

Topic: 1: Basic Introduction:

→ to use thermal energy

তাপ: তাপ হচ্ছে এক প্রকার শক্তি যা আমাদের চারু বা  
বস্তুদের অনুভূতি জন্মায়।

Unit: Joule (J)  $[1 \text{ Cal} = 4.2 \text{ J}]$

- \* কোনো বস্তু যোগে অতিক্রমী শক্তি কতখানো  
পরিমাপ করা যায় বা, সূর্যমাত্র শক্তির পরিবর্তন  
পরিমাপ করা যায়।

$$E_T = E_P + E_K$$

$$\Delta E_T = \Delta E_P + \Delta E_K$$

সুতরাং, সূর্যমাত্র তাপশক্তির পরিবর্তন পরিমাপ করা  
যায়।

তাপমাত্রা (Temperature): তাপমাত্রা হচ্ছে কোনো বস্তু  
তাপীয় অবস্থা।

Unit  
T → কেলভিন  
θ → celcius

$$[\Delta T = \Delta \theta]$$

$$\begin{pmatrix} 10^\circ\text{C} \\ 20^\circ\text{C} \end{pmatrix} 10^\circ\text{C}$$

$$\begin{pmatrix} 283\text{K} \\ 293\text{K} \end{pmatrix} 10\text{K}$$

- \* তাপমাত্রা পার্থক্য কেলভিন এবং সেন্সিটিভ  
হলে একই।
- \* কোনো বস্তু তাপশক্তির পার্থক্য সূর্যমাত্র তাপমাত্রা  
পরিবর্তনের বা পার্থক্যের উপর নির্ভর করে।

## আপেক্ষিক তাপ (Specific heat): (৬):

কোনো বস্তুর একক ভরের তাপমাত্রা এক কেলভিন বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ তাপশক্তির প্রয়োজন হয় তাই বস্তু/উপাদানের আপেক্ষিক তাপ বলা হয়।

কোনো বস্তুর  $m$  ভরের তাপমাত্রা  $\Delta T$  K বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপ  $Q$   
 $\therefore$  কোনো বস্তুর 1 ভরের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপ  $\frac{Q}{\Delta T m}$

$$s = \frac{Q}{\Delta T m}$$

$$\text{Unit: } \frac{J}{kg K} = J kg^{-1} K^{-1}$$

$$Q = ms \Delta T$$

$$Q = ms \Delta \theta$$

2

$$\Delta Q = ms \Delta T$$

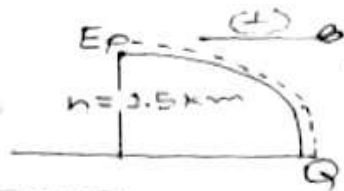
$$dQ = ms dT$$

\* যে কোন ক্ষতি হলেই তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। কিন্তু, তাপশক্তি হলেই অবশ্যই তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয় না।

# 1.5 km উচ্চতায় বিমিশ্রিত কোনো পাহাড়ি অর্ধ ২০ ক্রমাবর্ত পানি পাওয়া যায়। অর্ধরঞ্জিষ্ণের তাপমাত্রা অর্ধর পাদদেশের থেকে কতটা পানির আপেক্ষিক তাপ  $4200 J kg^{-1} K^{-1}$ ।

(i) অর্ধর ক্ষীর্ণ ও পাদদেশে পানির তাপমাত্রার পার্থক্য কত?

(ii) যদি অর্ধর ক্ষীর্ণের তাপমাত্রা  $15^\circ C$  হয় তবে অর্ধর পাদদেশে পানির তাপমাত্রা কত?



গাভির আটপেট্রিক তপ,  $S = 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

কর্তিয্যে,  $E_p = 0$

3

$$\Rightarrow mgh = mS\Delta T$$

$$\Rightarrow gh = S\Delta T$$

$$\Rightarrow \Delta T = \frac{gh}{S}$$

$$\Rightarrow \Delta T = \frac{9.8 \times 3500}{4200} \text{ K}$$

$$= 3.5 \text{ K (Ans.)}$$

(ii) ৩

$$\Delta T = \Delta \theta = 3.5^\circ \text{C}$$

যদি  $\theta_2 - \theta_1 = 3.5^\circ \text{C}$  হয় তবে  $\theta_2 = 11^\circ \text{C} + 3.5^\circ \text{C} = 14.5^\circ \text{C}$

$$\Rightarrow \theta_2 - 11^\circ \text{C} = 3.5^\circ \text{C}$$

$$\Rightarrow \theta_2 = 14.5^\circ \text{C (Ans.)}$$

— x —

# একটি গীর্জা নতিশীল বুলেট কোথাও বন্ধী প্রাপ্ত হলে এর তাপমাত্রা পায়ক 200 K হয়। যদি অন্য কোথাও এর কতিরি অপটম বা ঘটে তবে তরে বুলেটের বেগ নিশ্চয় হয়? [গীর্জা আটপেট্রিক তপ  $126 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ]

উ: কর্তিয্যে,  $E_k = 0$

$$\text{বা, } \frac{1}{2}mv^2 = mS\Delta T$$

$$\text{বা, } v^2 = 2S\Delta T$$

$$\text{বা, } v = \sqrt{2S\Delta T}$$

$$= \sqrt{2 \times 126 \times 200} \text{ m s}^{-1}$$

$$= 224.5 \text{ m s}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

# কোলোপাহাণী বসানো হলে তা পারিপাশ্বে তাপ বিকিরণের  
 70% তাপমাত্রিত রূপান্তরিত হয়। যদি বায়ুর পারিপাশ্বে  
 পারি তাপমাত্রার পার্থক্য 5K হয় তবে বায়ুর উষ্ণতা  
 নির্ণয় কর।

উ: সঠিকভাবে,

$$\frac{7}{10} Ep = Q$$

$$\Rightarrow \frac{7}{10} mgh = 5m\Delta T$$

$$\Rightarrow h = \frac{5\Delta T}{6.86}$$

$$\Rightarrow h = \frac{4200 \times 5}{6.86}$$

$$h = 3061.22m \text{ (Ans.)}$$

$$\begin{aligned} 70\% \\ = \frac{70}{100} = \frac{7}{10} \end{aligned}$$

$$\Delta T = 5K$$

পারি আণেত্রিক

$$\text{তাপ } 5 = 4200 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$$

9

ক) তাপরসাত্বিক সমতুল্যতা (Thermal equivalence)  
heat):

তাপরসাত্বিক সমতুল্যতা

$$1 \text{ Cal} = 4.2 \text{ Joule} \rightarrow \text{Mechanical Unit}$$

Biological unit

$$J = 4.2 \text{ Joule cal}^{-1}$$

$$W = JH$$

Joule

cal

# 4cal = কত Joule?

$$\text{উ: } W = JH$$

$$\text{স, } W = (4.2 \times 4) \text{ J cal}^{-1} \times \text{cal}$$

$$= 16.8 \text{ J}$$

(Ans.)

☐ তাপীয় সাম্যতা (Thermal equilibrium):

তাপমাত্রার পার্থক্য আছে এমন দুইটি বস্তুকে যোগাযোগে আনলে তাদের মধ্যকার তাপের আদান-প্রদান ঘটে। এই ঘটনা বস্তুদ্বয়ের তাপমাত্রা সমান না হওয়া পর্যন্ত ঘটে থাকে।

\* তাপমাত্রার এই পার্থক্যকে বলা হয় চালক শক্তি বা (Driving Force)

\* ঐ তাপমাত্রার বস্তু থেকে তাপ নিষ্কাশিত হওয়ার বস্তু দিকে ঘটে।

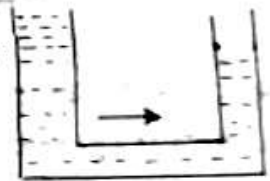
সমান তাপমাত্রায়,

5

স্থিতি তাপ = প্রতিস্থিতি তাপ

☐ Fluid flow → Driving force → Height difference  
direction → Higher to lower.

☐ Heat transfer → Driving force  
↓  
Temperature difference



☐ Electricity → Driving force → Potential difference  
(বিদ্যুৎ পার্থক্য)

\* পৃথিবীর ক্ষয় বস্তুই প্রবণতা হাতিয়ে প্রবাহিত হওয়ার যোগ্য/সুযোগে চলে। \*



## ৬ তাপমাত্রা বিদ্যার শূন্যতম সূত্র (Zeroth law of thermodynamics):

যদি দুইটি বস্তু তৃতীয় কোনো বস্তুর সাথে তপীয় সাম্যাবস্থায় থাকে, তবে প্রথমোক্ত বস্তু দুইটির মধ্যে সাথে তপীয় সাম্যাবস্থায় থাকে।



$$\begin{aligned} m_1 &= m_3 \\ m_2 &= m_3 \\ \therefore m_1 &= m_2 \end{aligned}$$

A B C → Thermometer

$$\begin{aligned} A\theta &= C\theta & B\theta &= C\theta \\ \hline A\theta &= B\theta \end{aligned}$$

\* তাপমাত্রাবিদ্যার শূন্যতম সূত্রে তৃতীয় বস্তুটি হল থার্মোমিটার। \*

## ৭ ঔষুতামিতিক পদার্থ (Thermometric Substance)

তাপমাত্রার পরিবর্তনে যে সামান্য বস্তুর বিভিন্ন বৈশিষ্ট্য পরিবর্তন প্রকৃতিগত হয় তাদেরকে ঔষুতামিতিক পদার্থ বলা হয়। যেমন:- পারদ, অ্যালকোহল, রঙাঙ্গ।

## ৮ ঔষুতামিতিক বৈশিষ্ট্য (Thermometric Property):

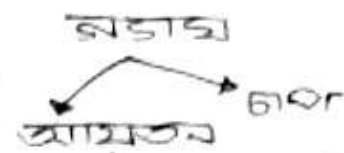
ঔষুতামিতিক পদার্থের যে বৈশিষ্ট্য বজরহর করে থার্মোমিটার তৈরী করা হয় তাকে ঔষুতামিতিক বৈশিষ্ট্য বলা হয়।

\* বিভিন্ন পদার্থে এই বৈশিষ্ট্য বিভিন্ন হয়।

পারদ  $\rightarrow$  উচ্চতা

আবলনকোহল  $\rightarrow$  উচ্চতা

বোঁর্ষি থার্মোমিটার  $\rightarrow$  বোঁর্ষি



কি দুইটি জিউর কিছু বজ্জার করে থার্মোমিটার

\* নিম্ন জিউর কিছু বা বজ্জা কিছু (Lower fixed point):

$\rightarrow$   $\theta_{ice}$

২

\* উচ্চতামিতিক বিন্দুকে  $x$  দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$\theta_{ice}$ , উচ্চতামিতিক বিন্দু  $= x_{ice}$

\* উর্ধ্ব জিউর কিছু বা বজ্জা কিছু (Upper fixed point):

$\rightarrow$   $\theta_{steam}$  উচ্চতামিতিক বিন্দু  $= x_{steam}$

\* জিউর কিছুতে তাপমাত্রার কোনো পরিবর্তন হয় না।  
ক্ষুদ্রমাত্র অবস্থার পরিবর্তন হয়, যেমন: ০°C তাপমাত্রায়  
বজ্জাও পারি।

\* মৌলিক বজবীর (Fundamental interval):

$$N = \theta_{steam} - \theta_{ice}$$

উচ্চতামিতিক পদার্থের উচ্চতামিতিক বিন্দু তাপমাত্রা  
সমাপ্ত পাতি।

$\rightarrow$  যেমন: - তাপমাত্রা বড়লে পারদের উচ্চতা  
বাড়ে।

উচ্চতা  
মিতিক  
বিন্দু

$\Rightarrow x = K\theta$

$\downarrow \quad \downarrow$

$\boxed{\gamma = m x}$   $\rightarrow$  যাকি দ্বন্দ্ববৈধিক বৈধিক



$$\begin{array}{c} A \qquad \qquad C \qquad \qquad B \\ \hline (\theta_{ice}, x_{ice}) \quad (0, x_0) \quad (\theta_{steam}, x_{steam}) \end{array}$$

AB রেখার ঢাল =  $\frac{AC}{BC}$  রেখার ঢাল

$$\text{বা, } \frac{x_{steam} - x_{ice}}{\theta_{steam} - \theta_{ice}} = \frac{x_0 - x_{ice}}{0 - \theta_{ice}}$$

$$\Rightarrow \frac{0 - \theta_{ice}}{\theta_{steam} - \theta_{ice}} = \frac{x_0 - x_{ice}}{x_{steam} - x_{ice}} \quad ***$$

$$\frac{0 - \theta_{ice}}{N} = \frac{x_0 - x_{ice}}{x_{steam} - x_{ice}}$$

$$\frac{0 - \theta_{ice}}{\theta_{steam} - \theta_{ice}} = \text{const}$$

তাপমাত্রা-বরফবিন্দু  
বাষ্পাবিন্দু-বরফবিন্দু = const

# একটি বোর্ড থার্মোমিটারে বরফ বিন্দুতে বোর্ড 5.5-এ এবং বাষ্প বিন্দুতে বোর্ড 13.5-এ যদি থার্মোমিটারটির বোর্ড 7.5-এ হয় তবে কোন ডিগ্রিতে স্কেলকৃত তাপমাত্রা প্রদর্শন করবে?

উ: কোন ডিগ্রিতে স্কেলে,

বরফ বিন্দু,  $\theta_{ice} = 0^\circ\text{C}$

বাষ্প বিন্দু,  $\theta_{steam} = 100^\circ\text{C}$

প্রথমতে,  $x_{ice} = 5.5-এ$

$x_{steam} = 13.5-এ$

এবং,  $x_0 = 7.5-এ$

আমরা জানি,

$$\frac{0 - \theta_{ice}}{\theta_{steam} - \theta_{ice}} = \frac{x_0 - x_{ice}}{x_{steam} - x_{ice}}$$

$$\Rightarrow \frac{0 - 0}{100 - 0} = \frac{7.5 - 5.5}{13.5 - 5.5}$$

$$\Rightarrow \theta = 25^\circ\text{C (Ans.)}$$



# একটি বোর্ড থার্মোমিটারে বরফ বিকৃতে পারদের উচ্চতা, বাষ্প বিকৃতে পারদের উচ্চতার  $\frac{1}{6}$  অংশ।  
যদি পারদদ্বুমের উচ্চতা বরফ বিকৃতে পারদের উচ্চতার  
দ্বিগুণ হয় তবে হেলথিয়ারা কতকালে তাপমাত্রা কত?

উ:  $x_{ice} = x_{steam} \times \frac{1}{6}$   $\theta_{ice} = 0^\circ\text{C}$   
 $\theta = \frac{x_{steam}}{6} \times 2$   $\theta_{steam} = 100^\circ\text{C}$   
 $= \frac{x_{steam}}{3}$

আমরা জানি,

$$\frac{\theta - \theta_{ice}}{\theta_{steam} - \theta_{ice}} = \frac{x_{ice} - x_{ice}}{x_{steam} - x_{ice}}$$

$$\Rightarrow \frac{\theta}{100} = \frac{\frac{x_{steam}}{3} - \frac{x_{steam}}{6}}{x_{steam} - \frac{x_{steam}}{6}}$$

$$\Rightarrow \frac{\theta}{100} = \frac{\frac{x_{steam}}{6}}{\frac{5x_{steam}}{6}}$$

$$\Rightarrow \frac{\theta}{100} = \frac{x_{steam}}{5x_{steam}}$$

$$\Rightarrow \theta = 20^\circ\text{C (Ans.)}$$

দ্রুত দ্রুত



Topic 2:

বিভিন্ন তেপনমাত্রার মাপের স্কেল:

For any scale,

$$\frac{\theta - \theta_{\text{ice}}}{\theta_{\text{steam}} - \theta_{\text{ice}}} = \frac{x}{100}$$

10

$$\frac{C - 0}{100 - 0} = \frac{F - 32}{212 - 32} = \frac{K - 273}{373 - 273}$$

$$\Rightarrow \frac{C}{100} = \frac{F - 32}{180} = \frac{K - 273}{100}$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9} = \frac{K - 273}{5}}$$

# কোন তাপমাত্রায় তেপনমাত্রা স্কেল ০ এবং স্কেল একই তাপমাত্রা দেয়?

উ:  $\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9} \quad [F = C = x]$

বা,  $9C = 5F - 160 \quad \therefore C = -40^\circ C$

বা,  $9x = 5x - 160 \quad F = -40^\circ F$

বা,  $x = -40$

রুটিপোর্ট স্কেল:

রুটিপোর্ট স্কেলের জন্য,  $\frac{\theta - \theta_{\text{ice}}}{\theta_{\text{steam}} - \theta_{\text{ice}}} = \frac{S - M}{B - M}$

→ রুটিপোর্ট স্কেলের তাপমাত্রা  
→ রুটিপোর্ট স্কেলের বস্তু  
→ রুটিপোর্ট স্কেলের বস্তু  
→ রুটিপোর্ট স্কেলের বস্তু

# একটি রুটিপোর্ট স্কেলে বস্তু ১০০°C এবং বস্তু ১০০°C তাপমাত্রা প্রদর্শন করে।  
স্কেলটি যদি ৬০°C তাপমাত্রা প্রদর্শন করে তবে  
তেপনমাত্রা স্কেলে প্রকৃত পাঠকত?

উ: অত্যাধিক, কঠিন পদার্থে ক্ষুদ্র বস্তু বিস্তৃত তাপমাত্রা,  
 $m = 20^\circ$   
 এবং বায়ু বিস্তৃত তাপমাত্রা,  
 $U = 95^\circ$   
 তাপমাত্রা,  $S = 60^\circ$

আমরা জানি,

$$\frac{60-0}{100-0} = \frac{60-2}{95-2}$$

11

$$\Rightarrow C = 62.4^\circ \text{ (Ans.)}$$

৪. একটি দ্রুত বিদ্যুৎ ব্যবহার করে থার্মোমিটার:

লৈপ্ট পয়েন্ট (Leip point): যুগ্মকরণে যে তাপমাত্রায় কোনো পদার্থের তিনটি প্রবীর অবস্থা (কঠিন, তরল ও বায়বীয়) একই সাথে পাওয়া যায় তাকে লৈপ্ট পদার্থের লৈপ্ট পয়েন্ট বলা হয়।

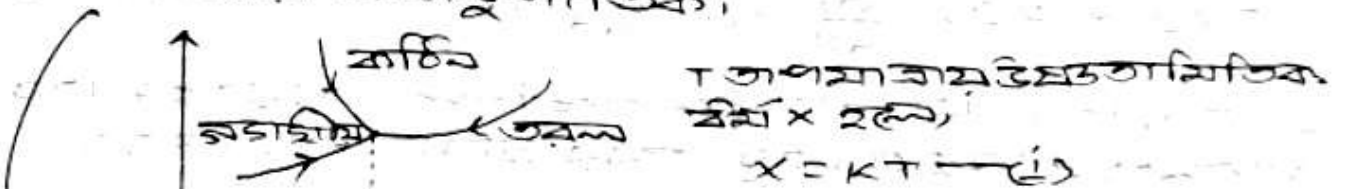
[একটি দ্রুত বিদ্যুৎ ব্যবহার করে কোনো দ্রুত বস্তু ব্যবহার করা হয়]

[বস্তু দ্রুত থেকে বহিরে আসলে বস্তু এর উপর থেকে বস্তু সরে যায়] → লৈপ্ট পয়েন্ট উদাহরণ।

[একমাত্র পাত্রের মধ্যে লৈপ্ট পয়েন্ট বিদ্যমান বস্তু যায়]

\* পাত্রের লৈপ্ট পয়েন্ট =  $273.15K$  বা  $273K$

\* স্বেচ্ছাসিদ্ধ পদার্থের স্বেচ্ছাসিদ্ধ বিন্দু পর্যন্ত তাপমাত্রার সমানুপাতিক।



লৈপ্ট পয়েন্টে অর্থাৎ  $T_{ln}$  তাপমাত্রায় স্বেচ্ছাসিদ্ধ বিন্দু  $X_{ln}$  হলো।

$$X_{ln} = K T_{ln} \quad (2)$$

(1) ÷ (2) করে,  
 $\frac{X}{X_{ln}} = \frac{KT}{K T_{ln}}$

$$\Rightarrow \frac{X}{X_{ln}} = \frac{T}{T_{ln}} \Rightarrow T = \frac{X}{X_{ln}} \times T_{ln}$$

Result ব্যবহার করে কোনো একক আদ্যে।

273.15K

# একটি গ্যাস যারোমিটারে গ্যাসের উচ্চতা পরিমিত  
 হৈলি কিছুতে গ্যাসের উচ্চতা হালো 30% 30% বেসি  
 হলে তাপমাত্রা কত?

উ:  $H =$  স্ফটিক তাপমাত্রায় গ্যাসের উচ্চতা

$H_{tm} =$  হৈলি কিছুতে গ্যাসের উচ্চতা

প্রকৃততে,  $H = (H_{tm} + H_{tm} \times 30\%)$   
 $= 1.3 H_{tm}$

12

আমরা জানি,

$$T = \frac{H}{H_{tm}} \times T_{tm}$$

$$= \left( \frac{1.3 H_{tm}}{H_{tm}} \times 273.15 \right) K$$

$$= 355.095 K \text{ (Ans.)}$$

বস্তু (System): তাপগতিবিদ্যায় যে নির্দিষ্ট  
 অংশ বা স্ফটিক তাপগতিয় বিভিন্ন বৈশিষ্ট্যের  
 পরিবর্তন পর্যবেক্ষণ করা হয় তাকে বস্তু (System) বলে।

3 types of system:

(i) মুক্ত সিস্টেম (Open system): এর ক্ষেত্রে  
 উভয়ই আদান-প্রদান ঘটে।

$$E \neq 0, m \neq 0, \frac{dE}{dt} \neq 0, \frac{dm}{dt} \neq 0$$

(ii) বন্ধ সিস্টেম (Closed system): শুধুমাত্র  
 আদান-প্রদান ঘটে কিন্তু উভয়ই আদান-প্রদান হয়  
 না।

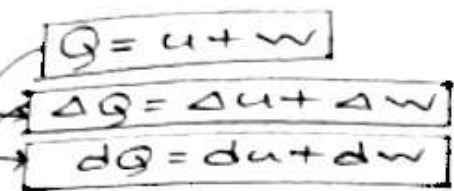
$$m = 0, \frac{dm}{dt} = 0, E \neq 0, \frac{dE}{dt} \neq 0$$

(iii) বিচ্ছিন্ন সিস্টেম (Isolated system): এর  
 ক্ষেত্রে কোনোভাবেই আদান-প্রদান হয় না।

$$\frac{dm}{dt} = 0, \frac{dE}{dt} = 0, E = 0, m = 0$$

আদান-প্রদানের ক্ষেত্রে	$\frac{dE}{dt} = \dot{E}$
উভয়ই পরিবর্তন	$\frac{dm}{dt} = \dot{m}$

13



$$dQ = du + PdV$$

$$Q = u + w$$

$$Q = (u_2 - u_1) + w$$

$$G = (u_2 - u_1) + P(v_2 - v_1)$$

$$Q_2 - Q_1 = (u_2 - u_1) + P(v_2 - v_1)$$

$$W = F \Delta x$$

$$= \frac{F}{A} (\Delta V)$$

$$W = P \Delta V$$

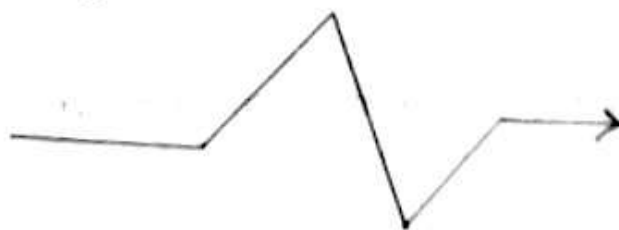
$$\Delta W = P \Delta V$$

$$\Delta W = P(V_2 - V_1)$$

$\boxed{P, V, T, S}$   $\rightarrow$  Entropy

$YX$ -graph

PV → Diagram



## ক) সমচাপীয় প্রক্রিয়া (Isobaric Process):

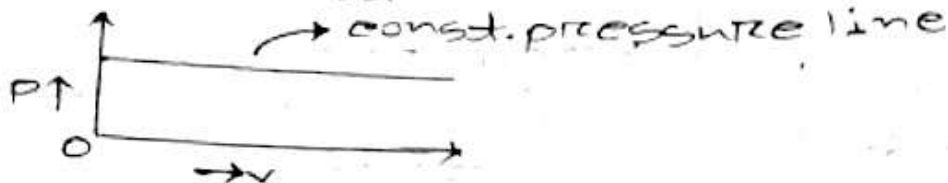
$$P = \text{const}$$

From 1st law,

$$dQ = du + dw$$

$$dQ = du + Pdv$$

const



$$dw = Pdv$$

$$\Delta w = P\Delta v$$

$$\Delta w = P(v_2 - v_1)$$

const

19

## ক) Special observation:

From 1st law,

$$dQ = du + Pdv$$

$$\Delta Q = \Delta u + P\Delta v$$

$$\Rightarrow \Delta Q = \Delta u + \Delta w$$

$\Delta Q$  → (+ve) হলে সিস্টেম তাপ শোষণ করে অর্থাৎ তাপ গ্রহণ করে।

$\Delta Q$  → (-ve) হলে সিস্টেম তাপ প্রদান বা বর্জন করে।

$\Delta u$  → (+ve) সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি বৃদ্ধি পায় অর্থাৎ তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়।

$\Delta u$  → (-ve) হলে সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি হ্রাস পায় অর্থাৎ তাপমাত্রা হ্রাস পায়।

$\Delta w$  → (+ve) হলে সিস্টেম বিদ্যে কাজ করে।

$\Delta w$  → (-ve) সিস্টেমের উপর বাহ্যিক কাজ করা হয়।

↓  
বাইরে থেকে তাপ দেওয়া হয়।

# 20 Pa চাপে কোনো গ্যাসে 560 J তাপশক্তি যোগ করা হয়। গ্যাসের আয়তন  $3 \text{ m}^3$  বৃদ্ধি পায়।

(i) গ্যাসের কৃত্রিম নির্ণয় কর।

(ii) গ্যাসের অন্তঃস্থ শক্তি বা অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন নির্ণয় কর।

15

(i)

আয়তন বৃদ্ধি,  $\Delta V = 3 \text{ m}^3$

চাপ,  $P = 20 \text{ Pa}$

তাপশক্তি,  $\Delta Q = 560 \text{ J}$

$$\begin{aligned} W &= P \Delta V \\ &= (20 \times 3) \text{ J} \\ &= 60 \text{ J} \end{aligned}$$

(ii)

$\Delta U = ?$

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \Delta U &= \Delta W - \Delta Q - \Delta W \\ &= -60 + 560 \end{aligned}$$

$$\Delta U = 500 \text{ J} \quad (\text{Ans.})$$

৩. গ্রহণযোগ্য প্রক্রিয়া (Isochoric Process):

$V = \text{const}$

$dV = 0$

$$dW = P dV \rightarrow 0$$

$$\boxed{dW = 0}$$

গ্রহণযোগ্য প্রক্রিয়ায় গ্যাসের কোনো কাজ সম্পাদিত হয় না।

From 1st law of thermodynamics

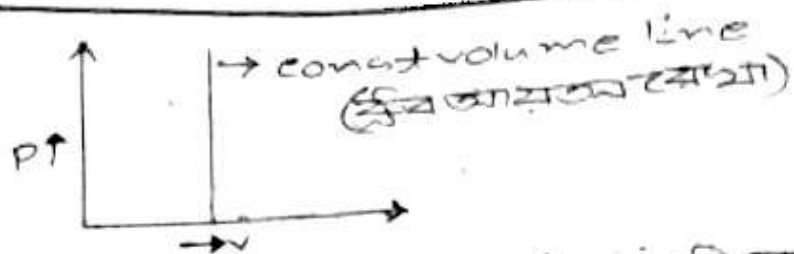
$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W \rightarrow 0$$

$$\boxed{\Delta Q = \Delta U}$$

$$\boxed{Q = U}$$

\* গ্রহণযোগ্য প্রক্রিয়ায় গ্যাসের সমস্ত তাপশক্তি গ্যাসের অন্তঃস্থ শক্তিতে রূপান্তর হয়।





16

[x অক্ষের সমান্তরাল রলে সামান্যীয়া প্রক্রিয়া  
y অক্ষের সমান্তরাল রলে সমআয়তন প্রক্রিয়া]

৬। সমোষ্ণ প্রক্রিয়া (Isothermal Process):

সম+উষ্ণ

\* এই প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের উষ্ণতা বা তাপমাত্রা সমান থাকে গকে সমোষ্ণ প্রক্রিয়া বলা হয়।

$$T = \text{const}$$

$$\Rightarrow dT = 0$$

$$\boxed{du = 0}$$

আমরা জানি,  $dQ = du + dw$

$$\boxed{dQ = dw}$$

\* সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের সমস্ত তাপমাত্রা সিস্টেমের কাজে পরিণত হয়।

\* কোনো সিস্টেমের কার্যক্ষমতা বৃদ্ধি অর্থাৎ কাজে আয়তন ও চাপের ধ্রুব বীজের বীজের পরিবর্তন করে সমোষ্ণ প্রক্রিয়া পাওয়া যায়।

\* যেহেতু, তাপমাত্রা স্থির তাই সমোষ্ণ প্রক্রিয়া বয়েলের সূত্র মেনে চলে।

$$PV = \text{const}$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

$$dw = PdV$$

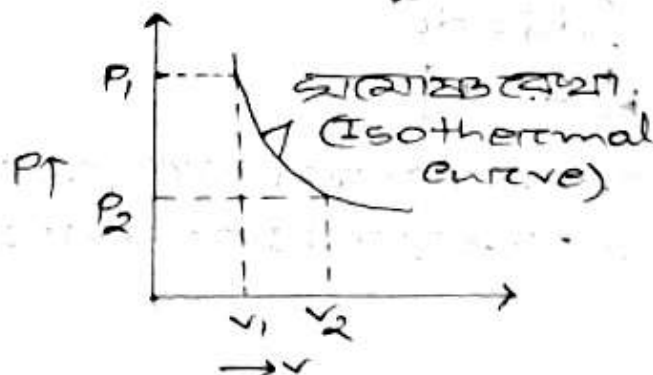
$$PV = \text{const}$$

$$\downarrow \downarrow$$

$$x = K$$

$$xy = K$$

→ আয়তাকার অধিবৃত্ত (Rectangular hyperbola)



৮) আমোষ প্রক্রিয়ায় কৃত্যাক:

$$dQ = dW \quad dW = PdV$$

$$PV = nRT$$

$$P = \frac{nRT}{V}$$

$$\Rightarrow dW = \frac{nRT}{V} dV$$

$$\Rightarrow dW = nRT \cdot \frac{dV}{V} \quad \text{--- differential form of work done for isothermal process.}$$

$$\Rightarrow \int_0^W dW = nRT \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V}$$

17

$$\Rightarrow [W]_0^W = nRT [\ln V]_{V_1}^{V_2}$$

$$\Rightarrow [W - 0] = nRT [\ln V_2 - \ln V_1]$$

$$\Rightarrow W = nRT \ln \frac{V_2}{V_1} \quad \left( \ln m - \ln n = \ln \frac{m}{n} \right)$$

\* আমোষ প্রক্রিয়ায় কৃত্যাক

$$W = nRT \ln \frac{V_2}{V_1} = nRT \ln \frac{P_1}{P_2}$$

৯) আমোষ প্রক্রিয়ায় বিদ্যেয় কৃষ্ণক বৃত্তিত বা ক্রান্তিত

অনুশক্তি:-

$$dQ = dW$$

$$\Rightarrow Q = W$$

$$Q = W = nRT \ln \frac{V_2}{V_1} = nRT \ln \frac{P_1}{P_2}$$

# ২৭°C তাপমাত্রায় ৪৪g O<sub>2</sub> গ্যাসে আয়তন বৃদ্ধি করা হলে কৃত্যাকের পরিমাণ নির্ণয় কর।

$$\underline{\text{উ:}} \quad n = \frac{44}{32} = \frac{11}{8} = 1.5 \text{ mole}$$

$$T = 27^\circ\text{C} = 300\text{K}$$

$$V_1 = V, V_2 = \frac{1}{2}V$$

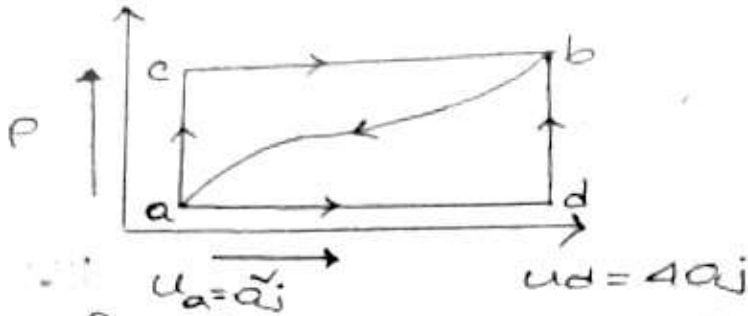
$$\therefore W = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$= 1.5 \times 8.314 \times 300 \times \ln \frac{\frac{1}{2}V}{V}$$

$$= -2593.27 \text{ Joule}$$

$$\begin{aligned} & \ln \frac{1}{2} = \ln 1 - \ln 2 \\ & = -\ln 2 \end{aligned}$$

\*



18

কোন প্রক্রিয়ায়  $a \rightarrow c \rightarrow b$  গঠে  $a$  হতে  $b$  বিদ্যুত লেভা হলে  
প্রক্রিয়ায়  $200 \text{ J}$  তাপশক্তি সঞ্চিত হয় এবং  
প্রক্রিয়ায়  $100 \text{ J}$  কাজ সম্পন্ন করে।

$u_a, u_d$  হলে  $a$  ও  $d$  বিদ্যুত লেভা গুলি।

(i) যদি প্রক্রিয়ায়  $a \rightarrow b$  গঠে  $a$  হতে  $b$  বিদ্যুত  
লেভা হয় তবে প্রক্রিয়ায়  $60 \text{ J}$  কাজ সম্পন্ন করে  
তবে প্রক্রিয়ায় কতক সঞ্চিত/ব্যক্তি তাপকত?

(ii) যদি প্রক্রিয়ায়  $b \rightarrow a$  গঠে  $b$  হতে  $a$  বিদ্যুত  
প্রক্রিয়ায়/প্রক্রিয়ায় আন হয় তবে প্রক্রিয়ায়  $50 \text{ J}$   
 $50 \text{ J}$  কাজ সম্পন্ন হয়। প্রক্রিয়ায় কতক সঞ্চিত বা ব্যক্তি  
তাপকত?

(iii)  $a \rightarrow d$  ও  $d \rightarrow b$  গঠে সঞ্চিত তাপশক্তির পরিমাণ নির্ণয়  
কর। ( $Q_{ad}, Q_{db}$ )

— x —

প্রমাণ দ্বারা,

$$Q_{acb} = \Delta U + W_{acb}$$

$$\Rightarrow 200 \text{ J} = (u_b - u_a) + 100 \text{ J}$$

$$\Rightarrow u_b - u_a = 100 \text{ J}$$

$$\therefore u_b = 100 \text{ J}$$

$$(i) Q_{adb} = (U_b - U_a) + W_{adb}$$

$$= (100 - 0) + 60$$

$$\therefore Q_{adb} = 160 \text{ J}$$

অতএব, ওয়াশিংটন বিশ্ববিদ্যালয় থেকে প্রাপ্ত শ্রমিক 160 J তাপশক্তি গ্রহণ করেছে।

$$(ii) Q_{ba} = (U_a - U_b) + W_{ba}$$

$$= (0 - 100) + (-50 \text{ J})$$

$$= -150 \text{ J}$$

অতএব, শ্রমিক 150 J তাপশক্তি প্রদান করেছে।

$$(iii) Q_{ad} = (U_d - U_a) + W_{ad}$$

$$= (40 - 0) + 60$$

$$= 100 \text{ J}$$

$$\therefore W_{adb} = W_{ad} + W_{db}$$

$$Q_{db} = (U_b - U_d) + W_{db}$$

$$= 100 - 40$$

$$= 60 \text{ J}$$

$$Q_{adb} = Q_{ad} + Q_{db}$$

$$Q_{adb} = Q_{ad} + Q_{db}$$

$$\Rightarrow Q_{adb} = 100 + 60$$

$$\Rightarrow Q_{adb} = 160 \text{ J}$$

$$\Rightarrow Q_{db} = Q_{adb} - Q_{ad}$$

$$= 160 - 100$$

$$= 60 \text{ J}$$

(তবে এটি 100 J ও 60 J) তাপ শক্তির পরিবর্তন।



# হোমার আণবিক তাপ

21

স্থির চাপে  
হোমার আণবিক তাপ  
( $C_p$ )

স্থির চাপে.....

$$C_p = \frac{dQ}{n dT}$$

স্থির আয়তনে হোমার  
আণবিক তাপ  
( $C_v$ )

স্থির আয়তনে.....

$$C_v = \frac{dQ}{n dT}$$

$$C_p > C_v$$

\*  $C_p$  গ্রহণ করে  $C_v$  থেকে বড় হয়?

উ:  $dQ = du + dw$   
 $dQ = du + p dv$

$$C_p = \frac{dQ}{n dT}$$

$$C_v = \frac{dQ}{n dT}$$

$$= \frac{du + p dv}{n dT}$$

$$= \frac{du + p dv}{n dT} \rightarrow 0 \quad [v = \text{const}]$$

$$\therefore C_v = \frac{du}{n dT}$$

$$C_p = \frac{du}{n dT} + \frac{p dv}{n dT}$$

$$\Rightarrow C_p = C_v + \frac{p dv}{n dT}$$

$$C_p > C_v$$

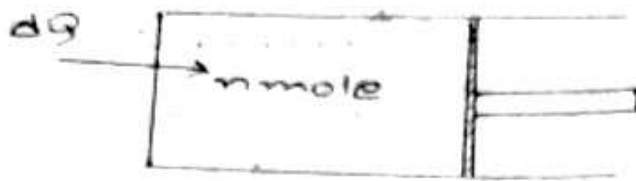
স্থির চাপে,  $C_p = C_v + \frac{p dv}{n dT}$   
 $= C_v + \frac{n R dT}{n dT}$

$$C_p = C_v + R$$

$$C_p - C_v = R$$

$$\begin{aligned} p v &= n R T \\ p \frac{dv}{dT} &= n R \frac{dT}{dT} \\ p dv &= n R dT \end{aligned}$$

\* ক্যালো ডিফাইনেন্স অফ ইন্ট্রাল এনার্জি বা তাপমাত্রার পরিবর্তন:



22

From 1st law of thermodynamics,

$$dq = du + dw$$

$$\Rightarrow dq = du + pdv \quad \text{--- (i)}$$

যদি ডিফাইনেন্স করছি বস্তু বা সিস্টেমের আয়তন স্থির থাকে তাহলে,

$$v = \text{const}$$

$$dv = 0$$

$$\therefore \text{একই সময়ে, } dq = du + 0$$

$$\boxed{dq = du} \quad \text{--- (ii)}$$

অতএব,  $v = \text{const}$

$$c_v = \frac{dq}{n dT}$$

$$\Rightarrow dq = n c_v dT$$

একই সময়ে (ii) বস্তু বা সিস্টেমের,  $\boxed{du = n c_v dT}$

1 mole সিস্টেমের জন্য,  $n=1$

$$\boxed{du = c_v dT}$$

$$\begin{aligned} du &= n c_v dT \\ \Delta u &= n c_v \Delta T \\ \Delta u &= n c_v (T_2 - T_1) \\ u_2 - u_1 &= n c_v (T_2 - T_1) \end{aligned}$$

\* মোলার আপেক্ষিক তাপমাত্রার অনুপাত:

$$\gamma, c_p, c_v$$

$$\boxed{\gamma = \frac{c_p}{c_v}}$$

$$c_p > c_v$$

$$\Rightarrow \frac{c_p}{c_v} > 1$$

$$\Rightarrow \boxed{\gamma > 1}$$



এক পারমাণবিক অণুর ক্ষেত্রে (He)

$$C_v = \frac{3}{2} R \rightarrow \text{chapter 10}$$

$$C_p = C_v + R$$

$$C_p = \frac{3}{2} R + R = \frac{5}{2} R$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

$$= \frac{5}{3}$$

$$= 1.66 \dots \approx 1.67$$

23

দ্বি-পারমাণবিক অণুর ক্ষেত্রে ( $N_2, O_2, H_2, CO$ ):

$$C_v = \frac{5}{2} R$$

$$C_p = C_v + R = \frac{5}{2} R + R = \frac{7}{2} R$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{\frac{7}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{7}{5} = 1.4$$

$$\boxed{\gamma = 1.4}$$

ত্রি-পারমাণবিক অণুর ক্ষেত্রে:

$$C_v = 3R$$

$$C_p = C_v + R = 3R + R = 4R$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{4R}{3R} = \frac{4}{3} = 1.33$$

$$\boxed{\gamma = 1.33}$$

আমরা জানি,  $C_p - C_v = R$

$$\Rightarrow \frac{C_p}{C_v} - 1 = R/C_v$$

$$\Rightarrow \gamma - 1 = \frac{R}{C_v}$$

$$\Rightarrow \boxed{C_v = \frac{R}{\gamma - 1}}$$

$$C_p - C_v = R$$

$$\Rightarrow 1 - \frac{C_v}{C_p} = \frac{R}{C_p}$$

$$\Rightarrow 1 - \frac{1}{\gamma} = \frac{R}{C_p}$$

$$\Rightarrow \frac{\gamma - 1}{\gamma} = \frac{R}{C_p}$$

$$\Rightarrow \boxed{C_p = \frac{\gamma R}{\gamma - 1}}$$

\* কোনো গ্যাসে 2 mole  $O_2$  অণু আছে। গ্যাস তাপমাত্রা  $10^\circ C$  হতে  $40^\circ C$  এ উত্তপ্ত করা হলে গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন নির্ণয় কর।

উ: আমরা জানি,

$$\begin{aligned} \Delta U &= n C_v (T_2 - T_1) \\ &= (2 \times \frac{R}{\gamma - 1} \times 30) J \\ &= 1247.1 J \end{aligned}$$

এখানে,

$$n = 2 \text{ mole}$$

$$\Delta T = 30$$

$$\gamma = 1.4$$

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

\* কোনো সিস্টেমে 2 mole  $O_2$  সঞ্চার আছে। সিস্টেমটি তাপমাত্রা  $10^\circ C$  হতে  $40^\circ C$  এ উত্তীর্ণ করা হলে সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন নির্ণয় কর।

সু: আমরা জানি,

$$\Delta U = n C_v \Delta T$$

$$= 2 \times \frac{R}{\gamma - 1} \times 30$$

$$= \left( 2 \times \frac{8.314}{1.4 - 1} \times 30 \right) J$$

$$= 1247.1 J. \text{ (Ans.)}$$

এখানে,

$$n = 2 \text{ mole}$$

$$\Delta T = 30$$

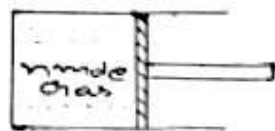
$$\Delta U = ?$$

$$R = 8.314 J \text{ mole}^{-1} K^{-1}$$

$$\gamma = 1.4 \text{ (ডি-অক্সিজেন)}$$

কৃত্রিম প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রা পরিবর্তন

Thermal co-ordinate in adiabatic process:



From 1st law,

$$dQ = dU + dW$$

$$dQ = n C_v dT + P dV \text{ --- (i)}$$

আবার, কৃত্রিম প্রক্রিয়ায়,  $dQ = 0$

∴ (i) বহু হতে,

$$n C_v dT + P dV = 0 \text{ --- (ii)}$$

আমরা জানি,

$$PV = nRT$$

$$\Rightarrow \frac{d}{dT}(PV) = \frac{d}{dT}(nRT)$$

$$\text{অ. } P \frac{dV}{dT} + V \frac{dP}{dT} = nR \frac{d}{dT}(T)$$

$$\text{অ. } P \frac{dV}{dT} + V \frac{dP}{dT} = nR$$

$$\text{অ. } P dV + V dP = nR dT$$

$$\text{অ. } dT = \left( \frac{P dV + V dP}{nR} \right) \text{ --- (iii)}$$

∴ (iii) বহু এর মাধ্যমে (ii) বহু-এ বসিয়ে পাই,

$$n C_v dT + P dV = 0$$

$$\Rightarrow n C_v \left( \frac{P dV + V dP}{nR} \right) + P dV = 0$$

$$\frac{d}{dx}(uv) = u \frac{dv}{dx} + v \frac{du}{dx}$$

$$\frac{d}{dx}(x) = 1$$

$$\Rightarrow C_v(Pdv + v dP) + R P dv = 0 \quad [R \text{ দ্বারা গুল্য করে}]$$

$$\Rightarrow C_v P dv + C_v v dP + (C_p - C_v) P dv = 0 \quad [R = C_p - C_v]$$

$$\Rightarrow C_v P dv + C_v v dP + C_p P dv - C_v P dv = 0$$

$$\Rightarrow C_v v dP + C_p P dv = 0$$

$$\Rightarrow v dP + \frac{C_p}{C_v} P dv = 0 \quad [C_v \text{ দ্বারা গুল্য করে}]$$

$$\Rightarrow v dP + \gamma P dv = 0 \quad \left[\frac{C_p}{C_v} = \gamma\right]$$

$$\Rightarrow \frac{v dP}{P} + \gamma \frac{P dv}{P} = 0 \quad [P \text{ দ্বারা গুল্য করে}]$$

$$\Rightarrow \frac{dP}{P} + \gamma \frac{dv}{v} = 0$$

$$\text{বা, } \int \frac{dP}{P} + \gamma \int \frac{dv}{v} = \int 0$$

$$\text{বা, } \ln P + \gamma \ln v = c$$

$$\text{বা, } \ln P + \ln v^\gamma = c$$

$$\text{বা, } \ln(Pv^\gamma) = c$$

$$\text{বা, } \ln(Pv^\gamma) = c$$

$$\text{বা, } Pv^\gamma = e^c$$

$$\boxed{P_1 v_1^\gamma = P_2 v_2^\gamma = \dots = P_n v_n^\gamma}$$

$$\boxed{P_1 v_1^\gamma = P_2 v_2^\gamma}$$

৬. রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রা ও আয়তনের মর্মে  
সম্পর্ক:

$$P \cdot v^\gamma = \text{const}$$

$$\left| \begin{array}{l} PV = nRT \\ \Rightarrow P = \frac{nRT}{V} \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow \left(\frac{nRT}{V}\right) \cdot v^\gamma = \text{const}$$

$$\Rightarrow v^{\gamma-1} \cdot T = \frac{\text{const}}{nR}$$

$$\text{বা, } \boxed{T \cdot v^{\gamma-1} = \text{const}} \rightarrow \text{সম্পর্ক}$$

$$\boxed{T_1 v_1^{\gamma-1} = T_2 v_2^{\gamma-1} = \dots = T_n v_n^{\gamma-1} = \text{const}}$$

সমীক্ষা:

$$pV^\gamma = \text{const}$$

$$pV = nRT \Rightarrow V = \frac{nRT}{p}$$

26

$$\Rightarrow p \left( \frac{nRT}{p} \right)^\gamma = \text{const}$$

$$\Rightarrow p \frac{n^\gamma R^\gamma T^\gamma}{p^\gamma} = \text{const}$$

$$\text{বা, } p^{1-\gamma} T^\gamma = \frac{\text{const}}{n^\gamma R^\gamma}$$

$$\text{বা, } T^\gamma p^{1-\gamma} = \text{const}$$

$$\text{বা, } \sqrt[\gamma]{T^\gamma p^{1-\gamma}} = \sqrt[\gamma]{\text{const}} \quad [\gamma \text{ তম মূল নিয়ে}]$$

$$\text{বা, } T^{\frac{1}{\gamma}} p^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = \text{const}$$

$$\text{বা, } T p^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = \text{const}$$

$$T_1 p_1^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_2 p_2^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = \dots = T_n p_n^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = \text{const}$$

Ex: একটি দ্বি-মাত্রিক গ্যাসের মর্ডেল 300K তাপে এবং 10L আয়তনে 10L বায়ু আছে।

(i) গ্যাস যদি হঠাৎ করে দ্বি-মাত্রিক করা হয় তাহলে বায়ুর আয়তন ও উষ্ণতা কত হবে?

(ii) গ্যাস ধীরে ধীরে দ্বি-মাত্রিক করা হলে আয়তন ও উষ্ণতা কত হবে?

(i) ও

অপ্রক্রিয়াকারী গ্যাসের আচরণ:-

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

$$p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma$$

$$\text{বা, } p_1 V_1^\gamma = 2 p_1 V_2^\gamma$$

$$\text{বা, } \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma = 2$$

$$\text{বা, } \frac{10}{V_2} = \sqrt[1.9]{2}$$

$$\therefore V_2 = \frac{10}{\sqrt[1.9]{2}} = 6.095$$

অথবা,

$$p_1 = 300 \text{ atm}$$

$$T_1 = 300 \text{ K}$$

$$V_1 = 10 \text{ L}$$

$$p_2 = 2 p_1$$

$$V_2 = ?$$

$$T_2 = ?$$

$$\gamma = 1.9$$

কোনো গ্যাসের বা বায়ুর জন্য  $\gamma = 1.4$  বা  
 দ্বি-আয়নিক গ্যাস।

আমরা,

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

27

$$\text{বা, } T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

$$\text{বা, } 300 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} = T_2$$

$$\text{বা, } T_2 = \left( \frac{10}{6.095} \right)^{1.4-1} 300 = 365.71 \text{ K (Ans)}$$

(ii)

এটি একটি গ্যাসীয় প্রক্রিয়া,

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\Rightarrow P_1 V_1 = 2 P_1 V_2 \quad \text{গ্যাসীয় প্রক্রিয়া 2য়ম}$$

$$\Rightarrow V_1 = 2 V_2 \quad \text{অপমাত্রার কোনো পরিবর্তন}$$

$$\Rightarrow V_2 = 5 \text{ L} \quad \text{হবে না তাই } T_2 = 300 \text{ K}$$

রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় রুদ্ধতাপ:

রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়,

$$dq = 0$$

From 1st law,

$$dq = du + dw$$

$$\text{বা, } du + dw = 0$$

$$\text{বা, } dw = -du$$

$$\text{বা, } w = -u \quad \text{[Integration করে]}$$

$$\text{বা, } w = -nC_V(T_2 - T_1)$$

$$\text{বা, } w = nC_V(T_1 - T_2)$$

$$w = n \cdot \frac{R}{\gamma-1} \cdot (T_1 - T_2)$$

$$w = \frac{nR}{\gamma-1} (T_1 - T_2)$$

★ ককতাপীয় রেখা বা ইসোথের্মাল রেখা চলবে অধিক থাবে।

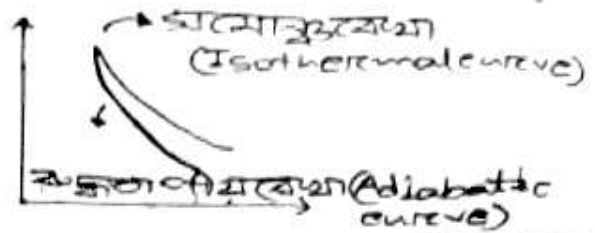
28

ইসোথের্মাল প্রক্রিয়ায়,

$$pV = \text{const}$$

$$\downarrow \downarrow \downarrow$$

$$Y \cdot X = C$$



ককতাপীয় প্রক্রিয়ায়,

$$pV^\gamma = \text{const}$$

$$\downarrow \downarrow \downarrow$$

$$Y \cdot X^\gamma = C$$

→ সুস্থাপন করে  
দেখা যায়  
থাকে।

★ ককতাপীয় রেখা তাল পদ্ধতিতে কর বস।

→ কোনো ফাংশনকে কর বাস differentiate  
কর ল ল পাওয়া যায়।

$$p \uparrow$$

$$\downarrow$$

$$V \rightarrow$$

$$m = \frac{dy}{dx} = \frac{dp}{dV}$$

□ ইসোথের্মাল রেখার তাল পদ্ধতিতে কর বস।

$$pV = \text{const}$$

$$\text{অ, } \frac{d}{dV}(pV) = 0$$

$$\text{অ, } p \frac{dV}{dV} + V \frac{dp}{dV} = 0$$

$$\text{অ, } p + V \frac{dp}{dV} = 0$$

$$\text{অ, } \frac{dp}{dV} = -\frac{p}{V}$$

$$\therefore \text{ইসোথের্মাল রেখার তাল, } m_1 = -\frac{p}{V}$$

□ ককতাপীয় রেখার তাল পদ্ধতিতে কর বস।

$$pV^\gamma = \text{const}$$

$$\text{অ, } \frac{d}{dV}(pV^\gamma) = 0$$

$$\Rightarrow p \frac{dV^\gamma}{dV} + V^\gamma \frac{dp}{dV} = 0$$

$$\Rightarrow p \cdot \gamma \cdot V^{\gamma-1} + V^\gamma \frac{dp}{dV} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{dp}{dV} = -\frac{p \cdot \gamma \cdot V^{\gamma-1}}{V^\gamma}$$

$$\Rightarrow \frac{dp}{dV} = -\frac{p \cdot \gamma \cdot V^{\gamma-1} \cdot V^{-1}}{V^\gamma}$$

$$\Rightarrow \frac{dP}{P} = -\frac{P}{V} \cdot \frac{dV}{P}$$

∴ রূপান্তরিতীয় অধার লেন,  $m_2 = -\gamma \frac{P}{V}$

$$\text{এখন, } m_2 = -\gamma \frac{P}{V}$$

$$\text{বা, } m_2 = \left(-\frac{P}{V}\right) \gamma$$

$$\Rightarrow m_2 = m_1 \cdot \gamma$$

রূপান্তরিতীয় অধার লেন =  $\gamma \times$  গ্রহোত্তর অধার লেন

29

### Topic: 3

\* তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্র ও তাপীয় ইঞ্জিন:

2nd law of thermodynamics & Heat Engine:

\* তাপশক্তিকে সরাসরি অন্যতর শক্তিতে রূপান্তর করা যায় না। তাপশক্তিকে অন্যতর শক্তিতে রূপান্তর করতে সক্ষম প্রয়োজন হয়। এই সমুদ্রে হচ্ছে তাপীয় ইঞ্জিন।

\* এমন কোনো যন্ত্র নেই যা বস্তু বা গ্যাস বা বাষ্প দ্বারা গ্রহণিত তাপশক্তিকে কাজে রূপান্তর করা যায়।

প্রত্যাহার্য প্রক্রিয়া: (Reversible Process):

যে প্রক্রিয়াকে গ্রহণকরণে পূর্বের অবস্থায় ফিরিয়ে আনা যায় এবং পূর্বের অবস্থায় ফিরিয়ে আনলে মোট কৃতকার্য ০ হয়, তাকে প্রত্যাহার্য প্রক্রিয়া বলা হয়।

\* বাস্তবে প্রত্যাহার্য প্রক্রিয়া পাওয়া যায় না।

\* কিছু কিছু ক্ষেত্রে প্রত্যাহার্য প্রক্রিয়া পাওয়া গেছে তা অত্যন্ত সীমাবদ্ধ। অর্থাৎ: কখনো কখনো যে রূপান্তরিত হয়, পারি তাকে প্রত্যাহার্য বলা পাওয়া যায় না।

— x —



অপ্রত্যাহার্য প্রক্রিয়া (Irreversible Process)  
 যে প্রক্রিয়াকে সম্বলিত করে পূর্বের অবস্থায় ফিরিয়ে  
 আনা যায় না এবং পূর্বের অবস্থায় ফিরিয়ে  
 আনলে মোট কৃত্যকাজ ০ হয় বা, তাকে অপ্রত্যাহার্য  
 প্রক্রিয়া বলে।

৩

- \* বায়ুরে সমাকৃতি ঘূর্ণন দ্বি-প্রক্রিয়া অপ্রত্যাহার্য
- \* প্রত্যাহার্য ও অপ্রত্যাহার্য প্রক্রিয়ার পার্থক্য  
 উঃ বই।

তাপ শক্তির  
তাপীয় ইঞ্জিন (Heat Engine): যেকোনো দ্বারা যেকোনো  
 শক্তিতে রূপান্তর করা হয় তাকে তাপীয় ইঞ্জিন বলে।

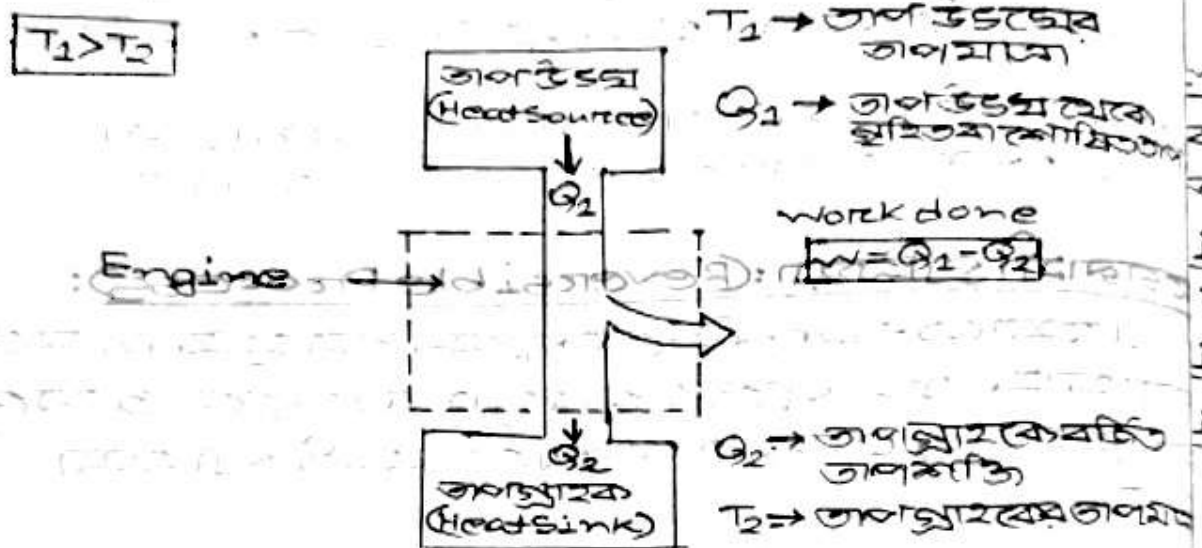


Fig: Schematic diagram of Heat Engine (স্বাক্ষরিত ছবি)

তাপীয় ইঞ্জিনের কার্যদক্ষতা:

(Efficiency of Heat Engine):

কোনো তাপীয় ইঞ্জিনের কৃত্যকাজ এবং ইঞ্জিনের  
 প্রদত্ত তাপ শক্তির অনুপাতকেই ইঞ্জিনের  
 কার্যদক্ষতা বলা হয়।

$$\eta = \frac{W}{Q_1} \times 100\% \text{ বা, } \frac{W}{Q_1}$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \times 100\%$$

$$\Rightarrow \boxed{\eta = \left(1 - \frac{Q_2}{Q_1}\right) \times 100\%}$$

31

অণু, অপমাত্রার সমানুপাতিক:-

$$\Rightarrow \frac{Q}{T} = \text{const}$$

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$$

$$\boxed{\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \times 100\%}$$

Math: 1: একটি তাপীয় ইঞ্জিন  $327^\circ\text{C}$  আর  $27^\circ\text{C}$  পরিমিত কাজ করে, যেখানে ইঞ্জিনটি অপটিক্স হতে  $8000\text{J}$  অপসৃষ্টি গ্রহণ করে।

- (i) তাপগ্রাহকে বর্জিত অপসৃষ্টি পরিমাপ নির্ণয় কর।
- (ii) ইঞ্জিন কর্তৃক কৃতকাজ নির্ণয় কর।
- (iii) ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা নির্ণয় কর।

(i)

অপটিক্স হতে গ্রহীত অপসৃষ্টি,  $Q_1 = 8000\text{J}$ .

তাপ উৎসের তাপমাত্রা,  $T_1 = 327^\circ\text{C}$   
 $= 600\text{K}$

তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা,  $T_2 = 27^\circ\text{C}$   
 $= 300\text{K}$

তাপগ্রাহকে বর্জিত অপসৃষ্টি,  $Q_2 = ?$

সামান্যতাই,

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\Rightarrow Q_2 = \frac{T_2}{T_1} \times Q_1$$

$$= \left(\frac{300}{600} \times 8000\right)\text{J}$$

$$= 4000\text{J}$$

(i)

(i) ২য় প্রাপ্ত,  $Q_1 = 8000$

$Q_2 = 4000$

32

∴ ক্রিয়াকার,  $W = Q_1 - Q_2$

$$= (8000 - 4000) J$$

$$= 4000 J$$

(ii)

$$\text{কর্মদক্ষতা, } \eta = \left(1 - \frac{Q_2}{Q_1}\right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{1}{2}\right) \times 100\%$$

$$= 50\% \text{ (Ans.)}$$

Q.2: কোনো তাপীয় ইঞ্জিনের অপভ্রান্তের তাপমাত্রা যখন  $27^\circ C$  তখন এর কর্মদক্ষতা  $40\%$  হয়, যদি ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা  $50\%$  করতে হয় তবে তাপ উৎসের তাপমাত্রা কত বৃদ্ধি করতে হবে?

উ: প্রথম ক্ষেত্রে,

তাপ উৎসের তাপমাত্রা,  $T_2 = 27^\circ C$   
 $= 300 K$

কর্মদক্ষতা,  $\eta = 40\% = 0.4$

তাপ উৎসের তাপমাত্রা,  $T_1 = ?$

অথবা,

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\text{অ, } 0.4 = 1 - \frac{300}{T_1}$$

$$\text{অ, } 0.4 = \frac{T_1 - 300}{T_1}$$

$$\text{অ, } 0.4 T_1 = T_1 - 300$$

$$\text{অ, } 0.6 T_1 = 300$$

$$\text{অ, } T_1 = 500$$

আবার, ২য় ক্ষেত্রে,

কর্মদক্ষতা,  $\eta = 50\% = 0.5$

$T_1' = ?$

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\Rightarrow 0.5 = 1 - \frac{300}{T_1}$$

$$\Rightarrow 0.5 T_1 = T_1 - 300$$

$$\Rightarrow 0.5 T_1 = 300 = 600$$

তাপমাত্রা বৃদ্ধি করতে হবে

$$\Delta T = T_1' - T_1$$

$$= (600 - 500) K$$

$$= 100 K (\text{Ans.})$$

33

Q.3: একটি প্রত্যাহারযোগ্য ইঞ্জিনের গুহিত তাপের  $\frac{1}{6}$  তাপমাত্রা বৃদ্ধি করা হবে, তাহলে তাপ স্রোতের তাপমাত্রা 54 K কমালে ইঞ্জিনের দক্ষতা 2 গুণ হয়। তাপ উৎসের তাপমাত্রা নির্ণয় কর।

উ: মনে করি,

গুহিত তাপমাত্রা,  $T_1 = 9$

$$\therefore W = \frac{Q}{6}$$

কর্মদক্ষতা,  $\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q/6}{Q} = \frac{1}{6}$

$$\Rightarrow 1 - \frac{T_2}{T_1} = \frac{1}{6}$$

$$\Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{5}{6}$$

2য় শর্তানুসারে

তাপ স্রোতের তাপমাত্রা =  $T_2 - 54$

অর্থাৎ,  $\eta' = \left[ 1 - \frac{(T_2 - 54)}{T_1} \right]$

$$\Rightarrow 2 \times \frac{1}{6} = 1 - \frac{T_2}{T_1} + \frac{54}{T_1}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{3} = 1 - \frac{5}{6} + \frac{54}{T_1}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{3} = \frac{1}{6} + \frac{54}{T_1}$$

$$\Rightarrow \frac{54}{T_1} = \frac{1}{3} - \frac{1}{6}$$

$$\therefore T_1 = (54 \times 6) K$$

$$= 324 K (\text{Ans.})$$

: 1. প্রত্যাহারযোগ্য : 2. 9

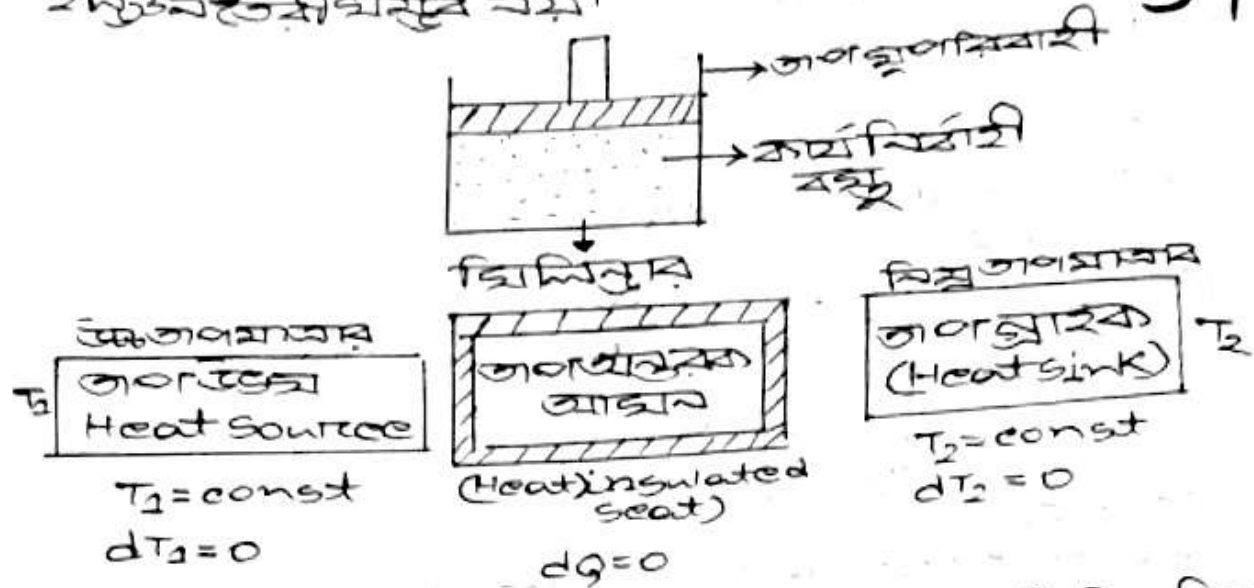
— x —

[

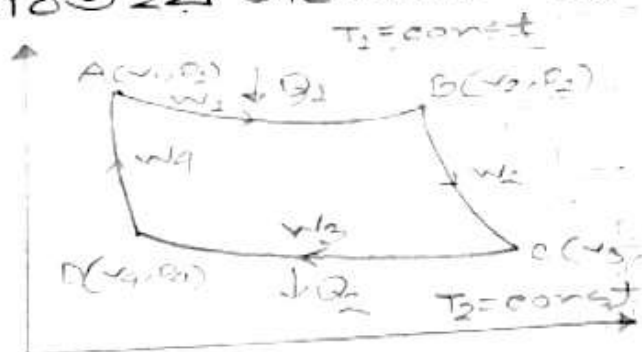
## কার্নো ইঞ্জিন (Carnot's law Engine):-

তাপগতিবিজ্ঞানিক ক্ষতিতে অপচয়ের অন্যতম কারণ হলো তাপের একটি মাত্র তাপমাত্রা ইঞ্জিনের পরিচালনা করেন তাহলে কার্নো ইঞ্জিন বলা হয়।  
কার্নো ইঞ্জিন একটি তত্ত্বীয় ধারণা মাত্র যাতে কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা হয়।

39



\* কার্নো ইঞ্জিন চারটি ধাপে কাজ করে। এই চারটি ধাপ দিয়ে যে চক্র গঠিত হয় তাহলে কার্নো চক্র বলা হয়।



### Step: 1: প্রথম ধাপ:

যদিও কার্নো ইঞ্জিনে তাপ উৎসে বস্তু থাকে তাহলে প্রথম ধাপে তাপমাত্রা বৃদ্ধি প্রক্রিয়ায় বস্তু প্রসারিত হয়।

[প্রথম ধাপে তাপমাত্রা বৃদ্ধি হয় তাহলে তাপ উৎসে তাপমাত্রা বৃদ্ধি প্রক্রিয়ায় বস্তু প্রসারিত হয়।]

$$A(P_1, P_2) \longrightarrow B(P_2, P_2)$$

$$W_1 = nRT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} \quad [W_1 \rightarrow (+ve)]$$

$$Q_1 = nRT_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$$

35

Step: 2: কম্পনীয় প্রসারণ:

দ্বিমাত্রিক তাপ উৎস থেকে উচ্চ তাপ অনুসরণে  
আমরা বদানো হয় ফলে বদানি কম্পনীয় প্রসারণ  
প্রদানিত হয়।

$$B(P_2, P_2) \longrightarrow C(V_3, P_3)$$

$$W_2 = nC_V(T_2 - T_3) \quad [W_2 \rightarrow (+ve)]$$

Step: 3: সমোষ্ণ প্রসারণ:

দ্বিমাত্রিক তাপ অনুসরণে আদ্যন থেকে উচ্চ তাপ অনুসরণে  
বদানো হয় ফলে  $Q_2$  তাপশক্তি বর্জন করে প্রসারণিত  
হয়।

[ $T_2$  তাপমাত্রা,  $T_3$  এর থেকে কম তাই তাপ বর্জন করে  
তাপমাত্রা কমাবে]

$$C(V_3, P_3) \longrightarrow D(V_4, P_4)$$

$$Q_2 = W_3$$

$$W_3 = nRT_2 \ln \frac{V_4}{V_3}$$

$$\ln \frac{1}{x} = -\ln x$$

$$W_3 = -nRT_2 \ln \frac{V_3}{V_4} \quad [W_3 \rightarrow (-ve)]$$

Step: 4: কম্পনীয় প্রসারণ:

$$D(V_4, P_4) \longrightarrow A(V_1, P_2)$$

$$W_4 = nC_V(T_2 - T_1)$$

$$\Rightarrow W_4 = -nC_V(T_1 - T_2) \quad [W_4 \rightarrow (-ve)]$$

$\therefore$  মোট কৃত্যকার্য,  $W_T = W_1 + W_2 + W_3 + W_4$

$$\Rightarrow W_T = nRT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} + nC_V(T_1 - T_2) - nRT_2 \ln \frac{V_4}{V_3} - nC_V(T_3 - T_2)$$

$$\Rightarrow W_T = nRT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} - nRT_2 \ln \frac{V_4}{V_3}$$

$$\Rightarrow W_T = nRT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} - nRT_2 \ln \frac{V_4}{V_3}$$

$$W_T = nR \ln \frac{V_2}{V_1} (T_1 - T_2)$$



“কার্যোৎপাদক মোট কৃত্যকার্য”

Efficiency:

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{W_T}{Q_1} \times 100\% \\ &= \frac{nR \ln \frac{V_2}{V_1} (T_1 - T_2)}{Q_1} \times 100\% \\ &= \frac{nR \ln \frac{V_2}{V_1} (T_1 - T_2) \times 100\%}{nR \ln \left( \frac{V_2}{V_1} \right)} \\ &= \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\% \\ &= \left( 1 - \frac{T_2}{T_1} \right) \times 100\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_1 V_1^{\gamma-1} &= T_2 V_2^{\gamma-1} \\ \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} &= \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^{\gamma-1} \\ T_2 V_4^{\gamma-1} &= T_1 V_3^{\gamma-1} \\ \Rightarrow \left( \frac{V_4}{V_3} \right)^{\gamma-1} &= \frac{T_1}{T_2} \\ \Rightarrow \left( \frac{V_4}{V_3} \right)^{\gamma-1} &= \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^{\gamma-1} \\ \Rightarrow \left( \frac{V_4}{V_3} \right) &= \frac{V_2}{V_1} \end{aligned}$$

36

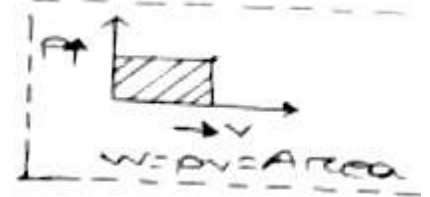
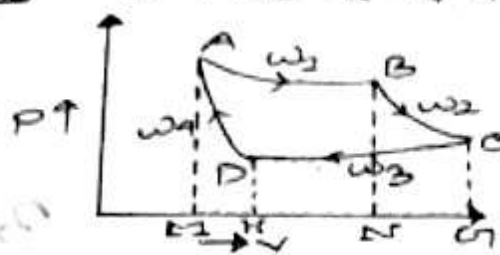
৩। ক্যালোরী চক্রে চারটি ধাপে কৃত্যকার্য যথাক্রমে 1200J, 800J, 700J, 900J। ইন্ট্রাল ক্রিয়ায় কৃত্যকার্য নির্ণয় কর।

উঃ  $W_T = W_1 + W_2 + W_3 + W_4$   
 $= (1200 + 800 + 700 + 900) \text{ J}$   
 $= 4000 \text{ J}$

$Q_1 = W_1 = 1200 \text{ J}$   
 $W_2 = 800 \text{ J}$   
 $W_3 = -700 \text{ J}$   
 $W_4 = -900 \text{ J}$

$$\begin{aligned} \therefore \eta &= \frac{W_T}{Q_1} \times 100\% \\ &= \frac{400}{1200} \times 100\% \\ &= 33.33\% \text{ (Ans)} \end{aligned}$$





$$W_T = W_1 + W_2 - W_3 - W_4$$

$$= (\text{Area } A-M-N-B) + (\text{Area } B-N-C) - (\text{Area } D-H-C) - (\text{Area } A-M-H-D)$$

$$= (\text{Area } A-M-C-D) - \{(\text{Area } D-H-C) + (\text{Area } A-M-H-D)\}$$

$$= \text{Area } A-M-C-D - (\text{Area } A-B-C-D)$$

$$W_T = (\text{Area } A-B-C-D)$$

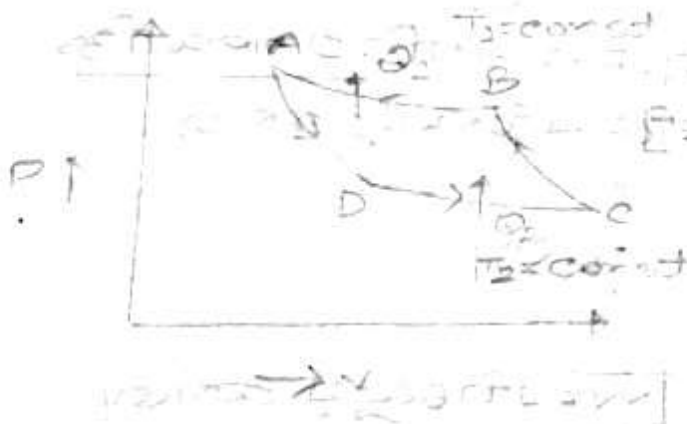
৩৭

### রেফ্রিজারেটর রিফ্রিজারেটর (Refrigerator)

→ Heat pump

→ গ্রিড্রোমের উপর বাহিরের কাজ গ্রহণা দিত হয়।

\* এটি মূলত বহু হতে তাপ কোষ্য করে বাহিরে ছেড়ে  
দেয়। ফ্রিজের ভিতরে তাপমাত্রা কম বাহিরে বেশি তাই  
automatic হয় বা অর্থাৎ গ্রিড্রোমের উপর বাহিরের  
কাজ করতে হয়।





\* একটি রেফ্রিজারেটরের কর্মক্ষমাদেশ গুরুত্ব। রেফ্রিজারেটর  
একটি উষ্ণ 450J তাপশক্তি সোষণ করে।

(i) রেফ্রিজারেটরি উপর প্রতি উষ্ণসম্পাদিত কাজের  
পরিমাণ নির্ণয় করা।

(ii) রেফ্রিজারেটরি প্রতি উষ্ণকীর্ণপরিমাণ তাপশক্তি  
বাইরে বর্জন করে?

(i) ৬

37

দেওয়া আছে,

কর্মক্ষমাদেশ গুরুত্ব,  $K=3$

সোষণকৃত তাপশক্তি,  $Q_2=450J$

রেফ্রিজারেটরি উপর সম্পাদিত কাজ,  $W=?$

আমরা জানি,  $K = \frac{Q_2}{W}$

$$\Rightarrow W = \frac{Q_2}{K} = \frac{450}{3} = 150J \text{ (Ans.)}$$

(ii) ৬

$$Q_1 = Q_2 + W$$

$$= (150 + 450)J$$

$$= 600J$$

\* কোনো থার্মায়িক যন্ত্রে মোটের ক্ষমতা 300W এবং

এর দক্ষতা 85%, থার্মায়িক যন্ত্রের স্রুতিক কক্ষের

তাপমাত্রা  $-3^\circ C$  এবং পরিবেশের তাপমাত্রা  $27^\circ C$ ।

থার্মায়িক যন্ত্রটি 20 minit এ স্রুতিক কক্ষ থেকে কী পরিমাণ

তাপশক্তি বের করে দিলে?

$$\text{উ: } T_2 = -3^\circ C \quad T_1 = 27^\circ C$$

$$= 270K \quad = 300K$$

$$\therefore \text{কর্মক্ষমাদেশ গুরুত্ব } K = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{270}{300 - 270}$$

$$= 9$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

$$\Rightarrow 0.85 = \frac{P_{out}}{300}$$

$$\Rightarrow P_{out} = 255 \text{ watt} = 255 J/s$$

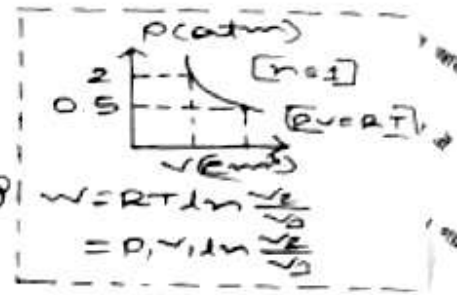


- \* এন্ট্রপিকে ১২টি প্রকার করা হয়।
- \* কোনো সিস্টেমের নির্দিষ্ট তাপমাত্রার সিস্টেম
- \* সিস্টেমের স্থিতি বা বর্তিত তাপমাত্রা সিস্টেম
- \* এন্ট্রপি পরিমাপ করা যায়।

T System স্থিতি বা বর্তিত তাপমাত্রা  $= dQ$

T তাপমাত্রা স্থিতি বা বর্তিত তাপমাত্রা  $dQ$

$$ds = \frac{dQ}{T}$$



41

- \* স্থিতি তাপমাত্রা  $dQ(+ve)$ ,  $ds(+ve)$
- \* বর্তিত তাপমাত্রা  $dQ(-ve)$ ,  $ds(-ve)$

$$ds = \frac{dQ}{T}$$

Unit:  $\frac{J}{K} = JK^{-1}$

\*  $ds = \frac{dQ}{T}$

রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়  $dQ=0$

$$\therefore ds = 0$$

$$\Rightarrow ds = 0$$

$$\Rightarrow s = \text{const}$$

$\therefore$  রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় Entropy স্থির থাকে।  
আবার,

$$ds = \frac{dQ}{T}$$

$$\Rightarrow ds = \frac{m \cdot s \cdot dT}{T}$$

$$dQ = m \cdot s \cdot dT$$

$s =$  আণবিক তাপ

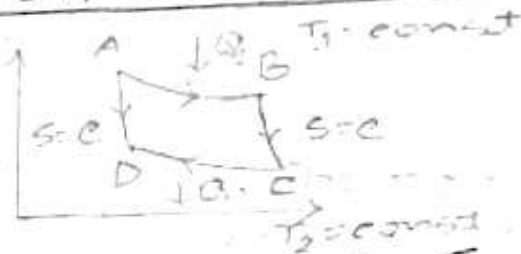
$$\Rightarrow \int_{s_1}^{s_2} ds = m \cdot s \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T}$$

$$\Rightarrow [s]_{s_1}^{s_2} = m \cdot s [\ln] \frac{T_2}{T_1}$$

$$\Rightarrow s_2 - s_1 = m \cdot s [\ln T_2 - \ln T_1]$$

$$\Rightarrow \Delta s = m \cdot s \ln \frac{T_2}{T_1}$$

প্রত্যাহার্য প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপি:  
(Entropy in reversible process):



42

AB বরাবর এন্ট্রপির পরিবর্তন

$$\Delta S_1 = \frac{Q_1}{T_1} \text{ [তাপশক্তি গ্রহণ করে]}$$

CD বরাবর এন্ট্রপি  $\Delta S_2 = -\frac{Q_2}{T_2}$  [তাপশক্তি বর্জন করে]

∴ মোট এন্ট্রপির পরিবর্তন  $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2$

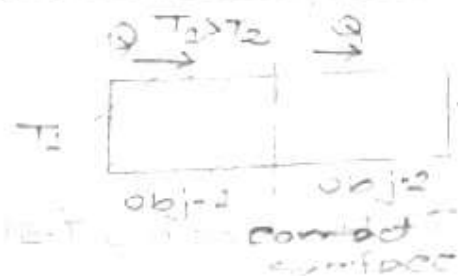
$$= \frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2} \left[ \frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2} \right]$$

$$\Delta S = 0$$

$$\therefore dS = 0$$

$$[S = \text{const}]$$

অপ্রত্যাহার্য প্রক্রিয়ায় এন্ট্রপি:  
(Entropy in irreversible process):



obj-1 এর জন্য এন্ট্রপির পরিবর্তন  $\Delta S_1 = -\frac{Q}{T_1}$  [তাপশক্তি বর্জন করে]

obj-2 " " " "  $\Delta S_2 = \frac{Q}{T_2}$  [তাপশক্তি গ্রহণ করে]

∴ মোট এন্ট্রপির পরিবর্তন

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2$$

$$\therefore \Delta S = \left[ -\frac{Q}{T_1} + \frac{Q}{T_2} \right]$$

$$\begin{aligned} &= -\frac{5}{2} + \frac{5}{2} \\ &= -1.25 + 2.5 \\ &= +1.25 \end{aligned}$$



যেহেতু

$$T_1 > T_2$$

$$\Delta S > 0$$

$$\Delta S > 0$$

অপ্রত্যাহার্য প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের  
এনট্রপি বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ  
এনট্রপি বৃদ্ধি পায়।

43

অপ্রত্যাহার্য প্রক্রিয়ায় তাপ প্রবাহের দিকবিশেষ  
এবং এনট্রপি বৃদ্ধি পায়।

যেহেতু, পরিবেশের প্রায় বৃদ্ধি প্রক্রিয়ায়ই  
অপ্রত্যাহার্য প্রক্রিয়ায়ই বিজ্ঞানজ্ঞানের সিস্টেম  
বৃদ্ধি পায়।

★ বিজ্ঞানজ্ঞানের তাপীয় মুক্ত কী বোঝ?

Q.1: -5°C তাপমাত্রার 2kg বরফকে 100°C তাপমাত্রার  
পানিতে পরিণত করতে সিস্টেমের পরিবর্তন কত?  
বিজ্ঞানজ্ঞানী আলোকিত তাপ মাত্রায়

উ: বরফের আপেক্ষিক তাপ  $2100 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$  ও  $4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$   
-5°C তাপমাত্রার বরফ 0°C তাপমাত্রার পানিতে  
পরিণত হতে সিস্টেমের পরিবর্তন,  $336000 \text{ J kg}^{-1}$

$$\Delta S_1 = m S \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$= 2 \times 2100 \ln \frac{273}{268}$$

$$\therefore \Delta S_1 = 22.64 \text{ J K}^{-1}$$

0°C তাপমাত্রার বরফ 0°C তাপমাত্রার পানিতে  
পরিণত হতে সিস্টেমের পরিবর্তন,

$$\Delta S_2 = \frac{Q}{T} = \frac{m L_f}{T} = \frac{2 \times 336000}{273} \text{ J K}^{-1}$$

$$= 2461.54 \text{ J K}^{-1}$$

0°C তাপমাত্রার পানি 100°C তাপমাত্রার পানিতে  
পরিণত হতে সিস্টেমের পরিবর্তন,

$$\Delta S_3 = m S \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$= 2 \times 4200 \times \ln \frac{373}{323}$$

$$= 2621.67 \text{ J K}^{-1}$$

$$\therefore \Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4$$

$$(T = 323 \text{ K})$$

$$= 5460.78 \text{ J K}^{-1} (\text{Ans})$$



Q:2: 50°C তাপমাত্রার 3kg পানিতে 0.5kg তরল -10°C তাপমাত্রার বরফ যোগ করা হলো, মিশ্রণটির চূড়ান্ত তাপমাত্রায় ঐক্য হতে আর্দ্রতা, তাপীয় প্রমাণ তাপমাত্রায় অবস্থিতির পরিবর্তন নির্ধারণ কর।

44

উ: এখন,

50°C তাপমাত্রার পানি তাপক্ষতি বর্জন করলে  $-10^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার বরফ তাপক্ষতি শোষণ করবে।

যদি, মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা  $T$  হয় তবে

-10°C তাপমাত্রার 0.5 kg বরফ 0°C তাপমাত্রার বরফে পরিণত করতে শোষিত তাপক্ষতি,

$$Q_1 = m_s (T_2 - T_1)$$

$$= 0.5$$

$$Q_1 = 10500 \text{ J}$$

0°C তাপমাত্রার বরফ 0°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত হতে শোষিত তাপক্ষতি,

$$Q_2 = m L_f = 0.5 \times 336000 \text{ J}$$

$$= 168000 \text{ J}$$

0°C তাপমাত্রার পানি মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রায় পরিণত হতে শোষিত তাপক্ষতি,

$$Q_3 = 0.5 \times 4200 (T - 273)$$

$$= 2100 (T - 273)$$

50°C তাপমাত্রার পানি মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রায় ঐক্য হতে বর্জিত তাপক্ষতি,

$$Q_4 = 3 \times 4200 (T - 323)$$

$$(323 - T)$$

আমরা জানি,

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4$$

$$\Rightarrow 10500 + 168000 + 2100 (T - 273) = 12600$$

$$\frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4}{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4}$$

$$12600 + 168000 + 2100 (T - 273) = 12600$$

$$(323 - T)$$

$$\Rightarrow 178500 + 2100T - 573300 = 12000 (T - 323) \quad (323 - T)$$

$$\Rightarrow 178500 - 573300 + 2100T = 406800 - 12000T$$

$$\Rightarrow 14700T = 4969600$$

$$T = 303.7 \text{ K}$$

$$\theta = 30.7^\circ \text{C}$$

অতএব,

-5°C তাপমাত্রা 30.7°C তাপমাত্রায় পরিণত

এবং এনট্রপির পরিবর্তন,

$$\Delta S_1 = m S \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$= 0.5 \times 2100 \times \ln \frac{303}{273}$$

45

নিচের কয়েকটি বাস্তবিক উদাহরণ