারদস্ততের উচ্চতার পার্থক্য নিৰ্ণয় কৰা হয়। এ পার্থক্য থেকে অতিৰিক্ত চাপ পাওয়া যায়। বায়ুমণ্ডলের চাপের মানের সাথে এ চাপ যোগ কৰে মোট চাপ পাওয়া যায়। ব্যারোমিটাৰে পারদস্ততের উচ্চতা H m এবং দু নলের পারদস্ততের উচ্চতার পার্থক্য h m হলে মোট চাপ $p = (H + h)$ m পারদস্তত চাপ। সমগ্ৰ প্ৰক্ৰিয়া $\frac{5}{6}$ বাৰ পুনৱৃত্তি কৰা হয়।

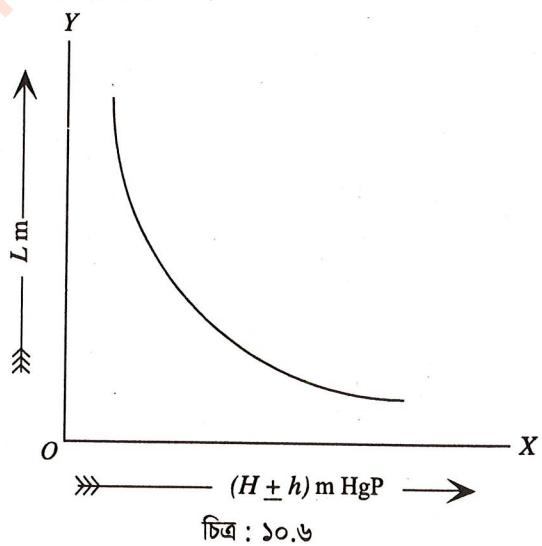
গ. বায়ুমণ্ডলের চাপের চেয়ে কম চাপের জন্য

৬. CD নলকে ধীৱে ধীৱে নিচে এমনভাৱে নামানো হয় যে খোলা নলের পারদেৱের উচ্চতা বন্ধ নলের পারদেৱের উচ্চতার চেয়ে কম হয়। এ অবস্থায় AB নলের আবদ্ধ বায়ুর চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের চেয়ে কম হয়।

৭. আগেৰ মতো উভয় নলে পারদস্ততের উচ্চতাৰ পার্থক্য নিৰ্ণয় কৰে অতিৰিক্ত চাপ পাওয়া যায়। বায়ুমণ্ডলের চাপ থেকে এ চাপ বিয়োগ কৰে মোট চাপ নিৰ্ণয় কৰা হয়। ব্যারোমিটাৰে পারদস্ততের উচ্চতা H m এবং নলদৰয়ে পারদস্ততের উচ্চতার পার্থক্য h m হলে, মোট চাপ $p = (H - h)$ m পারদস্তত চাপ। সমগ্ৰ প্ৰক্ৰিয়াটি $\frac{5}{6}$ বাৰ পুনৱৃত্তি কৰা হয়।

৮. গ্ৰান্ট উপাসমূহ ছকে বসিয়ে প্ৰয়োজনীয় হিসাবেৱ সাহায্যে বয়েল-এৰ সূত্ৰেৰ সত্যতা নিৰূপণ কৰা হয়।

৯. X -অক্ষেৰ দিকে মোট চাপ $(H \pm h)$ এবং Y অক্ষেৰ দিকে L স্থাপন কৰে লেখচিত্ৰ আঁকলে একটি আয়তাকাৰ অধিবৃত্ত পাওয়া যাবে (চিত্ৰ : ১০.৬)।



পৰ্যবেক্ষণ ও সন্ধিবেশন

১. ব্যারোমিটাৰে পারদস্ততের উচ্চতা, $H = \dots\dots\dots$ m HgP

২. পৰীক্ষাগাৰেৰ তাপমাত্ৰা, $\theta = \dots\dots\dots$ °C

বয়েল-এর সূত্র প্রমাণের ছক

চাপ	পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	আবদ্ধ নলের উপর প্রান্তের পাঠ a	আবদ্ধ নলের পারদ শীর্ষের পাঠ b	খোলা নলের পারদ শীর্ষের পাঠ c	বায়ু- স্তরের দৈর্ঘ্য $a-b$ $= L$	বন্ধ ও খোলা নলের পারদ শীর্ষের পাঠের পার্থক্য $c-b = h$	আবদ্ধ বায়ুর মোট চাপ $p = H \pm h$	গুণফল $pV = (H \pm h) \times L$	মন্তব্য
বায়ু মণ্ডলীয় চাপে	m	m	m	m	m	m	m HgP		
বায়ু মণ্ডলীয় চাপের চেয়ে বেশি চাপে									
বায়ু মণ্ডলীয় চাপের চেয়ে কম চাপে									

ফলাফল : যেহেতু চাপ ও আয়তনের গুণফল সব সময় একই হয় সুতরাং বয়েল-এর সূত্র প্রমাণিত ।

ছক কাগজে মোট চাপ ($H \pm h$) কে X - অক্ষ বরাবর এবং দৈর্ঘ্য L কে Y -অক্ষ বরাবর নিয়ে লেখচিত্র আঁকলে একটি আয়তাকার অধিবৃত্ত পাওয়া যায় । ১০.৬ লেখচিত্রের কয়েকটি বিন্দু হতে চাপ ($H \pm h$) বের করে সংশ্লিষ্ট L দিয়ে গুণ করলে গুণফলের মান প্রতিক্রিয়ে একই হয় । অর্থাৎ বয়েলের সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত হয় ।

সতর্কতা

১. নল দুটি সম্পূর্ণ খাড়া হওয়া প্রয়োজন ।
২. প্রত্যেকবার পাঠ নিয়ে পরবর্তী পাঠের জন্য কিছু সময় অপেক্ষা করতে হয় ।
৩. দৃষ্টিভ্রমজনিত ত্রুটি পরিহার করে পাঠ নিতে হবে ।
৪. তাপমাত্রার যাতে পরিবর্তন না হয় সে জন্য CD নলকে খুব ধীরে ধীরে ওঠানামা করাতে হয় ।

১০.৮। গ্যাসের অণুর মৌলিক স্বীকার্যসমূহ

Fundamental Postulates of Gas Molecules

১। সকল গ্যাস অণুর সমন্বয়ে গঠিত । একটি গ্যাসের সকল অণু সদৃশ এবং একটি গ্যাসের অণু অন্য গ্যাসের অণু থেকে ভিন্ন ।

২। গ্যাসের অণুগুলোর আকার অণুগুলোর মধ্যবর্তী দূরত্বের তুলনায় নগণ্য ।

৩। গ্যাসের অণুগুলো কঠিন স্থিতিস্থাপক সদৃশ গোলক বিশেষ এবং অণুগুলোর নিজেদের মধ্যে কোনো আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল নেই । এদের শক্তি সম্পূর্ণটাই গতিশক্তি ।

৪। গ্যাসের অণুগুলো অক্রম বা এলোমেলো (random) গতিতে গতিশীল এবং এগুলো নিউটনের গতিসূত্রসমূহ মেনে চলে । অণুগুলো সকল দিকে গতিশীল এবং এদের বেগের মান বিভিন্ন ।

৫। অণুগুলো নিরবচ্ছিন্নভাবে একে অপরের সাথে এবং আধারের দেয়ালের সাথে সংঘর্ষে লিঙ্গ হচ্ছে । দুটি সংঘর্ষের মধ্যবর্তী সময়ে একটি অণু সরলরেখায় চলে । দুটি সংঘর্ষের মধ্যবর্তী সময়ে একটি অণু যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাকে মুক্ত পথ বলে ।

৬। একটি সংযর্ষে যে সময় ব্যয় হয় তা দুটি সংযর্ষের মধ্যবর্তী সময়ের তুলনায় নগণ্য।

৭। সংযর্ষগুলো সম্পূর্ণ স্থিতিস্থাপক।

১০.৯। গ্যাসের আণবিক গতিতত্ত্ব

Molecular Kinetic Theory of Gases

পদার্থ মাত্রাই অণু দিয়ে গঠিত। তাপ শক্তির একটি রূপ এবং তা পদার্থের অণুগুলোর গতির সাথে সম্পর্কিত। পদার্থের অণুগুলো সব সময়ই গতিশীল। বায়বীয় পদার্থের অণুগুলো মোটামুটি স্বাধীনভাবে কোনো বন্ধ স্থানের মধ্যে নড়াচড়া করতে পারে। বায়বীয় পদার্থের আচরণের নিয়মগুলো পেতে যে তত্ত্ব সৃষ্টি হয়েছে সেই তত্ত্বই গ্যাসের গতিতত্ত্ব নামে পরিচিত। গতিতত্ত্বের মূল কথা হল তাপীয় উত্তেজনার ফলে গ্যাসের অণুগুলো অক্রম বা এলোমেলো (random) গতিতে গতিশীল। গ্যাসের অণুগুলোর গড় গতিশক্তি গ্যাসের পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক। যখন গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় তখন অণুগুলোর গড় গতিশক্তি বৃদ্ধি পায়। যখন গ্যাস থেকে তাপ অপসারণ করা হয় তখন অণুগুলোর গড় গতিশক্তি হ্রাস পায়। সুতরাং পরমশূন্য তাপমাত্রায় গতিশক্তি শূন্য হবে। এর অর্থ পরমশূন্য তাপমাত্রায় অণুগুলো স্থির অবস্থায় থাকবে এবং কোনো গতিশক্তি থাকবে না। কিন্তু পরমশূন্য তাপমাত্রায় পৌঁছার পূর্বেই সকল গ্যাস তরল বা কঠিন অবস্থায় রূপান্তরিত হয়ে যায়। গ্যাসের নানাবিধি আচরণের সাথে যেমন গ্যাসের ব্যাপন (diffusion), অভিস্রবণ (osmosis), স্বতঃবাস্পীভবন (evaporation), বাস্পচাপ, গ্যাসের প্রসারণ, ব্রাউনীয় গতি ইত্যাদির মোটামুটি ব্যাখ্যা গ্যাসের গতিতত্ত্ব থেকে পাওয়া যায়। ব্রাউনীয় গতি থেকে গতিতত্ত্বের প্রত্যক্ষ প্রমাণও পাওয়া যায়।

যে গ্যাসের অণুগুলো যেকোনো তাপমাত্রা এবং চাপে গতিতত্ত্বের মৌলিক স্বীকার্যগুলো মেনে চলে এবং স্বীকার্য থেকে লক্ষ সূত্রানুযায়ী আচরণ করে সে গ্যাসকে আদর্শ গ্যাস বলে। প্রকৃতপক্ষে কোনো গ্যাসই আদর্শ গ্যাসের মতো আচরণ করে না এটি কেবল কল্পনা মাত্র। তবুও আমরা এ আদর্শ গ্যাসের যাবতীয় সূত্র থেকে প্রকৃত গ্যাসের আচরণ সম্পর্কে ধারণা পেতে পারি।

১০.১০। গড়বেগ, গড় বর্গ বেগ, মূল গড় বর্গ বেগ এবং সর্বাধিক সম্ভাব্য বেগ

Mean Velocity, Mean Square Velocity, Root Mean Square Velocity & Most Probable velocity

গড় বেগ (Mean Velocity)

সংজ্ঞা : গ্যাস অণুগুলোর বেগের গাণিতিক গড়কে তাদের গড় বেগ বলে।

কোনো গ্যাসের N সংখ্যক অণুর প্রতিটির বেগ যথাক্রমে $c_1, c_2, c_3 \dots \dots \dots c_N$ হলে, অণুগুলোর গড় বেগ হবে,

$$\bar{c} = \frac{c_1 + c_2 + c_3 + \dots + c_N}{N} \quad \dots \quad \dots \quad (10.12)$$

গড় বর্গ বেগ (Mean Square Velocity)

সংজ্ঞা : কোনো গ্যাসের সকল অণুর বেগের বর্গের গড়কে গড় বর্গ বেগ বলে।

কোনো গ্যাসের N সংখ্যক অণুর প্রতিটির বেগ যথাক্রমে $c_1, c_2, c_3, \dots, c_N$ হলে অণুগুলোর বেগের বর্গের সমষ্টি $c_1^2 + c_2^2 + c_3^2 + \dots + c_N^2$

$$\text{এবং গড় বর্গ বেগ } \bar{c^2} = \frac{c_1^2 + c_2^2 + c_3^2 + \dots + c_N^2}{N} \quad \dots \quad \dots \quad (10.13)$$

মূল গড় বর্গ বেগ বা গড় বর্গবেগের বর্গমূল (Root Mean Square Velocity)

যেহেতু গ্যাসের আণবিক গতিতত্ত্বের মৌলিক স্বীকার্য অনুসারে গ্যাসের অণুগুলো ইতস্তত বিক্ষিপ্তভাবে সকল দিকে বিভিন্ন বেগে গতিশীল। সুতরাং কোনো গ্যাসের বিপুল সংখ্যক অণুর বেগের সমষ্টি তথা গড়বেগ শূন্য হবে, যা অর্থহীন। এজন্য অণুগুলোর গড়বেগের পরিবর্তে মূল গড় বর্গবেগ নেওয়া হয় যা অণুগুলোর বেগের প্রতিনিধিত্বশীল মান।

সংজ্ঞা : কোনো গ্যাসের সকল অণুর বেগের বর্গের গড়মানের বর্গমূলকে মূল গড় বর্গ বেগ বা গড় বর্গবেগের বর্গমূল (rms velocity) বলে।

কোনো গ্যাসের N সংখ্যক অণুর প্রতিটির বেগ যথাক্রমে $c_1, c_2, c_3 \dots c_N$ হলে

বেগের গড় বর্গের মূল c বা, c_{rms} বা $\sqrt{\bar{c}^2}$ হবে,

$$C_{\text{rms}} = \sqrt{\bar{c}^2} = \sqrt{\frac{c_1^2 + c_2^2 + c_3^2 + \dots + c_N^2}{N}} \dots \quad (10.14)$$

সর্বাধিক সম্ভাব্য বেগ (Most Probable Velocity)

সংজ্ঞা : কোনো গ্যাসের বেশিরভাগ অণুগুলো যে বেগে গতিশীল থাকে তাকে সর্বাধিক সম্ভাব্য বেগ বলে।

১০.১১। আদর্শ গ্যাসের চাপের রাশিমালা

Expressions for the Pressure of a Perfect Gas

ধরা যাক, একটি ঘনাকৃতি পাত্রে গ্যাস আবদ্ধ আছে (চিত্র ১০.৭)। পাত্রের দেয়ালগুলো সম্পূর্ণ স্থিতিস্থাপক। ধরা যাক, l = পাত্রের প্রতি বাহুর দৈর্ঘ্য

$$\therefore \beta = \text{পাত্রের আয়তন তথা গ্যাসের আয়তন} = V$$

m = প্রতিটি অণুর ভর।

N = অণুর সংখ্যা।

$$\therefore mN = \text{গ্যাসের মোট ভর} = M$$

প্রথমে একটি অণুর কথা বিবেচনা করা যাক, যেটি X -অক্ষ বরাবর পাত্রের A দেয়ালের দিকে u_1 বেগে গতিশীল।

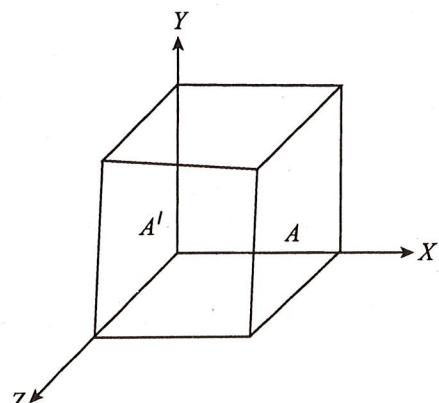
সুতরাং অণুটি X -ক্ষেত্রে সাথে লম্বভাবে অবস্থিত A দেয়ালে u_1 বেগে ধাক্কা খায়। ধাক্কাটি সম্পূর্ণ স্থিতিস্থাপক বলে অণুটি $-u_1$ বেগে বিপরীত দিকে চলতে থাকবে। এ ধাক্কার ফলে A -এর সাথে লম্ব বরাবর অণুটির ভরবেগের পরিবর্তন হবে $-mu_1 - (mu_1) = -2mu_1$ । ভরবেগের নিত্যতার সূত্রানুসারে এই ধাক্কার অর্থাৎ সংঘর্ষের ফলে A দেয়ালটিরও সমান এবং বিপরীত ভরবেগের পরিবর্তন হবে $2mu_1$ ।

ধরা যাক, t সময়ে ভরবেগের এ পরিবর্তন সাধিত হয়।

$$\therefore t = A \text{ দেয়ালে অণুটির পরপর দুটি ধাক্কার মধ্যবর্তী সময়।}$$

$$= \text{অণুটির } A \text{ দেয়াল থেকে } A' \text{ দেয়ালে গিয়ে পুনরায় } A \text{ তে ফিরে আসার সময়।$$

$$= \text{অণুটির } 2l \text{ দূরত্ব অতিক্রম করার সময়।}$$



চিত্র : ১০.৭

$$= \frac{\text{অতিক্রান্ত দূরত্ব}}{\text{বেগ}} \\ = \frac{2l}{u_1}$$

সুতরাং অণুটির সাথে সংঘর্ষের ফলে A দেয়ালের ভরবেগের পরিবর্তনের হার

$$= \frac{2mu_1}{t} = \frac{2mu_1u_1}{2l} = \frac{mu_1^2}{l}$$

কিন্তু নিউটনের গতির দ্বিতীয় সূত্রানুসারে A দেয়ালের এ ভরবেগের পরিবর্তনের হার এর উপর প্রযুক্ত বলের সমান। অর্থাৎ

$$A \text{ দেয়ালের উপর প্রযুক্ত বল} = \frac{mu_1^2}{l} \mid$$

$$\text{সুতরাং } A \text{ দেয়ালের একক ক্ষেত্রফলের উপর প্রযুক্ত বল} = \frac{mu_1^2}{l \cdot l^2}$$

$$\text{অতএব } A \text{ দেয়ালের উপর চাপ} = \frac{mu_1^2}{l^3}$$

পাত্রের মধ্যে মোট N সংখ্যক অণু থাকলে এবং X অক্ষ বরাবর অণুগুলোর বেগ যথাক্রমে u_1, u_2, \dots, u_N , হলে A দেয়ালের উপর মোট চাপ

$$p = \frac{m}{l^3} (u_1^2 + u_2^2 + \dots + u_N^2)$$

এখন X-অক্ষ বরাবর অণুগুলোর গড় বর্গ বেগ \bar{u}^2 হলে

$$\bar{u}^2 = \frac{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + \dots + u_N^2}{N}$$

$$\text{বা, } u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + \dots + u_N^2 = N \bar{u}^2$$

$$\therefore p = \frac{m}{l^3} N \bar{u}^2$$

এখন ধরা যাক, অণুগুলো X-অক্ষ বরাবর গতিশীল না হয়ে যেকোনো দিকে গতিশীল। একটি অণুর কথা বিবেচনা করা যাক, যেকোনো দিকে যার বেগ c এবং X, Y ও Z- অক্ষ বরাবর তার বেগের উপাংশ যথাক্রমে u, v ও w (চিত্র : ১০.৮)।

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

এখন যেকোনো দিকে অণুগুলোর গড় বর্গ বেগ \bar{c}^2 এবং X, Y ও Z- অক্ষ বরাবর অণুগুলোর গড় বর্গ বেগ যথাক্রমে \bar{u}^2, \bar{v}^2 এবং \bar{w}^2 হলে

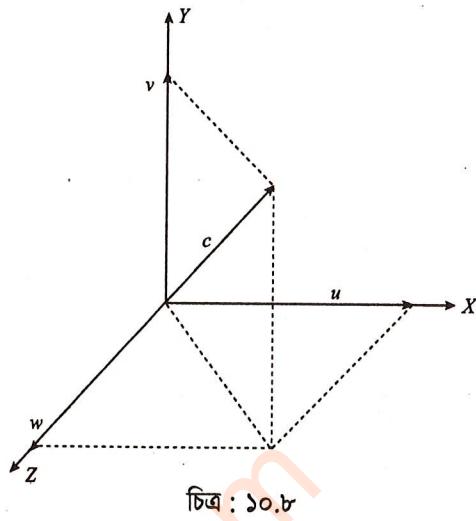
$$\bar{c}^2 = \bar{u}^2 + \bar{v}^2 + \bar{w}^2$$

যেহেতু বিপুল সংখ্যক অণু এলোমেলো গতিতে গতিশীল এবং বিশেষ কোনো দিকে তাদের বেগের উপাংশ কম বা বেশি হওয়ার কোনো কারণ নেই, তাই আশা করা যায়,

$$\bar{u}^2 = \bar{v}^2 = \bar{w}^2$$

$$\therefore \bar{c}^2 = 3 \bar{u}^2$$

$$\text{অতএব } \bar{u}^2 = \frac{1}{3} \bar{c}^2$$



$$\therefore p = \frac{1}{3} \frac{m}{l^3} N \bar{c}^2$$

$$\text{বা, } p = \frac{1}{3} \frac{m N}{V} \bar{c}^2$$

[∵ $l^3 = V$]

$$\therefore pV = \frac{1}{3} m N \bar{c}^2 \quad \dots \quad \dots \quad (10.15)$$

$$\text{বা, } pV = \frac{1}{3} M \bar{c}^2 \quad [\text{গ্যাসের মোট ভর } M = mN] \quad \dots \quad \dots \quad (10.16)$$

$$\text{বা, } p = \frac{1}{3} \frac{m N \bar{c}^2}{V}. \quad \dots \quad \dots \quad (10.17)$$

পাত্রের একক আয়তনে অণুর সংখ্যা $\frac{N}{V} = n$ হলে, (10.17) সমীকরণ

$$p = \frac{1}{3} m n \bar{c}^2 \quad \dots \quad \dots \quad (10.18)$$

পাত্রের মধ্যবর্তী গ্যাসের মোট ভর, $M = mN$ এবং ঘনত্ব $\rho = \frac{mN}{V}$ হওয়ায় সমীকরণ (10.13) থেকে আমরা পাই,

$$p = \frac{1}{3} \rho \bar{c}^2 \quad \dots \quad \dots \quad (10.19)$$

আবার সমীকরণ (10.15) থেকে

$$\begin{aligned} pV &= \frac{1}{3} mN \bar{c}^2 = \frac{2}{3} \times \frac{1}{2} mN \bar{c}^2 \\ &= \frac{2}{3} \times \frac{1}{2} M \bar{c}^2 \quad [\text{গ্যাসের ভর } M = mN] \\ pV &= \frac{2}{3} E \quad \left[\text{এখানে গ্যাসের গতিশক্তি, } E = \frac{1}{2} M \bar{c}^2 \right] \quad \dots \quad (10.20) \end{aligned}$$

$$\therefore p = \frac{2}{3} \frac{E}{V}$$

অর্থাৎ গ্যাসের চাপ এর একক আয়তনের অণুগুলোর গতিশক্তির দুই-তৃতীয়াংশ।

এক মোল তথা একপ্রাম অণু গ্যাস বিবেচনা করা হলে আমরা জানি,

$$pV = RT$$

$$\text{বা, } \frac{2}{3} E = RT$$

$$\text{বা, } E = \frac{3}{2} RT \quad \dots \quad \dots \quad (10.21)$$

সুতরাং T কেলভিন তাপমাত্রায় প্রতি মোল গ্যাসের গতিশক্তি $= \frac{3}{2} RT$

$$\therefore n \text{ মোল গ্যাসের মোট গতিশক্তি, } E = \frac{3}{2} nRT = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT \quad \dots \quad (10.22)$$

আবার, এক মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে $pV = RT$ এবং $pV = \frac{1}{3} mN \bar{c}^2$

$$\therefore \frac{1}{3} mN \bar{c}^2 = RT$$

$$\text{বা, } \bar{c}^2 = \frac{3 RT}{mN} = \frac{3 RT}{M} \quad [\text{এখানে } mN = M = \text{এক মোল গ্যাসের ভর}]$$

$$\therefore \sqrt{\bar{c}^2} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \quad \dots \quad (10.23)$$

যেহেতু M এবং R ধ্রুব

$$\sqrt{\bar{c}^2} \propto \sqrt{T} \quad \text{বা, } c_{rms} \propto \sqrt{T}$$

অর্থাৎ কোনো গ্যাসের মূল গড় বর্গ বেগ তার কেলভিন তাপমাত্রার বর্গ মূলের সমানুপাতিক। এর থেকে দেখা যায়, শূন্য কেলভিন (0 K) তাপমাত্রায় কোনো গ্যাসের মূল গড় বর্গ বেগ শূন্য হবে। এর অর্থ শূন্য কেলভিন (0 K) তাপমাত্রায় অণুগুলো স্থির অবস্থায় থাকবে এবং কোনো গতিশক্তি থাকবে না।

যেকোনো পদার্থের এক মোলে তথা এক ঘাম অণুতে অণুর সংখ্যাকে অ্যাডোগান্ড্রোর সংখ্যা N_A বলে। কোনো পদার্থের এক ঘাম অণুতে অণুর সংখ্যা N_A সব সময়ই ধ্রুবক এবং তা হচ্ছে $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ । সুতরাং প্রতি অণুর গড় গতিশক্তি হচ্ছে,

$$\bar{E} = \frac{E}{N_A} = \frac{3}{2} \frac{R}{N_A} T = \frac{3}{2} kT \quad \dots \quad (10.24)$$

এখানে $k = \frac{R}{N_A}$ হচ্ছে প্রতি অণুর জন্য গ্যাস ধ্রুবক এবং একে বোলজ্ম্যান ধ্রুবক (Boltzman constant) বলে। এর মান $1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$.

$$\text{প্রত্যেক অণুর ভর } m \text{ এবং অণুগুলোর গড় বর্গ বেগ } \bar{c}^2 \text{ হলে এর গড় গতিশক্তি } E = \frac{1}{2} m \bar{c}^2 \quad \dots \quad (10.25)$$

সমীকরণ (10.24) ও (10.25) থেকে আমরা পাই,

$$\frac{3}{2} kT = \frac{1}{2} m \bar{c}^2 \quad \dots \quad (10.26)$$

$$\text{বা, } \bar{c}^2 = \frac{3kT}{m}$$

উভয় পক্ষকে বর্গমূল করে মূল গড় বর্গ বেগ পাওয়া যায়,

সুতরাং মূল গড় বর্গ বেগ

$$\sqrt{\bar{c}^2} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} \quad \dots \quad (10.27)$$

R এবং k এর মধ্যে পার্থক্য হলো R হচ্ছে প্রতি মোলের জন্য গ্যাস ধ্রুবক আর k হচ্ছে প্রতি অণুর জন্য গ্যাস ধ্রুবক।

কর্মকাণ্ড : E বনাম T লেখিচিত্রিতি কেমন হবে এঁকে দেখোও।

১০.১২। গ্যাসের গতিতত্ত্ব ও আদর্শ গ্যাসের সূত্র

Kinetic Theory of Gas and Ideal Gas laws

১. বয়লের সূত্র : গ্যাসের গতিতত্ত্বের সমীকরণ (10.16) থেকে আমরা জানি $pV = \frac{1}{3} M \bar{c}^2$ ।

তাপমাত্রা স্থির থাকলে \bar{c}^2 ধ্রুব এবং গ্যাসের ভর M ধ্রুব হওয়ায় $\frac{1}{3} M \bar{c}^2$ ধ্রুব।

$$\therefore pV = \frac{1}{3} M \bar{c}^2 = \text{ধ্রুব}$$

$$\text{বা, } V \propto \frac{1}{p}$$

অর্থাৎ স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন এর চাপের ব্যন্তানুপাতিক। এটাই বয়লের সূত্র।

২. চার্লসের সূত্র : গ্যাসের গতিতত্ত্বের সমীকরণ (10.21) থেকে আমরা জানি গ্যাস অণুর গতিশক্তি কেলভিন তাপমাত্রার সমানুপাতিক,

$$\text{অর্থাৎ } E \propto T$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} Mc^2 \propto T$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} Mc^2 = KT \text{ [এখানে } K \text{ একটি ধ্রুবক]}$$

সূতরাং সমীকরণ (10.16) থেকে আমরা পাই,

$$pV = \frac{1}{3} Mc^2 = \frac{2}{3} \times \frac{1}{2} Mc^2 = \frac{2}{3} KT$$

$$\text{বা, } V = \frac{2K}{3p} \times T$$

$$\text{চাপ স্থির থাকলে } \frac{2K}{3p} \text{ ধ্রুব থাকে।}$$

সূতরাং স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন এর কেলভিন তাপমাত্রার সমানুপাতিক। এটাই চার্লসের সূত্র।

৩. চাপীয় সূত্র : গ্যাসের গতিতত্ত্বের সমীকরণ (10.21) থেকে আমরা জানি গ্যাস অণুর গতিশক্তি কেলভিন তাপমাত্রার সমানুপাতিক। অর্থাৎ $E \propto T$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} Mc^2 \propto T$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} Mc^2 = KT \text{ [এখানে } K \text{ একটি ধ্রুবক]}$$

সূতরাং (10.16) সমীকরণ থেকে আমরা পাই,

$$pV = \frac{1}{3} Mc^2 = \frac{2}{3} \times \frac{1}{2} Mc^2 = \frac{2}{3} KT$$

$$\text{বা, } P = \frac{2K}{3V} \times T$$

$$\text{আয়তন স্থির থাকলে } \frac{2K}{3V} \text{ ধ্রুব থাকে।}$$

সূতরাং স্থির আয়তনে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ এর কেলভিন তাপমাত্রার সমানুপাতিক। এটাই চাপীয় সূত্র।

৪. আদর্শ গ্যাস সমীকরণ : গ্যাসের গতিতত্ত্বের সমীকরণ (10.21) থেকে আমরা জানি গ্যাস অণুর গতিশক্তি কেলভিন তাপমাত্রার সমানুপাতিক। অর্থাৎ

$$E \propto T$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} Mc^2 \propto T$$

সূতরাং (10.16) সমীকরণ থেকে আমরা পাই,

$$pV = \frac{1}{3} Mc^2$$

$$\text{অতএব, } pV \propto T$$

$$\text{সূতরাং, } pV = KT$$

$$\text{যদি এক মোল গ্যাস বিবেচনা করা হয় যার আয়তন } V$$

$$\text{তাহলে, } pV = RT \text{ হবে।}$$

এখানে R হচ্ছে সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক। আবার n মোল গ্যাসের জন্যে,

$$pV = nRT \text{। এটাই হচ্ছে আদর্শ গ্যাস সমীকরণ।}$$

১০.১৩। গড় মুক্ত পথ বা গড় নির্বাধ দূৰত্ব

Mean Free Path

আদৰ্শ গ্যাসের অণুগুলো সব সময়েই পৰম্পৰের সাথে এবং আধাৰের দেওয়ালের সাথে সংঘৰ্ষে লিপ্ত হচ্ছে। দুটি সংঘৰ্ষের মধ্যবৰ্তী স্থানে অণুগুলো মুক্তস্থানে বিচৰণ কৰে বলে নিউটনেৰ গতিসূত্ৰ অনুযায়ী এদেৱ গতি সৱলৱেখায় হয়ে থাকে। প্ৰতিটি সংঘৰ্ষেৰ পৰ অণুৰ বেগেৰ দিক পৱিষ্ঠিত হয়। পৰ পৰ দুটি সংঘৰ্ষেৰ মধ্যবৰ্তী দূৰত্বকে বলে মুক্ত পথ। ১০.৯ চিত্ৰে A বিন্দু থেকে একটি অণু B-তে গিয়ে অন্য অণুৰ সাথে ধাক্কা খাচ্ছে এবং BC পথে যাচ্ছে। C বিন্দুতে আবাৰ আৱ একটি অণুৰ সাথে ধাক্কা খিয়ে CD পথে যাচ্ছে।

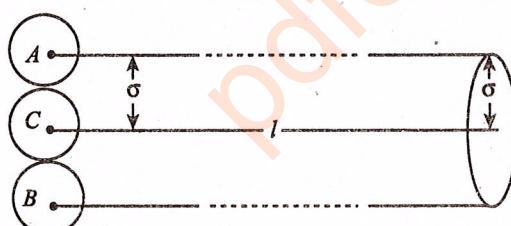
এই AB, BC, CD, DE, EF ইত্যাদি প্ৰত্যেকটি দূৰত্বই মুক্ত পথ। যেহেতু অণুগুলোৰ গতি অক্রম, তাই বেশিৰ ভাগ ক্ষেত্ৰেই যেকোনো দুটি মুক্ত পথ সৱান হয় না। এই মুক্ত পথগুলোৰ গড় নিলে যে দূৰত্ব পাওয়া যায় তাই গড় মুক্ত পথ।

সংজ্ঞা : কোনো অণুৰ পৰম্পৰা দুটি সংঘৰ্ষেৰ মধ্যবৰ্তী দূৰত্বগুলোৰ গড় নিলে যে দূৰত্ব পাওয়া যায় তাকেই গড় মুক্ত পথ বলে।

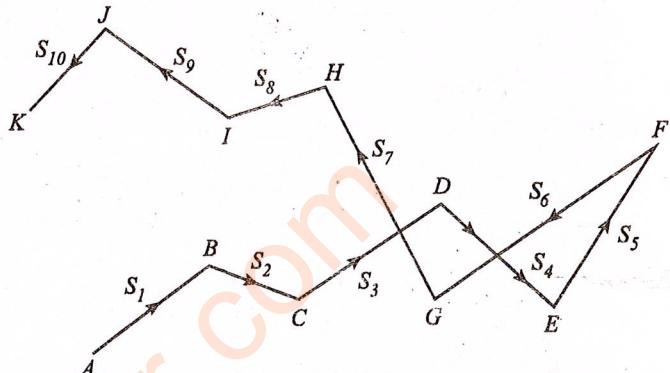
যদি N সংখ্যক ধাক্কার ভেতৰ অণু মোট l দূৰত্ব অতিক্ৰম কৰে তবে গড় মুক্ত পথ, $\lambda = \frac{l}{N}$ ।

গড় মুক্ত পথেৰ হিসাব : কনিয়াসেৰ পদ্ধতি

ধৰা যাক, কোনো গ্যাসেৰ প্ৰতি একক আয়তনে অণুৰ সংখ্যা n এবং প্ৰতিটি অণুৰ ব্যাস σ । আমৰা যে অণুটিৰ গড় মুক্ত পথ নিৰ্ণয় কৰছি হিসাবেৰ সুবিধাৰ জন্য কেবলমাত্ৰ সে অণুটিকে গতিশীল ধৰে বাকি অণুগুলোকে স্থিৰ বিবেচনা কৰছি।



চিত্ৰ : ১০.১০



চিত্ৰ : ১০.৯

১০.১০ চিত্ৰে আমৰা C অণুটিৰ গড় মুক্ত পথ হিসাব কৰতে চাই। C অণুটি I দূৰত্ব অতিক্ৰম কৰার সময় অন্য যে সকল অণুৰ কেন্দ্ৰ C অণুটিৰ কেন্দ্ৰ থেকে O দূৰে, (চিত্ৰে A ও B অণুয়া) অথবা O অপেক্ষা কম দূৰে থাকবে তাদেৱ সাথে ধাক্কা খাবে। অৰ্থাৎ O ব্যাসার্ধ ও I দৈৰ্ঘ্যেৰ একটি সিলিন্ডাৰেৰ মধ্যে যে সকল অণুৰ কেন্দ্ৰ থাকবে C অণুটি কেবলমাত্ৰ তাদেৱ সাথে ধাক্কা খাবে। এ সিলিন্ডাৰেৰ আয়তন $\pi O^2 l$ । এখন একক আয়তনে অণুৰ সংখ্যা n হলে $n\pi O^2 l$ আয়তনে মোট অণুৰ সংখ্যা হবে $n\pi O^2 l$ । অৰ্থাৎ I দূৰত্ব অতিক্ৰম কৰার সময় C অণুটি $n\pi O^2 l$ সংখ্যক বাব ধাক্কা খাবে।

যেহেতু কোনো অণুৰ পৰ পৰ দুটি সংঘৰ্ষেৰ মধ্যবৰ্তী দূৰত্বগুলোৰ গড় নিলে যে দূৰত্ব পাওয়া যায় তাকে গড় মুক্ত পথ বলে।

$$\text{অতএব গড় মুক্ত পথ, } \lambda = \frac{\text{অতিক্ৰান্ত দূৰত্ব}}{\text{ধাক্কা সংখ্যা}} = \frac{l}{n\pi O^2 l}$$

$$\therefore \lambda = \frac{1}{n\pi O^2} \quad \dots \quad (10.28)$$

গড় মুক্ত পথের সাথে আণবিক ব্যাস, σ ও একক আয়তনে গ্যাসের অণুর সংখ্যা n -এর উপরিউক্ত সম্পর্ক নির্ণয় করেন ক্লসিয়াস।

এখন ধরা যাক, একটি অণুর ভর = m । যেহেতু একক আয়তনে অণুর সংখ্যা n , কাজেই একক আয়তনে অণুর ভর = mn = গ্যাসের ঘনত্ব ρ । (10.28) সমীকরণের হর ও লবকে m দিয়ে গুণ করে আমরা পাই,

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

$$\text{বা, } \lambda \propto \frac{1}{\rho} [\text{কারণ } m, \pi \text{ ও } \sigma^2 \text{ ধ্রুব]$$

সুতরাং গড় মুক্ত পথ গ্যাসের ঘনত্বের ব্যত্তানুপাতিক। কিন্তু গ্যাসের ঘনত্ব, গ্যাসের চাপের সমানুপাতিক এবং পরম তাপমাত্রার ব্যত্তানুপাতিক। কাজেই গড় মুক্ত পথ গ্যাসের চাপের ব্যত্তানুপাতিক এবং পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক।

গড় মুক্ত পথের অন্যান্য রাশিমালা

ক্লসিয়াসের পদ্ধতিতে গড় মুক্ত পথ গণনা নির্ভুল নয়। কারণ, যে অণুর গড় মুক্ত পথ নির্ণয় করা হয়েছে সেটি ছাড়া অন্য অণুগুলোকে স্থির ধরা হয়েছে। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে সকল অণুই গতিশীল। বোলজম্যান সকল অণুর গড়বেগ সমান ধরে গড় মুক্ত পথের রাশিমালা নির্ণয় করেন, $\lambda = \frac{3}{4\pi\sigma^2n}$ (10.29)

পরে ম্যাক্সওয়েল তাঁর বেগ বষ্টনের সূত্রের সাহায্যে গড় মুক্ত পথের রাশিমালা নির্ণয় করেন,

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\pi\sigma^2n} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (10.30)$$

গড় মুক্তপথ নির্ণয়ের জন্যে (10.30) সমীকরণটি ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

কর্মকাণ্ড : (ক) গড় মুক্ত পথ সংক্রান্ত ক্লসিয়াস ও বোলজম্যানের ও ম্যাক্সওয়েলের সমীকরণ তুলনা কর।

গড়মুক্ত পথের ক্লসিয়াসের সমীকরণ হচ্ছে—

$$\lambda_C = \frac{1}{n\pi\sigma^2} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (10.31)$$

এবং বোলজম্যানের সমীকরণ হচ্ছে,

$$\lambda_B = \frac{3}{4n\pi\sigma^2} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (10.32)$$

এবং গড় মুক্তপথের ম্যাক্সওয়েলের সমীকরণ হচ্ছে,

$$\lambda_M = \frac{1}{\sqrt{2}n\pi\sigma^2} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (10.33)$$

$$\therefore \frac{\lambda_C}{\lambda_B} = \frac{1}{n\pi\sigma^2} \div \frac{3}{4n\pi\sigma^2} = \frac{4}{3}$$

অর্থাৎ $\lambda_C : \lambda_B = 4 : 3$

$$\text{এবং } \frac{\lambda_C}{\lambda_M} = \frac{1}{n\pi\sigma^2} \div \frac{1}{\sqrt{2}n\pi\sigma^2} = \sqrt{2}$$

$$\text{অর্থাৎ, } \lambda_C : \lambda_M = \sqrt{2} : 1$$

১০.১৪। স্বাধীনতার মাত্রা

Degrees of Freedom

পরীক্ষা নিরীক্ষার সময় আমরা জড় জগতের যে সীমিত অংশ বিবেচনা করি তাকে বলা হয় সিস্টেম বা ব্যবস্থা। সিস্টেমের বাইরে যা কিছু তাকে বলা হয় পরিবেশ। পিষ্টন লাগানো কোনো সিলিন্ডারের মধ্যে কিছু গ্যাস আবদ্ধ থাকলে তাকে আমরা সিস্টেম বলি। সিলিন্ডারের চারপাশে যা কিছু আছে তা হচ্ছে এর পরিবেশ।

সংজ্ঞা : কোনো গতিশীল সিস্টেমের অবস্থান সম্পূর্ণরূপে বোঝাতে মোট যে সংখ্যক স্বাধীন রাশির প্রয়োজন হয় তাকে বা গতিশীল সিস্টেমের মোট গতিশক্তির রাশিমালায় যে কয়টি স্বাধীন বর্গ রাশি পাওয়া যায় সেই সংখ্যাকে স্বাধীনতার মাত্রার সংখ্যা বলে।

উদাহরণের সাহায্যে বিষয়টিকে আরো একটু পরিক্ষার করা যায়। ধরা যাক, একটা পোকা কোনো রাশি বেয়ে চলছে। এক্ষেত্রে পোকাটির স্বাধীনতার মাত্রা হবে এক। কারণ পোকাটির অবস্থানকে আয়রা একটি মাত্রা অক্ষের সাহায্যে প্রকাশ করতে পারি। আবার পোকাটির X -অক্ষ বরাবর বেগ v_x হলে এর গতিশক্তি হবে $\frac{1}{2}mv_x^2$, এখানে m হচ্ছে পোকাটির ভর। এখানে গতিশক্তির রাশিমালায় একটি মাত্রা বর্গরাশি অর্থাৎ v_x^2 রয়েছে তাই পোকাটির স্বাধীনতার মাত্রা এক।

পোকাটি যদি কোনো দেয়াল বেয়ে চলতে থাকে তাহলে তার অবস্থান প্রকাশ করতে দুটি অক্ষের সাহায্য নিতে হবে। v_x এবং v_y , যদি X ও Y অক্ষ বরাবর পোকাটির বেগের উপাংশ হয় তাহলে পোকাটির গতিশক্তি হবে $\frac{1}{2}mv_x^2 + \frac{1}{2}mv_y^2$ । গতিশক্তির রাশিমালায় দুটি স্বাধীন বর্গরাশি থাকায় এর স্বাধীনতার মাত্রা হবে দুই। যে পোকা উড়তে পারে না তার ক্ষেত্রে স্বাধীনতার মাত্রা দুইয়ের অধিক হওয়া সম্ভব নয়। কিন্তু পোকাটি যদি উড়তে থাকে তাহলে তার অবস্থান বোঝাতে তিনটি অক্ষের প্রয়োজন হবে সে ক্ষেত্রে এর স্বাধীনতার মাত্রা হবে তিন।

গতি তত্ত্বের স্বীকার্য অনুসারে, আদর্শ গ্যাসের প্রতিটি অণুর ভর অত্যন্ত নগণ্য এবং এরা এলোমেলো গতিতে যেকোনো দিকে গতিশীল। এভাবে গতিশীল কোনো একটি অণুর যেকোনো ঘূর্হুর্তের অবস্থান নির্দেশ করতে কমপক্ষে তিনটি স্থানাঙ্ক (x, y, z) -এর প্রয়োজন হয়। তাই আদর্শ গ্যাসের প্রতিটি অণুর স্বাধীনতার মাত্রা ৩।

স্বাধীনতার মাত্রাকে এভাবেও বলা যায়—

কোনো গতিশীল সিস্টেমের অবস্থান সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করতে যতগুলো স্থানাঙ্কের প্রয়োজন হয় তার সংখ্যাই হচ্ছে স্বাধীনতার মাত্রা।

কোনো সিস্টেমের স্বাধীনতার মাত্রার সংখ্যা = সিস্টেমের উপাদানগুলোর অবস্থান সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করতে প্রয়োজনীয় মোট স্থানাঙ্কের সংখ্যা এবং উপাদানগুলোর পরম্পরের ভিতর স্বত্ত্বাবলী যে সম্পর্ক রয়েছে তার অন্তর ফলের সমান।

কোনো গ্যাস অণুতে x সংখ্যক পরমাণু থাকলে স্বাধীনতার মাত্রা সর্বাধিক হবে $3x$ । এখন এক পরমাণু গ্যাসের বেলায় $x = 1$, কাজেই এক্ষেত্রে স্বাধীনতার মাত্রা হবে ৩। দ্বি-পারমাণবিক গ্যাসের বেলায় $x = 2$, কাজেই স্বাধীনতার মাত্রা হওয়া উচিত $3 \times 2 = 6$ । কিন্তু পরমাণু দুটি পরম্পরের মধ্যে নির্দিষ্ট দূরত্ব বজায় রাখায় রাখায় অর্থাৎ পরমাণু দুটির মধ্যে একটি সম্পর্ক থাকায় স্বাধীনতার মাত্রা হবে $(3 \times 2 - 1) = 5$ । বহু পারমাণবিক যেমন ত্রি-পারমাণবিক গ্যাসের ক্ষেত্রে পরমাণু তিনটি, অণুর ভিতরে দুভাবে সজ্জিত থাকতে পারে। যেমন মাঝখানে একটি এবং দুপাশে দুটি বা ত্রিভুজের তিন কোণে তিনটি। প্রথম ক্ষেত্রে স্বাধীনতার মাত্রা হবে $(3 \times 3 - 2) = 7$ এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে হবে $(3 \times 3 - 3) = 6$

১০.১৫। শক্তির সমবিভাজন নীতি

Principle of Equipartition of Energy

নীতি : তাপীয় সাম্যাবস্থায় আছে এমন তাপ গতীয় সিস্টেমের মোট শক্তি বিভিন্ন স্বাধীনতার মাত্রার ভেতর সমভাবে বণ্টিত হয় এবং প্রত্যেক স্বাধীনতার মাত্রা পিছু শক্তির পরিমাণ হয় $\frac{1}{2}kT$ ।

আমরা জানি, এক-পারমাণবিক গ্যাসের (যেমন He, Ne ইত্যাদি) একটি অণুর স্বাধীনতার মাত্রা ৩। অতএব শক্তির সমবিভাজন নীতি অনুসারে একটি অণুর গড় গতিশক্তি $= \frac{3}{2}kT$ । দ্বি-পারমাণবিক গ্যাসের (যেমন, O₂, N₂, CO₂ ইত্যাদি।)

একটি অণুর স্থায়ীনতার মাত্রা, S , অতএব প্রতিটি অণুর গড় গতিশক্তি $= \frac{5}{2} kT$ ।

একটি অণুর কথা বিবেচনা করা যাক, যেকোনো দিকে যার বেগ c এবং X, Y এবং Z অক্ষ বরাবর তার বেগের উপাংশ যথাক্রমে u, v এবং w । সুতরাং

$$c^2 = u^2 + v^2 + w^2$$

এখন গ্যাসের গতিতত্ত্ব অনুসারে একেকটি অণু বিভিন্ন দিকে অক্রম বা এলোমেলো গতিতে গতিশীল। কাজেই গ্যাসের সকল অণুর বেগের জন্য গড় বর্গ বেগ \bar{c}^2 এবং X, Y , ও Z -অক্ষ বরাবর সেই সকল বেগের উপাংশগুলোর গড় বর্গ বেগ যথাক্রমে \bar{u}^2, \bar{v}^2 ও \bar{w}^2 হলে

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

এবং যেহেতু কোনো বিশেষ দিকে বেগের উপাংশগুলোর বর্গের গড় মান কম বা বেশি হওয়ার কোনো কারণ নেই, তাই

$$\bar{u}^2 = \bar{v}^2 = \bar{w}^2$$

এক্ষেত্রে বেগের উপাংশগুলোর আনুষঙ্গিক গতিশক্তি সমান হয়। অর্থাৎ

$$\frac{1}{2} m \bar{u}^2 = \frac{1}{2} m \bar{v}^2 = \frac{1}{2} m \bar{w}^2$$

$$\text{কিন্তু } \bar{c}^2 = \bar{u}^2 + \bar{v}^2 + \bar{w}^2$$

$$\text{এবং } \bar{u}^2 = \bar{v}^2 = \bar{w}^2$$

$$\therefore \frac{1}{2} m \bar{u}^2 = \frac{1}{2} m \bar{v}^2 = \frac{1}{2} m \bar{w}^2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2} m \bar{c}^2$$

আবার সমীকরণ (10.26) থেকে আমরা জানি,

$$\frac{1}{2} m \bar{c}^2 = \frac{3}{2} k T$$

$$\therefore \frac{1}{2} m \bar{u}^2 = \frac{1}{2} m \bar{v}^2 = \frac{1}{2} m \bar{w}^2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{2} k T = \frac{1}{2} k T$$

সুতরাং প্রত্যেক অণুর রৈখিক গতির স্থায়ীনতার মাত্রা প্রতি গড় গতিশক্তি হলো $\frac{1}{2} kT$ । এটাই শক্তির সমবিভাজন নীতি।

আবার কম্পনরত কণার ক্ষেত্রে অর্ধেক গতিশক্তি এবং বাকি অর্ধেক বিভবশক্তি। সুতরাং

$$\text{প্রতি কণার মোটশক্তি} = \text{গতিশক্তি} + \text{বিভবশক্তি} = \frac{1}{2} kT + \frac{1}{2} kT = kT$$

১০.১৬। বাষ্প ও গ্যাস

Vapour and Gas

বাষ্প বলতে আমরা কোনো পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থাকে 'বুঝি যা' কক্ষ তাপমাত্রায় তরল বা কঠিন অবস্থায় থাকে। পক্ষান্তরে কোনো গ্যাস কক্ষ তাপমাত্রায় সর্বদা গ্যাসীয় অবস্থাতেই থাকে, তরল বা কঠিন অবস্থা প্রাপ্ত হয় না। যেমন, জলীয় বাষ্প (water vapour) হচ্ছে একটি বাষ্প যা' কক্ষতাপমাত্রায় পানি অর্থাৎ তরল পদার্থ। আবার নাইট্রোজেন হচ্ছে একটি গ্যাস যা' কক্ষতাপমাত্রাতে গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে।

বাষ্প ও গ্যাসের মধ্যকার একটা মৌলিক পার্থক্য হচ্ছে বাষ্পকে শুধুমাত্র চাপ প্রয়োগ করে তরলে রূপান্তরিত করা যায় কিন্তু কোনো গ্যাসকে তরলে পরিণত করার জন্য এর উপর চাপ প্রয়োগের সাথে সাথে তাপমাত্রাও হ্রাস করতে হয়।

পদার্থের জন্য একটা নির্দিষ্ট তাপমাত্রা আছে যাকে ক্রান্তি তাপমাত্রা বা সংকট তাপমাত্রা (critical temperature) বলে। কোনো বাষ্পের তাপমাত্রা সংকট তাপমাত্রার চেয়ে বেশি হলে যত প্রবল চাপ প্রয়োগ করা হোক না কেন সেটি তরলে পরিণত হবে না। সুতরাং বলা যায়, সকল বাষ্পই সংকট তাপমাত্রার উপরে গ্যাস আবার সকল গ্যাস সংকট তাপমাত্রার

নিচে বাষ্প। বিভিন্ন পদার্থের জন্যে সংকট তাপমাত্রার মান বিভিন্ন, যেমন পানির জন্যে এই তাপমাত্রার মান 374°C বা 647 K অর্থাৎ সর্বোচ্চ 647 K তাপমাত্রা পর্যন্ত পানি তরল অবস্থায় থাকতে পারে। আবার আয়মেনিয়ার (NH_3) সংকট তাপমাত্রা হচ্ছে 132°C বা 405 K । উল্লেখ্য যে, পানির হিমাঙ্ক 0°C বা 273.15 K এবং আয়মেনিয়ার হিমাঙ্ক -77.73°C বা 195.27 K ।

প্রশ্ন হচ্ছে সংকট তাপমাত্রার উপরে কোনো বাষ্পকে চাপ প্রয়োগ তরলে রূপান্তরিত করা যায় না কেন? সংকট তাপমাত্রার উপরে কোনো পদার্থের তরল ও বাষ্পীয় অবস্থার ঘনত্ব এক হয়ে যাওয়ায় কেবলমাত্র একটি অবস্থায়ই বিরাজ করে যা হচ্ছে বাষ্পীয় অবস্থা অর্থাৎ সংকট তাপমাত্রার উপরে তরল ও বাষ্পের মধ্যকার সকল পার্থক্য তিরোহিত হয় আর সে কারণে শুধুমাত্র চাপ প্রয়োগে তা সে যত প্রবলই হোক না কেন বাষ্পকে তরলে রূপান্তরিত করা যায় না।

১০.১৭। সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত বাষ্পচাপ

Saturated and Unsaturated Vapour Pressure

কোনো তরল পদার্থকে একটি আবন্দ পাত্রে রেখে বাষ্পায়নের সুযোগ দিলে দেখা যাবে যে, ঐ পাত্র ক্রমশ বাষ্প দ্বারা পূর্ণ হচ্ছে। বাষ্পের অণুগুলো পাত্রের মধ্যে ইতস্তত বিক্ষিপ্তভাবে চারিদিকে ছুটাছুটি করে বেড়ায়। ছুটাছুটি করার সময় অণুগুলো পরস্পরের সাথে এবং পাত্রের গায়ে ধাক্কা খায়। ফলে পাত্রের গায়ে চাপের সৃষ্টি হয়। এ চাপকে বাষ্পচাপ (Vapour pressure), বলে। বাষ্পের অণুগুলো বিক্ষিপ্তভাবে ঘুরাফেরা করার সময় কিছু কিছু অণু তরলের মধ্যে ফিরে আসে। ক্রমে এমন একটা অবস্থার সৃষ্টি হয় যখন বাষ্পে রূপান্তরিত হওয়া অণুর সংখ্যা এবং তরলে ফিরে আসার অণুর সংখ্যা সমান হয় অর্থাৎ বলা যেতে পারে ঐ স্থানে যতটুকু বাষ্প থাকা সম্ভব তা পূর্ণ হয়েছে এবং এর চেয়ে বেশি বাষ্প আর ঐ স্থানে থাকতে পারে না। তাই বাষ্পায়িত সমস্ত অণুগুলো পুনরায় তরলে ফিরে আসে। এ অবস্থায় বলা হয় যে, ঐ স্থান বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয়েছে। এ অবস্থায় বাষ্প যে চাপ দেয় তাকে সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ বলে। কোনো স্থানের বাষ্প ধারণ ক্ষমতার চেয়ে কম বাষ্প থাকলে এ বাষ্পকে অসম্পৃক্ত বাষ্প বলে এবং এই বাষ্প যে চাপ দেয় তাকে অসম্পৃক্ত বাষ্পচাপ বলে।

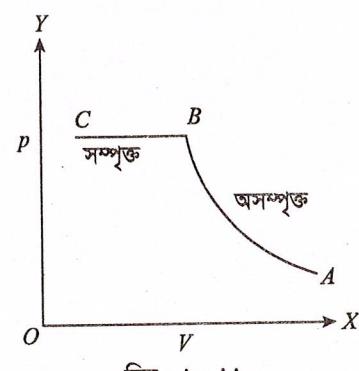
সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত বাষ্প চাপের সংজ্ঞা : কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো আবন্দ স্থানের বাষ্প সর্বাধিক যে চাপ দিতে পারে তাকে সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ (Saturated Vapour Pressure বা S. V. P) বা সর্বোচ্চ বাষ্পচাপ (Maximum vapour pressure) বা শুধু বাষ্পচাপ (Vapour pressure) বলে।

আবার কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো আবন্দ স্থানের বাষ্পচাপ যদি সর্বোচ্চ বাষ্পচাপের চেয়ে কম হয় তাহলে সেই চাপকে অসম্পৃক্ত বাষ্পচাপ বলে।

জলীয় বাষ্পেরেখা ও গ্যাস সূত্রাবলি

পরীক্ষার সাহায্যে অসম্পৃক্ত ও সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ ও আয়তন পরিমাপ করে X -অক্ষের দিকে বাষ্পের আয়তন এবং Y -অক্ষের দিকে অসম্পৃক্ত বাষ্প চাপ নিয়ে লেখচিত্র আঁকলে (১০.১১) চিত্রের ন্যায় লেখচিত্র পাওয়া যাবে।

লেখচিত্রের AB অংশ থেকে প্রতীয়মান হয় যে, অসম্পৃক্ত বাষ্পচাপ বাষ্পের আয়তনের ব্যস্তানুপাতিক অর্থাৎ অসম্পৃক্ত বাষ্প বয়েলের সূত্র মেনে চলে। B বিন্দুতে অসম্পৃক্ত বাষ্প সম্পৃক্ত হতে শুরু করে এবং ঐ তাপমাত্রায় বাষ্পের সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ পাওয়া যায়। এ অবস্থায় চাপ বৃদ্ধির সাথে সাথে বাষ্প ঘনীভূত হতে শুরু করে এবং বাষ্পের খালিকটা অংশ তরলে রূপান্তরিত হয় যদিও বাষ্পচাপ সম্পৃক্ত বাষ্প চাপে স্থির থাকে। BC অংশে তরল ও সম্পৃক্ত বাষ্প সহাবস্থান করে। C বিন্দুতে সমুদয় বাষ্প তরলের রূপান্তরিত হয়। লেখচিত্রের BC অংশ থেকে দেখা যায় যে সম্পৃক্ত বাষ্প বয়েলের সূত্র মেনে চলে না। এক্ষেত্রে কিছু বাষ্প ঘনীভূত হয়ে যাওয়ায় বাষ্পের ভরহাস পায় বলে সম্পৃক্ত বাষ্প আর বয়েলের সূত্র মেনে চলে না। কারণ বয়েলের সূত্র নির্দিষ্ট তরের বাষ্প বা গ্যাসের ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য।



চিত্র : ১০.১১

সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত বাষ্পের পার্থক্য

সম্পৃক্ত বাষ্প	অসম্পৃক্ত বাষ্প
১। কোনো আবদ্ধ স্থানে তরল সংলগ্ন বাষ্পকে ঐ তাপমাত্রার সম্পৃক্ত বাষ্প বলে। সম্পৃক্ত বাষ্প সর্বোচ্চ চাপ প্রয়োগ করে।	১। যদি কোনো আবদ্ধ স্থানে কিছু বাষ্প থাকে কিন্তু কোনো তরল না থাকে তবে ঐ বাষ্প অসম্পৃক্ত বা সদ্য সম্পৃক্ত। আবদ্ধ স্থানের আয়তন সামান্য কমালে যদি কিছু বাষ্প তরলে পরিণত হয় তাহলে ঐ বাষ্প সদ্য সম্পৃক্ত আর না হলে অসম্পৃক্ত।
২। সম্পৃক্ত বাষ্প বয়েলের সূত্র মেনে চলে না।	২। অসম্পৃক্ত বাষ্প বয়েলের সূত্র মেনে চলে।
৩। সম্পৃক্ত বাষ্প চার্লস-এর সূত্র মেনে চলে না।	৩। অসম্পৃক্ত বাষ্প চার্লস-এর সূত্র মেনে চলে।
৪। তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ সম্পৃক্ত বাষ্পকে অসম্পৃক্ত করা হয়।	৪। তাপমাত্রা কমিয়ে একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ অসম্পৃক্ত বাষ্পকে সম্পৃক্ত বাষ্পে পরিণত করা যায়।

১০.১৮। জলীয় বাষ্পের চাপ ও বায়ুর চাপের সম্পর্ক

Relation between Vapour Pressure and Air Pressure

পৃথিবীর সাগর, মহাসাগর, খাল-বিল, নদী-নালা, পুরুর প্রভৃতি থেকে প্রতিনিয়ত পানি বাষ্পীভূত হচ্ছে এবং এ জলীয় বাষ্প বায়ুমণ্ডলে মিশে যাচ্ছে। এ জলীয় বাষ্প শুষ্ক বায়ুর চেয়ে হালকা অর্থাৎ জলীয় বাষ্পের ঘনত্ব শুষ্ক বায়ুর ঘনত্বের চেয়ে কম। বায়ুতে জলীয় বাষ্প থাকলে সেই বায়ুকে বলা হয় আর্দ্র বায়ু।

আমরা জানি বায়ুমণ্ডল চাপ দেয়। এ চাপের মধ্যে আছে শুষ্ক বায়ুর চাপ এবং জলীয় বাষ্পের চাপ। আমরা এখন তাদের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করবো।

কোনো এক সময়ে বায়ুমণ্ডলের তাপমাত্রা, T

এই সময় বায়ুমণ্ডলের চাপ, P

এই সময় বায়ুমণ্ডলে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপ, f

এই সময় শুধু বায়ুর চাপ, P_a

এই সময় অর্থাৎ T তাপমাত্রা ও P_a চাপে বায়ুর ঘনত্ব p_a

STP তে তাপমাত্রা, $T_0 = 273\text{ K}$

STP তে বায়ুর চাপ, $P_0 = 1.013 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$

STP তে বায়ুর ঘনত্ব $p_0 = 1.293 \text{ kg m}^{-3}$

সুতরাং ডাল্টনের আংশিক চাপের সূত্রানুসারে এই সময়ের শুধু বায়ুর চাপ,

$$P_a = P - f$$

এখন গ্যাসের সমীকরণ থেকে আমরা পাই,

$$\frac{P_a}{\rho_a T} = \frac{P_o}{\rho_o T_o} \quad \left[\because \frac{P_1}{\rho_1 T_1} = \frac{P_2}{\rho_2 T_2} \right]$$

$$\text{বা, } \frac{P - f}{\rho_a T} = \frac{P_o}{\rho_o T_o}$$

$$\text{বা, } P - f = \frac{\rho_a T}{\rho_o T_o} P_o$$

$$\therefore f = P - \frac{\rho_a T}{\rho_o T_o} P_o$$

$$\therefore f = P - \frac{\rho_a T}{\rho_o T_o} P_o$$

(10.34)

এটি হচ্ছে জলীয় বাপ্পের চাপ ও বায়ুর চাপের মধ্যকার সম্পর্ক।

১০.১৯। আর্দ্রতা

Humidity

পৃথিবীর চারভাগের তিনভাগই জলাশয়। জলাশয়গুলো থেকে প্রতিনিয়ত পানি বাষ্পীভূত হয়ে বায়ুমণ্ডলে মিশে যাচ্ছে। ফলে বায়ুমণ্ডল ভিজা থাকে তথা আর্দ্র থাকে। বিভিন্ন স্থানে বিভিন্ন সময়ে বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাপ্পের পরিমাণ বিভিন্ন হয়। এটা নির্ভর করে স্থান ও আবহাওয়ার উপর। আবার একই স্থানে বিভিন্ন খাতু ও সময়ে বায়ুমণ্ডলে অবস্থিত জলীয় বাপ্পের তারতম্য হয়। বর্ষাকালে বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাপ্প বেশি থাকে এবং শীতকালে কম থাকে। আগরা এ অনুচ্ছেদে বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাপ্পের উপস্থিতি তথা বায়ুমণ্ডলের আর্দ্রতা নিয়ে আলোচনা করব।

আর্দ্রতা (Humidity) : কোনো স্থানের বায়ুতে কতটুকু জলীয়বাপ্প আছে অর্থাৎ বায়ু কতখানি শুষ্ক বা ভিজা আর্দ্রতা দিয়ে তাই নির্দেশ করা হয়।

পরম আর্দ্রতা (Absolute humidity) : বায়ুর প্রতি একক আয়তনে উপস্থিত জলীয়বাপ্পের ভরকে ঐ স্থানের পরম আর্দ্রতা বলে।

কোনো স্থানের পরম আর্দ্রতা 5 g m^{-3} বলতে বোঝায় ঐ স্থানের প্রতি ঘনমিটার বায়ুতে 5 g জলীয়বাপ্প আছে।

শিশিরাঙ্ক (Dewpoint) : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুর জলীয়বাপ্প ধারণ করার ক্ষমতা সীমাবদ্ধ। তাপমাত্রা বাড়লে ঐ স্থানের জলীয়বাপ্প ধারণ করার ক্ষমতা বেড়ে যায়। যখন কোনো স্থানে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় সর্বোচ্চ পরিমাণ জলীয়বাপ্প থাকে, তখন ঐ স্থানকে জলীয়বাপ্প দ্বারা সম্পৃক্ত বলা হয়। বায়ু জলীয়বাপ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হলে ঐ বায়ু আর জলীয়বাপ্প ধারণ করতে পারে না, তখন জলীয়বাপ্প ঘনীভূত হয়ে শিশিরে পরিণত হয়।

কোনো স্থানের তাপমাত্রা কমলে ঐ স্থানের জলীয়বাপ্প ধারণ ক্ষমতা কমে যায়। তাপমাত্রা ক্রমশ কমতে থাকলে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বায়ুমণ্ডল ঐ স্থানের জলীয়বাপ্প দ্বারাই সম্পৃক্ত হয়। ঐ তাপমাত্রায় বায়ুতে অবস্থিত জলীয়বাপ্প তখন শিশিরে পরিণত হয়। এ তাপমাত্রাই শিশিরাঙ্ক।

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

কোনো স্থানের তাপমাত্রা 30°C এবং শিশিরাঙ্ক 22°C বলতে বোঝা যায় ঐ স্থানে 30°C তাপমাত্রায় যে পরিমাণ জলীয়বাষ্প আছে তা দ্বারা ঐ স্থানের বায়ু অসম্পৃক্ত কিন্তু তাপমাত্রা কমিয়ে 22°C করা হলে ঐ জলীয়বাষ্প দ্বারাই ঐ স্থানের বায়ু সম্পৃক্ত হয়।

কোনো স্থানের জলীয়বাষ্পের চাপ ঐ স্থানের জলীয়বাষ্পের পরিমাণের উপর নির্ভর করে। জলীয়বাষ্পের পরিমাণ যত বেশি হবে তার চাপও তত বেশি হবে। কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো স্থানের অসম্পৃক্ত জলীয়বাষ্পের চাপ এবং শিশিরাঙ্কে ঐ স্থানের সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্পের চাপ সমান হবে (কারণ একই পরিমাণ জলীয়বাষ্প দ্বারা শিশিরাঙ্কে ঐ স্থানের বায়ু সম্পৃক্ত হয়)।

আপেক্ষিক আর্দ্রতা (Relative humidity) : আবহাওয়া বিজ্ঞানে বায়ুমণ্ডলে উপস্থিত জলীয়বাষ্পের পরিমাণের চেয়ে বায়ুমণ্ডলের সম্পৃক্ততার মাত্রা অর্থাৎ বায়ুমণ্ডল কতখানি শুষ্ক বা ভেজা তা বেশি প্রয়োজন হয়। আপেক্ষিক আর্দ্রতা দিয়ে তাই বোঝানো হয়।

সংজ্ঞা : কোনো তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয়বাষ্পের ভর এবং এই একই তাপমাত্রায় ঐ আয়তনের বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে প্রয়োজনীয় জলীয়বাষ্পের ভরের অনুপাতকে ঐ স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা বলে।

$$\therefore \text{আপেক্ষিক আর্দ্রতা} = \frac{\text{বায়ুর তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয়বাষ্পের ভর}}{\text{বায়ুর তাপমাত্রায় ঐ বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে প্রয়োজনীয় জলীয়বাষ্পের ভর}}$$

কিন্তু নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো স্থানের জলীয়বাষ্পের চাপ ঐ স্থানের জলীয়বাষ্পের ভরের সমানুপাতিক।

$$\therefore \text{আর্দ্রতা} = \frac{\text{বায়ুর তাপমাত্রায় ঐ স্থানে উপস্থিত জলীয়বাষ্পের চাপ}}{\text{বায়ুর তাপমাত্রায় ঐ স্থানকে সম্পৃক্ত করতে প্রয়োজনীয় জলীয়বাষ্পের চাপ}}$$

কিন্তু কোনো তাপমাত্রায় কোনো স্থানে জলীয়বাষ্পের চাপ ঐ স্থানে শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্পের চাপের সমান।

$$\therefore \text{আপেক্ষিক আর্দ্রতা} = \frac{\text{শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্পের চাপ}}{\text{বায়ুর তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্পের চাপ}}$$

আপেক্ষিক আর্দ্রতাকে R , শিশিরাঙ্কে সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্পের চাপকে f , বায়ুর তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্পের চাপকে F দিয়ে প্রকাশ করলে, $R = \frac{f}{F}$

আপেক্ষিক আর্দ্রতাকে সাধারণত শতকরা হিসাবে প্রকাশ করা হয়।

$$\therefore R = \frac{f}{F} \times 100\% \quad \dots \quad \dots \quad (10.35)$$

তাৎপর্য : কোনো স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 60% বলতে বোঝা যায়, বায়ুর তাপমাত্রায় ঐ স্থানকে সম্পৃক্ত করতে যে পরিমাণ জলীয়বাষ্পের প্রয়োজন তার শতকরা 60 ভাগ জলীয়বাষ্প ঐ স্থানের বায়ুতে আছে।

বিভিন্ন তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্পের চাপ কত রেনো (Regnaults) পরীক্ষার সাহায্যে সেগুলো নির্ণয় করে একটি তালিকা তৈরি করেছেন। নিম্নে সেই তালিকা প্রদান করা হলো :

সারণি-১০.১ : বিভিন্ন তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্পের চাপ (রেনোর তালিকা)

তাপমাত্রা (°C)	চাপ (mm HgP)	তাপমাত্রা (°C)	চাপ (mm HgP)
0	4.58	28	28.35
2	5.29	30	31.83
4	6.10	32	35.66
6	7.01	34	39.90
8	8.05	36	44.42
10	9.21	38	49.58
12	10.52	40	55.32
14	11.99	50	92.51
16	13.63	60	149.38
18	15.48	70	233.70
20	17.54	80	355.10
22	19.83	90	525.76
24	22.38	100	760.00
26	25.21		

নির্ণয় কর : রেনোর তালিকা থেকে 31°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ বের কর। 19.5°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ কত হবে ? 14°C এবং 24°C তাপমাত্রার সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ থেকে 19.5° তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ বের কর। এ দুই হিসাব থেকে 19.5°C তাপমাত্রায় নির্ণীত সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপের মানের পার্থক্যের কারণ ব্যাখ্যা কর।

১০.২০। আর্দ্রতামাপক যন্ত্র ও আর্দ্রতা নির্ণয়

Hygrometers and Determination of Humidity

কোনো স্থানের কোনো সময়ের আর্দ্রতা পরিমাপের জন্য যে যন্ত্র ব্যবহৃত হয় তাকে আর্দ্রতামাপক যন্ত্র বা হাইগ্রোমিটার বলে। আর্দ্রতামাপক যন্ত্রের কার্যপ্রণালির উপর ভিত্তি করে এদের চারটি শ্রেণিতে ভাগ করা যায় ; যথা :

- ১। সিক্ত ও শুক্র বালব আর্দ্রতামাপক যন্ত্র (Wet and dry bulb hygrometer),
- ২। শিশিরাঙ্ক আর্দ্রতামাপক যন্ত্র (Dewpoint hygrometer),
- ৩। রাসায়নিক আর্দ্রতামাপক যন্ত্র (Chemical hygrometer) এবং
- ৪। কেশ আর্দ্রতামাপক যন্ত্র (Hair hygrometer)।

সিক্ত ও শুষ্ক বাল্ব আর্দ্রতামাপক যন্ত্র বা মেসনের আর্দ্রতামাপক যন্ত্র

যন্ত্রের বর্ণনা : এ যন্ত্রে একই রকম দুটি পারদ থার্মোমিটার আছে যেগুলো পাশাপাশি উল্লম্বভাবে একটি কাঠের ফেমের সাথে লাগানো থাকে। একটি থার্মোমিটার বায়ুমণ্ডলের তাপমাত্রা প্রদান করে, অন্যটির বাল্বে মসলিনের বা লিনেনের সলতে জড়নো থাকে এবং এ সলতে একটি পাত্রে রাখা পানির মধ্যে ডুবানো থাকে। পানি মসলিন বা লিনেন বেয়ে উপরে ওঠে এবং থার্মোমিটারের বাল্বকে সব সময় ডিজা রাখে (চিত্র : ১০.১২)।

মসলিন বা লিনেন থেকে পানি বাষ্পায়িত হয় ফলে সিক্ত বাল্ব থার্মোমিটার শুষ্ক বাল্ব থার্মোমিটারের চেয়ে কম তাপমাত্রা নির্দেশ করে। এ দু তাপমাত্রার পার্থক্য বায়ুমণ্ডলের আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপর নির্ভর করে। বায়ুমণ্ডলের আর্দ্রতা কম হলে বাষ্পায়ন দ্রুত হয়, ফলে দু তাপমাত্রার পার্থক্য বেশি হয়, অপরপক্ষে আর্দ্রতা বেশি হলে তাপমাত্রার পার্থক্য কম হয়। আর যদি বায়ুমণ্ডল জলীয়বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয়, তবে কোনো বাষ্পায়ন হয় না ফলে উভয় থার্মোমিটারের পাঠ একই হয়।

পরীক্ষা : যে স্থানের আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় করতে হবে সেই স্থানে যন্ত্রটিকে রেখে এর থার্মোমিটার দুটির পাঠ নেয়া হয়। এরপর ফ্লেসিয়ারের উৎপাদকের সাহায্যে শিশিরাঙ্ক বের করে আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় করা হয়। মনে করা যাক, শুষ্ক ও সিক্ত বাল্ব থার্মোমিটারে নির্দেশিত তাপমাত্রা যথাক্রমে θ_1 ও θ_2 এবং ঐ সময়ের শিশিরাঙ্ক θ । তাহলে ফ্লেসিয়ারের সূত্রানুসারে,

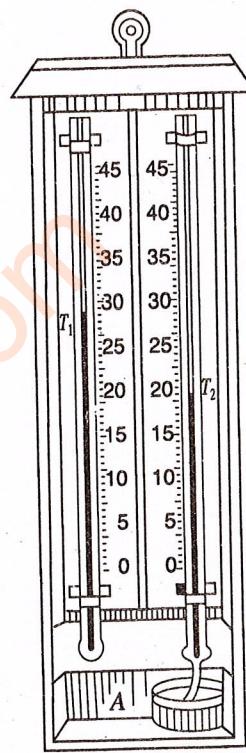
$$\theta_1 - \theta = G (\theta_1 - \theta_2) \quad \text{বা, } \theta = \theta_1 - G (\theta_1 - \theta_2) \quad \dots \quad (10.36)$$

এ সমীকরণ থেকে শিশিরাঙ্ক নির্ণয় করা যায়, এখানে G হচ্ছে $\theta_1^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রায় ফ্লেসিয়ারের উৎপাদক (সারণি ১০.২ দ্রষ্টব্য)। শিশিরাঙ্ক পাওয়া গেলে রেনোর তালিকা থেকে শিশিরাঙ্কে (θ) সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্পের চাপ f , বায়ুর তাপমাত্রায় (θ_1) সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্পের চাপ F নির্ণয় করে আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় করা যায়।

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

সতর্কতা

- ১। সুবেদী থার্মোমিটার ব্যবহার করা হয়।
- ২। থার্মোমিটার দুটির পারদস্তত স্থির অবস্থানে এলে পাঠ নেয়া হয়।
- ৩। মসলিন বা লিনেনের সলতে যাতে থার্মোমিটারের বাল্বকে আবৃত রাখে সে দিকে লক্ষ রাখা হয়।
- ৪। সলতের নিচের প্রান্ত যাতে পাত্রের পানিতে ডুবে থাকে সে দিকে লক্ষ রাখা হয়।



চিত্র : ১০.১২

সারণি ১০.২
বিভিন্ন তাপমাত্রায় গ্লেসিয়ারের উৎপাদক

শুষ্ক বালবের তাপমাত্রা (°C)	গ্লেসিয়ারের উৎপাদক (G)	শুষ্ক বালবের তাপমাত্রা (°C)	গ্লেসিয়ারের উৎপাদক G	শুষ্ক বালবের তাপমাত্রা (°C)	গ্লেসিয়ারের উৎপাদক G
4	7.82	19	1.81	34	1.61
5	7.28	20	1.79	35	1.60
6	6.62	21	1.77	36	1.59
7	5.77	22	1.75	37	1.58
8	4.92	23	1.74	38	1.57
9	4.04	24	1.72	39	1.56
10	2.06	25	1.70	40	1.55
11	2.02	26	1.69	41	1.54
12	1.99	27	1.68	42	1.53
13	1.95	28	1.67	45	1.52
14	1.92	29	1.66	46	1.51
15	1.90	30	1.65	47	1.50
16	1.87	31	1.64	48	1.49
17	1.85	32	1.63	49	1.48
18	1.83	33	1.62	50	1.47

১০.২১। আর্দ্রতামিতি সংক্রান্ত কয়েকটি ঘটনা

Few Phenomena Related To Hygrometry

১. আমাদের স্বাচ্ছন্দ্যবোধ অনেকাংশে আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপর নির্ভরশীল : আমাদের শরীর থেকে প্রতিনিয়ত ঘাম বের হয়। এ ঘাম শুকানোর হার নির্ভর করে বায়ুর জলীয়বাস্প তথা আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপর। বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা কম হলে বায়ুতে জলীয়বাস্পের পরিমাণ কম থাকে, ফলে বাষ্পায়ন বেশি হয়। শরীরের ঘাম বাষ্পীভূত হওয়ার সময় প্রয়োজনীয় সুষ্ঠুতাপ আমাদের শরীর থেকে সংগ্রহ করে, ফলে শরীর কিছু তাপ হারায় এবং আমরা ঠাণ্ডা অনুভব করি। কিন্তু যদি বায়ুতে জলীয়বাস্পের পরিমাণ বেশি হয় অর্থাৎ বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা বেশি হয় তবে শরীরের ঘাম কম শুকায় এবং আমরা অস্বস্তিবোধ করি। গরমের দিনে অর্থাৎ বর্ষাকালে বায়ুতে জলীয়বাস্পের পরিমাণ বেশি থাকে বলে আমাদের অস্বস্তিবোধ হয়। তাই বলা চলে আমাদের স্বাচ্ছন্দ্যবোধ অনেকাংশে আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপর নির্ভরশীল।

২. একই তাপমাত্রায় যেখানে আপেক্ষিক আর্দ্রতা বেশি সেখানে বেশি অস্বস্তিবোধ হয় : দুটি স্থানের তাপমাত্রা যদি একই হয় তবে স্থান দুটির যেটিতে আপেক্ষিক আর্দ্রতা বেশি হবে সে স্থানের বায়ুতে জলীয়বাস্পের পরিমাণ বেশি থাকায় সেখানে বাষ্পায়ন কম হবে। ফলে আমাদের শরীর থেকে নির্গত ঘাম সেখানে কম শুকাবে, এর জন্য কম সুষ্ঠুতাপের প্রয়োজন হবে। সুতরাং বেশি আর্দ্রতার স্থানে ঘাম বাষ্পায়নের জন্য শরীর কম সুষ্ঠুতাপ সরবরাহ করবে, পক্ষান্তরে কম আপেক্ষিক আর্দ্রতার স্থানে শরীর বেশি তাপ হারাবে এবং বেশি অস্বস্তিবোধ হবে আর বেশি আপেক্ষিক আর্দ্রতার স্থানে বেশি অস্বস্তিবোধ হয়।

৩. একই তাপমাত্রায় ঢাকা অপেক্ষা চট্টগ্রামে বেশি অস্বস্তিকর বোধ হয় : চট্টগ্রাম সমুদ্রের নিকটে অবস্থিত আর ঢাকা সমুদ্র থেকে বহু দূরে। সমুদ্র থেকে প্রতিনিয়ত বাষ্পায়ন প্রক্রিয়ায় যে জলীয়বাস্পের সৃষ্টি হচ্ছে তা চট্টগ্রামের বায়ুতে থেকে যাচ্ছে। ঢাকা দূরে হওয়ায় স্বত্বাবতই স্থানকার বায়ুতে জলীয় বাস্পের পরিমাণ কম। তাই ঢাকা ও চট্টগ্রামের তাপমাত্রা এক থাকলেও চট্টগ্রামের বায়ুতে জলীয়বাস্পের পরিমাণ বেশি হওয়ায় স্থানকার আপেক্ষিক আর্দ্রতা বেশি। ফলে ঢাকার চেয়ে

চট্টগ্রামের বায়ুতে শরীর থেকে নির্গত ঘাম কম শুকাবে এবং ঘাম বাস্পায়নের জন্য চট্টগ্রামে কম সুপ্ততাপের প্রয়োজন হবে। তাই ঢাকার তুলনায় চট্টগ্রামে শরীর কম তাপ হারাবে ফলে চট্টগ্রামে বেশি অস্বস্তিবোধ হবে।

৪. বর্ষাকাল অপেক্ষা শীতকালে ভিজা কাপড় দ্রুত শুকায় : শীতকালের চেয়ে যদিও বর্ষাকালে বায়ুমণ্ডলের তাপমাত্রা বেশি থাকে তথাপি ভিজা কাপড় শীতকালেই দ্রুত শুকায়। ভিজা কাপড় শুকানো অর্থাৎ ভিজা কাপড়ের পানির বাস্পায়ন নির্ভর করে আপেক্ষিক আর্দ্রতা তথা বায়ুমণ্ডলের জলীয়বাস্পের উপর। বর্ষাকালে বায়ুতে শীতকালের চেয়ে বেশি জলীয়বাস্প থাকে, ফলে বর্ষাকালে পানির বাস্পায়ন কম হয়। এ কারণে ভিজা কাপড়ের পানি বর্ষাকালের চেয়ে শীতকালে দ্রুত বাস্পায়িত হয়, ফলে শীতকালে ভিজা কাপড় বর্ষাকালের চেয়ে দ্রুত শুকায়।

৫. শিশিরাক্ষের উপর তাপমাত্রার প্রভাব : যে তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ু এর মধ্যে উপস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয়, সেই তাপমাত্রাকে শিশিরাক্ষ বলে। যদি কোনো ঘরের বায়ু এবং এতে অবস্থিত জলীয় বাস্পের পরিমাণ নির্দিষ্ট থাকে তাহলে তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে ঐ ঘরের শিশিরাক্ষের কোনো পরিবর্তন হবে না। কারণ ঘরে অবস্থিত নির্দিষ্ট পরিমাণ বায়ু নির্দিষ্ট পরিমাণ জলীয় বাষ্প দ্বারাই সম্পৃক্ত হবে; তাপমাত্রা পরিবর্তিত হলে এর কোনোটাই পরিবর্তিত হয় না বলে শিশিরাক্ষের কোনো পরিবর্তন হবে না।

অনুরূপভাবে যদি তাপমাত্রা কমানো যায় তাহলেও মোট জলীয় বাস্পের পরিমাণ ঠিক থাকে বলে শিশিরাক্ষের কোনো পরিবর্তন হবে না।

১০.২২। ব্যবহারিক-২

Practical-2

পরীক্ষণের নাম	শীতলীকরণ পদ্ধতিতে কোনো তরল পদার্থের আপেক্ষিক
পরিয়ন্ত্র : ২	তাপ নির্ণয়

মূল তত্ত্ব : নিউটনের শীতলীকরণ সূত্রটি হলো “কোনো বস্তুর তাপ বর্জনের হার বস্তু এবং তার পারিপার্শ্বিকের তাপমাত্রার পার্থক্যের সমানুপাতিক।” যদি কোনো তরল পদার্থকে তার পারিপার্শ্বিকের সাপেক্ষে বেশি তাপমাত্রায় রাখা হয় তাহলে উষ্ণ তরল পদার্থ কর্তৃক বর্জিত তাপের হার নির্ভর করে—

১. তরল পদার্থের তাপমাত্রার উপর, ২. পারিপার্শ্বিকের তাপমাত্রার উপর, ৩. তরল পদার্থের মুক্ততলের ক্ষেত্রফলের উপর, ৪. তরল পদার্থ যে পাত্রে রাখা হয় সেই পাত্রের উপাদানের উপর এবং ৫. পাত্রের দেয়ালের ক্ষেত্রফলের উপর।

যদি দুটি ভিন্ন তরলের ক্ষেত্রে উপরিউক্ত শর্তগুলো অভিন্ন হয় তাহলে তাদের তাপ বর্জনের হার একই হবে। তাপ বর্জনের হার তরল পদার্থ দুটির প্রকৃতির উপর নির্ভর করে না।

m_1 ভরের ও s_1 আপেক্ষিক তাপের ক্যালরিমিটারে রাখা s আপেক্ষিক তাপের M তরলের তাপমাত্রা θ_1 থেকে θ_2 -তে নেমে আসতে যদি t_1 সময় লাগে তাহলে তরল পদার্থ ও ক্যালরিমিটার কর্তৃক তাপ হারানোর হার,

$$\frac{(Ms + m_1s_1)(\theta_1 - \theta_2)}{t_1}$$

একই ক্যালরিমিটারে তরল পদার্থের সমান্বয়তনের m_2 ভরের এবং s_2 আপেক্ষিক তাপের পানির তাপমাত্রা একই পরিমাণ অর্থাৎ θ_1 থেকে θ_2 -তে নেমে আসতে যদি t_2 সময় লাগে তাহলে পানি ও ক্যালরিমিটার কর্তৃক তাপ হারানোর হার,

$$\frac{(m_2s_2 + m_1s_1)(\theta_1 - \theta_2)}{t_2}$$

শীতলীকরণ অবস্থা একই রূপ থাকায় তাপ বর্জনের এই দুই হার সমান।

$$\text{অর্থাৎ } \frac{(Ms + m_1s_1)(\theta_1 - \theta_2)}{t_1} = \frac{(m_2s_2 + m_1s_1)(\theta_1 - \theta_2)}{t_2}$$

$$\therefore s = \frac{1}{M} \left((m_1s_1 + m_2s_2) \frac{t_1}{t_2} - m_1s_1 \right) \quad \dots \quad \dots \quad (1)$$

যন্ত্রপাতি বৎ অন্যান্য দ্রব্যাদি

ক্যালরিমিটার, থার্মোমিটার, পানি, তরল, নিক্তি, স্টপওয়াচ, দুই দেয়াল বিশিষ্ট আবেষ্টনী পাত্র ইত্যাদি।

কাজের ধারা

১. আলোড়কসহ একটি ক্যালরিমিটার ভালোভাবে পরিষ্কার করে নিক্তির সাহায্যে ভর নির্ণয় করে আবেষ্টনীর মধ্যে নির্দিষ্ট জায়গায় রাখা হলো।

২. ক্যালরিমিটারের নিচ থেকে প্রায় দুই-তৃতীয়াংশ উপরে একটি দাগকাটা হলো।

৩. একটি বিকারে কিছু পরিমাণ পানি নিয়ে প্রায় 70°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হলো। এবার এই পানি ক্যালরিমিটারের মধ্যে ঢেলে নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত পূর্ণ করা হলো। এখন ক্যালরিমিটারটিকে আবেষ্টনীর মধ্যে বসিয়ে ঢাকনা দিয়ে ঢেকে ঢাকনার ছিদ্রের মধ্য দিয়ে আলোড়ক ও থার্মোমিটার প্রবেশ করিয়ে দেয়া হলো। আবেষ্টনীর দুই দেওয়ালের মধ্যবর্তী স্থানে কিছু ঠাণ্ডা পানি ঢেলে দেওয়া হলো।

৪. আলোড়ক দিয়ে পানি ধীরে ধীরে নাড়া হয় এবং তাপমাত্রা 65°C হলে স্টপওয়াচ চালিয়ে দেওয়া হয় এবং প্রতি এক মিনিট পর পর পানির তাপমাত্রার পাঠ নেওয়া হয়। পানির তাপমাত্রা যখন কক্ষ তাপমাত্রার চেয়ে 5° -এর বেশি দেখা যাবে তখন পাঠ নেওয়া বন্ধ করে দিতে হবে। এবার ক্যালরিমিটারটিকে আবেষ্টনীর বাইরে এনে অপরিবাহী বস্তুর উপর রেখে ঠাণ্ডা হতে দেওয়া হয়। পানির তাপমাত্রা কক্ষতাপমাত্রার সমান হলে ঢাকনা ও থার্মোমিটার সরিয়ে আলোড়ক ও পানিসহ ক্যালরিমিটারের ভর নির্ণয় করা হয়। এ ভর থেকে প্রথম ভর বাদ দিয়ে পানির ভর m_2 নির্ণয় করা হয়।

৫. এখন ক্যালরিমিটার থেকে পানি বের করে মুছে শুকিয়ে নেওয়া হয়। এরপর ইতোমধ্যে একটি বিকারে পরীক্ষাধীন তরল পদার্থ নিয়ে প্রায় 70°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয়। উত্তপ্ত তরল পদার্থ দ্বারা ক্যালরিমিটারের দাগ পর্যন্ত পূর্ণ করে ক্যালরিমিটারটিকে আবেষ্টনীর মধ্যে বসিয়ে দেয়া হলো। ক্যালরিমিটারটিকে ঢাকনা দিয়ে ঢেকে ঢাকনার ছিদ্রের মধ্য দিয়ে আলোড়ক ও থার্মোমিটার প্রবেশ করিয়ে দেওয়া হলো। আবেষ্টনীর দুই দেওয়ালের মধ্যবর্তী স্থানে কিছু ঠাণ্ডা পানি ঢেলে ৪নং কাজের ধারায় বর্ণিত প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রা ও তরলের ভর M নির্ণয় করে প্রাপ্ত উপাস্তসমূহ ছকে বসানো হলো।

৬. লেখ কাগজে X -অক্ষের দিকে সময় এবং Y -অক্ষের দিকে তাপমাত্রা বসিয়ে পানি ও তরলের জন্য দুটি লেখচিত্র অঙ্কন করা হলো (চিত্র : ১০.১৩)। লেখচিত্র থেকে তরল ও পানির তাপমাত্রা $\theta_1^{\circ}\text{C}$ থেকে $\theta_2^{\circ}\text{C}$ -এ নামতে কী পরিমাণ সময় লাগল তা নির্ণয়ের জন্য θ_1 ও θ_2 দিয়ে X -অক্ষের সমান্তরাল দুটি রেখা টানা হলো।

৭. লেখচিত্র থেকে t_1 ও t_2 এর মান জেনে (1) নং সমীকরণের সাহায্যে তরলের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় করা হলো।

পর্যবেক্ষণ ও সন্ধিবেশন

১. আলোড়কসহ ক্যালরিমিটারের ভর,

$$m_1 = \dots \text{ kg}$$

২. ক্যালরিমিটারের উপাদানের আপেক্ষিক তাপ,

$$s_1 = \dots \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

৩. আলোড়কসহ ক্যালরিমিটার ও পানির ভর,

$$m'_2 = \dots \text{ kg}$$

৪. পানির ভর, $m_2 = m'_2 - m_1 = \dots \text{ kg}$

৫. আলোড়কসহ ক্যালরিমিটার ও তরলের ভর,

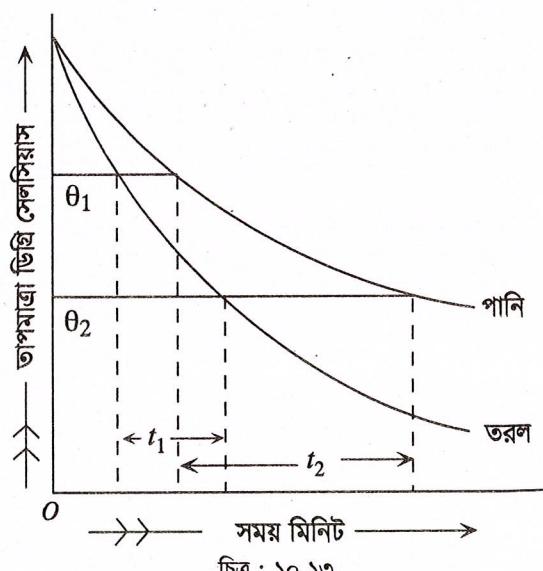
$$M' = \dots \text{ kg}$$

৬. তরলের ভর, $M = M' - m_1 = \dots \text{ kg}$

৭. পানির আপেক্ষিক তাপ,

$$s_2 = 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

৮. তরলের আপেক্ষিক তাপ = $s = \dots ?$



সময়-তাপমাত্রা ছক

সময় মিনিটে	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
পানির তাপমাত্রা °C										
তরলের তাপমাত্রা °C										

শীতলীকরণ লেখ (Cooling Graphs)

তরলের তাপমাত্রা θ_1 °C (.....) থেকে θ_2 °C (.....)-এ নামতে

প্রয়োজনীয় সময় (লেখ থেকে), $t_1 = \dots$ মিনিট।

পানির তাপমাত্রা θ_1 °C (.....) থেকে θ_2 °C (.....)-এ নামতে

প্রয়োজনীয় সময় (লেখ থেকে), $t_2 = \dots$ মিনিট।

হিসাব

$$s = \frac{1}{M} [(m_1 s_1 + m_2 s_2) \frac{t_1}{t_2} - m_1 s_1]$$

ফলাফল

প্রদত্ত তরলের আপেক্ষিক তাপ, $s = \dots$ J kg⁻¹ K⁻¹

সতর্কতা

- পানি ও তরলের আয়তন সমান নেওয়া হয়।
- বাষ্পীভবনের ফলে পানি ও তরলের ভর যাতে কমে না যায়, সেজন্য এদেরকে স্ফুটনাক্ষের বেশ কিছু নিচের তাপমাত্রায় উত্পন্ন করতে হবে।
- পানি ও তরল ক্যালরিমিটারের পরিবর্তে বিকারে রেখে উত্পন্ন করা হয়।
- ক্যালরিমিটারের বাইরের তাপমাত্রার সমতা বজায় রাখার জন্য আবেষ্টনীর দুই দেয়ালের মধ্যবর্তী অংশে পানি দ্বারা পূর্ণ করা হয়।
- ক্যালরিমিটার সুপরিবাহক ধাতুর তৈরি হওয়া এবং ক্যালরিমিটারের দেয়াল পাতলা হওয়া উচিত।
- থার্মোমিটারে তাপমাত্রার মান সূক্ষ্মভাবে নির্ণয় করা হয়।

সার-সংক্ষেপ

আদর্শ গ্যাস : যে সকল গ্যাস বয়েল এবং চার্লসের সূত্র যুগ্মভাবে মেনে চলে তাদেরকে আদর্শ গ্যাস বলে।

বয়েলের সূত্র : কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের তাপমাত্রা স্থির থাকলে তার আয়তন চাপের ব্যতোনুপাতে পরিবর্তিত হয়।

চার্লসের সূত্র : স্থির চাপে কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন 0°C থেকে প্রতি ডিগ্রি সেলসিয়াস তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য এর 0°C তাপমাত্রার আয়তনের $\frac{1}{273}$ অংশ যথাক্রমে বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়।

চাপীয় সূত্র : স্থির আয়তনে কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ 0°C থেকে প্রতি ডিগ্রি সেলসিয়াস তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য এর 0°C তাপমাত্রার চাপের $\frac{1}{273}$ অংশ যথাক্রমে বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়।

স্থির চাপে গ্যাসের আয়তন P এর সহগ বা আয়তন প্রসারাঙ্গ, γ_p : স্থির চাপে 0°C তাপমাত্রার নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের তাপমাত্রা প্রতি ডিগ্রি সেলসিয়াস বৃদ্ধি করলে ঐ গ্যাসের প্রতি একক আয়তনে আয়তনের যে প্রসারণ হয় তাকে স্থির চাপে গ্যাসের আয়তন প্রসারাঙ্গ বলে।

স্থিৰ আয়তনে গ্যাসেৰ চাপ প্ৰসাৱণ সহগ বা চাপ প্ৰসাৱক, γ : স্থিৰ আয়তনে 0°C তাপমাত্ৰার নিৰ্দিষ্ট ভৱেৱ গ্যাসেৰ তাপমাত্ৰা 0°C থেকে প্ৰতি ডিগ্ৰি সেলসিয়াস বৃদ্ধি কৱলে ঐ গ্যাসেৰ প্ৰতি একক চাপে চাপেৰ যে বৃদ্ধি ঘটে তাকে স্থিৰ আয়তনে গ্যাসেৰ চাপ প্ৰসাৱক বলে।

প্ৰমাণ তাপমাত্ৰা : যে তাপমাত্ৰায় প্ৰমাণ চাপে অৰ্থাৎ 760 mm পাৱদ চাপে বৱফ গলে পানিতে পৱিণত হয় বা পানি জমে বৱফে পৱিণত হয় সেই তাপমাত্ৰাকে প্ৰমাণ তাপমাত্ৰা বলে।

প্ৰমাণ চাপ : সমুদ্ৰপৃষ্ঠে 45° অক্ষাংশে 273.15 K তাপমাত্ৰায় উল্ৰুম্বভাৱে অবস্থিত 760 mm উচ্চতাৰিষ্ঠ শুষ্ক ও বিশুদ্ধ পাৱদস্তৰ যে চাপ দেয় তাকে প্ৰমাণ চাপ বলে।

গড় বৰ্গ বেগ : কোনো গ্যাসেৰ সকল অণুৰ বেগেৰ বৰ্গেৰ গড়কে গড় বৰ্গ বেগ বলে।

মূল গড় বৰ্গ বেগ : কোনো গ্যাসেৰ সকল অণুৰ বেগেৰ বৰ্গেৰ গড়মানেৰ বৰ্গমূলকে মূল গড় বৰ্গ বেগ বলে।

স্বাধীনতাৰ মাত্ৰা : কোনো গতিশীল সিস্টেমেৰ অবস্থান সম্পূৰ্ণৱাপে বোৰাতে মোট যে সংখ্যক স্বাধীন রাশিৰ প্ৰয়োজন হয় তাকে স্বাধীনতাৰ মাত্ৰা বলে।

শক্তিৰ সমৰিভাজন নীতি : তাপীয় সাম্যাবস্থায় আছে এমন গতীয় সিস্টেমেৰ মোট শক্তি বিভিন্ন স্বাধীনতাৰ মাত্ৰাৰ ভেতৰ সমভাৱে বচ্ছিত হয় এবং প্ৰত্যেক স্বাধীনতাৰ মাত্ৰা পিছু শক্তি পৱিমাণ হয় $\frac{1}{2} kT$

পৱম আৰ্দ্রতা : বায়ুৰ প্ৰতি একক আয়তনে উপস্থিত জলীয়বাপ্সেৰ ভৱকে ঐ স্থানেৰ পৱম আৰ্দ্রতা বলে।

শিশিৰাঙ্ক : যে তাপমাত্ৰায় কোনো নিৰ্দিষ্ট আয়তনেৰ বায়ু এৰ মধ্যে অবস্থিত জলীয়বাপ্স দ্বাৰা সম্পৃক্ত হয়, সেই তাপমাত্ৰাকে শিশিৰাঙ্ক বলে।

আপেক্ষিক আৰ্দ্রতা : কোনো তাপমাত্ৰায় নিৰ্দিষ্ট আয়তনেৰ বায়ুতে অবস্থিত জলীয়বাপ্সেৰ ভৱ এবং ঐ একই তাপমাত্ৰায় ঐ আয়তনেৰ বায়ুকে সম্পৃক্ত কৱতে প্ৰয়োজনীয় জলীয়বাপ্সেৰ ভৱেৱ অনুপাতকে ঐ স্থানেৰ আপেক্ষিক আৰ্দ্রতা বলে।

সমস্যা সমাধানে প্ৰয়োজনীয় সমীকৰণসমূহ

ক্ৰমিক নং	সমীকৰণ নং	সমীকৰণ	অনুচ্ছেদ
১	10.1	$p_1 V_1 = p_2 V_2 = K$	১০.২
২	10.2	$V = V_o \left(1 + \frac{\theta}{273} \right)$	১০.২
৩	10.4	$p = p_o \left(1 + \frac{\theta}{273} \right)$	১০.২
৪	10.6	$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \dots = \frac{p_n V_n}{n_1} = K$	১০.৮
৫	10.8	$pV = \frac{m}{M} RT$	১০.৮
৬	10.9	$pV = nRT$	১০.৮
৭	10.11	$\frac{\rho_1}{p_1 T_1} = \frac{\rho_2}{p_2 T_2} = \text{Constant}$	১০.৬
৮	10.15	$pV = \frac{1}{3} m N c^2$	১০.১১
৯	10.18	$p = \frac{1}{3} m n \bar{c}^2$	১০.১১
১০	10.19	$p = \frac{1}{3} \rho \bar{c}^2$	১০.১১

১১	10.21	$E = \frac{3}{2}RT$	১০.১১
১২	10.23	$\sqrt{\bar{c}^2} = \sqrt{\frac{3kT}{M}}$	১০.১১
১৩	10.24	$\overline{E} = \frac{3}{2}KT$	১০.১১
১৪	10.27	$\sqrt{\bar{c}^2} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$	১০.১১
১৫	10.28	$\lambda = \frac{1}{n\pi\sigma^2}$	১০.১৩
১৬	10.35	$R = \frac{f}{F} \times 100\%$	১০.১৯
১৭	10.36	$\theta = \theta_1 - G(\theta_1 - \theta_2)$	১০.২০

গাণিতিক উদাহরণ

সেট I

[সাধারণ সমস্যাবলি]

গাণিতিক উদাহরণ ১০.১। একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ শুষ্ক বায়ুকে সমোক্ষ প্রক্রিয়ায় সঙ্কুচিত করে আদি আয়তনের অর্ধেক করা হলো। চূড়ান্ত চাপ নির্ণয় কর।

[য. বো. ২০০৯]

আমরা জানি,

$$p_1 V_2 = p_2 V_1$$

$$\therefore p_2 = \frac{p_1 V_1}{V_2} = \frac{p V}{\frac{V}{2}} = 2p$$

উ: চূড়ান্ত চাপ আদি চাপের দ্বিগুণ হবে।

এখানে,

$$\text{আদি আয়তন}, V_1 = V$$

$$\text{চূড়ান্ত আয়তন}, V_2 = \frac{V}{2}$$

$$\text{আদি চাপ}, p_1 = p$$

$$\text{চূড়ান্ত চাপ}, p_2 = ?$$

গাণিতিক উদাহরণ ১০.২। 27°C তাপমাত্রায় এবং 5×10^5 Pa চাপে কোনো গ্যাসের আয়তন 100 cm^3 । 60°C তাপমাত্রায় ও 10×10^5 Pa চাপে এর আয়তন কত হবে?

আমরা জানি,

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

$$\therefore V_2 = \frac{p_1 V_1 T_2}{T_1 p_2}$$

$$= \frac{5 \times 10^5 \text{ Pa} \times 100 \text{ cm}^3 \times 333 \text{ K}}{300 \text{ K} \times 10 \times 10^5 \text{ Pa}}$$

$$= 55.5 \text{ cm}^3$$

উ: 55.5 cm^3

এখানে,

$$\text{প্রাথমিক চাপ}, p_1 = 5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\text{চূড়ান্ত চাপ}, p_2 = 10 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\text{প্রাথমিক আয়তন}, V_1 = 100 \text{ cm}^3$$

$$\text{প্রাথমিক তাপমাত্রা}, T_1 = 27^\circ \text{ C} = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

$$\text{চূড়ান্ত তাপমাত্রা}, T_2 = 60^\circ \text{ C} = 60 + 273 = 333 \text{ K}$$

$$\text{চূড়ান্ত আয়তন}, V_2 = ?$$

গাণিতিক উদাহরণ ১০.৩। 18 g ইলিয়াম গ্যাসপূর্ণ একটি বেলুনের আয়তন 0.10 m^3 । বেলুনের ভেতরে গ্যাসের চাপ $1.2 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$ । বেলুনের মধ্যবর্তী গ্যাসের তাপমাত্রা কত?

আমরা জানি,

$$pV = nRT$$

$$\therefore T = \frac{pV}{nR}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{1.2 \times 10^5 \text{ N m}^{-2} \times 0.10 \text{ m}^3}{4.5 \text{ mol} \times 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}} \\ &= 320.9 \text{ K} \end{aligned}$$

উ: 320.9 K.

এখানে,

$$\text{ইলিয়ামের আণবিক ভর, } M = 4 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\text{বেলুনের মধ্যে ইলিয়াম গ্যাসের ভর, } m = 18 \text{ g}$$

বেলুনের মধ্যে ইলিয়ামের মোলসংখ্যা,

$$n = \frac{m}{M} = \frac{18 \text{ g}}{4 \text{ g mol}^{-1}} = 4.5 \text{ mol}$$

$$\text{গ্যাসের চাপ, } p = 1.2 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$$

$$\text{গ্যাসের আয়তন, } V = 0.10 \text{ m}^3$$

$$\text{সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক, } R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$\text{গ্যাসের তাপমাত্রা, } T = ?$$

গাণিতিক উদাহরণ ১০.৪। 100°C তাপমাত্রায় 20 g অক্সিজেন একটি 20 cm দৈর্ঘ্যের ঘনককে পূর্ণ করে।
এক মোল অক্সিজেনের ভর 32 g। ঘনকের অভ্যন্তরে অক্সিজেনের চাপ কত? [চ. বো. ২০১৫]

আমরা জানি,

$$pV = nRT$$

$$\therefore p = \frac{nRT}{V}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0.625 \text{ mol} \times 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 373 \text{ K}}{(0.2 \text{ m})^3} \\ &= 242.158 \times 10^3 \text{ Pa} \\ &= 242.16 \text{ kPa} \end{aligned}$$

উ: 242.16 kPa

এখানে,

$$\text{অক্সিজেনের ভর, } m = 20 \text{ g}$$

$$\text{অক্সিজেনের আণবিক ভর, } M = 32 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{অক্সিজেনের মোলসংখ্যা, } n &= \frac{20 \text{ g}}{32 \text{ g mol}^{-1}} \\ &= 0.625 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\text{সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক, } R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$\text{অক্সিজেনের আয়তন, } V = (20 \text{ cm})^3 = (0.2 \text{ m})^3$$

$$\text{তাপমাত্রা, } T = (100 + 273) \text{ K} = 373 \text{ K}$$

$$\text{চাপ, } p = ?$$

গাণিতিক উদাহরণ ১০.৫। যদি $R = 8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ হয় তবে 72 cm পারদস্ত চাপে এবং 27°C তাপমাত্রায় 20 g অক্সিজেনের আয়তন নির্ণয় কর। [রা. বো. ২০১২; ঘ. বো. ২০০০; চ. বো. ২০১১; সি. বো. ২০১২]

আমরা জানি,

$$pV = nRT$$

$$\therefore V = \frac{nRT}{p}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0.625 \times 8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 300 \text{ K}}{0.72 \text{ m} \times 13596 \text{ kg m}^{-3} \times 9.8 \text{ m s}^{-2}} \\ &= 16.24 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

উ: $16.24 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

এখানে,

$$\text{তাপমাত্রা, } T = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

$$\text{সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক, } R = 8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{অক্সিজেনের ভর, } m = 20 \text{ g}$$

$$\text{অক্সিজেনের আণবিক ভর, } M = 32 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\begin{aligned} \text{অক্সিজেনের মোলসংখ্যা, } n &= \frac{20 \text{ g}}{32 \text{ g mol}^{-1}} \\ &= 0.625 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\text{চাপ, } p = 72 \text{ cm পারদস্ত চাপ}$$

$$= 0.72 \text{ m} \times 13596 \text{ kg m}^{-3} \times 9.8 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{আয়তন, } V = ?$$

গাণিতিক উদাহরণ ১০.৬। কোনো হৃদের তলদেশ থেকে পানির উপরিতলে আসায় একটি বায়ু বুদবুদ আয়তনে পাঁচগুণ হয়। বায়ুমণ্ডলের চাপ 10^5 N m^{-2} হলে হৃদের গভীরতা কত? [য. বি. পি. বি. ২০০৫-২০০৬; চ. বো. ২০১৫; ব. বো. ২০০২; সি. বো. ২০১০]

ধরা যাক,

$$\text{হৃদের তলদেশে চাপ } p_1$$

$$\text{হৃদের পৃষ্ঠদেশে চাপ, } p_2 = \text{বায়ুমণ্ডলের চাপ} = 10^5 \text{ N m}^{-2}$$

$$\therefore p_1 = \text{বায়ুমণ্ডলের চাপ} + h \text{ গভীরতায় পানির চাপ}$$

$$= p_2 + h\rho g$$

$$\text{এখন আমরা জানি, } p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$\text{বা, } (p_2 + h\rho g) V = p_2 \times 5 V$$

$$\therefore h\rho g = 4p_2$$

$$\therefore h = \frac{4 p_2}{\rho g} = \frac{4 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}}{10^3 \text{ kg m}^{-3} \times 9.8 \text{ m s}^{-2}} = 40.82 \text{ m}$$

উ: 40.82 m.

গাণিতিক উদাহরণ ১০.৭। S.T.P.-তে হাইড্রোজেন অণুগুলোর মূল গড় বর্গ বেগ নির্ণয় কর। S.T.P.-তে হাইড্রোজেনের ঘনত্ব 0.09 kg m^{-3} ।

আমরা জানি,

$$p = \frac{1}{3} \rho \bar{c}^2 \text{ বা, } \bar{c}^2 = \frac{3p}{\rho}$$

$$\sqrt{\bar{c}^2} = \sqrt{\frac{3p}{\rho}}$$

$$= \sqrt{\frac{3 \times 1.013 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}}{0.09 \text{ kg m}^{-3}}}$$

$$= 1837.57 \text{ m s}^{-1} = 1.84 \text{ km s}^{-1}$$

উ: 1.84 km s^{-1}

গাণিতিক উদাহরণ ১০.৮। প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে নাইট্রোজেনের ঘনত্ব 1.25 kg m^{-3} হলে 100°C তাপমাত্রায় নাইট্রোজেন অণুর গড় বর্গবেগের বর্গমূল নির্ণয় কর। [চ. বো. ২০০২; য. বো. ২০০৭; সি. বো. ২০০৮]

100°C তাপমাত্রায়

ঘনত্ব ρ_2 হলে

$$\sqrt{\bar{c}^2} = \sqrt{\frac{3p}{\rho_2}}$$

$$\text{কিন্তু } \rho_1 T_1 = \rho_2 T_2$$

$$\therefore \rho_2 = \frac{\rho_1 T_1}{T_2}$$

$$\text{সূতরাং } \sqrt{\bar{c}^2} = \sqrt{\frac{3p T_2}{\rho_1 T_1}}$$

$$= \sqrt{\frac{3 \times 1.013 \times 10^5 \text{ N m}^{-2} \times 373 \text{ K}}{1.25 \text{ kg m}^{-3} \times 273 \text{ K}}} = 576.35 \text{ m s}^{-1}$$

উ: 576.35 m s^{-1}

এখানে,

$$\text{হৃদের তলদেশে বুদবুদের আয়তন, } V_1 = V$$

$$\text{হৃদের পৃষ্ঠে বুদবুদের আয়তন, } V_2 = 5 V$$

$$\text{পানির ঘনত্ব, } \rho = 10^3 \text{ kg m}^{-3}$$

$$\text{অভিকর্ষজ ত্বরণ, } g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{হৃদের গভীরতা, } h = ?$$

এখানে,

$$\text{S.T.P.-তে হাইড্রোজেনের ঘনত্ব, } \rho = 0.09 \text{ kg m}^{-3}$$

$$\text{S.T.P.-তে চাপ, } p = 1.013 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$$

$$\text{মূল গড় বর্গ বেগ, } \sqrt{\bar{c}^2} = ?$$

এখানে,

$$\text{S.T.P. তে চাপ, } p = 1.013 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$$

$$\text{S.T.P. তে তাপমাত্রা, } T_1 = 273 \text{ K}$$

$$\text{S.T.P. তে নাইট্রোজেনের ঘনত্ব, } \rho_1 = 1.25 \text{ kg m}^{-3}$$

$$\text{পরবর্তী তাপমাত্রা, } T_2 = 100^\circ\text{C} = 273 + 100 = 373 \text{ K}$$

$$\text{গড় বর্গবেগের বর্গমূল, } \sqrt{\bar{c}^2} = ?$$

গাণিতিক উদাহরণ ১০.৯। 29°C তাপমাত্রায় 3 g নাইট্রোজেন গ্যাসের মোট গতিশক্তি নির্ণয় কর।
নাইট্রোজেনের ধার্ম আণবিক ভর 28 g । [কু. বো. ২০০৩]

আমরা জানি,

$$\text{প্রতি মোল গ্যাসের গতিশক্তি}, E = \frac{3}{2} RT$$

$$\therefore n \text{ মোল গ্যাসের গতিশক্তি}, E = \frac{3}{2} nRT$$

$$\text{বা, } E = \frac{3 \times 0.107 \text{ mol} \times 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 302 \text{ K}}{2} \\ = 402.79 \text{ J}$$

উ: 402.79 J

গাণিতিক উদাহরণ ১০.১০। স্থির চাপে কত তাপমাত্রায় কোনো গ্যাস অণুর গড় বর্গবেগের বর্গমূল প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রার গড় বর্গবেগের বর্গমূলের ঘিণুণ হবে ? [জ. বো. ২০০৯]

ধরা যাক,

প্রমাণ তাপমাত্রা T_1 -এ কোনো গ্যাস অণুর মূল গড় বর্গবেগ C_1 এবং T_2 তাপমাত্রায় C_2 ।

$$\text{প্রশ্নমতে, } C_2 = 2C_1$$

$$\text{বা, } \sqrt{\frac{3 kT_2}{m}} = 2 \sqrt{\frac{3 kT_1}{m}}$$

$$\text{বা, } \sqrt{T_2} = 2\sqrt{T_1}$$

$$\text{বা, } T_2 = 4 T_1 = 4 \times 273 \text{ K} = 1092 \text{ K}$$

উ: 1092 K

গাণিতিক উদাহরণ ১০.১১। 15°C তাপমাত্রায় প্রতি ধার্ম অণু হিলিয়াম গ্যাসের গতিশক্তি কত ?

[$R = 8.31 \text{ J}^{-1} \text{ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$] [সি. বো. ২০১৫]

আমরা জানি,

$$E = \frac{3}{2} RT \\ = \frac{3 \times 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 288 \text{ K}}{2} \\ = 3589.92 \text{ J}$$

উ: 3589.92 J

গাণিতিক উদাহরণ ১০.১২। 27°C তাপমাত্রায় দুটি হিলিয়াম পরমাণুর গতিশক্তি বের কর। [চ. বো. ২০১১]

আমরা জানি, একটি হিলিয়াম পরমাণুর গতিশক্তি,

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

\therefore দুটি হিলিয়াম পরমাণুর গতিশক্তি,

$$E = 2 \times \frac{3}{2} kT = 3 kT = 3 \times 1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1} \times 300 \text{ K}$$

$$= 1.24 \times 10^{-20} \text{ J}$$

উ: $1.24 \times 10^{-20} \text{ J}$

এখানে,

তাপমাত্রা, $T = 29^{\circ}\text{C} = 273 + 29 = 302 \text{ K}$

সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক, $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

নাইট্রোজেন গ্যাসের ভর, $m = 3 \text{ g}$

নাইট্রোজেনের আণবিক ভর, $M = 28 \text{ g mol}^{-1}$

$$\text{নাইট্রোজেনের মোলসংখ্যা, } n = \frac{3 \text{ g}}{28 \text{ g mol}^{-1}} \\ = 0.107 \text{ mol}$$

গতিশক্তি, $E = ?$

এখানে,

প্রমাণ তাপমাত্রা, $T_1 = 273 \text{ K}$

নির্ণেয় তাপমাত্রা, $T_2 = ?$

এখানে,

তাপমাত্রা, $T = (15 + 273) \text{ K} = 288 \text{ K}$

সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক, $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

গতিশক্তি, $E = ?$

এখানে,

তাপমাত্রা, $T = 27^{\circ}\text{C} = (273 + 27) \text{ K} = 300 \text{ K}$

বৌলজম্যান ধ্রুবক, $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$

দুটি হিলিয়াম পরমাণুর গতিশক্তি, $E = ?$

গাণিতিক উদাহরণ ১০.১৩। একটি পাত্রে 27°C তাপমাত্রায় ইলিয়াম গ্যাস আছে। ইলিয়াম অণুর গড় গতি শক্তি এবং মূল গড় বর্গ বেগ নির্ণয় কর। ইলিয়াম অণুর ভর $6.68 \times 10^{-27} \text{ kg}$ । [চ. বো. ২০০৭]

আমরা জানি,

ইলিয়াম অণুর গড় গতিশক্তি,

$$\begin{aligned} \bar{E} &= \frac{3}{2} kT \\ &= \frac{3 \times 1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1} \times 300 \text{ K}}{2} \\ &= 6.21 \times 10^{-21} \text{ J} \end{aligned}$$

মূল গড় বর্গ বেগ, $\sqrt{c^2} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$

$$= \sqrt{\frac{3 \times 1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1} \times 300 \text{ K}}{6.68 \times 10^{-27} \text{ kg}}} \\ = 1.36 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}$$

উ: $6.21 \times 10^{-21} \text{ J}$; $1.36 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}$

গাণিতিক উদাহরণ ১০.১৪। একটি গ্যাসের অণুর ব্যাসার্ধ $3.9 \times 10^{-10} \text{ m}$ এবং প্রতি ঘন সেক্টিমিটারে অণুর সংখ্যা 2.69×10^{19} হলে অণুর গড় মুক্ত পথ নির্ণয় কর। [রা. বো. ২০০৯; ব. বো. ২০০৬]

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{1}{\sqrt{2n\pi\sigma^2}} \\ &= \frac{1}{\sqrt{2} \times 2.69 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3} \times \pi \times (7.8 \times 10^{-8} \text{ cm})^2} \\ &= 1.38 \times 10^{-6} \text{ cm} = 1.38 \times 10^{-8} \text{ m} \end{aligned}$$

উ: $1.38 \times 10^{-8} \text{ m}$

গাণিতিক উদাহরণ ১০.১৫। কোনো সময় বায়ুর শিশিরাঙ্ক 12°C এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতা 80% । বায়ুর তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্পের চাপ কত? [12°C -এ সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্পের চাপ = 10.52 mm পারদ চাপ]

আপেক্ষিক আর্দ্রতা, $R = 80\% = \frac{80}{100}$

বায়ুর তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্পের চাপ, $F = ?$

আমরা জানি, $R = \frac{f}{F}$

$$\therefore F = \frac{f}{R} = \frac{10.52 \text{ mm Hg P} \times 100}{80} = 13.15 \text{ mm Hg P}$$

উ: 13.15 mm Hg P

এখানে,

তাপমাত্রা, $T = 27^{\circ}\text{C} = 273 + 27 = 300 \text{ K}$

বোলজম্যান ধ্রুবক, $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$

ইলিয়াম অণুর ভর, $m = 6.68 \times 10^{-27} \text{ kg}$

ইলিয়াম অণুর গড় গতিশক্তি, $E = ?$

ইলিয়াম অণুর মূল গড় বর্গ বেগ, $\sqrt{c^2} = ?$

এখানে

অণুর ব্যাস, $\sigma = 2 \times 3.9 \times 10^{-10} \text{ m}$

$$= 7.8 \times 10^{-8} \text{ cm}$$

একক আয়তনে অণুর সংখ্যা,

$$n = 2.69 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$$

গড় মুক্ত পথ, $\lambda = ?$

গাণিতিক উদাহৰণ ১০.১৬। নিৰ্দিষ্ট কোনো দিনে শিশিৱাঙ্ক 10.5°C এবং বায়ুৰ উষ্ণতা, 19.4°C । আপেক্ষিক অৰ্দ্ধতা নিৰ্ণয় কৰ। 10°C , 11°C , 19°C এবং 20°C উষ্ণতায় সৰ্বাধিক বায়ুচাপ যথাক্রমে 9.2 , 9.9 , 16.5 এবং 17.7 mm পাৰদ।

$$(11-10) = 1^{\circ}\text{C} - \text{এৰ জন্য সৰ্বাধিক বায়ুচাপেৰ বৃদ্ধি} = (9.9 - 9.2) = 0.7 \text{ mm Hg P}$$

$$\therefore (10.5 - 10) = 0.5^{\circ}\text{C} \text{ এৰ জন্য সৰ্বাধিক বায়ুচাপেৰ বৃদ্ধি} = 0.7 \times 0.5 = 0.35 \text{ mm Hg P}$$

$$\therefore \text{শিশিৱাঙ্কে অৰ্থাৎ } 10.5^{\circ}\text{C} \text{ তাপমাত্ৰায় সৰ্বাধিক বায়ুচাপ}, f = 9.2 + 0.35 = 9.55 \text{ mm Hg P}$$

$$\text{আবাৰ} (20 - 19) = 1^{\circ}\text{C}-\text{এৰ জন্য সৰ্বাধিক বায়ুচাপেৰ বৃদ্ধি} = (17.7 - 16.5) = 1.2 \text{ mm Hg P}$$

$$(19.4 - 19) = 0.4^{\circ}\text{C} \quad " \quad " \quad " \quad " = 1.2 \times 0.4 = 0.48 \text{ mm Hg P}$$

$$\therefore \text{বায়ুৰ তাপমাত্ৰায় অৰ্থাৎ } 19.4^{\circ}\text{C} \text{ তাপমাত্ৰায় সৰ্বাধিক বায়ু চাপ},$$

$$F = 16.5 \text{ mm Hg P} + 0.48 \text{ mm Hg P} = 16.98 \text{ mm Hg P}$$

আমৰা জানি, আপেক্ষিক অৰ্দ্ধতা,

$$R = \frac{f}{F} \times 100\% = \frac{9.55 \text{ mm Hg P}}{16.98 \text{ mm Hg P}} \times 100\% = 56.24\%$$

উ: 56.24%

সেট II

[সাম্প্রতিক বোর্ড পৰীক্ষা ও বিভিন্ন বিশ্ববিদ্যালয়েৰ ভৰ্তি পৰীক্ষায় সন্ধিবেশিত সমস্যাবলি]

গাণিতিক উদাহৰণ ১০.১৭। চট্টগ্রাম আবহাওয়া অফিসে শুষ্ক ও সিক্ত বাবেৰে পাঠ যথাক্রমে 30°C এবং 28°C পাওয়া গেল। 30°C -এ ফ্লাইসারেৰ উৎপাদক 1.65 ; 26°C , 28°C এবং 30°C তাপমাত্ৰায় সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ যথাক্রমে 25 , $25 \times 10^{-3} \text{ m}$, $28.45 \times 10^{-3} \text{ m}$ এবং $31.85 \times 10^{-3} \text{ m}$ পাৰদ চাপ। ঐ দিন রাজশাহীৰ অৰ্দ্ধতা ছিল 60% ।

(ক) ঐ দিন চট্টগ্রামেৰ শিশিৱাঙ্ক নিৰ্ণয় কৰ।

(খ) চট্টগ্রাম ও রাজশাহীৰ মধ্যে কোথায় কোথায় ভেজা কাপড় দ্রুত শুকাবে? গাণিতিকভাৱে বিশ্লেষণ কৰ।

[মাদ্রাসা বোর্ড-২০১৭]

(ক) আমৰা জানি,

$$\begin{aligned} \theta &= \theta_1 - G(\theta_1 - \theta_2) \\ &= 30^{\circ}\text{C} - 1.65(30^{\circ}\text{C} - 28^{\circ}\text{C}) \\ &= 26.7^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

(খ) আমৰা জানি,

$$R_C = \frac{f_{26.7}}{f_{30}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{কিন্তু } f_{26.7} &= f_{26} + \left(\frac{f_{28} - f_{26}}{2^{\circ}\text{C}} \right) \times 0.7^{\circ}\text{C} \\ &= 25.25 \times 10^{-3} \text{ m Hg} + \\ &\quad \left(\frac{28.45 \times 10^{-3} \text{ m Hg} - 25.25 \text{ m Hg}}{2^{\circ}\text{C}} \right) \times 0.7^{\circ}\text{C} \\ &= 0.02637 \text{ m Hg} = 26.37 \text{ m Hg} \end{aligned}$$

$$\therefore R_C = \frac{26.37 \times 10^{-3} \text{ m Hg}}{31.85 \times 10^{-3} \text{ m Hg}} \times 100\% = 82.79\%$$

এখানে, $R_C > R_R$, অৰ্থাৎ রাজশাহী চেয়ে চট্টগ্রামেৰ আপেক্ষিক অৰ্দ্ধতা বেশি। সুতৰাং চট্টগ্রামেৰ তুলনায় রাজশাহীতে ভেজা কাপড় দ্রুত শুকাবে।

উ: (ক) 26.7% ; (খ) চট্টগ্রামেৰ তুলনায় রাজশাহীতে ভেজা কাপড় দ্রুত শুকাবে।

এখানে,

চট্টগ্রামে,

শুষ্ক থাৰ্মোমিটাৰেৰ তাপমাত্ৰা, $\theta_1 = 30^{\circ}\text{C}$

অৰ্দ্ধ থাৰ্মোমিটাৰেৰ তাপমাত্ৰা, $\theta_2 = 28^{\circ}\text{C}$

$30^{\circ}\text{-এ ফ্লাইসারেৰ উৎপাদক}, G_{30} = 1.65$

শিশিৱাঙ্ক, $\theta = ?$

26°C তাপমাত্ৰায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পেৰ

চাপ, $f_{26} = 25.25 \times 10^{-3} \text{ m Hg}$

28° C তাপমাত্ৰায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পেৰ

চাপ, $f_{28} = 28.45 \times 10^{-3} \text{ m Hg}$

30° C তাপমাত্ৰায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পেৰ

চাপ, $f_{30} = 31.85 \times 10^{-3} \text{ m Hg}$

চট্টগ্রামে আপেক্ষিক অৰ্দ্ধতা, $R_C = ?$

রাজশাহীতে আপেক্ষিক অৰ্দ্ধতা, $R_R = 60\%$

গাণিতিক উদাহরণ ১০.১৮। বায়ুপূর্ণ একটি বেলুনকে একটি হুদের 40.81 m গভীরতায় নিয়ে যাওয়ায় সেটি ১ লিটার আয়তন ধারণ করল। হুদের তলদেশে বেলুনে আরো 1 লিটার বায়ু প্রবেশ করিয়ে ছেড়ে দেয়া হলো। বায়ুমণ্ডলের চাপ 10^5 N m^{-2} , পানির ঘনত্ব 10^3 kg m^{-3} এবং $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$ ।

(ক) নিমজ্জনের পূর্বে উদীপকের বেলুনের আয়তন কত ছিল ?

(খ) বেলুনের সর্বোচ্চ প্রসারণ ক্ষমতা 9 লিটার। পানির উপরিতলে বেলুনটি অক্ষত অবস্থায় পৌছাবে কী ?

[ঢ. বো. ২০১৫]

(ক) আমরা জানি,

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$\text{বা } V_1 = \frac{(p_1 + h\rho g)V_2}{p_1}$$

$$= \frac{(10^5 \text{ N m}^{-2} + 40.81 \text{ m} \times 10^3 \text{ kg m}^{-3} \times 9.8 \text{ m s}^{-2}) \times 1 \text{ L}}{10^5 \text{ N m}^{-2}}$$

$$= 5 \text{ L}$$

এখানে,

$$\text{হুদের পৃষ্ঠাপ, } p_1 = 10^5 \text{ N m}^{-2}$$

$$\text{হুদের গভীরে চাপ, } p_2 = p_1 + h\rho g$$

$$\text{হুদের গভীরে বেলুনের আয়তন, } h = 40.81 \text{ m}$$

$$\text{হুদের গভীরে বেলুনের আয়তন, } V_2 = 1 \text{ L}$$

$$\text{পানির ঘনত্ব, } \rho = 10^3 \text{ kg m}^{-3}$$

$$\text{অভিকর্ষজ ত্বরণ, } g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{হুদের পৃষ্ঠে বেলুনের আয়তন, } V_1 = ?$$

(খ) $p_1 V_1 = p_2 V_2$

$$\text{বা, } V_1 = \frac{(10^5 + 40.81 \text{ m} \times 10^3 \text{ kg m}^{-3} \times 9.8 \text{ m s}^{-2}) \times 2 \text{ L}}{10^5 \text{ N m}^{-2}}$$

$$= 10 \text{ L} !$$

এখানে,

$$\text{হুদের পৃষ্ঠাপ, } p_1 = 10^5 \text{ N m}^{-2}$$

$$\text{হুদের গভীরে চাপ, } p_2 = (p_1 + h\rho g)$$

$$\text{হুদের গভীরে আয়তন, } V_2 = 2 \text{ L}$$

$$\text{হুদের পৃষ্ঠের আয়তন, } V_1 = ?$$

\therefore বেলুনের সর্বোচ্চ সম্প্রসারণ ক্ষমতা 9 লিটার কিন্তু পানির উপরিপৃষ্ঠে চাপ কমে যাওয়ায় আয়তন হয় 10 লিটার।

সুতরাং বেলুনটি অক্ষত থাকবে না।

উ: (ক) 5 লিটার ; (খ) অক্ষত থাকবে না।

গাণিতিক উদাহরণ ১০.১৯। আবির পদাৰ্থবিজ্ঞান গবেষণাগারে $5.7 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ আয়তনের 3 g নাইট্রোজেন গ্যাসকে 0.64 m পারদ চাপ ও 39°C তাপমাত্রা থেকে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় রূপান্তর করলো। এতে গ্যাসে আয়তন ও গতিশক্তি উভয়ের পরিবর্তন হলো। নেহাল বললো, গ্যাসের আয়তন ও গতিশক্তি উভয়ই হ্রাস পেয়েছে। নাইট্রোজেনের আণবিক তর 28 g এবং $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ।

(ক) প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় গ্যাসটির আয়তন নির্ণয় কর।

(খ) নেহালের বক্তব্য কী সঠিক ছিল ? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও।

[সি. বো. ২০১৫]

(ক) আমরা জানি, $pV = nRT$

$$\therefore \frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{nRT_1}{nRT_2}$$

$$\text{বা, } V_2 = \frac{p_1 V_1 T_2}{p_2 T_1}$$

এখানে,

$$\text{আদি আয়তন, } V_1 = 5.7 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\text{আদি চাপ, } p_1 = 0.64 \text{ m Hg P}$$

$$\text{আদি তাপমাত্রা, } T_1 = 39^\circ\text{C} = 39 + 273 = 312 \text{ K}$$

$$= \frac{0.64 \text{ m HgP} \times 5.7 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \times 273 \text{ K}}{0.76 \text{ m Hg P} \times 312 \text{ K}}$$

$$= 4.2 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

(খ) আমরা জানি, $E = \frac{3}{2} nRT$

$$E_1 = \frac{3}{2} nRT_1 = \frac{3}{2} \times 0.107 \text{ mol} \times 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 312 \text{ K}$$

$$= 416.13 \text{ J}$$

$$E_2 = \frac{3}{2} nRT_2 = \frac{3}{2} \times 0.107 \text{ mol} \times 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 273 \text{ K}$$

$$= 364.6 \text{ J}$$

চূড়ান্ত চাপ, $p_2 = 0.76 \text{ m HgP}$

চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = 273 \text{ K}$

চূড়ান্ত আয়তন, $V_2 = ?$

এখানে,

নাইট্রোজেনের মৌল সংখ্যা,

$$n = \frac{38 \text{ g}}{28 \text{ g mol}^{-1}} = 0.107 \text{ mol}$$

সর্বজনীন গ্যস ধ্রুবক, $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

আদি তাপমাত্রা, $T_1 = 312 \text{ K}$

চূড়ান্ত তাপমাত্রা, $T_2 = 273 \text{ K}$

আদি গতিশক্তি, $E_1 = ?$

চূড়ান্ত গতিশক্তি, $E_2 = ?$

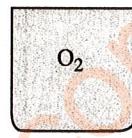
গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা যায় যে, আয়তন ও গতিশক্তি উভয়ই হাস পায়।

সুতরাং নেহালের বক্তব্য সঠিক ছিল।

উ: (ক) $4.2 \times 10^{-4} \text{ m}^3$; (খ) নেহালের বক্তব্য সঠিক ছিল।

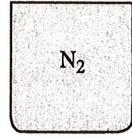
গাণিতিক উদাহরণ ১০.২০। 2 cm^3 আয়তনের দুটি অভিন্ন পাত্র A ও B । A পাত্রে O_2 ও B পাত্রে N_2 নিয়ে নিচের চিত্রে প্রদর্শিত চাপ পাওয়া গেল।

$$p = 3 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$$



পাত্র A

$$p = 3.66 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$$



পাত্র B

(ক) A পাত্রে গ্যসের গতিশক্তি কত?

(খ) পাত্র A ও পাত্র B এর মধ্যে কোনটি বেশি উত্পন্ন হবে—গাণিতিক বিশ্লেষণ করে মতামত দাও।

[রা. বো. ২০১৫]

(ক) আমরা জানি,

$$\text{গতিশক্তি, } E = \frac{3}{2} nRT$$

আবার, $pV = nRT$

$$\therefore nRT = pV$$

$$\therefore E = \frac{3}{2} pV$$

$$E_1 = \frac{3}{2} \times 3 \times 10^5 \text{ N m}^{-2} \times 2 \times 10^{-6} \text{ m}^3 = 0.9 \text{ J}$$

$$(খ) E_2 = \frac{3}{2} \times 3.66 \times 10^5 \text{ N m}^{-2} \times 2 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$= 1.098 \text{ J}$$

$$\text{আবার } E_1 = \frac{3}{2} kT_1 \text{ এবং } E_2 = \frac{3}{2} k T_2$$

এখানে,

অঞ্জিজেনের চাপ, $p_1 = 3 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$

অঞ্জিজেনের আয়তন, $V_1 = 2 \text{ cm}^3 = 2 \times 10^{-6} \text{ m}^3$

অঞ্জিজেনের গতিশক্তি, $E_1 = ?$

এখানে,

নাইট্রোজেনের চাপ, $p_2 = 3.66 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$

নাইট্রোজেনের আয়তন, $V_2 = 2 \text{ cm}^2 = 2 \times 10^{-6} \text{ m}^3$

নাইট্রোজেনের গতিশক্তি, $E_2 = ?$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{T_1}{T_2} \therefore T_2 = \frac{E_2}{E_1} \times T_1 = \frac{1.098 \text{ J}}{0.9 \text{ J}} \times T_1 = 1.22 T_1$$

$\therefore B$ পাত্রের তাপমাত্রা A পাত্রের তাপমাত্রার 1.22 গুণ বেশি। সুতরাং B পাত্রটি বেশি উত্তপ্ত হবে।

উ: (ক) 0.9 J (খ) B পাত্রটি বেশি উত্তপ্ত হবে।

গাণিতিক উদাহরণ ১০.২১। নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো অক্সিজেন গ্যাস অণুর গড় বর্গবেগের বর্গমূল মান 11.2 km s^{-1} । ঘনত্বের পরিবর্তন না করে গ্যাসকে এমনভাবে ঠাণ্ডা করা হলো যেন এর চাপ অর্ধেক হয়।

(ক) ঠাণ্ডা করার পরে অক্সিজেন গ্যাস অণুর শেষ গড় বর্গবেগের বর্গমূল মান কত?

(খ) নাইট্রোজেন অণুর গড় বর্গবেগের বর্গমূল মান 27°C তাপমাত্রায় অক্সিজেন অণুর গড় বর্গবেগের বর্গমূল মানের সমান হতে হলে, তাপমাত্রার ধারণা থেকে গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। [কু. বো. ২০১৫]

(ক) আমরা জানি,

$$C_1 = \sqrt{\frac{3 p_1}{\rho_1}} \text{ এবং } C_2 = \sqrt{\frac{3 p_2}{\rho_2}}$$

$$\therefore \rho_1 = \rho_2$$

$$\therefore \frac{C_2}{C_1} = \sqrt{\frac{p_2}{p_1}} = \sqrt{\frac{p}{2 \times p}}$$

$$\therefore C_2 = \frac{C_1}{\sqrt{2}} = \frac{11.2 \text{ km s}^{-1}}{\sqrt{2}} = 7.92 \text{ km s}^{-1}$$

(খ) আমরা জানি,

$$\therefore C_1 = \sqrt{\frac{3kT_1}{m_1}} \text{ এবং } C_2 = \sqrt{\frac{3kT_2}{m_2}}$$

$$C_1 = C_2 \text{ হলে } \sqrt{\frac{3kT_1}{m_1}} = \sqrt{\frac{3kT_2}{m_2}}$$

$$\text{বা, } \frac{T_1}{m_1} = \frac{T_2}{m_2}$$

$$\therefore T_2 = \frac{m_2}{m_1} \times T_1$$

$$= \frac{28 \text{ g mol}^{-1}}{32 \text{ g mol}^{-1}} \times 300 \text{ K}$$

$$= 262.5 \text{ K} = -10.5^\circ\text{C}$$

উ: (ক) 7.92 km s^{-1} (খ) -10.5°C

গাণিতিক উদাহরণ ১০.২২। একদিন হাইপ্রোমিটারের পাঠ নিতে গিয়ে দেখা গেল শুক্র ও আর্দ্র বালবের তাপমাত্রা যথাক্রমে 20°C ও 12.8°C । 20°C তাপমাত্রায় গ্লেইসারের উৎপাদক 1.79 । 7°C , 8°C ও 20°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ যথাক্রমে $7.5 \times 10^{-3} \text{ m}$, $8.1 \times 10^{-3} \text{ m}$ ও $17.4 \times 10^{-3} \text{ m}$ পারদ চাপ।

(ক) ঐ দিনের শিশিরাঙ্ক নির্ণয় কর।

এখানে,

অক্সিজেনের গড় বর্গবেগের বর্গমূল মান, $C = 11.2 \text{ km s}^{-1}$

ঠাণ্ডা করার পূর্বে অক্সিজেনের চাপ, $p_1 = p$

ঠাণ্ডা করার পরে অক্সিজেনের চাপ, $p_2 = \frac{p}{2}$

ঠাণ্ডা করার পরে অক্সিজেনের গড় বর্গবেগের বর্গমূল মান, $C_2 = ?$

এখানে,

অক্সিজেনের অণুর মূল গড় বর্গবেগ, C_1

নাইট্রোজেনের অণুর মূল গড় বর্গবেগ, C_2

অক্সিজেনের তাপমাত্রা, $T_1 = 27^\circ\text{C} = 27 + 273 = 300 \text{ K}$

অক্সিজেনের আণবিক ভর, $m_1 = 32 \text{ g mol}^{-1}$

নাইট্রোজেনের আণবিক ভর, $m_2 = 28 \text{ g mol}^{-1}$

নাইট্রোজেনের তাপমাত্রা, $T_2 = ?$

(খ) আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় পূর্বক আবহাওয়ার পূর্বাভাস বিশ্লেষণ কর। [য. বো. ২০১৫; চ. বো. ২০১৬]

$$\begin{aligned} \text{(ক)} \text{আমরা জানি, } \theta &= \theta_1 - G(\theta_1 - \theta_2) \\ &= 20^{\circ}\text{C} - 1.79(20^{\circ}\text{C} - 12.8^{\circ}\text{C}) \\ &= 7.112^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

এখানে,
শুষ্ক বাত্সের তাপমাত্রা, $\theta_1 = 20^{\circ}\text{C}$
সিক্ত বাত্সের তাপমাত্রা, $\theta_2 = 12.8^{\circ}\text{C}$
গ্লুইসারের উৎপাদক, $G = 1.79$
শিশিরাঙ্ক, $\theta = ?$

$$\begin{aligned} \text{(খ)} (8 - 7) &= 1^{\circ}\text{C} \text{ তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্যে জলীয়বাষ্প চাপের পরিবর্তন} &= (8.1 \times 10^{-3} - 7.5 \times 10^{-3}) \\ &= 0.6 \times 10^{-3} \text{ m পারদ চাপ} \\ \therefore (7.112 - 7) &= 0.112^{\circ}\text{C} \text{ তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য জলীয় বাষ্প চাপের পরিবর্তন} &= 0.6 \times 10^{-3} \times 0.112 \\ &= 0.0672 \times 10^{-3} \text{ m পারদ চাপ} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{শিশিরাঙ্কে অর্থাৎ } 7.122^{\circ}\text{C} \text{ তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ, } f = 7.5 \times 10^{-3} + 0.0672 \times 10^{-3} \\ = 7.567 \times 10^{-3} \text{ m পারদ চাপ}$$

$$\text{সুতরাং আপেক্ষিক আর্দ্রতা } R = \frac{f}{F} \times 100\% = \frac{7.567 \times 10^{-3} \text{ m Hg P}}{17.4 \times 10^{-3} \text{ m Hg P}} \times 100\% \\ = 43.5\%$$

∴ আপেক্ষিক আর্দ্রতা 50% এর চেয়ে কম। সুতরাং আবহাওয়ার মোটামুটি শুষ্ক থাকবে।

উ: (ক) 7.112°C ; (খ) শুষ্ক থাকবে।

গাণিতিক উদাহরণ ১০.২৩। কোনো একদিন রাজশাহীর তাপমাত্রা 35°C এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতা 50%। একই সময়ে কক্সবাজারে স্থাপিত একটি হাইগ্রোমিটারের শুষ্ক থার্মোমিটারের পাঠ 35°C এবং আর্দ্র থার্মোমিটারের পাঠ 30°C । 35°C তাপমাত্রায় গ্লুইসারের উৎপাদক এর মান 1.60 । 26°C , 28°C এবং 35°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ যথক্রমে 25.21 , 28.35 এবং 42.16 mm পারদ ।

(ক) উদ্দীপক অনুসারে কক্সবাজারের শিশিরাঙ্ক নির্ণয় কর।

(খ) একই তাপমাত্রা হওয়া সত্ত্বেও রাজশাহীর চেয়ে কক্সবাজারে কোনো ব্যক্তির অধিক অস্থি অনুভব করার কারণ কি—গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও। [দি. বো. ২০১৬]

(ক) আমরা জানি,

$$\begin{aligned} \theta &= \theta_1 - G(\theta_1 - \theta_2) \\ &= 35^{\circ}\text{C} - 1.6(35^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}) \\ &= 27^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

কক্সবাজারে,

$$\begin{aligned} \text{শুষ্ক থার্মোমিটারের তাপমাত্রা, } \theta_1 &= 35^{\circ}\text{C} \\ \text{আর্দ্র থার্মোমিটারের তাপমাত্রা, } \theta_2 &= 30^{\circ}\text{C} \\ 35^{\circ}\text{C এ গ্লুইসারের উৎপাদক, } G_{35} &= 1.6 \\ \text{শিশিরাঙ্ক, } \theta &= ? \end{aligned}$$

(খ) আমরা জানি,

$$R_C = \frac{f}{f_{35}}$$

এখন (ক) অংশ থেকে আমরা পাই,

$$\begin{aligned} \text{এখানে } f &= \text{শিশিরাঙ্ক সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ} \\ &= 27^{\circ}\text{C এ সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ} \\ &= f_{27} \end{aligned}$$

$$\therefore R_C = \frac{f_{27}}{f_{35}} \times 100\%$$

এখানে, কক্সবাজারে

$$\begin{aligned} \text{শুষ্ক থার্মোমিটারের পাঠ, } \theta_1 &= 35^{\circ}\text{C} \\ \text{আর্দ্র থার্মোমিটারের পাঠ, } \theta_2 &= 30^{\circ}\text{C} \\ 26^{\circ}\text{C এ সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ, } f_{26} &= 25.21 \text{ mm HgP} \\ 28^{\circ}\text{C এ সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ, } f_{28} &= 28.35 \text{ mm HgP} \\ 35^{\circ}\text{C এ সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ, } f_{35} &= 42.16 \text{ mm HgP} \\ \text{আঃ আর্দ্রতা, } R_C &= ? \\ \text{রাজশাহীতে আঃ আর্দ্রতা, } R_C &= 50\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{কিন্তু } f_{27} &= f_{26} + \left(\frac{f_{28} - f_{26}}{2^{\circ}\text{C}} \right) \times 1^{\circ}\text{C} \\
 &= 25.21 \text{ mm HgP} + \left(\frac{28.35 \text{ mm HgP} - 25.21 \text{ mm HgP}}{2^{\circ}\text{C}} \right) \times 1^{\circ}\text{C} \\
 &= 26.78 \text{ mm HgP} \\
 \therefore R_C &= \frac{26.78 \text{ mm HgP}}{42.16 \text{ mm HgP}} \times 100\% \\
 &= 63.52\%
 \end{aligned}$$

সূতরাং দেখা যাচ্ছে যে, একই তাপমাত্রায় (35°C) রাজশাহীতে আপেক্ষিক আর্দ্রতা 50% হলেও কল্পবাজারে 63.52% । কাজেই আপেক্ষিক আর্দ্রতা বেশি হওয়ার কারণে কল্পবাজারে কোনো ব্যক্তি বেশি অস্থি অনুভব করবেন।

উ: (ক) 27°C (খ) কল্পবাজারে

গাণিতিক উদাহরণ 10.28 । কোনো একটি পরীক্ষণে জাফলংয়ের আবদ্ধ বায়ুর তাপমাত্রা 19°C এবং শিশিরাঙ্ক 7.4°C । শৈত্যপ্রবাহে ঐ স্থানের তাপমাত্রা কমে 15°C হলো। 7°C , 8°C এবং 19°C তাপমাত্রায় এসম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 7.5 , 8.2 এবং 16.5 mm HgP পারদ।

জাফলংয়ের বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় কর।

[ব. বো. ২০১৬]

আমরা জানি,

$$R = \frac{f_{7.4}}{f_{19}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 \text{কিন্তু } f_{7.4} &= f_7 + \left(\frac{f_8 - f_7}{1^{\circ}\text{C}} \right) \times 0.4^{\circ}\text{C} \\
 &= 7.5 \text{ mm HgP} + \frac{(8.2 \text{ mm HgP} - 7.5 \text{ mm HgP})}{1^{\circ}\text{C}} \times 0.4 \\
 &= 7.78 \text{ mm HgP} \\
 \therefore R &= \frac{7.78 \text{ mm HgP}}{16.5 \text{ mm HgP}} \times 100\% = 47.15\%
 \end{aligned}$$

উ: 47.15%

গাণিতিক উদাহরণ 10.25 । কোনো গ্যাস অণুর ব্যাস $3 \times 10^{-10} \text{ m}$ এবং প্রতি ঘন সেন্টিমিটারে অণুর সংখ্যা 6×10^{20} । স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপে অণুগুলোর মূল গড় বর্গবেগ 500 m s^{-1} ।

(ক) N.T.P তে গ্যাসের ঘনত্ব নির্ণয় কর।

(খ) উদ্বিগ্নের তথ্য থেকে প্রতি সেকেন্ডে সংষ্ঠিত সংঘর্ষের সংখ্যা কোন ক্ষেত্রে বেশি? ক্লসিয়াস ও বোল্জম্যানের সমীকরণ ব্যবহার করে তুলনা কর।

[রা. বো. ২০১৬]

(ক) আমরা জানি,

$$p = \frac{1}{3} \rho C_{rms}^2$$

$$\begin{aligned}
 \therefore \rho &= \frac{3p}{C_{rms}^2} \\
 &= \frac{3 \times 1.03 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}}{(500 \text{ m s}^{-1})^2} = 1.22 \text{ kg m}^{-3}
 \end{aligned}$$

এখানে,

কঙ্ক তাপমাত্রা, $\theta_1 = 19^{\circ}\text{C}$

শিশিরাঙ্ক, $\theta = 7.4^{\circ}\text{C}$

7°C এসম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ, $f_7 = 7.5 \text{ mm HgP}$

8°C এসম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ, $f_8 = 8.2 \text{ mm HgP}$

19°C এসম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ, $f_{19} = 16.5 \text{ mm HgP}$

আপেক্ষিক আর্দ্রতা, $R = ?$

এখানে,

চাপ, $p = 1.013 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$

তাপমাত্রা, $T = 273 \text{ K}$

মূল গড় বর্গবেগ, $C_{rms} = 500 \text{ m s}^{-1}$

ঘনত্ব, $\rho = ?$

(খ) কোনো অণু l দূরত্বে অতিক্রমকালে N সংখ্যক সংঘর্ষে লিঙ্গ হলে গড় মুক্ত পথ,

$$\lambda = \frac{l}{N}$$

$$\text{বা, } N = \frac{l}{\lambda}$$

এখন এই l দূরত্বে অতিক্রম করতে t সময় লাগলে একক সময়ে তথা প্রতি সেকেন্ডে সংঘর্ষের সংখ্যা,

$$N' = \frac{N}{t} = \frac{l}{\lambda t}$$

$$\text{কিন্তু } l = C_{rms} \times t$$

$$\therefore N' = \frac{C_{rms} t}{\lambda t} = \frac{C_{rms}}{\lambda}$$

এখন ক্লসিয়াসের সমীকরণ অনুসারে গড় মুক্ত পথ,

$$\lambda_C = \frac{1}{n\pi\sigma^2} = \frac{1}{6 \times 10^{26} \text{ m}^{-3} \times \pi \times (3 \times 10^{-10} \text{ m})^2} \\ = 5.898 \times 10^{-9} \text{ m}$$

\therefore ক্লসিয়াসের সমীকরণ অনুসারে প্রতি সেকেন্ডে সংঘর্ষের সংখ্যা,

$$N'_C = \frac{C_{rms}}{\lambda_C} = \frac{500 \text{ m s}^{-1}}{5.898 \times 10^{-9} \text{ m}} = 8.48 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$$

আবার, বোলজম্যানের সমীকরণ অনুসারে, গড় মুক্ত পথ,

$$\lambda_B = \frac{3}{4n\pi\sigma^2} = \frac{3}{4 \times 6 \times 10^{26} \text{ m}^{-3} \times \pi \times (3 \times 10^{-10} \text{ m})^2} \\ = 4.42 \times 10^{-9} \text{ m}$$

বোলজম্যানের সমীকরণ অনুসারে প্রতি সেকেন্ডে সংঘর্ষের সংখ্যা,

$$N'_B = \frac{C_{rms}}{\lambda_B} = \frac{500 \text{ m s}^{-1}}{4.42 \times 10^{-9} \text{ m}} = 1.130 \times 10^{11} \text{ s}^{-1} = 11.3 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$$

যেহেতু $11.3 \times 10^{10} \text{ s}^{-1} > 8.478 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$

$$\therefore N'_B > N'_C$$

সুতরাং দেখা যাচ্ছে বোলজম্যানের সমীকরণ ব্যবহার করে প্রতি সেকেন্ডে সংঘটিত সংঘর্ষের যে সংখ্যা পাওয়া যায় তা ক্লসিয়াসের সমীকরণ ব্যবহার করে প্রাপ্ত সংখ্যার চেয়ে বেশি।

উ: (ক) 1.22 kg m^{-3} ; (খ) বোলজম্যানের ক্ষেত্রে বেশি।

গাণিতিক উদাহরণ ১০.২৬। নিচের চিত্রে A ও B দুটি পাত্রে একটির মধ্যে নাইট্রোজেন গ্যাস ও অপরটিতে একটি অজানা গ্যাস আছে।

চাপ, $p = 0.42 \text{ kPa}$
$C_{rms} = 15000 \text{ m s}^{-1}$
$V = 10^{-3} \text{ m}^3$
$n = 2 \text{ mole}$

পাত্র A

$p = 0.552 \text{ kPa}$
$C_{rms} = 1600 \text{ m s}^{-1}$
$V = 10^{-3} \text{ m}^3$
$n = 2 \text{ mole}$

পাত্র B

(ক) $S.T.P$ -তে পাত্র B -তে রাস্তি গ্যাসের গতিশক্তি নির্ণয় কর।

(খ) কোন পাত্রে জানা গ্যাসটি আছে বলে তুমি মনে কর।

উদ্দীপকের তথ্য হতে গাণিতিকভাবে তোমার মতামত দাও।

[কু. বো. ২০১৬]

(ক) আমরা জানি,

$$\begin{aligned} E &= \frac{3}{2} p_2 V_2 \\ &= \frac{3}{2} \times 0.52 \times 10^{-3} \text{ Pa} \times 10^{-3} \text{ m}^3 \\ &= 0.78 \text{ J} \end{aligned}$$

(খ) আমরা জানি,

$$C_{rms_1} = \sqrt{\frac{3RT_1}{M_1}} \text{ বা, } M_1 = \frac{3RT_1}{C_{rms_1}^2}$$

$$\text{এবং } C_{rms_2} = \sqrt{\frac{3RT_2}{M_2}} \text{ বা, } M_1 = \frac{3RT_2}{C_{rms_2}^2}$$

$$\text{আবার, } T_1 = \frac{P_1 V_1}{n_1 R} = \frac{0.42 \times 10^3 \text{ Pa} \times 10^{-3} \text{ m}^3}{2 \text{ mol} \times 8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}} = 0.025 \text{ K}$$

$$\text{অনুরূপভাবে, } T_2 = \frac{p_2 V_2}{n_2 R}$$

$$= \frac{0.52 \times 10^3 \text{ Pa} \times 10^{-3} \text{ m}^3}{2 \text{ mol} \times 8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}} = 0.031 \text{ K}$$

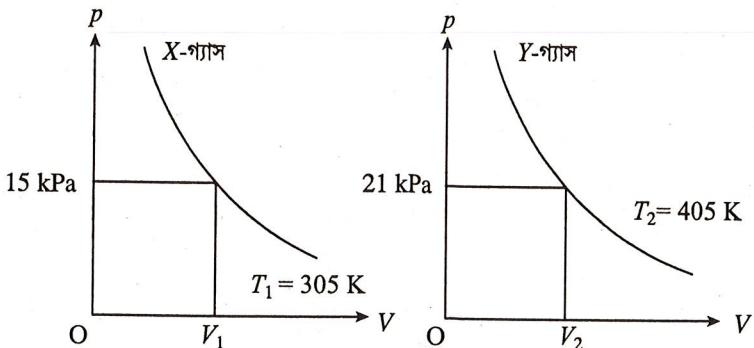
$$\therefore M_1 = \frac{3 \times 8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 0.025 \text{ K}}{(1500 \text{ m s}^{-1})^2} = 2.77 \times 10^{-7} \text{ kg} = 2.77 \times 10^{-4} \text{ g}$$

$$\text{এবং } M_2 = \frac{3 \times 8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 0.031 \text{ K}}{(1600 \text{ m s}^{-1})^2} = 3.02 \times 10^{-7} \text{ kg} = 3.02 \times 10^{-4} \text{ g}$$

আমরা জানি যে, নাইট্রোজেনের পারমাণবিক ভর 28 g । কিন্তু গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে দেখা যায় যে A পাত্রে গ্যাসের পারমাণবিক ভর $2.77 \times 10^{-4} \text{ g}$ এবং B পাত্রে গ্যাসের পারমাণবিক ভর $3.02 \times 10^{-4} \text{ g}$ । সুতরাং প্রতীয়মান হয় যে, জানা গ্যাস অর্থাৎ নাইট্রোজেন কোনো পাত্রেই নেই।

উ: (ক) 0.78 J ; (খ) কোনো পাত্রেই নাইট্রোজেন নেই।

উদাহরণ ১০.২৭।



দুটি ভিন্ন পাত্রে সংরক্ষিত 325 g এবং 288 g ভরের 10 mole করে যথাক্রমে X গ্যাস ও Y গ্যাস এর জন্য দুটি p - V লেখ অঙ্কিত আছে।

(ক) উদ্বীপক অনুযায়ী গ্যাসদ্বয়ের আয়তনের তুলনা ($V_1 : V_2$) কর।

(খ) পাত্র দুটির মুখ একই সময়ে খুলে দিলে কোন পাত্রটি আগে খালি হবে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

[ক. বো. ২০১৭]

(ক) আমরা জানি,

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

$$\text{বা, } \frac{V_1}{V_2} = \frac{p_2 T_1}{p_1 T_2}$$

$$= \frac{21 \times 10^3 \text{ Pa} \times 305 \text{ K}}{15 \times 10^3 \text{ Pa} \times 405 \text{ K}}$$

$$= 1.05$$

$$\therefore V_1 : V_2 = 1.05 : 1$$

এখানে,

$$\begin{aligned} \text{আদি চাপ, } p_1 &= 15 \text{ kPa} \\ &= 15 \times 10^3 \text{ Pa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{চূড়ান্ত চাপ, } p_2 &= 21 \text{ kPa} \\ &= 21 \times 10^3 \text{ Pa} \end{aligned}$$

$$\text{আদি তাপমাত্রা, } T_1 = 305 \text{ K}$$

$$\text{চূড়ান্ত তাপমাত্রা, } T_2 = 405 \text{ K}$$

$$\therefore V_1 : V_2 = ?$$

(খ) আমরা জানি,

$$C_x = \sqrt{\frac{3 R T_x}{M_x}} = \sqrt{\frac{3 \times 8.31 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1} \times 305 \text{ K}}{3.25 \times 10^{-2} \text{ kg mol}^{-1}}} = 483.69 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{এবং } C_y = \sqrt{\frac{3 R T_y}{M_y}} = \sqrt{\frac{3 \times 8.31 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1} \times 405 \text{ K}}{2.88 \times 10^{-2} \text{ kg mol}^{-1}}} = 592.10 \text{ m s}^{-1}$$

এখানে, $C_y > C_x$, অর্থাৎ Y গ্যাসের মূল গড় বর্গবেগ, X -গ্যাসের মূল গড় বর্গবেগের চেয়ে বেশি। সুতরা গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে প্রতীয়মান হয় যে, পাত্র দুটির মুখ একই সঙ্গে খুলে দিলে Y -গ্যাসের পাত্রটি আগে খালি হবে।

এখানে,

$$X\text{-গ্যাসের তাপমাত্রা, } T_x = 305 \text{ K}$$

$$Y\text{-গ্যাসের তাপমাত্রা, } T_y = 405 \text{ K}$$

$$X\text{-গ্যাসের ভর, } m_x = 325 \text{ g} = 0.325 \text{ kg}$$

$$y\text{-গ্যাসের ভর, } m_y = 288 \text{ g} = 0.288 \text{ kg}$$

$$\text{মোলার গ্যাস ধ্রুবক, } R = 8.31 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

X -গ্যাসের আণবিক ভর,

$$M_x = \frac{m_x}{n} = \frac{0.325 \text{ kg}}{10 \text{ mol}} = 3.25 \times 10^{-2} \text{ kg mol}^{-1}$$

Y -গ্যাসের আণবিক ভর,

$$M_y = \frac{m_y}{n} = \frac{0.238 \text{ kg}}{10 \text{ mol}} = 2.88 \times 10^{-2} \text{ kg mol}^{-1}$$

$$\text{সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক, } R = 31 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

X -গ্যাসের মূল গড় বর্গবেগ, $C_x = ?$

Y -গ্যাসের মূল গড় বর্গবেগ, $C_y = ?$

উ: (ক) $V_1 : V_2 = 1.05 : 1$

(খ) Y -গ্যাসের পাত্রটি আগে খালি হবে।

গাণিতিক উদাহরণ-১০.২৮। একজন ছাত্র পরীক্ষাগারে স্থির চাপে প্রমাণ তাপমাত্রার কিছু পরিমাণ O_2 গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করায় গ্যাসের আয়তন দিশুণ হলো। এতে তার বন্ধু মন্তব্য করল পরীক্ষাধীন গ্যাসের অংশগুলোর গড় বর্গবেগও দিশুণ হবে।

(ক) চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় কর।

(খ) গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তার বন্ধুর মন্তব্যের যথার্থতা যাচাই কর।

[য. বো. ২০১৭]

(ক) আমরা জানি,

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \therefore T_2 = \frac{V_2}{V_1} \times T_1 \\ = \frac{2V_2}{V_1} \times 273 \text{ K} \\ = 546 \text{ K}$$

এখানে,

$$\begin{aligned} \text{আদি আয়তন} &= V_1 \\ \text{চূড়ান্ত আয়তন}, V_2 &= 2V_1 \\ \text{আদি তাপমাত্রা}, T_1 &= 273 \text{ K} \\ \text{চূড়ান্ত তাপমাত্রা } T_2 &=? \end{aligned}$$

(খ) আমরা জানি,

$$\overline{C_1^2} = \frac{3R T_1}{M}$$

এবং $\overline{C_2^2} = \frac{3R T_2}{M}$

$$\therefore \frac{\overline{C_2^2}}{\overline{C_1^2}} = \frac{3R T_2}{M} \div \frac{3R T_1}{M} = \frac{T_2}{T_1} \\ = \frac{546 \text{ K}}{273 \text{ K}} = 2 \therefore \overline{C_2^2} = 2 \overline{C_1^2}$$

এখানে,

$$\begin{aligned} \text{আদি তাপমাত্রা}, T_1 &= 273 \text{ K} \\ \text{O}_2 \text{ এর আণবিক ভর}, M &= 32 \text{ g} \\ &= 32 \times 10^{-3} \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{সার্বজলীন গ্যাস ধ্রুবক}, R = 8.316 \text{ J K}^{-1}\text{mol}^{-1}$$

$$\text{চূড়ান্ত তাপমাত্রা}, T_2 = 546 \text{ K}$$

$$\text{আদি গড় বর্গবেগ}, \overline{C_1^2} = ?$$

$$\text{চূড়ান্ত গড় বর্গবেগ}, \overline{C_2^2} = ?$$

অর্থাৎ তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে আয়তন দিগ্নগ হলে গড় বর্গবেগও দিগ্নগ হবে, সুতরাং বন্ধুর মন্তব্য সঠিক ছিল।

উ: (ক) 546 K; (খ) বন্ধুর মন্তব্য যথার্থ ছিল।

গাণিতিক উদাহরণ ১০.২৯। পদাৰ্থবিজ্ঞান বিভাগের প্রধান স্যার অফিস কক্ষে প্রবেশ করে দেখতে পেলেন হাইপ্রোমিটারের শুষ্ক বাষ্পের পাঠ 30°C এবং ঐদিন আপেক্ষিক আর্দ্রতা ছিল 75%। তিনি এসি চালু করে কক্ষের তাপমাত্রা 23°C -এ নামিয়ে নিলেন, তখন আর্দ্র বাষ্পের পাঠ 14.76°C । গ্লেইসারের তালিকায় 30°C এবং 23°C -এ গ্লেইসারের উৎপাদক যথাক্রমে $G = 1.65$ এবং $G = 1.74$ । রেনোর তালিকায় 30°C , 23°C , 8°C এবং 9°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 29.92 mm Hg , 20.24 mm Hg , 8.92 mm Hg এবং 9.22 mm Hg পারদ চাপ।

(ক) ঐ দিন সন্ধ্যায় বায়ুর তাপমাত্রা 23°C -এ নেমে এলে বায়ুস্থ জলীয় বাষ্পের কত অংশ ঘনীভূত হবে?

(খ) কক্ষের ভিতর এসি চালু করায় বিভাগীয় প্রধান স্যার আরাম বোধ করেন কেন? [ৱা. বো. ২০১৭]

সমাধান :

(ক) এখানে কক্ষের তাপমাত্রা, $\theta_1 = 30^{\circ}\text{C}$ 30°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ, $f_{30} = 29.92 \text{ mm Hg}$ 23°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ, $f_{23} = 20.24 \text{ mm Hg}$ আপেক্ষিক আর্দ্রতা, $R = 75\% = 0.75$

আমরা জানি,

 30°C তাপমাত্রায় বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপ

$$R = \frac{30^{\circ}\text{C} \text{ তাপমাত্রায় বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে প্রয়োজনীয় জলীয় বাষ্পের চাপ}}{30^{\circ}\text{C} \text{ তাপমাত্রায় বায়ুকে সম্পৃক্ত করতে প্রয়োজনীয় জলীয় বাষ্পের চাপ}}$$

$$\text{বা, } \frac{75}{100} = \frac{30^{\circ}\text{C} \text{ তাপমাত্রায় বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপ}}{29.92}$$

$$\text{বা, } 30^{\circ}\text{C} \text{ তাপমাত্রায় বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপ} = \frac{75 \times 29.92 \text{ mm Hg}}{100} = 22.44 \text{ mm Hg}$$

আবার জলীয় বাষ্পের চাপ জলীয় বাষ্পের ভরের সমানুপাতিক।

সুতরাং 30° তাপমাত্রায় বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের ভর = $K \times 22.44$

এসি চালু কৰে কক্ষেৰ তাপমাত্ৰা 23°C -এ নামালে কিছু পৱিমাণ জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হবে এবং বায়ু বাকি জলীয় বাষ্প দ্বাৰা সম্পৃক্ত থাকবে।

$$23^{\circ}\text{C} \text{ তাপমাত্ৰায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পেৰ চাপ}, f_{23} = 20.24 \text{ mm HgP}$$

$$\therefore 23^{\circ}\text{C} \text{ তাপমাত্ৰায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পেৰ ভৰ} = K \times 20.24$$

$$\therefore \text{ঘনীভূত জলীয় বাষ্পেৰ ভৰ} = K (22.44 - 20.24) = K \times 2.2$$

$$\therefore \text{ঘনীভূত জলীয় বাষ্পেৰ পৱিমাণ} = \frac{K \times 2.2}{K \times 22.44} = 0.098 \text{ অংশ}$$

(ক) আমৰা জানি,

$$\begin{aligned} \text{শিশিৰাঙ্ক, } \theta &= \theta_1 - G (\theta_1 - \theta_2) \\ &= 23^{\circ}\text{C} - 1.74 (23^{\circ}\text{C} - 14.76^{\circ}\text{C}) \\ &= 8.66^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$$\text{আপেক্ষিক আৰ্দ্ধতা, } R = \frac{f_{8.66}}{f_{23}} \times 100\%$$

$$\text{কিন্তু } f_{8.66} = f_8 + \frac{(f_9 - f_8)}{1^{\circ}\text{C}} \times 0.66^{\circ}\text{C}$$

$$= 8.92 \text{ mm Hg p} +$$

$$(9.22 \text{ mmHgP} - 8.92 \text{ mm Hg P}) \times 0.66$$

$$= 9.118 \text{ mm HgP}$$

$$\therefore R = \frac{9.118 \text{ mm HgP}}{20.24 \text{ mm HgP}} \times 100\% \\ = 45\%$$

এসি চালু কৰাৰ পূৰ্বে কক্ষেৰ আপেক্ষিক আৰ্দ্ধতা ছিল 75% এবং এসি চালু কৰাৰ পৰে কক্ষেৰ আপেক্ষিক আৰ্দ্ধতা 45%। যেহেতু এসি চালু কৰাৰ পৰে কক্ষেৰ তাপমাত্ৰা এবং আপেক্ষিক আৰ্দ্ধতা উভয়ই হ্ৰাস পায় তাই কক্ষেৰ এসি চালু কৰাৰ পৰ বিভাগীয় প্ৰধান আৱাম বোধ কৰেন।

উ: (ক) 0.98 অংশহ্ৰাস পাবে; (খ) কক্ষেৰ তাপমাত্ৰা ও আপেক্ষিক আৰ্দ্ধতা হ্ৰাস পাওয়ায় বিভাগীয় প্ৰধান আৱাম বোধ কৰেন।

গাণিতিক উদাহৰণ ১০.৩০। A স্থানেৰ একটি হুদেৰ তলদেশ হতে একটি বায়ু বুদবুদ পানিৰ উপৱিতলে আসায় বুদবুদেৰ ব্যাসাৰ্ধ দিগুণ হয়। হুদিটিতে বায়ুমণ্ডলেৰ চাপ 10^5 N m^{-2} , বায়ুৰ তাপমাত্ৰা 18.6°C এবং আপেক্ষিক আৰ্দ্ধতা 52.4% । অন্য কোনো দিন B স্থানেৰ অন্য একটি হুদে বায়ুৰ তাপমাত্ৰা A স্থানেৰ হুদেৰ সমান এবং শিশিৰাঙ্ক 7.4°C , 7°C , 8°C , 18°C ও 19°C তাপমাত্ৰায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পেৰ চাপ যথাক্ৰমে $7.5 \times 10^{-3} \text{ m}$, $8.2 \times 10^{-3} \text{ m}$, $15.6 \times 10^{-3} \text{ m}$ ও $16.5 \times 10^{-3} \text{ m}$ পাৰদ। [অভিন্ন পৰ্শ-২০১৮]

(ক) A স্থানেৰ হুদেৰ গভীৰতা নিৰ্ণয় কৰ।

(খ) উদীপকেৰে কোন স্থানে একজন ব্যক্তি বেশি স্বত্ববোধ কৰবে? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ ব্যাখ্যা কৰ।

(ক) যেহেতু বুদবুদেৰ আয়তন এৱে ব্যাসাৰ্ধেৰ ঘনফলেৰ সমানুপাতিক, তাই বুদবুদেৰ ব্যাস দিগুণ হলে এৱে আয়তন আটগুণ হবে।

ধৰা যাক, হুদেৰ তলদেশে চাপ, p_1

$$\text{হুদেৰ পৃষ্ঠে চাপ, } p_2 = \text{বায়ু মণ্ডলেৰ চাপ} = 10^5 \text{ N m}^{-2}$$

$$\therefore p_1 = \text{বায়ুমণ্ডলেৰ চাপ} + h \text{ গভীৰতায় পানিৰ চাপ}$$

$$\therefore p_1 = p_2 + h\rho g$$

$$\text{এখন আমৰা জানি, } p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$\text{বা, } (p_2 h \rho g)V = p_2 \times 8V$$

$$\text{বা, } h \rho g = 7 p_2$$

এখনে,

$$\text{এসি চালু কৰাৰ পৰ শুষ্ক বাষ্পেৰ পাঠ, } \theta_1 = 23^{\circ}\text{C}$$

$$\text{আৰ্দ্ধ বাষ্পেৰ পাঠ, } \theta_2 = 14.76^{\circ}\text{C}$$

$$23^{\circ}\text{C} \text{ তাপমাত্ৰায় ফ্ৰেইসারেৰ উৎপাদক, } G_{23} = 1.74$$

শিশিৰাঙ্ক, $\theta = ?$

$$23^{\circ}\text{C} \text{ তাপমাত্ৰায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পেৰ চাপ, } f_{23} = 20.24 \text{ mm HgP}$$

$$8^{\circ}\text{C} \text{ তাপমাত্ৰায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পেৰ চাপ, } f_8 = 8.92 \text{ mm HgP}$$

$$9^{\circ}\text{C} \text{ তাপমাত্ৰায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পেৰ চাপ, } f_9 = 9.22 \text{ mm HgP}$$

$$\text{শিশিৰাঙ্কে সম্পৃক্ত বাষ্প চাপ, } f_{8.66} = ?$$

$$\text{আপেক্ষিক আৰ্দ্ধতা, } R = ?$$

এখনে,

$$\text{হুদেৰ তলদেশে বুদবুদেৰ আয়তন, } V_1 = V$$

$$\therefore \text{হুদেৰ পৃষ্ঠে বুদবুদেৰ আয়তন, } V_2 = 8V$$

$$\text{পানিৰ ঘনত্ব, } \rho = 10^3 \text{ kg m}^{-3}$$

$$\text{অভিকৰ্জ ত্বরণ, } g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{হুদেৰ গভীৰতা, } h = ?$$

$$\therefore h = \frac{7 p_2}{\rho g} = \frac{7 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}}{10^3 \text{ kg m}^{-3} \times 9.8 \text{ m s}^{-2}} = 71.43 \text{ m}$$

(খ) যেহেতু স্থান A ও B এর তাপমাত্রা একই। সুতরাং যে স্থানের আপেক্ষিক অর্দ্রতা কম সে স্থানে একজন ব্যক্তি বেশি স্বত্ত্বাবোধ করবেন।

আমরা জানি,

$$R_B = \frac{f_{18.6}}{f_{18.6}} \times 100\%$$

$$\text{কিন্তু } f_{18.6} = f_7 + \left(\frac{f_8 - f_7}{1^\circ\text{C}} \right) \times 0.4^\circ\text{C}$$

$$= 7.5 \times 10^{-3} \text{ m Hg} +$$

$$\left\{ \frac{8.2 \times 10^{-3} \text{ m Hg} - 7.5 \times 10^{-3} \text{ m Hg}}{1^\circ\text{C}} \right\} \times 0.4^\circ\text{C}$$

$$= 7.78 \times 10^{-3} \text{ m Hg}$$

$$\text{এবং } f_{18.6} = f_{18} + \left(\frac{f_{19} - f_{18}}{1^\circ\text{C}} \right) \times 0.6^\circ\text{C}$$

$$= 15.6 \times 10^{-3} \text{ m Hg} + \left(\frac{16.5 \times 10^{-3} - 15.6 \times 10^{-3} \text{ m Hg}}{1^\circ\text{C}} \right) \times 0.6^\circ\text{C}$$

$$= 16.14 \times 10^{-3} \text{ m Hg}$$

$$\therefore R_B = \frac{7.78 \times 10^{-3} \text{ m Hg}}{16.14 \times 10^{-3} \text{ m Hg}} \times 100\% = 48.20\%$$

$\therefore R_B < R_A$ $\therefore B$ স্থানে একজন ব্যক্তি বেশি স্বত্ত্বাবোধ করবেন।

উ: (ক) 71.43 m ; (খ) B স্থানে একজন ব্যক্তি বেশি স্বত্ত্বাবোধ করবেন।

গণিতিক উদাহরণ ১০.৩১। কোনো দ্রুদের তলদেশ থেকে পানির উপরিতলে আসায় একটি বায়ু বুদ্বুদের ব্যাস দিগুণ হয়। দ্রুদের পৃষ্ঠে বায়ুমণ্ডলের চাপ 10^5 N m^{-2} হলে এবং দ্রুদের পানির উষ্ণতা শুরু হলে দ্রুদের গভীরতা কত?

{ঢ. বো. ২০১২, ২০০৫; কু. বো. ২০১২, ২০০৭; রা. বো. ২০১১, ২০০৭; য. বো. ২০০৮;

চ. বো. ২০০২; দি. বো. ২০০৯; কুয়েট ২০০৪-২০০৫; কুয়েট ২০১৫-২০১৬; চুয়েট ২০১৩-২০১৪।

যেহেতু বুদ্বুদের আয়তন এর ব্যাসের ঘনফল (cube) এর সমানুপাতিক, তাই বুদ্বুদের ব্যাস দিগুণ হলে এর আয়তন আটগুণ হবে।

ধরা যাক,

দ্রুদের তলদেশে চাপ, p_1

$$\begin{aligned} \text{দ্রুদের পৃষ্ঠদেশে চাপ, } p_2 &= \text{বায়ুমণ্ডলের চাপ} \\ &= 10^5 \text{ N m}^{-2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore p_1 &= \text{বায়ুমণ্ডলের চাপ} + h \text{ গভীরতার পানির চাপ} \\ &= p_2 + h\rho g \end{aligned}$$

$$\text{এখন আমরা জানি, } p_1 V_1 = p_2 V_2 \text{ বা, } (p_2 + h\rho g) V = p_2 \times 8V$$

$$\therefore h\rho g = 7p_2$$

$$\therefore h = \frac{7p_2}{\rho g} = \frac{7 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}}{10^3 \text{ kg m}^{-3} \times 9.8 \text{ m s}^{-2}} = 71.43 \text{ m}$$

উ: 71.43 m.

এখানে,

A স্থানের আপেক্ষিক অর্দ্রতা, $R_A = 52.4\%$

A ও B স্থানের তাপমাত্রা, $\theta_1 = 18.6^\circ\text{C}$

শিশিরাঙ্ক, $\theta = 7.4^\circ\text{C}$

7 °C-এ সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের

চাপ, $f_7 = 7.5 \times 10^{-3} \text{ m Hg}$

8 °C-এ সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের

চাপ, $f_8 = 8.2 \times 10^{-3} \text{ m Hg}$

18 °C-এ সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের

চাপ, $f_{18} = 15.6 \times 10^{-3} \text{ m Hg}$

19 °C-এ সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ,

$f_{19} = 16.5 \times 10^{-3} \text{ m Hg}$

B স্থানের আপেক্ষিক অর্দ্রতা, $R_B = ?$

এখানে,

দ্রুদের তলদেশে বুদ্বুদের আয়তন, $V_1 = V$

∴ দ্রুদের পৃষ্ঠে বুদ্বুদের আয়তন, $V_2 = 8V$

পানির ঘনত্ব, $\rho = 10^3 \text{ kg m}^{-3}$

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$

দ্রুদের গভীরতা, $h = ?$

গণিতিক উদাহরণ ১০.৩২। স্থির চাপে 5 লিটার আয়তনের কোনো গ্যাসকে 0°C থেকে 35°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করলে এর আয়তন 640 cc বৃদ্ধি পায়। এই সকল মান থেকে সেলসিয়াস ক্ষেত্রে পরমশূন্য তাপমাত্রার মান নির্ণয় কর।

আমরা জানি, স্থির চাপে গ্যাসের আয়তন প্রসারণ

সহগ γ_p হলে

$$V = V_0 (1 + \gamma_p \theta)$$

$$\text{বা, } 0 = V_0 (1 + \gamma_p \theta)$$

$$\text{বা, } 1 + \gamma_p \theta = 0$$

$$\therefore \theta = -\frac{1}{\gamma_p} \dots \dots (1)$$

এখন θ নির্ণয়ের জন্য আমাদেরকে γ_p বের করতে হবে।

$$\text{আমরা জানি, } \gamma_p = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta \theta} = \frac{640 \text{ cc}}{(5000 \text{ cc}) (35^{\circ}\text{C})}$$

এখন (1) নং সমীকরণে γ_p এর মান বসিয়ে,

$$\theta = -\frac{(5000 \text{ cc}) (35^{\circ}\text{C})}{640 \text{ cc}} = -273.44^{\circ}\text{C}$$

উ: সেলসিয়াস ক্ষেত্রে পরমশূন্য তাপমাত্রা -273.44°C

গণিতিক উদাহরণ ১০.৩৩। সমআয়তন পানি ও একটি তরল পদার্থের ভর যথাক্রমে 300 g ও 200 g তাদের একই ক্যালরিমিটারে পরপর রেখে 80° থেকে 50°C -এর শীতল করতে যথাক্রমে 600 s এবং 300 s সময় লাগে। ক্যালরিমিটারের তাপ ধারকত্ব 42 J K^{-1} হলে তরলের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় কর।

পানির আঃ তাপ $= 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

[চ. বো. ২০১২]

ধরা যাক, তরলের আপেক্ষিক তাপ $= S$

এখানে তাপমাত্রার পার্থক্য, $\theta_1 = \theta_2 = 80^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C} = 30^{\circ}\text{C} = 30 \text{ K}$

(i) ক্যালরিমিটার কর্তৃক বর্জিত তাপ $= \text{ভর} \times \text{আঃ তাপ} \times \text{তাপমাত্রার পার্থক্য}$

$= \text{তাপ ধারকত্ব} \times \text{তাপমাত্রার পার্থক্য}$

$$= 42 \text{ J K}^{-1} \times 30 \text{ K} = 1260 \text{ J}$$

(ii) পানি কর্তৃক বর্জিত তাপ $= \text{ভর} \times \text{আঃ তাপ} \times \text{তাপমাত্রার পার্থক্য}$

$$= 0.3 \text{ kg} \times 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 30 \text{ K} = 37800 \text{ J}$$

(iii) তরল কর্তৃক বর্জিত তাপ $= \text{ভর} \times \text{আঃ তাপ} \times \text{তাপমাত্রার পার্থক্য}$

$$= 0.2 \text{ kg} \times S \times 30 \text{ K} = 6 S \text{ kg K}$$

$$\text{ক্যালরিমিটার ও পানির তাপ বর্জনের হার} = \frac{1260 \text{ J} + 37800 \text{ J}}{600 \text{ s}} = 65.1 \text{ Js}^{-1}$$

$$\text{ক্যালরিমিটার ও তরলের তাপ বর্জনের হার} = \frac{1260 \text{ J} + 6 S \text{ kg K}}{300 \text{ s}}$$

নিউটনের শীতলীকরণ সূত্রানুযায়ী তাপ বর্জনের হারদ্বয় সমান।

$$\therefore 65.1 \text{ J s}^{-1} = \frac{1260 \text{ J} + 6S \text{ kg K}}{300}$$

$$\therefore S = 3045 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{উ: } 3045 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

এখানে,

0°C তাপমাত্রায় আয়তন, $V_0 = 5 \text{ lit.} = 5000 \text{ cc}$

তাপমাত্রা বৃদ্ধি, $\Delta\theta = 35^{\circ}\text{C}$

আয়তন বৃদ্ধি, $\Delta V = 640 \text{ cc}$

পরমশূন্য তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন, $V = 0$

সেলসিয়াস ক্ষেত্রে পরমশূন্য তাপমাত্রা, $\theta = ?$

অনুশীলনী

ক-বিভাগ : বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ)

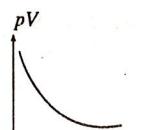
সঠিক/সর্বোৎকৃষ্ট উত্তরের বৃত্ত (●) ভরাট কর :

- ১। বয়েলের সূত্রানুসারে নির্দিষ্ট ভরের কোনো গ্যাসের আয়তন—
 (ক) এর চাপের সমানুপাতিক (খ) এর চাপের ব্যক্তানুপাতিক
 (গ) স্থির তাপমাত্রায় এর চাপের ব্যক্তানুপাতিক (ঘ) কোনোটিই নয়
- ২। স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন এর—
 (ক) কেলভিন তাপমাত্রার ব্যক্তানুপাতিক
 (খ) কেলভিন তাপমাত্রার সমানুপাতিক
 (গ) কেলভিন তাপমাত্রার বর্গমূলের ব্যক্তানুপাতিক
 (ঘ) কেলভিন তাপমাত্রার বর্গমূলের সমানুপাতিক
- ৩। স্থির আয়তনে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ, এর—
 (ক) কেলভিন তাপমাত্রার বর্গমূলের সমানুপাতিক
 (খ) কেলভিন তাপমাত্রার সমানুপাতিক
 (গ) কেলভিন তাপমাত্রার বর্গমূলের ব্যক্তানুপাতিক
 (ঘ) কেলভিন তাপমাত্রার ব্যক্তানুপাতিক
- ৪। স্থির চাপে গ্যাসের আয়তন প্রসারণ সহগের মান—
 (ক) $0.0366^{\circ} \text{C}^{-1}$ (খ) $0.366^{\circ} \text{C}^{-1}$
 (গ) $\frac{1}{273}^{\circ} \text{C}^{-1}$ (ঘ) $273^{\circ} \text{C}^{-1}$
- ৫। $\frac{pV}{2} = RT$ গ্যাস সমীকরণে V নির্দেশ করে—
 (ক) পাত্রের আয়তন (খ) ১ মোল গ্যাসের আয়তন
 (গ) 2 মোল গ্যাসের আয়তন (ঘ) $\frac{1}{2}$ মোল গ্যাসের আয়তন
- ৬। আদর্শ গ্যাসের চাপ p এবং মূলগড় বর্গবেগ c এর মধ্যে সম্পর্ক হলো— [জ. বো. ২০১৯]
 (ক) $c = \sqrt{\frac{3p}{\rho}}$ (খ) $c = \sqrt{\frac{3p}{p}}$
 (গ) $c = \sqrt{\frac{p}{3\rho}}$ (ঘ) $c = \sqrt{\frac{\rho}{3p}}$
- ৭। যে তাপমাত্রায় কোনো নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ু, এর মধ্যে অবস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয় সেই তাপমাত্রাকে কী
 বলা হয় ? [সি. বো. ২০১৬]
 (ক) পরম অর্দ্রতা (খ) আপেক্ষিক অর্দ্রতা
 (গ) শিশিরাঙ্ক (ঘ) কোনোটিই নয়

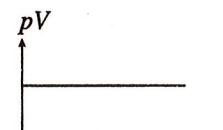
৮। স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের জন্য কোন লেখচিত্রটি প্রযোজ্য?

[চ. বো. ২০১৬]

(ক)

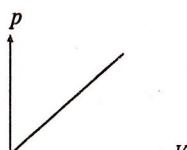


○ (খ)

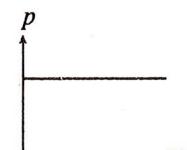


○

(গ)



○ (ঘ)



○

৯। গ্যাসে গতিতত্ত্ব অনুসারে 0 K তাপমাত্রায় গ্যাসের গতিশক্তি হবে—

(ক) সর্বাধিক

○ (খ) শূন্য

○

(গ) খুব বেশি ও না আবার কমও না

○ (ঘ) কোনোটিই নয়

○

১০। কোনো গ্যাসের মূল গড় বর্গবেগ পরম তাপমাত্রার—

[চ. বো. ২০১৬]

(ক) সমানুপাতিক

○ (খ) ব্যক্তানুপাতিক

○

(গ) বর্গমূলের সমানুপাতিক

○ (ঘ) বর্গের ব্যক্তানুপাতিক

○

১১। T তাপমাত্রায় আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে একটি অণুর গড় গতিশক্তি—

[দি. বো. ২০১৫; সি. বো. ২০১৬]

(ক) $\frac{2}{3} kT$

○ (খ) $\frac{1}{3} kT^2$

○

(গ) $\frac{3}{2} kT^4$

○ (ঘ) $\frac{3}{2} kT$

○

১২। $\frac{PV}{T} = \text{ধ্রবক}$, এ সূত্রটি সত্য যখন—

(ক) সমোষ্ঠ পরিবর্তন হয়

○ (খ) যখন রশ্মিতাপীয় পরিবর্তন হয়

○

(গ) (ক) ও (খ) উভয়টি

○ (ঘ) উপরের কোনোটিই নয়

○

১৩। চাপ, তাপমাত্রা ও আয়তন সংক্রান্ত কোন সূত্রটি সঠিক নয়?

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

○ (খ) $p = p_0 \left(1 + \frac{\theta}{273}\right)$

○

(গ) $pV = \frac{M}{m}RT$

○ (ঘ) $pV = nRT$

○

১৪। অসম্পৃক্ত বাষ্প মেনে চলে—

[চ. বো. ২০১৬]

(ক) চাপের সূত্র

○ (খ) চার্লসের সূত্র

○

(গ) বয়েলের সূত্র

○ (ঘ) বয়েল ও চার্লসের সূত্র

○

১৫। একটি আদর্শ গ্যাসের চাপ ও আয়তনের গুণফল—

(ক) ধ্রবক

○ (খ) সার্বজনীন গ্যাস ধ্রবকের প্রায় সমান

○

(গ) এর তাপমাত্রার সমানুপাতিক

○ (ঘ) এর তাপমাত্রার ব্যক্তানুপাতিক

○

১৬। নিচের কোনটি একটি আদর্শ গ্যাসের আয়তন চারণ্তরণ করবে?

(ক) কেলভিন তাপমাত্রা ও চাপ দ্বিগুণ করলে

○

(খ) কেলভিন তাপমাত্রা অর্ধেক এবং চাপ চারণ্তরণ করলে

○

(গ) স্থির চাপে কেলভিন তাপমাত্রা এক-চতুর্থাংশ করলে

○

(ঘ) স্থির তাপমাত্রায় চাপ এক-চতুর্থাংশ করলে

○

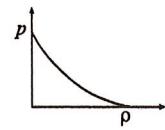
১৭। একটি বাস্তব গ্যাস আদর্শ গ্যাস হিসেবে আচরণ করে—

- (ক) নিম্নচাপ ও উচ্চ তাপমাত্রায়
- (গ) নিম্নচাপ ও নিম্ন তাপমাত্রায়

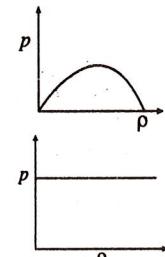
- (খ) উচ্চচাপ ও নিম্ন তাপমাত্রায়
- (ঘ) উচ্চচাপ ও উচ্চ তাপমাত্রায়

১৮। স্থির তাপমাত্রায় গ্যাসের ক্ষেত্রে কোণ লেখচিত্রটি সঠিক?

(ক)

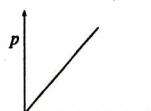


(খ)

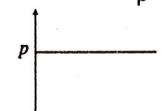


[ট. বো. ২০১৬]

(গ)



(ঘ)



[ট. বো. ২০১৬]

১৯। একটি আদর্শ গ্যাসের তাপমাত্রা T হতে বৃদ্ধি করে $2T$ করা হলো। কোন রাশিটি দিগ্নেগ হবে?

- (ক) অণুগুলোর গড় বর্গবেগের বর্গমূল
- (খ) অণুগুলোর গড় বেগের বর্গ
- (গ) অণুগুলোর গড়বেগ
- (ঘ) অণুগুলোর গড় বর্গবেগ

[চ. বো. ২০১৫]

২০। বায়ুগুলোর জলীয় বাস্পের ঘনীভবনের জন্য নিচের কোনটি সংযুক্ত হয় না?

- (ক) শিশির
- (খ) কুয়াশা
- (গ) ঝাড়
- (ঘ) বৃষ্টি

[য. বো. ২০১৫]

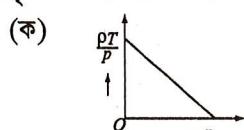
২১। দ্বি-পারমাণবিক গ্যাস অণুর স্বাধীনতার মাত্রা কয়টি?

- (ক) 2
- (খ) 3
- (গ) 4
- (ঘ) 5

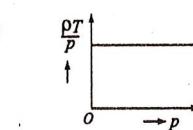
[য. বো. ২০১৫]

২২। সম্পৃক্ত বাস্পচাপের ক্ষেত্রে নিম্নের কোন লেখচিত্রটি সঠিক?

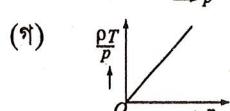
(ক)



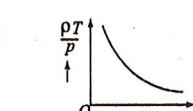
(খ)



(গ)



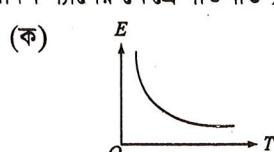
(ঘ)



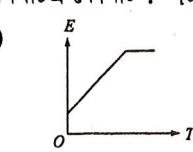
[ব. বো. ২০১৫]

২৩। আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে গতিশক্তি E বনাম পরম তাপমাত্রা T এর লেখচিত্র কোনটি? [চ. বো. ২০১৭; ব. বো. ২০১৫]

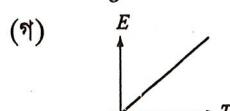
(ক)



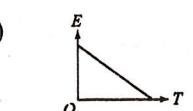
(খ)



(গ)



(ঘ)



২৪। পরমশূন্য তাপমাত্রা হচ্ছে—

(ক) 0 K

(খ) 0 °C

(গ) -273°C

(ঘ) -273 K

[সি. বো. ২০১৫]

২৫। বায়ুৰ আপেক্ষিক আৰ্দ্ধতা কম হলে বাপ্পায়ন হবে—

(ক) ধীৱ গতিতে

(খ) দ্রুত গতিতে

(গ) আগেৱ মতোই

(ঘ) অতি ধীৱ গতিতে

২৬। নাইট্রোজেন গ্যাসেৱ ক্ষেত্ৰে γ এৱ মান কত ?

(ক) 1.67

(খ) 1.4

(গ) 1.33

(ঘ) 1.28

[দ. বো. ২০১৫]

২৭। শুষ্ক ও সিক্ত বাল্ব আৰ্দ্ধতামাপক যন্ত্ৰে থাৰ্মোমিটাৱ দুটিৱ তাপমাত্ৰাৰ পাৰ্থক্য হৃষ্টাং কমে গেলে কোনটি বোঝায় ?

[দ. বো. ২০১৭; চ. বো. ২০১৬]

(ক) বাতাস শুষ্ক

(খ) বাড় হতে পাৱে

(গ) বাতাস আৰ্দ্ধ

(ঘ) বৃষ্টি হতে পাৱে

২৮। স্বাভাৱিক তাপমাত্ৰা ও চাপে R এৱ মান—

(ক) $8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

(খ) $8.31 \text{ K J}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

(গ) $8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}$

(ঘ) $8.13 \text{ J}^{-1} \text{ K mol}^{-1}$

২৯। একটি বুদবুদহুদেৱ তলদেশ থেকে উপৱিষ্ঠে উঠে আসায় এৱ আয়তন আটগুণ হয়। বায়ুমণ্ডলেৱ চাপ H মিটাৱ উচ্চতাৱ পানি স্তৰেৱ সমান হলে হুদেৱ গতীয়তা হবে—

(ক) H

(খ) $3H$

(গ) $5H$

(ঘ) $7H$

৩০। তাপমাত্ৰা কতগুণ হলে অক্সিজেন অণুৱ বেগ দিগুণ হবে ?

(ক) 2

(খ) 4

(গ) 8

(ঘ) 16

৩১। স্বাভাৱিক তাপমাত্ৰা ও চাপে অক্সিজেন অণুৱ গড় বৰ্গবেগেৱ বৰ্গমূল—

(ক) 461 m s^{-1}

(খ) 361 m s^{-1}

(গ) 261 m s^{-1}

(ঘ) 161 m s^{-1}

৩২। বহু পৰমাণুবিশিষ্ট গ্যাসেৱ ক্ষেত্ৰে স্বাধীনতাৱ মাত্ৰা—

(ক) 2

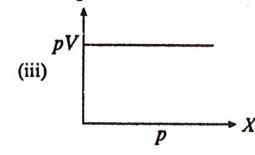
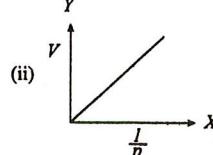
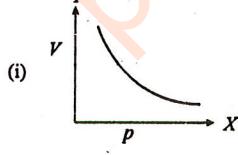
(খ) 3

(গ) 5

(ঘ) 6

৩৩। তাপমাত্ৰা স্থিৱ থাকলে আয়তন (V) ও চাপ (p) এৱ সম্পর্ক নিচেৱ কোন লেখচিত্ৰ প্ৰকাশ কৰে ?

[দ. বো. ২০১৬]



নিচেৱ কোনটি সঠিক ?

(ক) i ও iii

(খ) i ও ii

(গ) ii ও iii

(ঘ) i, ii ও iii

৩৪। আদৰ্শ গ্যাসেৱ চাপেৱ রাশিমালা হবে—

$$(i) p = \frac{1}{3} mn\bar{C}^2 \quad (ii) p = \frac{1}{3} \rho \bar{C}^2 \quad (iii) p = \frac{2}{3} RT.$$

নিচেৱ কোনটি সঠিক ?

(ক) i ও ii

(খ) ii ও iii

(গ) i ও ii

(ঘ) i, ii ও iii

- | | | | |
|-----|--|---|----------------|
| ৩৫। | আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে চাপ, আয়তন ও তাপমাত্রার মধ্যে সম্পর্ক হচ্ছে—
(i) $pV = KT$ (ii) $pV = nRT$ (iii) $pV = RT$
নিচের কোনটি সঠিক ? | <input type="radio"/> (খ) i ও ii
<input type="radio"/> (ঘ) i, ii ও iii | [দি. বো. ২০১৬] |
| ৩৬। | জলীয় বাষ্প সম্পর্কে বলা যায়—
(i) সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প সর্বাধিক চাপ দেয়
(ii) অসম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প বয়েলের সূত্র মেনে চলে
(iii) সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প চার্লসের সূত্র মেনে চলে
নিচের কোনটি সঠিক ? | <input type="radio"/> (খ) i ও ii
<input type="radio"/> (ঘ) i, ii ও iii | [দি. বো. ২০১৬] |
| ৩৭। | তিনটি বিষ্ণুতি দেওয়া হলো—
(i) চাপ স্থির থাকলে আয়তন ও তাপমাত্রার সম্পর্ক চার্লসের সূত্র থেকে পাওয়া যায়
(ii) পরম শূন্য তাপমাত্রা কেলভিন ক্ষেত্রে OK
(iii) থ্রামণ তাপমাত্রা সেলসিয়াস ক্ষেত্রে 0°C
নিচের কোনটি সঠিক ? | <input type="radio"/> (খ) i ও ii
<input type="radio"/> (ঘ) i, ii ও iii | [দি. বো. ২০১৬] |
| ৩৮। | শান্ত বললো—
(i) আমাদের স্বাচ্ছন্দ্যবোধ অনেকাংশে আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপর নির্ভরশীল
(ii) একই তাপমাত্রায় ঢাকা আপেক্ষা কর্মবাজার বেশি স্বত্ত্ববোধ হয়
(iii) বর্ষাকাল আপেক্ষা শীতকালে ভিজা কাপড় দ্রুত শুকায়
নিচের কোনটি সঠিক ? | <input type="radio"/> (খ) i ও ii
<input type="radio"/> (ঘ) i, ii ও iii | [দি. বো. ২০১৬] |
| ৩৯। | বায়ুতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ বেড়ে গেলে—
(i) বায়ুর ঘনত্ব কমে (ii) বায়ুর চাপ কমে (iii) জলীয় বাষ্প চাপ কমে
নিচের কোনটি সঠিক ? | <input type="radio"/> (খ) i ও ii
<input type="radio"/> (ঘ) i, ii ও iii | [রা. বো. ২০১৬] |
| ৪০। | সিক্ত ও শুক বাষ্প আর্দ্রতামাপক যন্ত্রের দুই থার্মোমিটারে তাপমাত্রার পার্থক্য হঠাতে বেড়ে গেলে বোঝা যায় ঐ স্থানে—
(i) আপেক্ষিক আর্দ্রতা বৃদ্ধি পেয়েছে
(ii) আপেক্ষিক আর্দ্রতাহাস পেয়েছে
(iii) ভিজা কাপড় তাড়াতাড়ি শুকাবে
নিচের কোনটি সঠিক ? | <input type="radio"/> (খ) ii ও iii
<input type="radio"/> (ঘ) i, ii ও iii | [রা. বো. ২০১৫] |

৪১। গ্যাসের গতিতত্ত্বের মৌলিক স্বীকার্য অনুসারে—

[ব. বো. ২০১৫]

(i) একটি গ্যাসের সকল অণু সদৃশ (ii) গ্যাসের শক্তি বিভব শক্তি

(iii) তাপমাত্রার সাথে অণুগুলোর বেগ বাড়ে

নিচের কোনটি সঠিক ?

(ক) i ও ii

(খ) ii ও iii

(গ) i ও iii

(ঘ) i, ii ও iii

৩০°C তাপমাত্রায় একটি গ্যাসকে স্থির চাপে উত্তপ্ত করে আয়তন তিনগুণ করা হলো। ৪২ ও ৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

[চ. বো. ২০১৫]

৪২। উন্নীপকটি নিচের কোন সূত্রকে সমর্থন করে ?

(ক) বয়েলের সূত্র

(খ) চার্লস-এর সূত্র

(গ) গে-লুসাকের সূত্র

(ঘ) অ্যাভোগেজ্বার সূত্র

৪৩। গ্যাসটির চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত ?

(ক) -172°C

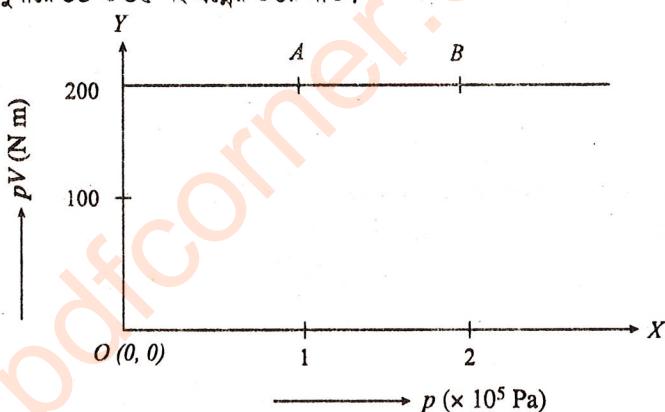
(খ) 90°C

(গ) -101°C

(ঘ) 636°C

নিচের উদ্বিপক্ষ অনুসারে ৪৪ ও ৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

[রা. বো. ২০১৬]



৪৪। উপরের লেখচিত্রে নির্দিষ্ট পরিমাণ আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে pV বনাম p লেখচিত্র দেখানো হয়েছে।

লেখচিত্রটি কোন সূত্র সমর্থন করে ?

(ক) বয়েলের

(খ) চার্লসের

(গ) চাপের

(ঘ) কেলভিন

৪৫। A ও B বিন্দুতে গ্যাসের আয়তনের অনুপাত—

(ক) 1 : 1

(খ) 1 : 2

(গ) 1 : 3

(ঘ) 2 : 1

৪৬। গ্যাসের গড়মুক্ত পথ ব্যত্তানুপাতিক হবে—

[অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]

(ক) গ্যাসের ঘনত্বের

(খ) গ্যাস অণুর আণবিক ব্যাসের

(গ) একক আয়তনে অণুর সংখ্যার বর্গের

(ঘ) অণুর অতিক্রান্ত দূরত্বের

৪৭। আমাদের দেশে সিক্রি ও শুষ্ক বাল্ব হাইগ্রোমিটারের থার্মোমিটারদ্বয়ের পাঠের পার্থক্য কখন বেশি হয় ?

[মদ্রাসা বোর্ড ২০১৮]

(ক) শীতকালে

(খ) শীতকালে

(গ) প্রত্যেক দিন সকালে

(ঘ) প্রত্যেক দিন বিকালে

৪৮। দুটি অণুর বেগ যথাক্রমে 2 m s^{-1} এবং 4 m s^{-1} হলে অণুদ্বয়ের গড় বর্গবেগ কত ? [মদ্রাসা বোর্ড ২০১৮]

(ক) $\sqrt{3} \text{ m}^2 \text{s}^{-2}$

(খ) $2 \text{ m}^2 \text{s}^{-2}$

(গ) $\sqrt{10} \text{ m}^2 \text{s}^{-2}$

(ঘ) $10 \text{ m}^2 \text{s}^{-2}$

উদীপকের আলোকে ৪৯ নং ও ৫০ নং প্রশ্নের উভয় দাও :

৩০°C তাপমাত্রায় কোনো গ্যাসকে স্থির চাপে উত্পন্ন করে আয়তন দ্বিগুণ করা হলো—

[মদ্রাসা বোর্ড ২০১৮]

৪৯। উদীপকটি নিচের কোন সূত্রকে সমর্থন করে ?

(ক) বয়েলের

(খ) চার্লসের

(গ) অ্যাডোগেন্ড্রোর

(ঘ) ফিসিয়ামের

৫০। গ্যাসটির চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত ?

(ক) 60°C

(খ) 333°C

(গ) 606°C

(ঘ) 879°C

৫১। অস্পৃষ্ট বাষ্পের ক্ষেত্রে—

i. আবন্দ বা খোলা যেকোনো স্থানে এটি তৈরি করা যায়

ii. তাপমাত্রা বাড়িয়ে এটিকে সম্পৃক্ত বাষ্পে পরিণত করা যায়

iii. এটি বয়েল ও চার্লসের সূত্র মেনে চলে

নিচের কোনটি সঠিক ?

(ক) i ও ii

(খ) ii ও iii

(গ) i ও iii

(ঘ) i, ii ও iii

৫২। একটি গ্যাস অণুর ব্যাস $2 \times 10^{-10} \text{ m}$ এবং প্রতি ঘন সেন্টিমিটারের অণুর সংখ্যা 3×10^{19} হলে গ্যাস অণুর গড় মুক্ত পথ হবে—

[জ. বি. ২০১৬-২০১৭]

(ক) $3 \times 10^{-3} \text{ cm}$

(খ) $3 \times 10^{-4} \text{ cm}$

(গ) $3 \times 10^{-5} \text{ cm}$

(ঘ) $3 \times 10^{-6} \text{ cm}$

৫৩। নিউটনের শীতলীকরণ সূত্র কোনটি ?

[খ. বি. ২০১২-২০১৩]

(ক) $E \propto (T_1^2 - T_2^2)$

(খ) $E \propto (T_1 - T_2)$

(গ) $E \propto (T_1^4 - T_2^4)$

(ঘ) $E \propto T^4$

৫৪। কোনো আবন্দ গ্যাসের তাপমাত্রা 0°C থেকে বাড়িয়ে 273°C করা হলে গ্যাসের অণুগুলোর গড় বেগ কতুরুক্ত বৃদ্ধি পাবে ?

[শা.বি.প্র.বি. ২০০৬-২০০৭]

(ক) 40%

(খ) 50%

(গ) 60%

(ঘ) 100%

- ৫৫। কোনো গ্যাস অণুর গড় মুক্তপথ এর ব্যাসের— [বুয়েট ২০১৪-২০১৫]
- (ক) সমানুপাতিক
 - (খ) বর্গের ব্যন্তানুপাতিক
 - (গ) বর্গমূলের সমানুপাতিক
 - (ঘ) বর্গমূলের সমানুপাতিক
- ৫৬। কোনো গ্যাস অণুর ব্যাস 2.5×10^{-10} m এবং প্রতি ঘনমিটারে গ্যাস অণুর সংখ্যা 6.02×10^{25} । গ্যাসটির গড় মুক্তপথ কত হবে ? [কুয়েট ২০১৭-২০১৮]
- (ক) 5×10^{-8} m
 - (খ) 5.8 nm
 - (গ) 0.6 nm
 - (ঘ) 0.72 nm
- ৫৭। $\frac{PV}{T} =$ ধ্রুবক, এই সূত্রটি সত্য, যখন— [বুয়েট ২০০৬-২০০৭]
- (ক) যখন সমোষ্ঠ পরিবর্তন হয়
 - (খ) রুদ্ধতাপ পরিবর্তন হয়
 - (গ) A ও B উভয়ইটি
 - (ঘ) উপরের কোনোটি সত্য নয়
- ৫৮। 0°C তাপমাত্রায় কোনো গ্যাসের চাপ 3×10^5 Pa হলে 60°C তাপমাত্রায় এর চাপ কত হবে ? [রংয়েট ২০১০-২০১১]
- (ক) 4.66×10^5 Pa
 - (খ) 3.66×10^5 Pa
 - (গ) 4.66×10^4 Pa
 - (ঘ) 5.67×10^5 Pa
- ৫৯। একটি 500 m^3 আয়তনের ঘরের বাতাসের তাপমাত্রা 37°C । এয়ারকুলার ব্যবহার করার জন্য বাতাসের তাপমাত্রা কমে 22°C হলো। যদি ঘরের বায়ুর চাপ সমান থাকে তবে শতকরা কতভাগ বাতাস ঘরের মধ্যে আসবে/বাহির হয়ে যাবে ? [চুয়েট ২০১৪-২০১৫]
- (ক) 4.84%
 - (খ) 2.42%
 - (গ) 24.2%
 - (ঘ) None
- ৬০। একটি বড় পাত্রের আয়তন 480 m^3 এবং তাপমাত্রা 293 K। তাপমাত্রা 298 K-এ উন্নীত হলে বায়ুর শতকরা কত অংশ বেরিয়ে যাবে ? [চুয়েট ২০১৪-২০১৫, ২০১২-২০১৩]
- (ক) 1.71%
 - (খ) 48.71%
 - (গ) 20.17%
 - (ঘ) None
- ৬১। একটি কণার স্বাধীনতার মাত্রার সংখ্যা 5 হলে শক্তি সমবিভাজন নীতি অনুযায়ী কণাটির মোট শক্তি কত ? [ঢ. বি. ২০১৫-২০১৬]
- (ক) $\frac{KT}{2}$
 - (খ) KT
 - (গ) $\frac{3 KT}{2}$
 - (ঘ) $\frac{5 KT}{2}$
- ৬২। কোনো গ্যাসের তাপমাত্রা 100°C থেকে বাড়িয়ে 200°C করা হলো। গ্যাসের গড় বেগ কত গুণ হবে ? [শা. বি. প্র.বি. ২০১০-২০১১]
- (ক) 1.61 গুণ
 - (খ) 1.32 গুণ
 - (গ) 2 গুণ
 - (ঘ) 4 গুণ
- ৬৩। কোনো একদিনের শিশিরাক্ষ 20°C ও আপেক্ষিক অর্দ্রতা 75%। ঐ দিনের সম্পৃক্ত বাষ্প চাপ কত ? [20°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ 17.7×10^{-3} m] [কুয়েট ২০১৪-২০১৫]
- (ক) 17.7 mm
 - (খ) 17.7×10^{-4} m
 - (গ) 23.6×10^{-4} m
 - (ঘ) 23.6×10^{-3} m

- ৬৪। দুটি ভিন্ন আদর্শ গ্যাস একই চাপে ভিন্ন পাত্রে আবদ্ধ আছে। যদি p_1 ও p_2 এগুলোর ঘনত্ব এবং c_1 ও c_2 যথাক্রমে এগুলোর মূল গড় বর্গ বেগ হয়, তাহলে $\frac{c_1}{c_2}$ এর সমান হবে— [বুয়েট ২০১৫-২০১৬]
- (ক) $\frac{p_1^2}{p_2^2}$ ○ (খ) $\frac{p_2^2}{p_1^2}$ ○
 (গ) $\sqrt{\frac{p_1}{p_2}}$ ○ (ঘ) $\sqrt{\frac{p_2}{p_1}}$ ○
- ৬৫। T তাপমাত্রার এক লিটার বায়ুকে উত্পন্ন করা হলে যতক্ষণ না বায়ুর চাপ ও আয়তন উভয়ই দ্বিগুণ হয়। চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত? [বুয়েট ২০০৯-২০১০]
- (ক) $\frac{T}{2}$ ○ (খ) $\frac{T}{4}$ ○
 (গ) $2T$ ○ (ঘ) $4T$ ○
- ৬৬। বায়ুর আপেক্ষিক অর্দ্ধতা কম হলে বাঞ্চাইন— [রঞ্জেট ২০১০-২০১১]
- (ক) তাড়াতাড়ি হবে ○ (খ) ধীরে হবে ○
 (গ) একই থাকবে ○ (ঘ) কোনোটিই নয় ○
- ৬৭। একটি নির্দিষ্ট তরের শুষ্ক বায়ুর 20° তাপমাত্রায় আয়তন 100 cc । যদি উক্ত শুষ্ক বায়ুকে স্থির চাপে 50° C পর্যন্ত উত্পন্ন করা হয়, তবে আয়তন কত হবে? [কুয়েট ২০১৩-২০১৪]
- (ক) 109 cc ○ (খ) 115 cc ○
 (গ) 112 cc ○ (ঘ) 110 cc ○
- ৬৮। কোনো আদর্শ গ্যাসের তাপমাত্রা কেলভিন কেলে দ্বিগুণ করা হলে, তার অণুগুলোর rms বেগ কতগুণ বৃদ্ধি পাবে? [জ. বি. ২০১৫-২০১৬]
- (ক) 4 ○ (খ) 2 ○
 (গ) 1.41 ○ (ঘ) 0.5 ○
- ৬৯। 20°C তাপমাত্রার 80 kPa চাপে একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 0.25 m^3 ; 20°C তাপমাত্রায় উক্ত গ্যাসের আয়তন 0.5 m^3 হলে গ্যাসটির চাপ কত? [মেডিকেল ২০১৩-২০১৪]
- (ক) 20 kPa ○ (খ) 40 kPa ○
 (গ) 50 kPa ○ (ঘ) 60 kPa ○
- ৭০। একজন ডুবুরি হৃদের তলদেশে কাজ করার সময় 2 cm^3 আয়তনের বুদবুদ উপরের দিকে প্রবাহিত হচ্ছে। পানির উপরিতলে বুদবুদের আয়তন 4 cm^3 হয়; কিন্তু তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে। যদি বায়ুমণ্ডলীয় বাপ্প 10 m পানির চাপের সমান হয়, হৃদের গভীরতা কত? [রা. বি ২০১৫-২০১৬]
- (ক) 10 m ○ (খ) 20 m ○
 (গ) 30 m ○ (ঘ) 40 m ○
- ৭১। প্রতি ঘনসেন্টিমিটারে অণুর সংখ্যা নির্ণয় কর, যদি কোনো একটি গ্যাসের অণুগুলোর গড় মুক্তপথ $2.4 \times 10^{-6} \text{ cm}$ এবং আণবিক ব্যাস $2 \times 10^{-8} \text{ cm}$ এর সমান হয়। [কুয়েট ২০১৩-২০১৪]
- (ক) $2.344 \times 10^{20}/\text{cc}$ ○ (খ) $2.4 \times 10^{22}/\text{cc}$ ○
 (গ) $2.34 \times 10^{26}/\text{cc}$ ○ (ঘ) $3.044 \times 10^{21}/\text{cc}$ ○

৭২। কত তাপমাত্রায় অক্সিজেন অণুৰ গড় মূল গড় বৰ্গবেগ -100°C তাপমাত্রার হাইড্রোজেন অণুৰ মূল গড় বৰ্গবেগেৰ
সমান হবে ? [কুয়েট ২০১৬-২০১৭, ২০১৫-২০১৬]

- (ক) 2495°C ○ (খ) 2768°C ○
 (গ) 4368°C ○ (ঘ) 4095°C ○

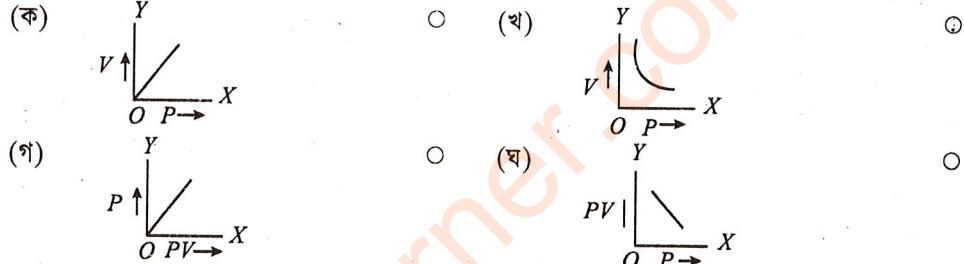
৭৩। পিটন সিলিন্ডাৰেৰ ভিতৰ আবদ্ধ স্বাভাৱিক তাপমাত্রা ও চাপেৰ গ্যাস সঞ্চৰিত কৰে এৰ আয়তনেৰ অৰ্দেক কৰা হলো।
যদি তাপমাত্রা অপৰিবৰ্তিত থাকে, তবে চূড়ান্ত চাপ কত হবে ? [কুয়েট ২০১৪-২০১৫]

- (ক) $2.026 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$ ○ (খ) $4.12 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$ ○
 (গ) $8.16 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$ ○ (ঘ) $10.026 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$ ○

৭৪। শিশিৰাঙ্ক বলতে আমৰা কী বুঝি? [য. বি. প্ৰ. বি. ২০১৭-২০১৮]

- (ক) তাপ ○ (খ) তাপমাত্রা ○
 (গ) অৰ্দ্ধতা ○ (ঘ) আপেক্ষিক অৰ্দ্ধতা ○

৭৫। বয়েল এৰ সূত্রানুযায়ী গ্যাসেৰ চাপ (p) এবং আয়তন (V) হলে নিচেৰ কোনটি সঠিক ? [য. ৰো. ২০১৯]



৭৬। গ্যাসেৰ অনুগুলোৰ মূল গড় বৰ্গবেগ C_{rms} এবং পৰম তাপমাত্রা T হলে নিচেৰ কোনটি সঠিক ? [য. ৰো. ২০১৯;
দি. ৰো. ২০১৯]

- (ক) $C_{rms} \propto T$ ○ (খ) $C_{rms} \propto \sqrt{T}$ ○
 (গ) $C_{rms} \propto \frac{1}{T}$ ○ (ঘ) $C_{rms} \propto \frac{1}{\sqrt{T}}$ ○

৭৭। একটি আদৰ্শ গ্যাসেৰ প্ৰতিটি অণুৰ স্বাধীনতাৰ মাত্রা— [কু. ৰো. ২০১৯]

- (ক) 2 ○ (খ) 3 ○
 (গ) 4 ○ (ঘ) 5 ○

বহুনিৰ্বাচনি প্ৰশ্নাবলিৰ উত্তৰমালা :

১।(গ)	২।(খ)	৩।(খ)	৪।(গ)	৫।(গ)	৬।(ক)	৭।(গ)	৮।(খ)	৯।(খ)	১০।(গ)
১১।(ঘ)	১২।(ঘ)	১৩।(গ)	১৪।(ঘ)	১৫।(গ)	১৬।(ঘ)	১৭।(ক)	১৮।(গ)	১৯।(ঘ)	২০।(গ)
২১।(ঘ)	২২।(খ)	২৩।(গ)	২৪।(ক) ৩।(গ)	২৫।(খ)	২৬।(খ)	২৭।(খ)	২৮।(ক)	২৯।(ঘ)	৩০।(খ)
৩১।(ক)	৩২।(ঘ)	৩৩।(ঘ)	৩৪।(গ)	৩৫।(ঘ)	৩৬।(খ)	৩৭।(ঘ)	৩৮।(ক)	৩৯।(ক)	৪০।(ক)
৪১।(গ)	৪২।(খ)	৪৩।(ঘ)	৪৪।(ক)	৪৫।(ঘ)	৪৬।(ক)	৪৭।(খ)	৪৮।(ঘ)	৪৯।(খ)	৫০।(খ)
৫১।(গ)	৫২।(গ)	৫৩।(খ)	৫৪।(ক)	৫৫।(খ)	৫৬।(গ)	৫৭।(ঘ)	৫৮।(খ)	৫৯।(ক)	৬০।(ক)
৬১।(ঘ)	৬২।(ক)	৬৩।(ঘ)	৬৪।(ঘ)	৬৫।(ঘ)	৬৬।(ক)	৬৭।(ঘ)	৬৮।(গ)	৬৯।(খ)	৭০।(ক)
৭১।(ক)	৭২।(ক)	৭৩।(ক)	৭৪।(খ)	৭৫।(খ)	৭৬।(খ)	৭৭।(খ)			

খ-বিভাগ : সূজনশীল প্রশ্ন (CQ)

১। সায়মা স্থির চাপে 5 লিটার আয়তনের গ্যাসকে 0°C থেকে 35°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করলে এর আয়তন 0.641 লিটার বৃদ্ধি পায়।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. আদর্শ গ্যাস কী ?

খ. STP বলতে কী বুঝা ?

গ. উদীপকের তথ্য থেকে পরম শূন্য তাপমাত্রা নির্ণয় কর।

ঘ. উল্লেখিত তথ্য গ্যাসের কোন সূত্রকে সমর্থন করে ? এর গাণিতিক সমীকরণ প্রতিপাদন কর এবং এ থেকে পরম শূন্য তাপমাত্রায় গ্যাসের তাপ্তিক আয়তন নির্ণয় কর।

২। যে সকল স্থানে গ্যাসের লাইন নাই, সে সকল স্থানেও আজকাল সিলিন্ডারের গ্যাস রান্নাবান্নার কাজে ব্যবহার করা হয়। জাহিদ বাসার জন্য 5 m^3 আয়তনবিশিষ্ট একটি গ্যাস ভর্তি গ্যাসের সিলিন্ডার কিনে আনলো। গ্যাস ব্যবহারের আগে সিলিন্ডারের মধ্যে গ্যাসের তাপমাত্রা ও চাপ ছিল যথাক্রমে 50°C এবং $1.43 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$ । জুলানির জন্য 5 ঘণ্টা গ্যাস সরবরাহ করার পর সিলিন্ডারটির ভিতরে গ্যাসের চাপ কমে $1.33 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$ হলো।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. পরম শূন্য তাপমাত্রা কী ?

খ. বয়েলের সূত্রটি ব্যাখ্যা কর।

গ. 5 ঘণ্টা গ্যাস সরবরাহ করার পর সিলিন্ডারটির ভিতরে গ্যাসের তাপমাত্রা কত হবে ?

ঘ. সিলিন্ডারটির ভিতরে গ্যাসের তাপমাত্রার সাথে চাপের কীরুপ পরিবর্তন হয় ব্যাখ্যা কর।

৩। কঠিন ও তরল পদার্থের প্রসারণ বিবেচনার সময় চাপের কথা বিবেচনা করা হয় না। কারণ চাপ পরিবর্তিত হলে কঠিন ও তরলের আয়তনের কোনো উল্লেখযোগ্য পরিবর্তন হয় না। কিন্তু গ্যাসের আয়তন এর চাপ ও তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। কোনো গ্যাসের অবস্থার পূর্ণ বিবরণ দিতে হলে এর চাপ, আয়তন ও তাপমাত্রার অবশ্যই উল্লেখ করতে হবে। এই তিনটি রাশি এমন সম্পর্কযুক্ত যে, যে কোনো একটি স্থির রাখা হলে অন্য দুটি যখন পরিবর্তিত হয় তখন এক একটি নির্দিষ্ট সূত্র মেনে চলে ?

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. গ্যাসীয় সূত্রগুলো কী কী ?

খ. বয়েল ও চার্লসের সূত্রের পার্থক্য ব্যাখ্যা কর।

গ. 18 g হিলিয়াম গ্যাসপূর্ণ একটি বেলুনের আয়তন 0.10 m^3 । বেলুনের ভেতরে গ্যাসের চাপ

$1.2 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$ হলো, বেলুনের মধ্যবর্তী গ্যাসের তাপমাত্রা কত ?

ঘ. $pV = nRT$ আদর্শ গ্যাসের অবস্থার সমীকরণ। যথাযথ যুক্তির সাহায্যে দেখাও যে, এটি বয়েল ও চার্লসের সূত্রের সংযুক্ত রূপ।

৪। সব গ্যাসই মোটামুটি বয়েল ও চার্লসের সূত্র মেনে চলে। বয়েল ও চার্লসের সূত্রের সমৰ্থিত রূপই আদর্শ গ্যাস সমীকরণ। বয়েল ও চার্লসের সূত্র মেনে চলে এমন একটি গ্যাসের আণবিক ভর $32 \times 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1}$, 72 cm পারদস্ত চাপে ও 27°C তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের ভর হলো 20 g ।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. তাপমাত্রার পরম ক্ষেল কী ?

খ. কোনো স্থানে বায়ুর শিশিরাঙ্ক 20°C বলতে কী বুঝা ?

গ. $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ হলে গ্যাসটির আয়তন নির্ণয় কর।

ঘ. উল্লেখিত সূত্ৰদ্বয়ের সমৰিত সমীকৰণটি প্ৰতিপাদন কৰ।

- ৫। সুমনদেৱ বাসাৰ গ্যাস সিলিভারেৰ গ্যাস শেষ হয়ে যাওয়ায় সুমনেৱ মা তাকে দোকান থেকে সিলিভারটি গ্যাসপূৰ্ণ কৰে আনতে পাঠালেন। দোকানদাৰ 10 লিটাৰেৰ ঐ সিলিভারটি 25°C তাপমাত্ৰায় 150 kPa চাপে মিথেন (CH_4) গ্যাস দিয়ে পূৰ্ণ কৰে দিলেন। গ্যাস আনাৰ পৰি রান্না শেষে সুমন সিলিভারেৰ চাপ মিটাৰে চাপ দেখলো 130 kPa।

নিচেৰ প্ৰশ্নগুলোৱ উত্তৰ দাও :

ক. আদৰ্শ গ্যাস কী ?

খ. কোনো গ্যাসেৰ চাপেৰ সাথে ঘনত্বেৰ সম্পর্ক কীৱৰপ ?

গ. রান্নাৰ কাজে কী পৰিমাণ গ্যাস ব্যবহাৰ কৰা হয়েছে ?

ঘ. রান্নাৰ পৰি গ্যাসেৰ চাপ কমে গেল—উদীপকেৰ আলোকে যথাযথ যুক্তিসহকাৰে ব্যাপারটি ব্যাখ্যা কৰ।

- ৬। কোনো হৃদেৱ তলদেশ থেকে পানিৰ উপরিতলে আসায় একটি বায়ু বুদবুদ আয়তনে পাঁচগুণ হয়।

বায়ুমণ্ডলেৰ চাপ 10^5 N m^{-2} ।

নিচেৰ প্ৰশ্নগুলোৱ উত্তৰ দাও :

ক. আদৰ্শ গ্যাস সমীকৰণ কী ?

খ. আপেক্ষিক আৰ্দ্ধতা বলতে কী বুৰু ?

গ. উদীপকে উল্লেখিত হৃদেৱ গভীৰতা নিৰ্ণয় কৰ।

ঘ. হৃদেৱ উপরিতলে বায়ুমণ্ডলেৰ চাপ বৃদ্ধি পেলে পানিৰ ঘনত্বেৰ কীৱৰপ পৰিবৰ্তন হয়—গাণিতিকভাৱে ব্যাখ্যা কৰ।

- ৭। 0.5 m বাছুবিশিষ্ট একটি ঘনাকৃতি পাত্ৰে 0°C তাপমাত্ৰায় 11.25 g গ্যাস অণু আছে। এই অণুৰ মূল গড় বৰ্গ বেগ 1837.5 m s^{-1} ।

নিচেৰ প্ৰশ্নগুলোৱ উত্তৰ দাও :

ক. মূল গড় বৰ্গ বেগ কী ?

খ. শিশিৰাঙ্ক বলতে কী বুৰু ?

গ. গ্যাসটিৰ চাপ নিৰ্ণয় কৰ।

ঘ. গ্যাসটিতে কতটি অণু আছে নিৰ্ণয় কৰ।

- ৮। প্ৰমাণ তাপমাত্ৰা ও চাপে নাইট্ৰোজেনেৰ ঘনত্ব 1.25 kg m^{-3} ।

নিচেৰ প্ৰশ্নগুলোৱ উত্তৰ দাও :

ক. গ্যাসেৰ আণবিক গতিতত্ত্ব কী ?

খ. গ্যাসেৰ অণুৰ মৌলিক স্বীকাৰ্যসমূহ কী কী ?

গ. নাইট্ৰোজেন অণুগুলোৱ মূল গড় বৰ্গ বেগ নিৰ্ণয় কৰ।

ঘ. 100°C তাপমাত্ৰায় মূল গড় বৰ্গ বেগ প্ৰমাণ তাপমাত্ৰায় মূল গড় বৰ্গ বেগেৰ চেয়ে কত বৃদ্ধি পাবে ?

- ৯। প্ৰমাণ তাপমাত্ৰা ও চাপে কোনো পাত্ৰে অ্বিজেন গ্যাস আছে। গ্যাসেৰ আণবিক গতিতত্ত্ব অনুসাৱে তাপমাত্ৰা বাঢ়লে গ্যাসেৰ মধ্যকাৰ অণুগুলোৱ বেগ বৃদ্ধি পায়।

নিচেৰ প্ৰশ্নগুলোৱ উত্তৰ দাও :

ক. আদৰ্শ গ্যাস কাকে বলে ?

খ. চাৰ্লসেৰ সূত্ৰটি ব্যাখ্যা কৰ।

গ. উদীপকে উল্লেখিত গ্যাসেৰ মূল গড় বৰ্গ বেগ নিৰ্ণয় কৰ।

ঘ. গ্যাসটিৰ মূল গড় বৰ্গ বেগ 5 গুণ কৰতে হলে গ্যাসেৰ তাপমাত্ৰা কত বাঢ়াতে হবে গাণিতিক বিশ্লেষণেৰ সাহায্যে নিৰ্ণয় কৰ।

১০। টেলিফোনে কথা হচ্ছিল লাবনী ও লুবাবার মধ্যে। লাবনী কঞ্চিবাজারে বেড়াতে গেছে সেখান থেকে ঢাকায় লুবাবার সাথে কথা বলছে। লুবাবা লাবনীকে জিজ্ঞাসা করে কঞ্চিবাজার কেমন লাগছে? লাবনী বলল অস্থিকর ভ্যাপসা গরম। ঢাকায় কী অবস্থা, ঢাকার তাপমাত্রা কত? ঢাকায় গরম তবে ততটা অস্থিকর নয়। ঢাকায় তাপমাত্রা 30°C । লাবনী বললো, আশ্চর্য কঞ্চিবাজারের তাপমাত্রাও তো 30°C , তাহলে এত অস্থিকর কেন?

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. আর্দ্রতা কী?

খ. পরম আর্দ্রতা ও আপেক্ষিক আর্দ্রতার পার্থক্য ব্যাখ্যা কর।

গ. কোনো একদিন ঢাকায় শিশিরাঙ্ক 7.6°C ও বায়ুর তাপমাত্রা 16°C হলে আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় কর।

7°C , 8°C এবং 16°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাস্পের চাপ যথাক্রমে $7.5 \times 10^{-3} \text{ m}$, $8 \times 10^{-3} \text{ m}$ এবং $13.5 \times 10^{-3} \text{ m}$ ।

ঘ. ঢাকা ও কঞ্চিবাজারের তাপমাত্রা একই, 30°C তবুও ঢাকার চেয়ে কঞ্চিবাজার এমন অস্থিকর ও ভ্যাপসা গরম কেন? যুক্তি দাও।

১১। একদিন দুপুর বেলা বায়ুর তাপমাত্রা 30°C এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতা ছিল 75%। অফিসের বড় কর্তা কক্ষে প্রবেশ করেই এসি চালু করে তাপমাত্রা 23°C তে নামিয়ে নিলেন। ঐ দিনের শিশিরাঙ্ক ছিল 9.4°C ; 30°C , 23°C , 9°C ও 10°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাস্পের চাপ যথাক্রমে 29.92 mm , 20.24 mm , 8.92 mm ও 9.22 mm পারদ স্তুত চাপ।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

ক. শিশিরাঙ্ক কী?

খ. কোনো স্থানের বাতাসের পরম আর্দ্রতা 4 g m^{-3} বলতে কী বুঝ?

গ. ঐ দিন সক্ষ্যায় বায়ুর তাপমাত্রা 23°C এ নেমে এলে বায়ুস্থ জলীয় বাস্পের কত অংশ ঘনীভূত হবে?

ঘ. কক্ষের ভিতর এসি চালু করায় আরাম বোধ করবেন কেন—উদ্বিপক্ষের আলোকে গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর।

গ-বিভাগ : সাধারণ প্রশ্ন

- ১। আদর্শ গ্যাস কাকে বলে? [চ. বো. ২০১৫; কু. বো. ২০১৫, ২০১৬; দি. বো. ২০১৭; রা. বো. ২০১৯] বাস্তব ক্ষেত্রে আদর্শ গ্যাস পাওয়া যায় কি?
- ২। বয়েলের সূত্র বিবৃত কর। [য. বো. ২০১৫, ২০১৯]
- ৩। চার্লসের সূত্র বিবৃত কর।
- ৪। চার্লসের সূত্র বিবৃত কর এবং এই সূত্র থেকে প্রমাণ কর যে, “স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক।”
- ৫। পরম শূন্য তাপমাত্রা কাকে বলে?
- ৬। পরম শূন্য তাপমাত্রার নিচে গ্যাসের তাপমাত্রা থাকতে পারে কি না? ব্যাখ্যা কর। [সি. বো. ২০১৯]
- ৭। চলন্ত গাড়ির চাকার ভিতরের চাপ বৃদ্ধি পায় কেন? [য. বো. ২০১৫]
- ৮। প্রমাণ তাপমাত্রা বলতে কী বোঝায়?
- ৯। প্রমাণ চাপ বলতে কী বোঝায়? [চ. বো. ২০১৫; চ. বো. ২০১৬; অভিন্ন প্রশ্ন (ক সেট) ২০১৮]
- ১০। প্রমাণ চাপ নির্ণয়ে বিশুদ্ধ পারদ স্তুতের প্রয়োজনীয়তা ব্যাখ্যা কর। [সি. বো. ২০১৭]
- ১১। আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, $pV = RT$
- ১২। একটি আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে $pV = nRT$ সম্পর্কটি বের কর।
- ১৩। এক মোলের সংজ্ঞা দাও। [চ. বো. ২০১৭]
- ১৪। সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক কাকে বলে? [কু. বো. ২০১৫]
- ১৫। মোলার গ্যাস ধ্রুবক R -কে সর্বজনীন বা বিশ্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক বলা হয় কেন?

- ১৬। একক চাপে কোনো আদৰ্শ গ্যাসের এক মোলের আয়তন বনাম পৱন তাপমাত্ৰার লেখচিত্ৰের ঢালকে কী নিৰ্দেশ কৰে। [চ. বো. ২০১৫]
- ১৭। গ্যাস ধ্ৰুবক K এবং সৰ্বজনীন গ্যাস ধ্ৰুবক R -এৰ মধ্যে পাৰ্থক্য কী?
- ১৮। একটি হাইড্ৰোজেন গ্যাস বেলুন ভূমি হতে নিৰ্দিষ্ট উচ্চতায় উঠাৰ পৱে ফেটে যায় কেন—ব্যাখ্যা কৰ।
[ৱা. বো. ২০১৯]
- ১৯। দুটি একই আয়তনেৰ বায়ুপূৰ্ণ বেলুন ভিন্ন তাপমাত্ৰায় রাখলে কী ঘটবে? ব্যাখ্যা কৰ। [ৱা. বো. ২০১৫]
- ২০। স্থিৰ তাপমাত্ৰায় একটি আদৰ্শ গ্যাসেৰ pV বনাম p গ্যাসেৰ প্ৰকৃতি কিৰণ ব্যাখ্যা কৰ। [ঘ. বো. ২০১৯]
- ২১। গ্যাসেৰ ক্ষেত্ৰে ঘনত্ব বনাম তাপমাত্ৰা লেখচিত্ৰেৰ প্ৰকৃতি কেমন হবে? [কু. বো. ২০১৬]
- ২২। গ্যাসেৰ ক্ষেত্ৰে ঘনত্ব বনাম চাপ লেখচিত্ৰেৰ প্ৰকৃতি কেমন হবে।
- ২৩। গ্যাসেৰ গতিতত্ত্বেৰ মৌলিক স্থীকাৰ্যগুলো কী কী বা মৌলিক স্থীকাৰ্যগুলো বৰ্ণনা কৰ।
- ২৪। গ্যাসেৰ গতিতত্ত্ব বৰ্ণনা কৰ।
- ২৫। গড় বৰ্গবেগ কাকে বলে?
- ২৬। মূল গড় বৰ্গবেগ কাকে বলে? [সি. বো. ২০১৭]
- ২৭। গ্যাস কণিকাৰ বেগ নিৰ্ণয়েৰ ক্ষেত্ৰে মূল গড় বৰ্গবেগ নেওয়া হয় কেন? [কু. বো. ২০১৫]
- ২৮। গ্যাসেৰ গতিতত্ত্ব বয়লেৰ সূচকে সমৰ্থন কৰে—ব্যাখ্যা কৰ। [দি. বো. ২০১৭]
- ২৯। গ্যাসেৰ গতিতত্ত্ব চাৰ্ল্সেৰ সূচকে সমৰ্থন কৰে—ব্যাখ্যা কৰ।
- ৩০। বোলজম্যান ধ্ৰুবক কাকে বলে?
- ৩১। বোলটজম্যান ধ্ৰুবক $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ বলতে কী বোৰায় ব্যাখ্যা কৰ। [ৱা. বো. ২০১৯]
- ৩২। গড়মুক্ত পথ কাকে বলে? [মাদ্রাসা বোর্ড ২০১৯]
- ৩৩। গ্যাস অণুৰ গড়মুক্ত পথ কি কি রাশিৰ ওপৱ নিৰ্ভৰ কৰে?
- ৩৪। গ্যাসেৰ ঘনত্ব বেশি হলে গড়মুক্ত পথ বেশি হয় কি? [ব. বো. ২০১৯]
- ৩৫। স্বাধীনতাৰ মাত্ৰা কাকে বলে? [ৱা. বো. ২০১৭; ঢ. বো. ২০১৯]
- ৩৬। শক্তিৰ সমবিভাজন নীতি বিবৃত ও ব্যাখ্যা কৰ।
- ৩৭। সম্পৃক্ত বাস্পচাপ কাকে বলে? [দি. বো. ২০১৬; চ. বো. ২০১৯]
- ৩৮। অসম্পৃক্ত বাস্পচাপ কাকে বলে?
- ৩৯। বাস্প ও গ্যাসেৰ দুটি পাৰ্থক্য বিবৃত কৰ। [চ. বো. ২০১৬]
- ৪০। জলীয় বাস্পেৰ চাপ ও বায়ু চাপেৰ মধ্যে সম্পৰ্ক নিৰ্ণয় কৰ।
- ৪১। পৱন শূন্য তাপমাত্ৰায় গ্যাস অণুৰ বেগ শূন্য হওয়াৰ কাৰণ কী? ব্যাখ্যা কৰ। [অভিন্ন প্ৰশ্ন (খ সেট) ২০১৮]
- ৪২। গ্যাসেৰ গতিতত্ত্ব অনুসাৱে 0 K গ্যাসেৰ গতিশক্তি কত হবে?
- ৪৩। একই তাপমাত্ৰায় ভিন্ন ভিন্ন এক মোল গ্যাসেৰ ক্ষেত্ৰে গড় গতিশক্তি ধ্ৰুবক থাকে—ব্যাখ্যা কৰ। [ৱা. বো. ২০১৭]
- ৪৪। পৱন আৰ্দ্ধতা কাকে বলে? [ব. বো. ২০১৫, ২০১৭; অভিন্ন প্ৰশ্ন (খ সেট) ২০১৮]
- ৪৫। শিশিৱাঙ্ক কাকে বলে? [ৱা. বো. ২০১৫, ২০১৭; কু. বো. ২০১৯; ব. বো. ২০১৯]
- ৪৬। আপেক্ষিক আৰ্দ্ধতা কাকে বলে? [ৱা. বো. ২০১৬; কু. বো. ২০১৭; চ. বো. ২০১৭]
- ৪৭। একটি ঘৰেৰ পৱন আৰ্দ্ধতা 2 kg m^{-3} এৰ অৰ্থ কী?
- ৪৮। বায়ুৰ তাপমাত্ৰা 30°C এবং শিশিৱাঙ্ক 18°C বলতে কী বোৰায়? [ঢ. বো. ২০১৯]
- ৪৯। কোনো স্থানেৰ বায়ু সম্পূৰ্ণ শুক হলে শিশিৱাঙ্ক কত হবে?
- ৫০। কোনো স্থানেৰ বায়ু সম্পূৰ্ণ শুক হলে শিশিৱাঙ্ক কত হবে?
- ৫১। পৱন আৰ্দ্ধতা বৃদ্ধিৰ সাথে গ্যাসেৰ অণুৰ গড় বৰ্গবেগ ও বৃদ্ধি পায়—ব্যাখ্যা কৰ। [ৱা. বো. ২০১৬]
- ৫২। পৱন আৰ্দ্ধতা ও আপেক্ষিক আৰ্দ্ধতাৰ মধ্যে কোনটি অধিক শুকহৃপূৰ্ণ ব্যাখ্যা কৰ। [কু. বো. ২০১৯]
- ৫৩। শীতকাল অপেক্ষা বৰ্ষাকালে কাপড় দেৱিতে শুকায়—ব্যাখ্যা কৰ। [অভিন্ন প্ৰশ্ন (ক সেট) ২০১৮]
- ৫৪। আকাশ মেঘলা থাকলে শিশিৰ পড়ে না কেন? [মাদ্রাসা বোর্ড ২০১৯]
- ৫৫। বড়ি শ্ৰেণি ব্যবহাৱেৰ সময় ঠাণ্ডা অনুভূত হয় কেন? ব্যাখ্যা কৰ। [দি. বো. ২০১৯]

ঘ-বিভাগ : গাণিতিক সমস্যা

সেট I

[সাধারণ সমস্যাবলি]

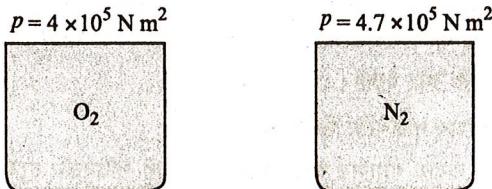
- ১। স্থির উষ্ণতায় কত চাপ প্রয়োগ করলে একটি গ্যাসের আয়তন এর প্রমাণ চাপের আয়তনের ৪ গুণ হবে ?
[উ: $2.5 \times 10^4 \text{ Pa}$] [ব. বো. ২০০৮]
- ২। 600 mm Hg চাপে 19.0 m^3 আয়তনের আদর্শ গ্যাসের তাপমাত্রা কত হবে ? যদি একই গ্যাস 27°C তাপমাত্রায় এবং 760 mm Hg চাপে 12.0 m^3 আয়তন দখল করে।
[উ: 102°C]
- ৩। 0.64 m পারদস্ত চাপে এবং 39°C তাপমাত্রায় কোনো গ্যাসের আয়তন $5.7 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ । প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন কত ?
[উ: $4.2 \times 10^{-4} \text{ m}^3$] [য. বো. ২০০১]
- ৪। প্রমাণ চাপে ও 27°C তাপমাত্রায় 32 g অঙ্কিজেনের আয়তন বের কর।
[উ: $2.46 \times 10^{-2} \text{ m}^3$]
[কু. বো. ২০০৮; সি. বো. ২০০৬]
- ৫। একটি ফ্লাক্সে 30°C তাপমাত্রা এবং 1 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে কিছু বাতাস আবদ্ধ আছে। এখন ফ্লাক্সের মুখ ছিপি দিয়ে আটকিয়ে একে উন্মত্ত করা শুরু হলো। ছিপিটি খুলতে যদি 4 বায়ুমণ্ডলীয় চাপের প্রয়োজন হয় তবে কত তাপমাত্রা পর্যন্ত একে উন্মত্ত করলে ছিপিটি খুলে যাবে ?
[উ: 939°C]
- ৬। 300°C তাপমাত্রায় 40 m^3 আয়তনের কোনো পাত্রে 4 মোল গ্যাস রাখলে যদি $9.00 \times 10^4 \text{ Pa}$ চাপ দেয় তাহলে 600°C তাপমাত্রায় 100 m^3 আয়তনের পাত্রে আবদ্ধ 200 মোল গ্যাস কী পরিমাণ চাপ দেবে ?
[উ: $274.24 \times 10^4 \text{ Pa}$]
- ৭। কোনো হৃদের তলদেশ থেকে পৃষ্ঠে আসার ফলে একটি বাতাসের বুদবুদের আয়তন তিনগুণ হয়। হৃদের পৃষ্ঠে বায়ুমণ্ডলের চাপ 10^5 N m^{-2} হলে হৃদের গভীরতা কত ?
[উ: 20.41 m] [কু. বো. ২০০৫; ব. বো. ২০০৭;
দি. বো. ২০১১]
- ৮। কোনো হৃদের তলদেশ থেকে পৃষ্ঠে আসার ফলে একটি বাতাসের বুদবুদের আয়তন দ্বিগুণ হয়। হৃদের পৃষ্ঠে বায়ুমণ্ডলের চাপ 10^5 N m^{-2} হলে হৃদের গভীরতা কত ?
[উ: 10.2 m] [বুয়েট ১৯৯৯-২০০০; সি. বো. ২০০৩]
- ৯। কোনো হৃদের তলদেশ থেকে পৃষ্ঠে আসার ফলে একটি বাতাসের বুদবুদের ব্যাস তিনগুণ হয়ে যায়। ব্যারোমিটারে পারদস্তের উচ্চতা 75 cm হলে হৃদের গভীরতা কত ? [পারদের ঘনত্ব 13596 kg m^{-3}]
[উ: 265.12 m]
[চ. বো. ২০১০]
- ১০। কোনো হৃদের তলদেশ হতে একটি বায়ু বুদবুদের আয়তন তার পৃষ্ঠে ওঠার পর বেড়ে 10 গুণ হয়। হৃদের পৃষ্ঠে বায়ুমণ্ডলের চাপ 76 cm পারদস্ত হলে হৃদটির গভীরতা কত ? পারদের ঘনত্ব $13.6 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ ।
[উ: 93.024 m] [কুয়েট ২০০৮-২০০৫; সি. বো. ২০০৭]
- ১১। কোনো হৃদের তলদেশ থেকে পানির উপরিতলে আসায় একটি বায়ু বুদবুদের আয়তন 7 গুণ হয়। বায়ুমণ্ডলের চাপ 10^6 N m^{-2} , হৃদের গভীরতা কত ?
[উ: 612.25 m] [ব. বো. ২০০৯]
- ১২। 27°C তাপমাত্রায় প্রতি গ্রাম অণু হিলিয়াম গ্যাসের গতি শক্তি নির্ণয় কর।
[উ: 3739.5 J] [চ. বো. ২০০৩;
কু. বো. ২০১০]
- ১৩। STP-তে কোন গ্যাসের অণুগুলোর গড় বর্গবেগের বর্গমূল নির্ণয় কর। STP-তে এ গ্যাসের ঘনত্ব 1.4 kg m^{-3} ।
[উ: 465.91 m s^{-1}] [চ. বো. ২০০১]
- ১৪। 27°C তাপমাত্রায় 4 g অঙ্কিজেন গ্যাসের মোট গতিশক্তি গত ?
[উ: 467.14 J] [রা. বো. ২০১৫]
- ১৫। প্রমাণ তাপমাত্রায় ও চাপে নাইট্রোজেনের ঘনত্ব 1.25 kg m^{-3} । অণুগুলোর মূল গড় বর্গবেগ বের কর।
[উ: 493.1 m s^{-1}] [চ. বো. ২০০৮; কু. বো. ২০১৫; চ. বো. ২০১৩, ২০১৪]

- ১৬। প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে অক্সিজেন গ্যাসের অগুণলোর গড় বর্গবেগের বর্গমূল নির্ণয় কর। প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে অক্সিজেনের ঘনত্ব $= 1.43 \text{ kg m}^{-3}$ । [উ: 461 m s^{-1}] [ঢ. বো. ২০০৫; ব. বো. ২০০৮; দি. বো. ২০১০]
- ১৭। হিল চাপে কোন তাপমাত্রায় কোনো গ্যাসের অনুর মূল গড় বর্গবেগ প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রার মূল গড় বর্গবেগের অর্ধেক হবে। [উ: 68.25 K] [ঘ. বো. ২০০৩; সি. বো. ২০১১]
- ১৮। কোনো এক দিন বায়ুর তাপমাত্রা 30°C এবং শিশিরাঙ্ক 22°C হলে আপেক্ষিক অর্দ্রতা নির্ণয় কর। 30°C এবং 22°C -এ সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 31.83 এবং 19.83 mm পারদ চাপ। [উ: 62.3%]
- ১৯। একটি নির্দিষ্ট দিনে যখন বায়ুর উষ্ণতা 17.5°C তখন শিশিরাঙ্ক দেখা গেল 14°C । আপেক্ষিক অর্দ্রতা নির্ণয় কর। সর্বোচ্চ জলীয়বাষ্প চাপ 14°C -এ 1.199 cm (পারদের) 17°C -এ 1.44 cm (পারদের) এবং 18°C -এ 1.55 cm (পারদের)। [উ: 80.2%]
- ২০। কোনো একদিন বায়ুর তাপমাত্রা 26°C এবং শিশিরাঙ্ক 20.4°C । আপেক্ষিক অর্দ্রতা নির্ণয় কর। 20°C , 22°C এবং 26°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 17.54 , 19.83 এবং 25.21 mm পারদ চাপ। [উ: 71.39%] [ঘ. বো. ২০১২, ২০০৯; চ. বো. ২০০৬; ব. বো. ২০১০, ২০০৩; সি. বো. ২০০৮]]
- ২১। কোনো একদিন শিশিরাঙ্ক 7.5°C এবং বায়ুর তাপমাত্রা 18.5°C । আপেক্ষিক অর্দ্রতা নির্ণয় কর। 7°C , 8°C , 18°C এবং 19°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্প চাপ যথাক্রমে 7.53×10^{-3} , 8.05×10^{-3} , 15.48×10^{-3} এবং $16.46 \times 10^{-3} \text{ m}$ পারদ। [উ: 48.78%] [ব. বো. ২০০৬; সি. বো. ২০০৬]
- ২২। নির্দিষ্ট কোনো এক দিনের শিশিরাঙ্ক 8.5°C এবং বায়ুর তাপমাত্রা 18.4°C । আপেক্ষিক অর্দ্রতা নির্ণয় কর। (8°C , 9°C , 18°C , 19°C তাপমাত্রায় সর্বাধিক বাষ্পচাপ যথাক্রমে 8.04 , 8.61 , 15.46 এবং 16.46 cm পারদ)। [উ: 52.5%] [রা. বো. ২০০৬]
- ২৩। কোনো একদিন শিশিরাঙ্ক 7.6°C ও বায়ুর তাপমাত্রা 16°C । আপেক্ষিক অর্দ্রতা নির্ণয় কর। 7°C , 8°C এবং 16°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ যথাক্রমে $7.5 \times 10^{-3} \text{ m}$, $8 \times 10^{-3} \text{ m}$ এবং $13.5 \times 10^{-3} \text{ m}$ পারদ। [উ: 57.78%]
- ২৪। বায়ুর তাপমাত্রা 30°C এবং আপেক্ষিক অর্দ্রতা 60% হলে বায়ুর জলীয় বাষ্পের চাপ কত? 30°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পচাপ $31.70 \times 10^{-3} \text{ m Hg P}$ । [উ: $19.02 \times 10^{-3} \text{ m Hg P}$] [ঘ. বো. ২০০২]
- ২৫। কোনো এক স্থানের তাপমাত্রা 32°C এবং আপেক্ষিক অর্দ্রতা 50% হলে ঐ স্থানের শিশিরাঙ্ক কত? [20.25°C এবং 32°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 17.83 mm এবং 35.66 mm পারদ।] [উ: 20.25°C]
- ২৬। কোনো একদিন সিঙ্ক ও শুষ্ক বাল্ব অর্দ্রতামাপক যন্ত্রের শুষ্ক বাল্বের পাঠ 30°C এবং সিঙ্ক বাল্বের পাঠ 28°C । আপেক্ষিক অর্দ্রতা নির্ণয় কর। 30°C -এ গ্লেসিয়ারের উৎপাদক 1.65 এবং 26°C , 28°C , 30°C তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয়বাষ্প চাপ যথাক্রমে $25.25 \times 10^{-3} \text{ m}$, $28.45 \times 10^{-3} \text{ m}$ এবং $31.85 \times 10^{-3} \text{ m}$ পারদ চাপ। [উ: 82.79%] [ঢ. বো. ২০১১; রা. বো. ২০০০]
- ২৭। একটি শুষ্ক ও অর্দ্র বাল্ব হাইগ্রোমিটারে শুষ্ক ও অর্দ্র বাল্বের তাপমাত্রা যথাক্রমে 20°C এবং 12°C হলে শিশিরাঙ্ক ও বায়ুর আপেক্ষিক অর্দ্রতা নির্ণয় কর। (20°C তাপমাত্রায় গ্লেসিয়ারের উৎপাদক 1.79 এবং 20°C ও 5.68°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের সর্বোচ্চ চাপ যথাক্রমে 17.6 mm Hg P এবং 6.856 mm Hg P)। [উ: 5.68°C ও 38.95%] [ঢ. বো. ২০০৯]

সেট II

[সাম্প্রতিক বোর্ড পরীক্ষা ও বিভিন্ন বিশ্ববিদ্যালয়ের ভর্তি পরীক্ষায় সন্মিলিত সমস্যাবলি]

- ২৮। 3 m^3 আয়তনের দুটি অভিন্ন পাত্র A ও B । A -পাত্রে O_2 এবং B পাত্রে N_2 গ্যাস নিয়ে চিত্রে প্রদর্শিত চাপ পাওয়া গেল।

(ক) A -পাত্রে গ্যাসের গতিশক্তি নির্ণয় কর।(খ) A ও B পাত্রের মধ্যে কোনটি বেশি উচ্চ হবে? গণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার মতামত প্রদান কর।[উ: (ক) 1.8 J ; (খ) B পাত্র বেশি উচ্চ হবে।] [য. বো. ২০১৬]

- ২৯। একজন আবহাওয়াবিদ দৈনিক প্রতিবেদন তৈরির জন্য কোনো একদিন ঢাকা ও রাজশাহীতে স্থাপিত দুটি সিন্ক ও শুষ্ক বাত্তা অর্দ্রতামাপক যন্ত্রের মাধ্যমে নিচের উপাত্তগুলো সংগ্রহ করলেন।

স্থান	শুষ্ক বাত্তা ধার্মো, পাঠ	সিন্ক বাত্তা, ধার্মো, পাঠ	বাহর তাপমাত্রায় প্রোসিয়ারের উৎপাদক
ঢাকা	$28.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$20.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$	1.664
রাজশাহী	$32.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$22 \text{ }^{\circ}\text{C}$	1.625

[$14 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $16 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $28 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $32 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $34 \text{ }^{\circ}\text{C}$, তাপমাত্রায় সম্পৃক্ত জলীয়বাল্প চাপ যথাক্রমে 11.99 , 13.63 , 28.35 , 31.83 , 35.66 এবং 39.90 mm Hg]

(ক) ঐ দিনে ঢাকার শিশিরাঙ্ক কত ছিল?

(খ) উপরিউক্ত তথ্যমতে কোন ব্যক্তি কোথায় অধিকতর স্বষ্টি বোধ করবেন? গণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর।

[উ: (ক) $14.29 \text{ }^{\circ}\text{C}$;(খ) ঢাকায় আপেক্ষিক অর্দ্রতা 41.6% এবং রাজশাহীর আপেক্ষিক অর্দ্রতা 35.86% আপেক্ষিক অর্দ্রতা 60% এর উপর যত বেশি হবে আমরা তত অস্থিরোধ করব। আবার 50% এর চেয়ে যত কম হবে আমরা তত বেশি অস্থিরোধ করব। যদিও রাজশাহী ও ঢাকা উভয় স্থানের আপেক্ষিক অর্দ্রতা স্বষ্টির সীমার নিচে কিন্তু রাজশাহীর আপেক্ষিক অর্দ্রতা ঢাকার চেয়েও কম হওয়ায় রাজশাহীতেই কোনো ব্যক্তি অনেক বেশি অস্থিরোধ করবেন।] [চ. বো. ২০১৭]

৩০। স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপে 1 mole করে দুটি গ্যাস একই আয়তনের ছিপিযুক্ত দুটি পাত্রে রাখিত আছে। গ্যাস দুটির আণবিক ভর যথাক্রমে 2 g ও 32 g । পাত্র দুটির মুখের ছপি একই সাথে খুলে দেয়া হলো।

[অ্যাতোগেড্রোর সংখ্যা $= 6.022 \times 10^{23}$ এবং $R = 8.31 \text{ joule mole}^{-1} \text{ K}^{-1}$]

(ক) দ্বিতীয় পাত্রের গ্যাসের গড় গতি শক্তি হিসাব কর।

(খ) পাত্ৰ দুটি একই সাথে খালি হতে হলে দ্বিতীয় পাত্ৰের তাপমাত্ৰার কিৱৰ্পণ পরিবৰ্তন হবে—গাণিতিক বিশ্লেষণ এৰ
সাহায্যে লিখ। [উ: (ক) 5.65×10^{-21} J; (খ) দ্বিতীয় পাত্ৰের তাপমাত্ৰা 4095 K বৃদ্ধি কৰতে হবে।]

[বি. বো. ২০১৫]

- ৩১। একটি গ্যাস সিলিন্ডাৰেৰ আয়তন 1.5 m^3 । সিলিন্ডাৰটিতে 27°C তাপমাত্ৰায় কোনো গ্যাসেৰ 30×10^{25} টি অণু
আৰক্ষ আছে। গ্যাস অণুৰ ব্যাস $25 \times 10^{-10} \text{ m}$ । পৰিবৰ্ত্তিতে উক্ত গ্যাসপূৰ্ণ সিলিন্ডাৰটি সমআয়তনেৰ অপৰ একটি
খালি সিলিন্ডাৰেৰ সাথে যুক্ত কৰা হলো।

(ক) সিলিন্ডাৰ আৰক্ষ গ্যাসেৰ গতিশক্তি নিৰ্ণয় কৰ।

(খ) খালি সিলিন্ডাৰ যুক্ত কৰায় গ্যাসেৰ অণুৰ গড় যুক্তপথেৰ পৰিবৰ্তন হবে কিনা গাণিতিক বিশ্লেষণপূৰ্বক মতামত
দাও।

[উ: (ক) 1.86×10^6 J; (খ) খালি সিলিন্ডাৰেৰ সাথে যুক্ত কৰায় গ্যাস অণুৰ গড় যুক্ত পথ দ্বিগুণ হবে।]

[দি. বো. ২০১৭]

- ৩২।

$$\begin{aligned} P_x &= 4 \times 10^5 \text{ N m}^{-2} \\ V_x &= 4 \text{ litre} \\ T_x &= 600 \text{ K} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_y &= 8 \times 10^5 \text{ N m}^{-2} \\ V_y &= 8 \text{ litre} \\ T_y &= 650 \text{ K} \end{aligned}$$

চিত্ৰে X ও Y সিলিন্ডাৰে কিছু গ্যাস আছে। যাদেৱ ঘনত্ব (ρ) kg/m^3 এবং তৰ সমান।

(ক) X ও Y সিলিন্ডাৰেৰ গ্যাসেৰ গড় বৰ্গমূল বেগেৰ তুলনা কৰ।

(খ) X ও Y-পাত্ৰ দুটিকে একটি নল দ্বাৰা যুক্ত কৰা হলে গ্যাসেৰ অণুগুলো X পাত্ৰ হতে Y-পাত্ৰে যাবে কি? তোমৰ
উত্তৱেৰ সপক্ষে যুক্তি দাও।

[উ: (ক) $\sqrt{C_x} : \sqrt{C_y} = 1 : \sqrt{2}$; (খ) এখন পাত্ৰ দুটি নল দ্বাৰা যুক্ত কৰলে চাপেৰ পাৰ্থক্যজনিত কাৱণে
গ্যাসেৰ আদান-প্ৰদান হবে। যেহেতু X-পাত্ৰে চাপ কম তাই X-পাত্ৰ থেকে Y-পাত্ৰে গ্যাস সঞ্চালিত হবে না। বৱং
গ্যাস Y-পাত্ৰ থেকে X-পাত্ৰে যাবে।]

[দি. বো. ২০১৭]

- ৩৩। বিজ্ঞানেৰ ছাত্ৰী জ্যোতি অৰ্দ্ধতা মাপক যন্ত্ৰেৰ সাহায্যে দুপুৱেৰ তাপমাত্ৰা পেল 32°C । এ দিনেৰ শিশিৰাঙ্ক 10°C
জেনে সে আপেক্ষিক অৰ্দ্ধতা পেল 75% । আবাৰ ঐ দিন সন্ধিয়ায় বায়ুৰ তাপমাত্ৰা দেখতে পেল 20°C । (10°C
তাপমাত্ৰার সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ $9.22 \times 10^{-3} \text{ m Hg}$, 20°C -এ সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ $17.54 \times 10^{-3} \text{ m Hg}$.)

(ক) উদীপকেৰ আলোকে দুপুৱেৰ বায়ুৰ তাপমাত্ৰায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পেৰ চাপ বেৰ কৰ।

(খ) জ্যোতিৰ মনে হলো দুপুৱেৰ তুলনায় সন্ধিয়ায় তাড়াতাড়ি ঘাম শুকাচ্ছে—উদীপকেৰ আলোকে গাণিতিকভাৱে
মতামত বিশ্লেষণ কৰ।

[উ: (ক) $12.29 \times 10^{-3} \text{ m Hg P}$; (খ) দুপুৱেৰ বায়ুৰ আপেক্ষিক অৰ্দ্ধতা $= 75\%$ এবং সন্ধিয়ায় বায়ুৰ আপেক্ষিক
অৰ্দ্ধতা $= 52.57\%$ । $52.57\% < 75\%$ অৰ্থাৎ সন্ধিয়ায় বায়ুৰ আপেক্ষিক অৰ্দ্ধতা দুপুৱেৰ বায়ুৰ চেয়ে কম হওয়ায়
ঘাম তাড়াতাড়ি শুকাবে। সুতৰাং জ্যোতিৰ মনে হওয়া সঠিক ছিল।]

[সি. বো. ২০১৬]

- ৩৪। কোনো একদিন ল্যাবৱেটৱিতে সিক্ত ও শুক্ষ বাল্ব অৰ্দ্ধতা মাপক যন্ত্ৰেৰ শুক্ষ বাল্বেৰ পাঠ 30°C এবং সিক্ত ভাল্বেৰ পাঠ
 28°C পাওয়া গেল। তিনি তিনি তাপমাত্ৰায় সম্পূৰ্ণ জলীয় বাষ্পচাপ ও গ্ৰেইসারেৰ উৎপাদকেৰ মান নিচেৰ সাৱণ-১ এ
প্ৰদত্ত হলো :

তাপমাত্রা	সম্মূক্ত জলীয় বাষ্প চাপ (mHg)	গ্লোইসারের উৎপাদক
26°C	25.21×10^{-3}	1.69
28°C	28.35×10^{-3}	1.67
29°C	29.93×10^{-3}	1.66
30°C	31.83×10^{-3}	1.65

(ক) ল্যাবরেটরিতে ঐ দিন আপেক্ষিক আর্দ্রতা কত ছিল নির্ণয় কর।

(খ) যদি ঐ দিন তাপমাত্রা হঠাৎ 1°C হ্রাস পায় তবে শিশিরাঙ্কের পরিবর্তন কীরণ হবে তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

[উ: (ক) 82.65%; (খ) তাপমাত্রা হঠাৎ 1°C হ্রাস পেলে শিশিরাঙ্ক পাওয়া যাবে 27.34°C

অর্থাৎ শিশিরাঙ্ক 0.64°C বৃদ্ধি পাবে।]

[চ. বো. ২০১৭]

৩৫। একটি সিলিন্ডারের 127°C তাপমাত্রা ও 72 cm পারদ চাপে ও 3 gm হিলিয়াম গ্যাস রাখা হয়েছে। একই পরিমাণ হিলিয়াম গ্যাস অপর একটি সিলিন্ডারে STP তে রাখা হলো।

(ক) প্রথম সিলিন্ডারে গ্যাসের আয়তন হিসাব কর।

(খ) সিলিন্ডার দুটিতে গ্যাসের গতিশক্তি নির্ণয়পূর্বক তাপমাত্রা তুলনা করে ফলাফল বিশ্লেষণ কর।

[উ: (ক) $2.6 \times 10^{-2} \text{ m}^3$; (খ) প্রথম গ্যাসের গতিশক্তি, $E_1 = 3.74 \times 10^3 \text{ J}$ এবং দ্বিতীয় গ্যাসের গতিশক্তি $E_2 = 2.55 \times 10^3 \text{ J}$ অর্থাৎ $T_1 > T_2$ হওয়ায় $E_1 > E_2$ প্রথম সিলিন্ডারের গ্যাসের তাপমাত্রা দ্বিতীয় সিলিন্ডারের গ্যাসের তাপমাত্রার চেয়ে বেশি হওয়ায় প্রথম সিলিন্ডারের গ্যাসের গতিশক্তি দ্বিতীয় সিলিন্ডারের গ্যাসের গতিশক্তির চেয়ে বেশি।]

[চ. বো. ২০১৭]

৩৬। কোনো ঘরের তাপমাত্রা 32°C শিশিরাঙ্ক 14°C এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতা 48% । ঐ সময় ঘরের বাইরে তাপমাত্রা 11°C ও আপেক্ষিক আর্দ্রতা 70% । 32°C ও 11°C তাপমাত্রায় সম্মূক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 33.6 mmHg ও 9.8 mmHg । 30°C - এ গ্লোইসারের ধ্রুবক 1.63 ।

(ক) ঐ ঘরে বুলানো আর্দ্র ও শুক্র বাল্ব হাইগ্রোমিটারে আর্দ্র বাল্ব থার্মোমিটার কত পাঠ দেখাবে?

(খ) যদি ঘরের একটি জানালা খুলে দেওয়া হয় তাহলে জলীয় বাষ্প কোন দিকে চলাচল করবে—গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মন্তব্য কর।

[উ: (ক) 20.96°C ; (খ) ঘরের মধ্যে জলীয় বাষ্পচাপ $f_1 = 16.128\text{ mm Hg}$ এবং ঘরের বাইরে জলীয় বাষ্প চাপ $f_2 = 6.86\text{ mm Hg}$ । যেহেতু $f_1 > f_2$. . . জলীয় বাষ্প ঘরের ভিতর থেকে বাইরে আসবে।]

[সি. বো. ২০১৭]

৩৭। পদার্থবিজ্ঞান ল্যাবে একদল ছাত্র লক্ষ্য করল বিশুদ্ধ পানিপূর্ণ পাত্রে বায়ু বুদবুদ তলদেশ থেকে পৃষ্ঠদেশে আসার ফলে আয়তন 1.1 গুণ হয়। পরীক্ষার এক পর্যায়ে একজন ছাত্র পানিতে অন্য একটি তরল মিশ্রিত করায় পানির ঘনত্ব বেড়ে দ্বিগুণ হয়ে যায়। (বায়ুমণ্ডলের চাপ 10^5 N m^{-2})।

(ক) পানির তাপমাত্রা ধ্রুব থাকলে পাত্রটির উচ্চতা কত?

(খ) তরল মিশ্রিত করার পর পৃষ্ঠদেশে আসা বুদবুদগুলোর আয়তনের কোনোরূপ পরিবর্তন হবে কি-না গাণিতিক বিশ্লেষণপূর্বক মতামত দাও।

[উ: (ক) 1.02 m ; (খ) পানিতে তরল মিশ্রিত করায় বুদবুদগুলোর আয়তন 1.2 গুণ বৃদ্ধি পাবে।] [ব. বো. ২০১৭]

৩৮।

স্থান	শুষ্ক বাল্ব থার্মোমিটার পাঠ	সিঙ্ক বাল্ব থার্মোমিটার পাঠ
কুমিল্লা	20 °C	12 °C

স্থান	বায়ুর তাপমাত্রা	শিশিরাঙ্ক
খুলনা	20 °C	8.5 °C

তাপমাত্রা	সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প চাপ
5.68 °C	6.856×10^{-3} m HgP
8 °C	8.04×10^{-3} m HgP
9 °C	8.61×10^{-3} m HgP
20 °C	17.6×10^{-3} m HgP

(ক) কুমিল্লায় শিশিরাঙ্ক কত ? (20 °C তাপমাত্রায় $G = 1.79$)

(খ) উদ্দীপকের আলোকে কোন স্থানটি অধিক আর্দ্র থাকবে ? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে মতামত দাও।

[উ: (ক) 5.68 °C; (খ) কুমিল্লায় আপেক্ষিক আর্দ্রতা 38.95% এবং খুলনায় আপেক্ষিক আর্দ্রতা 47.30% সুতরাং খুলনা (বেশি আর্দ্র থাকবে)।] [অভিন্ন প্রশ্ন (খ সেট) ২০১৮]

৩৯। একটি পুরুরের পানির গভীরতা 6 m। বায়ুগুলের তাপমাত্রা 27°C এবং পানির মধ্যে উহা প্রতি মিটার গভীরতার জন্য 0.5° C কমে। পানির ঘনত্বের পরিবর্তন উপেক্ষা করে পুরুরের তলদেশে উৎপন্ন একটি মার্শ গ্যাসের বুদ্বুদ পুরুরের উপরিতলে পৌঁছার অবস্থায় উহার আয়তনের পরিবর্তনের শতকরা হার নির্ণয় কর। [উ: 59.5%)]

[কুয়েট ২০০৫-২০০৬; বুয়েট ২০০৫-২০০৬]

৪০। 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 ? [সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক = $8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ অ্যাভোগেজ্ড্রোর সংখ্যা = $6.022 \times 10^{23} \text{ molecule mole}^{-1}$] [উ: (i) 3.0115×10^{22} টি (ii) $6.213 \times 10^{-21} \text{ J / molecule}$]

[বুয়েট ২০০২-২০০৩]

৪১। একটি সিলিন্ডারে রাস্ফীত অক্সিজেন গ্যাসের আয়তন $1 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ । তাপমাত্রা 300 K এবং চাপ $2.5 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$ । তাপমাত্রা স্থির রেখে কিছু অক্সিজেন ব্যবহার করা হলো। ফলে চাপ কমে $1.3 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$ হলো। ব্যবহৃত অক্সিজেনের ভর নির্ণয় কর। দেওয়া আছে, $R = 8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ । [উ: 29.62 g]

[চুয়েট ২০১৩-২০১৪; কুয়েট ২০০৩-২০০৪]

৪২। স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপে কিছু শুষ্ক বায়ু সংনমিত প্রক্রিয়ায় সংনমিত করে এবং আয়তন অর্ধেক করা হলো। চূড়ান্ত চাপ কত ? [উ: 202.65 kPa] [কুয়েট ২০১২-২০১৩]

৪৩। পানির উপরিতলে পানির ঘনত্ব $1.03 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ হলে 800 atm চাপ গভীরতায় পানির ঘনত্ব কত হবে ? [দেওয়া আছে, পানির সংনম্যতা = 45.8×10^{-8} , P_a^{-1} এবং 1 atm = $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$]

[উ: 1069.7 kg m^{-3}] [বুয়েট ২০১৬-২০১৭]

৪৪। অণুর ব্যাস 2 \AA ধরে 10^{-6} mm পারদ চাপবিশিষ্ট একটি গ্যাস চেম্বারের অণুর গড় মুক্ত পথ নির্ণয় কর। STP-তে এক গ্রাম গ্যাসের অণু 22.4 L আয়তন দখল করে। ধরে নাও, চেম্বারটির তাপমাত্রা 273 K [উ: 158.97 m]

[চুয়েট ২০১৫-২০১৬; বুয়েট ২০১৪-২০১৫]

- ৪৫। কোনো স্থানের বায়ুর তাপমাত্রা 26°C এবং আপেক্ষিক অর্দ্ধতা 70%। যদি সে স্থানের তাপমাত্রা কমে 18°C হয়, তবে বায়ুস্থিত জলীয় বাষ্পের কত অংশ ঘনীভূত হয়ে তরল পানি হবে? [26°C এবং 18°C -এ সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 25.21 mm এবং 15.48 mm পারদন্তরে সমান।] [উ: 12.2%]
[বুয়েট ২০১৭-২০১৮]
- ৪৬। প্রতি cm^3 এর অণুর সংখ্যা 1.5×10^{19} টি এবং অণুর পারমাণবিক ব্যাসার্ধ $= 2 \times 10^{-8} \text{ m}$ হলে, গড় মুক্ত পথ নির্ণয় কর। [উ: $8.75 \times 10^{-11} \text{ m}$] [বুয়েট ২০১৫-২০১৬]
- ৪৭। কত ডিপ্রি সেলসিয়াস তাপমাত্রায় অণুর মূল গড় বর্গ বেগ -100°C তাপমাত্রার হাইড্রোজেন অণুর মূল গড় বর্গ বেগের সমান হবে? [উ: 2495°C] [বুয়েট ২০১৭-২০১৮]
- ৪৮। একটি অক্সিজেন সিলিভার 250 atm চাপ সহ করতে পারে। সিলিভারটি 125 atm চাপ ও 27°C তাপমাত্রায় অক্সিজেন দিয়ে পূর্ণ করা হলো। গ্যাসের কত তাপমাত্রায় সিলিভারটি বিস্ফোরিত হবে? [উ: 327°C]
[বুয়েট ২০০৯-২০১০]
- ৪৯। স্থির চাপে 6 লিটার আয়তনের কোনো গ্যাসকে 0°C থেকে 40°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করলে আয়তন 879 cm^3 বৃদ্ধি পায়। এই সকল মান হতে সেলসিয়াস ক্ষেত্রে পরমশূন্য তাপমাত্রার মান নির্ণয় কর। [উ: -273.44°C]
- ৫০। স্থির চাপে $4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ আয়তনের কোনো গ্যাসকে 0°C হতে 68.25°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করার ফলে এর আয়তন $1 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ বৃদ্ধি পেলে পরমশূন্য তাপমাত্রার মান কত? [উ: -273°C] [কু. বো. ২০০৬; চ. বো. ২০০৫]
- ৫১। সমআয়তনের পানি ও একটি তরল পদার্থের ভর যথাক্রমে 0.3 kg ও 0.2 kg । তাদের একই ক্যালরিমিটারে পর পর রেখে 50°C থেকে 30°C -এ শীতল করতে যথাক্রমে 600 s এবং 300 s সময় লাগে। ক্যালরিমিটারের তাপ ধারকত 42 J K^{-1} হলে তরলের আপেক্ষিক তাপ কত? [উ: $3045 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$]
[চুয়েট ২০০৮-২০০৫; কু. বো. '০১]
- ৫২। সমআয়তন পানি ও একটি তরল পদার্থের ভর যথাক্রমে 0.5 kg এবং 0.4 kg । তাদের একই ক্যালরিমিটারে পরপর রেখে 60°C থেকে 40°C হতে যথাক্রমে 1000 s এবং 600 s সময় লাগে। ক্যালরিমিটারের ভর 200 g এবং তার উপাদানের আপেক্ষিক তাপ $380 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ হলে তরলের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় কর। পানির আপেক্ষিক তাপ $4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ । [উ: $3074 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$]
- ৫৩। একটি অক্সিজেন সিলিভারের আয়তন $5 \times 10^5 \text{ cm}^3$ 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? [উ: 1000 L] [চুয়েট ২০০৩-২০০৪]
- ৫৪। একটি 500 m^3 আয়তনের ঘরের বাতাসের তাপমাত্রা 37°C । এয়ারকুলার ব্যবহার করার জন্য বাতাসের তাপমাত্রা কমে 23°C হলো। যদি ঘরের বায়ু চাপ সমান থাকে তবে শতকরা কতভাগ বাতাস ঘরের মধ্যে আসবে/বাহির হয়ে যাবে? [উ: 4.5% বাতাস ভিতরে আসবে] [চুয়েট ২০০৪-২০০৫]
- ৫৫। একটি 300 m^3 আয়তনের কক্ষের বাতাসের তাপমাত্রা 27°C । এয়ারকুলার ব্যবহার করার জন্য বাতাসের তাপমাত্রা কমে 17°C হলো। যদি ঘরের বায়ুর চাপ সমান থাকে, তবে শতকরা কতভাগ বাতাস ঘরের মধ্যে আসবে/বাহির হয়ে যাবে? [উ: 3.45% বাতাস বেরিয়ে যাবে] [চুয়েট ২০১৫-২০১৬]
- ৫৬। 0° তাপমাত্রা এবং $1.0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ চাপে কার্বন-ডাই অক্সাইড গ্যাসের ঘনত্ব 1.98 kg/m^3 । সমচাপে 0°C ও 30°C তাপমাত্রায় উক্ত গ্যাসের অণুর মূল গড় বর্গ বেগ বের কর। [উ: 389.2 m s^{-1} , 410.01 m s^{-1}]
[বুয়েট ২০০৬-২০০৭]

- ৫৭। একটি বস্তুকে 80°C থেকে 64°C তাপমাত্রায় নামতে 5 মিনিট এবং 52°C তাপমাত্রায় নামতে 10 মিনিট সময় লাগে। পরিবেশের তাপমাত্রা কত? [উ: 16°C] [কুয়েট ২০১৫-২০১৬]
- ৫৮। যদি 0°C উষ্ণতার এবং 10^6 dyne/cm^2 চাপে 1 g হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন 11.2 litre হয় তবে মোলার ত্রুটক R -এর মান কত হবে? [উ: $8.205 \times 10^7 \text{ erg mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ বা, $8.205 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$] [কুয়েট ২০০৬-২০০৭]
- ৫৯। একজন ডুবুরি হুদের তলদেশে কাজ করার সময় 2 cm^3 আয়তনের বুদবুদ উপরের দিকে প্রবাহিত হচ্ছে। পানির উপরিতলে বুদবুদের আয়তন 4 cm^3 হয়; কিন্তু তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে। যদি বায়ুমণ্ডলীয় চাপ 10 m পানির চাপের সমান হয়, হুদের গভীরতা কত? [উ: 10 m] [রা. বি. ২০১৫-২০১৬]
- ৬০। স্থির চাপে কত তাপমাত্রায় কোনো গ্যাসের অগুর মূল গড় বর্গবেগ স্বাভাবিক চাপ ও তাপমাত্রার মূল গড় বর্গবেগের দ্বিগুণ হবে? [উ: 1092 K] [ই.বি ২০১৫-২০১৬; রা. বি. ২০১৬-২০১৭]
- ৬১। $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ হলে কত তাপমাত্রায় একটি পাত্রে হিলিয়াম গ্যাস অগুর গড় গতিশক্তি $6.21 \times 10^{-21} \text{ J}$ হবে? [উ: 300 K] [মেরিন একাডেমি ২০১৫-২০১৬]
- ৬২। 20 লিটার ধারণ ক্ষমতার একটি সিলিন্ডার হাইড্রোজেন দ্বারা পূর্ণ। হাইড্রোজেন গ্যাস অগুর মোট গতিশক্তি $1.5 \times 10^5 \text{ J}$ । সিলিন্ডারে হাইড্রোজেন গ্যাসের চাপ কত? [উ: $5 \times 10^6 \text{ N m}^{-2}$] [বুটেক্স ২০১৫-২০১৬]
- ৬৩। 27°C তাপমাত্রায় প্রতি প্রাম অণু হিলিয়াম গ্যাসের গতিশক্তি কত? [$R = 8.3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$] [উ: 3735 J mol^{-1}] [বে. রো. বি. ২০১৫-২০১৬]
- ৬৪। 29°C তাপমাত্রায় 3 g নাইট্রোজেন গ্যাসের মোট গতিশক্তি 403 J । কোন তাপমাত্রায় নাইট্রোজেন গ্যাসের মোট গতিশক্তি 1.5 গুণ হবে? [উ: 452.62 K] [রা. বি. ২০১৭-২০১৮]
- ৬৫। একজন ডুবুরি অক্সিজেন সিলিন্ডার ছাড়া 6 m গভীর পর্যন্ত পানির নিচে অনুসন্ধান চালাতে পারেন। পানির উপরিতলে A স্থানে 10^5 Pa চাপে গ্যাসপূর্ণ একটি বেলুনের আয়তন 10^{-3} m^3 । বেলুনটি পানিতে B স্থানে নিয়জিত করলে আয়তন হয় $5 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ । (পানির ঘনত্ব = 10^3 kg m^{-3} , অভিকর্ষজ ত্বরণ = 9.8 ms^{-2})
 (ক) বেলুনটির মধ্যে গ্যাসের গতিশক্তি নির্ণয় কর।
 (খ) ডুবুরি উদ্ধীপকের B স্থানে অক্সিজেন সিলিন্ডার ছাড়া অনুসন্ধান কার্য চালাতে পারবেন কি? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও।
 [উ: (ক) 150 J ; (খ) B স্থানের গভীরতা 10.2 m । সুতরাং B স্থানে ডুবুরি অক্সিজেন সিলিন্ডার ছাড়া অনুসন্ধান কার্য চালাতে পারবেন না।] [কৃ. বো. ২০১৯]