$\int_1^5 x^3 dx$

$$= \left[\frac{x^4}{4}\right]_1^5 = \frac{1}{4}\left[x^4\right]_1^5 = \frac{1}{4}\left[5^4 - 1^4\right] \text{ (Ans.)}$$

Physics-ii (তাপগতিবিদ্যা) (Thermodynamics)

chapter-1

1

Topic: 1: Basic Introduction:

→ to use thermal energy

তাপ: তাপ হচ্ছে এক প্রকার শক্তি যা আমাদের ঠান্ডা বা গরমের অনুভূতি জাগায়।

unit: Joule (SI) $\boxed{1\ \text{Cal} = 4.2\ \text{J}}$

* কোন বস্তুর মোট অভ্যন্তরীণ শক্তি কখনোই পরিমাপ করা যায় না, শুধুমাত্র শক্তির পরিবর্তন পরিমাপ করা যায়।

$$E_T = E_p + E_K$$

$$\Delta E_T = \Delta E_p + \Delta E_K$$

সুতরাং, শুধুমাত্র তাপশক্তির পরিবর্তন পরিমাপ করা যায়।

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

unit

$T \rightarrow$ কেলভিন

$\theta \rightarrow$ celcius

$\boxed{\Delta T = \Delta \theta}$

$10^\circ C$, $20^\circ C$ → $10^\circ C$

$283K$, $293K$ → $10K$

* তাপমাত্রার পার্থক্য কেলভিন এবং সেলসিয়াস স্কেলে একই।

* কোনো বস্তুর তাপশক্তির পার্থক্য ঐ বস্তুর তাপমাত্রার পরিবর্তনের বা পার্থক্যের উপর নির্ভর করে।

$\int_1^5 x^3 dx$

$= \left[\frac{x^4}{4}\right]_1^5 = \frac{1}{4}\left[x^4\right]_1^5 = \frac{1}{4}\left[5^4 - 1^4\right]$ (Ans.)

Physics-ii (তাপগতিবিদ্যা) (Thermodynamics)

chapter-1

1

Topic:1: Basic Introduction:

→ to use thermal energy

তাপ: তাপ হচ্ছে এক প্রকার শক্তি যা আমাদের ঠান্ডা বা গরমের অনুভূতি জাগায়।

unit: Joule (SI) $\boxed{1\ Cal = 4.2\ J.}$

* কোন বস্তুর মোট অভ্যন্তরীণ শক্তি কখনোই পরিমাপ করা যায় না, শুধুমাত্র শক্তির পরিবর্তন পরিমাপ করা যায়।

$E_T = E_p + E_K$

$\rightarrow \Delta E_T = \Delta E_p + \Delta E_K$

সুতরাং, শুধুমাত্র তাপশক্তির পরিবর্তন পরিমাপ করা যায়।

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

unit

$T \rightarrow$ কেলভিন

$\theta \rightarrow$ celcius

$\boxed{\Delta T = \Delta \theta}$

$10°C$, $20°C$ — $10°C$

$\rightarrow 283K$, $\rightarrow 293K$ — $10K$

* তাপমাত্রার পার্থক্য কেলভিন এবং সেলসিয়াস স্কেলে একই।

* কোনো বস্তুর তাপশক্তির পার্থক্য ঐ বস্তুর তাপমাত্রার পরিবর্তনের বা পার্থক্যের উপর নির্ভর করে।

আপেক্ষিক তাপ (Specific heat) : (S) :

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

কোনো বস্তুর m ভরের তাপমাত্রা ΔT K বৃদ্ধি করতে প্রয়োজনীয় তাপ Q

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

$$\boxed{S = \frac{Q}{\Delta T m}}$$ Unit: $\frac{J}{kg K} = J kg^{-1} K^{-1}$

$\boxed{Q = ms\Delta T}$ $\boxed{Q = ms\Delta\theta}$

$\boxed{\Delta Q = ms\Delta T}$

$\boxed{dQ = ms\,dT}$

2

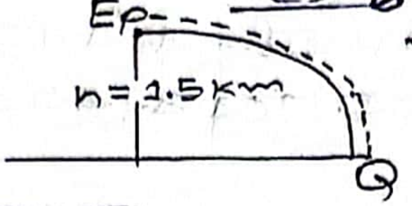
* যে কোন শক্তি সহজেই তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। কিন্তু, তাপশক্তি সহজে অন্য শক্তিতে রূপান্তরিত হয় না।

\# 1.5km উচ্চতা বিশিষ্ট কোনো পাহাড়ি ঝর্ণা হতে ক্রমাগত পানি পড়ছে, ঝর্ণার শীর্ষের তাপমাত্রা ঝর্ণার পাদদেশের থেকে কম। পানির আপেক্ষিক তাপ $4200\ J kg^{-1} K^{-1}$,

(i) ঝর্ণার শীর্ষ ও পাদদেশে পানির তাপমাত্রার পার্থক্য কত?

(ii) যদি ঝর্ণার শীর্ষের তাপমাত্রা 11°C হয় তবে ঝর্ণার পাদদেশে পানির তাপমাত্রা কত?

(i)



পানির আপেক্ষিক তাপ,
$S = 4200 \, J kg^{-1} K^{-1}$

3

শর্তানুসারে, $E_p = Q$

$\Rightarrow mgh = mS\Delta T$

$\Rightarrow gh = S\Delta T$

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

$\Rightarrow \Delta T = \frac{9.8 \times 1500}{4200} K$

$= 3.5 K$ (Ans.)

(ii)

$\Delta T = \Delta \theta = 3.5°C$

$\theta_2 - \theta_1 = 3.5°C$

$\Rightarrow \theta_2 - 11°C = 3.5°C$

$\Rightarrow \theta_2 = 14.5°C$ (Ans.)

—x—

একটি সীসার গতিশীল বুলেট কোথাও বাধাপ্রাপ্ত হয়ে এর তাপমাত্রার পার্থক্য 200K হয়। যদি অন্য কোনোভাবে এর শক্তির অপচয় না ঘটে তবে বুলেটের বেগ নির্ণয় কর? [সীসার আপেক্ষিক তাপ $126 \, J kg^{-1} K^{-1}$]

উঃ শর্তমতে, $E_K = Q$

বা, $\frac{1}{2} mv^2 = mS\Delta T$

বা, $v^2 = 2S\Delta T$

বা, $v = \sqrt{2S\Delta T}$

$= \sqrt{2 \times 126 \times 200} \, ms^{-1}$

$= 224.5 \, ms^{-1}$ (Ans.)

কোনো পাহাড় ঝরনা হতে যে পানি পড়ছে তার বিভবশক্তির 70% তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। যদি ঝরনার পাদদেশে পানির তাপমাত্রার পার্থক্য 5K হয় তবে ঝরনার উচ্চতা নির্ণয় কর।

উ:
শর্তানুসারে,

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

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

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

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

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

70%
$= \frac{70}{100} = \frac{7}{10}$

$\Delta T = 5K$

পানির আপেক্ষিক তাপ $s = 4200\ J kg^{-1} K^{-1}$

9

তাপের যান্ত্রিক তুল্যাঙ্ক (Thermal equivalency of heat):

তাপের যান্ত্রিক তুল্যাঙ্ক

$\boxed{1\ Cal} = \boxed{4.2}\ \boxed{Joule}$ → mechanical Unit

→ Biological unit

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

$$\boxed{W = JH}$$

Joule　　cal

4cal = কত Joule?

উ: $W = JH$

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

$= 16.8 J$

(Ans.)

তাপীয় সমতা (Thermal equilibrium):

তাপমাত্রার পার্থক্য আছে এমন দুটি বস্তুকে সংস্পর্শে আনলে তাদের মধ্যে তাপের আদান-প্রদান ঘটে। এই ঘটনা বস্তুদ্বয়ের তাপমাত্রা সমান না হওয়ার আগ পর্যন্ত ঘটতে থাকে।

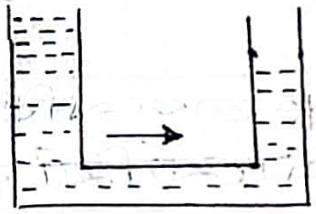
* তাপমাত্রার এই পার্থক্যকে বলা হয় সঞ্চালক বল (Driving Force)
* উচ্চ তাপমাত্রার বস্তু থেকে তাপ নিম্ন তাপের বস্তুর দিকে যায়।

5

সমান তাপমাত্রায়,

$$\boxed{\text{গৃহীত তাপ} = \text{বর্জিত তাপ}}$$

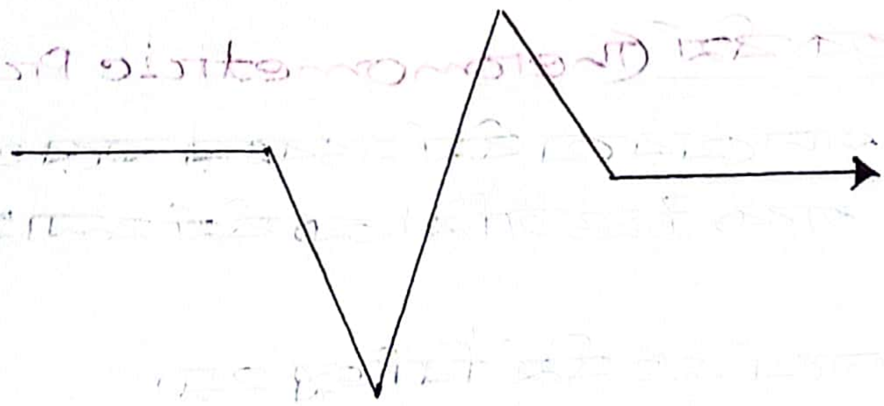
- Fluid flow → Driving force → height difference
  direction → Higher to lower.



- Heat transfer → Driving force
  ↓
  Temperature difference

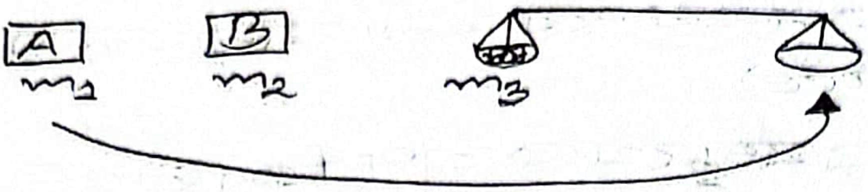
- Electricity → Driving force → Potential difference (বিভব পার্থক্য)

* পৃথিবীর সব বস্তুই সর্বদা শক্তির সর্বনিম্ন বিন্দুতে যেতে চায়/ ঘুরে যেতে চায়। *



তাপগতি বিদ্যার শূন্যতম সূত্র (Zeroth law of thermodynamics):

যদি দুইটি বস্তু তৃতীয় কোনো বস্তুর সাথে তাপীয় সাম্যবস্থায় থাকে, তবে প্রথমোক্ত বস্তু দুইটি পরস্পরের সাথে তাপীয় সাম্যবস্থায় থাকে।



6

$m_1 = m_3$
$m_2 = m_3$
$\therefore m_1 = m_2$

$\boxed{A}$ $\boxed{B}$ $\boxed{C}$ → Thermometer

A_θ B_θ C_θ

$\boxed{A_\theta = C_\theta}$ $\boxed{B_\theta = C_\theta}$

$\boxed{A_\theta = B_\theta}$

* তাপগতিবিদ্যার শূন্যতম সূত্রে তৃতীয় বস্তুটি হলো থার্মোমিটার। *

উষ্ণতামিতিক পদার্থ (Thermometric Substance):

তাপমাত্রার পরিবর্তনে যে সমস্ত বস্তুর বিভিন্ন বৈশিষ্ট্যে পরিবর্তন পরিলক্ষিত হয় তাদেরকে উষ্ণতামিতিক পদার্থ বলা হয়। যেমন:- পারদ, অ্যালকোহল, বায়ু।

উষ্ণতামিতিক ধর্ম (Thermometric Property):

উষ্ণতামিতিক পদার্থের যে ধর্ম ব্যবহার করে থার্মোমিটার তৈরী করা হয় তাকে উষ্ণতামিতিক ধর্ম বলা হয়।

* বিভিন্ন পদার্থে এই ধর্ম বিভিন্ন হয়।

পারদ → উচ্চতা

অ্যালকোহল → উচ্চতা

রোধ থার্মোমিটার → রোধ

গ্যাস → চাপ, আয়তন

দুইটি স্থির বিন্দু ব্যবহার করে থার্মোমিটার

* **নিম্ন স্থির বিন্দু বা বরফ বিন্দু (Lower fixed point):**

→ $\boxed{\theta_{ice}}$

★ উষ্ণতামিতিক ধর্মকে x দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

θ_{ice}, উষ্ণতামিতিক ধর্ম = $\boxed{x_{ice}}$

* **ঊর্ধ্ব স্থির বিন্দু বা বাষ্প বিন্দু (upper fixed point):**

→ $\boxed{\theta_{steam}}$ উষ্ণতামিতিক ধর্ম = $\boxed{x_{steam}}$

★ স্থির বিন্দুতে তাপমাত্রার কোনো পরিবর্তন হয় না শুধুমাত্র অবস্থার পরিবর্তন হয়। যেমন: 0°C তাপমাত্রায় বরফও পানি।

* **মৌলিক ব্যবধান (Fundamental interval):**

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

উষ্ণতামিতিক পদার্থের উষ্ণতামিতিক ধর্ম তাপমাত্রার সমানুপাতিক।

→ যেমন:- তাপমাত্রা বাড়লে পারদের উচ্চতা বাড়ে।

$$x \propto \theta$$

উষ্ণতামিতিক ধর্ম

$$\Rightarrow x = k\theta$$

$$\boxed{Y = mx}$$ → যা একটি সরলরৈখিক বৈশিষ্ট্য

A C B

(θ_{ice}, X_{ice}) (θ, X_θ) $(\theta_{steam}, X_{steam})$

AC রেখার ঢাল = BC রেখার ঢাল

বা, $\dfrac{X_{steam} - X_{ice}}{\theta_{steam} - \theta_{ice}} = \dfrac{X_\theta - X_{ice}}{\theta - \theta_{ice}}$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{\theta - \theta_{ice}}{\theta_{steam} - \theta_{ice}} = \frac{X_\theta - X_{ice}}{X_{steam} - X_{ice}}}$$ *** ৪

$$\boxed{\frac{\theta - \theta_{ice}}{N} = \frac{X_\theta - X_{ice}}{X_{steam} - X_{ice}}}$$

$$\boxed{\frac{\theta - \theta_{ice}}{\theta_{steam} - \theta_{ice}} = const}$$

$\dfrac{\text{তাপমাত্রা} - \text{বরফবিন্দু}}{\text{বাষ্পবিন্দু} - \text{বরফবিন্দু}} = const$

\# একটি রোধ থার্মোমিটারে বরফ বিন্দুতে রোধ 5.5Ω এবং বাষ্প বিন্দুতে রোধ 13.5Ω যদি থার্মোমিটারটির রোধ 7.5Ω হয় তবে সেলসিয়াস স্কেলে কত তাপমাত্রা প্রদর্শন করবে?

উ: সেলসিয়াস স্কেলে,

বরফ বিন্দু, $\theta_{ice} = 0°C$

বাষ্প বিন্দু, $\theta_{steam} = 100°C$

প্রশ্নমতে, $X_{ice} = 5.5\Omega$

$X_{steam} = 13.5\Omega$

এবং, $X_\theta = 7.5\Omega$

আমরা জানি,

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

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

$\Rightarrow \theta = 25°C$ (Ans.)

একটি রোধ থার্মোমিটারের বরফ বিন্দুতে পারদের উচ্চতা, বাষ্প বিন্দুতে পারদের উচ্চতার $\frac{1}{6}$ অংশ। যদি পারদস্তম্ভের উচ্চতা বরফ বিন্দুতে পারদের উচ্চতার দ্বিগুণ হয় তবে সেলসিয়াস স্কেলে তাপমাত্রা কত?

উঃ $X_{ice} = X_{steam} \times \frac{1}{6}$ $\qquad \theta_{ice} = 0^\circ C$

$\theta_{steam} = 100^\circ C$

$$X_\theta = \frac{X_{steam}}{6} \times 2$$
$$= \frac{X_{steam}}{\cancel{4}3}$$

আমরা জানি,

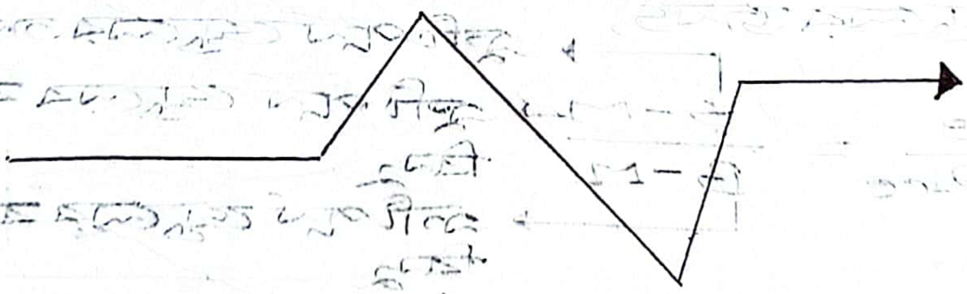
$$\frac{\theta - \theta_{ice}}{\theta_{steam} - \theta_{ice}} = \frac{X_\theta - X_{ice}}{X_{steam} - X_{ice}}$$

$$\Rightarrow \frac{\theta}{100} = \frac{\frac{X_{steam}}{\cancel{4}3} - \frac{X_{steam}}{6}}{X_{steam} - \frac{X_{steam}}{6}}$$

$$\Rightarrow \frac{\theta}{100} = \frac{\frac{X_{steam}}{\cancel{12}6}}{\frac{5X_{steam}}{6}}$$

$$\Rightarrow \frac{\theta}{100} = \frac{X_{steam}}{\cancel{12}6} \times \frac{6}{5X_{steam}}$$

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



topic-2:

বিভিন্ন স্কেলসমূহের মধ্যেই সম্পর্ক:

For any scale,

$$\boxed{\frac{\theta - \theta_{ice}}{\theta_{steam} - \theta_{ice}} = \overset{x}{const}}$$

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 সেলসিয়াস স্কেল এবং ফারেনহাইট স্কেল একই তাপমাত্রা দেয়?

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

বা, $9C = 5F - 160$ $\therefore C = -40°C$

বা, $9x = 5x - 160$ $F = -40°F$ (A)

বা, $x = -40$

ত্রুটিপূর্ণ স্কেল:

ত্রুটিপূর্ণ স্কেলের জন্য,

$$\frac{\theta - \theta_{ice}}{\theta_{steam} - \theta_{ice}} = \frac{S-M}{B-M}$$

S → ত্রুটিপূর্ণ স্কেলের তাপমাত্রা

M → ত্রুটিপূর্ণ স্কেলের বরফ বিন্দু

B → ত্রুটিপূর্ণ স্কেলের বাষ্প বিন্দু

\# একটি ত্রুটিপূর্ণ সেলসিয়াস স্কেলে বরফ বিন্দুতে 2°C এবং বাষ্প বিন্দুতে 95°C তাপমাত্রা প্রদর্শন করে। স্কেলটি যদি 60°C তাপমাত্রা প্রদর্শন করে তবে সেলসিয়াস স্কেলে প্রকৃত পাঠ কত?

উঃ দেওয়া আছে,
ত্রুটিপূর্ণ স্কেলে বরফ বিন্দুতে তাপমাত্রা,
$m = 2°c$

এবং বাষ্প বিন্দুতে তাপমাত্রা,
$B = 95°c$

তাপমাত্রা, $S = 60°$

আমরা জানি, 11

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

$$\Rightarrow C = 62.4°c \text{ (Ans.)}$$

একটি স্থির বিন্দু ব্যবহার করে থার্মোমিটার:

***

ত্রৈধ বিন্দু (Tripple point): স্বাভাবিক চাপে যে তাপমাত্রায় কোনো পদার্থের তিনটি প্রধান অবস্থা (কঠিন, তরল ও বায়বীয়) একই সাথে পাওয়া যায় তাকে ঐ পদার্থের ত্রৈধ বিন্দু বলা হয়।

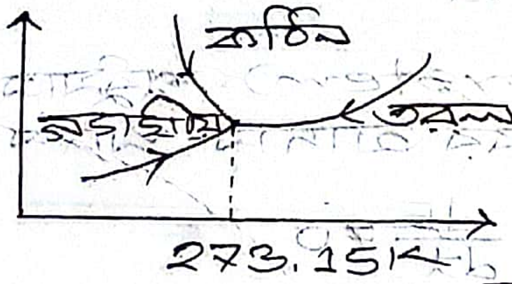
[একটি স্থির বিন্দু শুধুমাত্র কেলভিন স্কেলে ব্যবহার করা হয়]

[বরফ ফ্রিজ থেকে বাইরে আনলে বরফ এর উপর থেকে ধোঁয়া বের হয়।] → ত্রৈধ বিন্দুর উদাহরণ।

[একমাত্র পানির ক্ষেত্রে ত্রৈধ বিন্দু নির্ণয় করা যায়]

* পানির ত্রৈধ বিন্দু = 273.15K বা 273K

★ উষ্ণতামিতিক পদার্থের উষ্ণতামিতিক ধর্ম পরম তাপমাত্রার সমানুপাতিক।



$$X \propto T$$
$$\Rightarrow X = KT$$
K → const

T তাপমাত্রায় উষ্ণতামিতিক ধর্ম X হলে,

$$X = KT \quad \text{—(i)}$$

ত্রৈধ বিন্দুতে অর্থাৎ T_{tr} তাপমাত্রায় উষ্ণতামিতিক ধর্ম X_{tr}

$$X_{tr} = KT_{tr} \quad \text{—(ii)}$$

(i) ÷ (ii) করে,

$$\frac{X}{X_{tr}} = \frac{KT}{KT_{tr}}$$

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

T_{tr} → 273.15K

Result সবসময় কেলভিন এককে আসবে।

একটি পারদ থার্মোমিটারে পারদের উচ্চতা পানির ত্রৈধ বিন্দুতে পারদের উচ্চতার অপেক্ষা 30% বেশি হলে তাপমাত্রা কত?

উঃ H = স্বাভাবিক তাপমাত্রায় পারদের উচ্চতা
H_{tr} = ত্রৈধ বিন্দুতে পারদের উচ্চতা

প্রশ্নমতে, $H = (H_{tr} + H_{tr}$ এর $30\%)$

$= 1.3 H_{tr}$

আমরা জানি, $T = \frac{H}{H_{tr}} \times T_{tr}$

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

$= 355.095\ K$ (Ans.)

ব্যবস্থা (System): তাপগতিবিদ্যায় যে নির্দিষ্ট অংশ বা স্থানে তাপগতীয় বিভিন্ন বৈশিষ্ট্যের পরিবর্তন পর্যালোচনা করা হয় তাকে ব্যবস্থা (System) বলে।

3 ~~times~~ types of system:

(i) মুক্ত সিস্টেম (opened system): ভর ও শক্তির উভয়েরই আদান প্রদান ঘটে।

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

(ii) বদ্ধ সিস্টেম (closed system): শুধুমাত্র শক্তির আদান-প্রদান ঘটে কিন্তু ভরের আদান-প্রদান হয় না।

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

(iii) বিচ্ছিন্ন সিস্টেম (isolated system): ভর ও শক্তি কোনোটিরই আদান-প্রদান হয় না।

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

সময়ের সাপেক্ষে শক্তির পরিবর্তন	$\frac{dE}{dt} = \dot{E}$
" " ভরের পরিবর্তন	$\frac{dm}{dt} = \dot{m}$

Topic:2: তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্র (First law of thermodynamics):

(তাপশক্তি) Q → System → w [সিস্টেমের কাজ]

System → অন্তঃস্থ শক্তি (u) (তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল)

System → কার্যনির্বাহী বস্তু (Working substance) → গ্যাস

13

$$\boxed{Q = u + w}$$

$$\boxed{\Delta Q = \Delta u + \Delta w}$$

$$\boxed{dQ = du + dw}$$

$$w = Fl = \frac{F}{A}(Al)$$

$$\boxed{w = PV}$$

$$\boxed{\Delta w = P\Delta V}$$

$$\boxed{dw = PdV}$$

$$\boxed{\Delta w = P(V_2 - V_1)}$$

[illegible]

$$\boxed{\Delta Q = \Delta u + P\Delta V}$$

$$\boxed{dQ = du + PdV}$$

$$Q = u + w$$

$$\boxed{Q = (u_2 - u_1) + w}$$

$$\boxed{Q = (u_2 - u_1) + P(V_2 - V_1)}$$

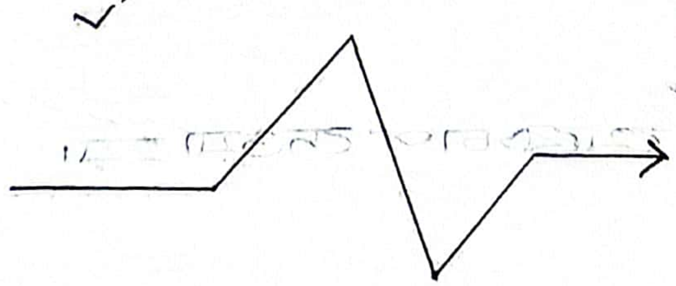
$$\boxed{Q_2 - Q_1 = (u_2 - u_1) + P(V_2 - V_1)}$$

তাপগতীয় স্থানাঙ্ক: (Thermal coordinate)

$\boxed{P, V}$, T, S → Entropy

নির্দেশক চিত্র (indicating diagram):

YX-graph
↓↓
$\boxed{PV \rightarrow \text{Diagram}}$



সমচাপীয় প্রক্রিয়া (Isobaric Process):

$P = const$

$dw = pdv$

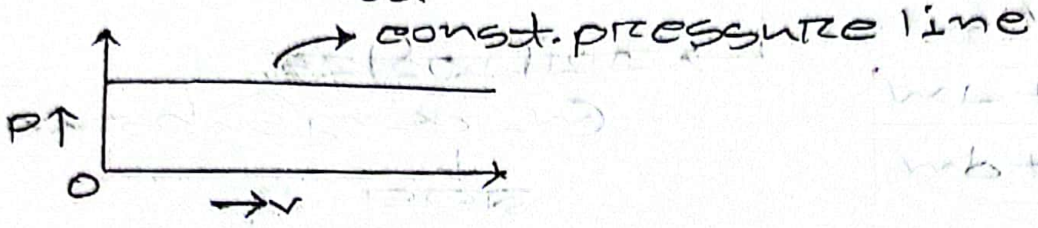
$\Delta W = P\Delta V$

$\Delta W = \underbrace{P}_{const}(V_2 - V_1)$

From 1st law,

$dQ = du + dw$

$dQ = du + \underbrace{p}_{const}dv$



Special observation:

From 1st law,

$dQ = du + Pdv$

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

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

ΔQ → (+ve) হলে সিস্টেম তাপ শোষণ করে অর্থাৎ তাপ গ্রহণ করে।
→ (-ve) হলে সিস্টেম তাপ হারায় বা বর্জন করে।

Δu → (+ve) সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি বৃদ্ধি পায় অর্থাৎ তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়।
→ (-ve) হলে সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তি হ্রাস পায় অর্থাৎ তাপমাত্রা হ্রাস পায়।

ΔW → (+ve) হলে সিস্টেম নিজে কাজ করে।
→ (-ve) সিস্টেমের উপর বাহিরে কাজ সম্পন্ন হয়।

↓

বাহিরে থেকে চাপ দেওয়া হয়।

20 Pa চাপে কোনো সিস্টেমে 560J তাপশক্তি সরবরাহ করায় সিস্টেমের আয়তন $3m^3$ বৃদ্ধি পায়।
(i) সিস্টেমের কৃতকাজ নির্ণয় কর।
(ii) সিস্টেমের অন্তঃশক্তি বা অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন নির্ণয় কর। 15

(i)

আয়তন বৃদ্ধি, $\Delta V = 3m^3$
চাপ, $P = 20Pa$
তাপশক্তি, $\Delta Q = 560J$.

$$\therefore W = P\Delta V = (20\times 3)J = 60J.$$

(ii)

$\Delta u = ?$

$$\Delta Q = \Delta u + \Delta W$$
$$\Rightarrow \Delta u = \cancel{\Delta W}\,\Delta Q - \Delta W$$
$$= -60 + 560$$
$$\Delta u = 500J \quad \text{(Ans.)}$$

সমআয়তন প্রক্রিয়া (Isochoric Process):

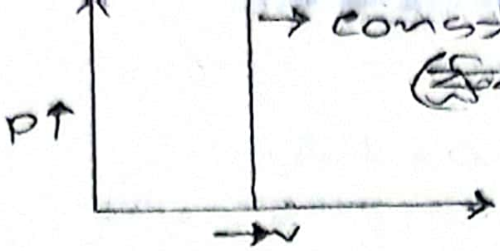
$V = Const$
$dV = 0$
$dW = P\cancel{dV}^{\,0}$
$\boxed{dW = 0}$

সমআয়তন প্রক্রিয়ায় সিস্টেমে কোনো কাজ সম্পাদিত হয় না।

From 1st law of thermodynamics

$$dQ = du + \cancel{dW}^{\,0}$$
$$\boxed{dQ = du}$$
$$\boxed{Q = u}$$

★ সমআয়তন প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের সমস্ত তাপশক্তি সিস্টেমের অন্তঃস্থ শক্তিতে রূপান্তর হয়।



[x অক্ষের সমান্তরাল হলে সমচাপীয় প্রক্রিয়া
y অক্ষের সমান্তরাল হলে সম আয়তন প্রক্রিয়া]

সমোষ্ণ প্রক্রিয়া (Isothermal Process):

সম + উষ্ণ

* যে প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের উষ্ণতা বা তাপমাত্রা সমান থাকে তাকে সমোষ্ণ প্রক্রিয়া বলা হয়।

$$T = const$$
$$\Rightarrow dT = 0$$
$$\boxed{du = 0}$$

আমরা জানি, $dQ = \cancel{du} + dw$

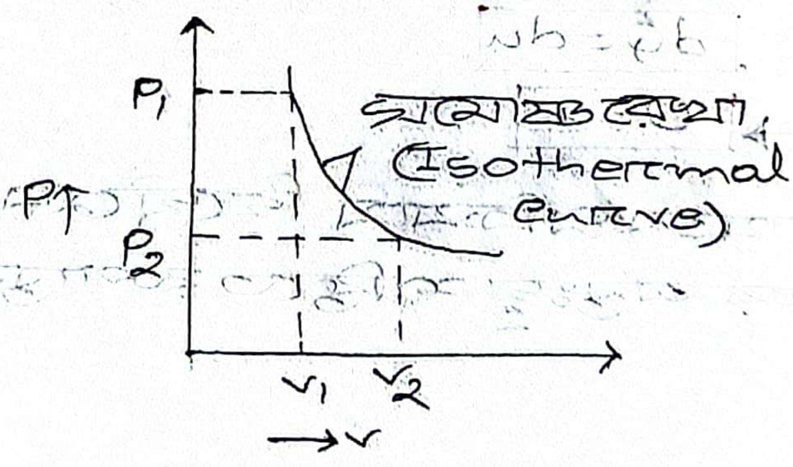
$$\boxed{dQ = dw}$$

★ সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের সমস্ত তাপশক্তি সিস্টেমের কাজে পরিণত হয়।

★ কোনো সিস্টেমের কার্যনির্বাহী বস্তু অর্থাৎ গ্যাসের আয়তন ও চাপের খুব ধীরে ধীরে পরিবর্তন করে সমোষ্ণ প্রক্রিয়া পাওয়া যায়।

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

$$PV = const$$
$$P_1V_1 = P_2V_2$$
$$\Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}$$
$$dw = Pdv$$



$$PV = const$$
$$\downarrow \; \downarrow$$
$$y \; x = K$$
$$xy = K$$

→ আয়তাকার পরাবৃত্ত (Rectangular hyperbola)

[খ] সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ:

$dQ = dW \qquad dW = P\,dV \qquad PV = nRT \quad \therefore P = \frac{nRT}{V}$

17

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

$\Rightarrow \boxed{dW = nRT \cdot \frac{dV}{V}}$ → differential form of workdone for isothermal process.

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

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

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

$\Rightarrow \boxed{W = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}} \quad \left(\ln M - \ln N = \frac{\ln M}{\ln N}\right)$

* সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ

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

★ সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় সিস্টেম কর্তৃক গৃহীত বা শোষিত তাপশক্তি:

$dQ = dW$

$Q = W$

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

27°C তাপমাত্রায় 48g O_2 সমোষ্ণে আয়তন অর্ধেক করা হলে কৃতকাজের পরিমাণ নির্ণয় কর।

উঃ $n = \frac{48}{32} = \frac{3}{2} = 1.5$ mole

$T = 27°C = 300K$

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

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

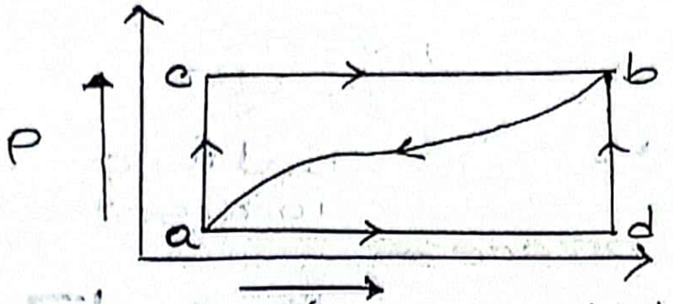
$= 1.5 \times 8.314 \times 300 \times \ln \frac{\frac{1}{2}V}{V}$

$= -2593.27$ Joule

$\ln \frac{1}{2} = \cancel{\ln 1}^{\,0} - \ln 2 = -\ln 2$

$\ln x$, $0 < x < 1$, $\ln x \rightarrow$ (-ve)

*



$u_a = 0j$ $\quad u_d = 40j$

কোন সিস্টেমে acb পথে a হতে b বিন্দুতে নেয়া হলে সিস্টেম দ্বারা 200j তাপশক্তি শোষিত হয় এবং সিস্টেম 100j কাজ সম্পন্ন করে।

u_a, u_d হচ্ছে a ও d বিন্দুর অন্তঃস্থ শক্তি।

(i) যদি সিস্টেমটিকে adb পথে a হতে b বিন্দুতে নেওয়া হয় তবে সিস্টেম 60j কাজ সম্পাদন করে তবে সিস্টেম কর্তৃক শোষিত/বর্জিত তাপ কত?

(ii) যদি সিস্টেমটিকে ba পথে b থেকে a বিন্দুতে প্রত্যাবর্তন/ফিরিয়ে আনা হয় তবে সিস্টেমের উপর 50j কাজ সম্পন্ন হয়। সিস্টেম কর্তৃক গৃহীত বা বর্জিত তাপ কত?

(iii) ad ও db পথে শোষিত তাপশক্তির পরিমাণ নির্ণয় কর। (Q_{ad}, Q_{db})

—— × ——

প্রশ্নানুসারে,

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

$$\Rightarrow 200j = (U_b - U_a) + 100j$$

$$\Rightarrow U_b - U_a = 100j$$

$$\therefore U_b = 100j$$

19

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

$= (100 - 0) + 60$

$\therefore Q_{adb} = 160\,j$

যেহেতু, Q এর মান ধনাত্মক সেহেতু সিস্টেম কর্তৃক 160j তাপশক্তি শোষিত হয়।

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

$= (0 - 100) + (-50\,j)$

$= -150\,j$

সুতরাং, সিস্টেম কর্তৃক 150j তাপশক্তি বর্জিত হয়।

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

$= (40 - 0) + 60$

$= 100\,j$

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

$\boxed{\therefore W_{adb} = W_{ad}}$

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

$= 100 - 40$

$= 60\,j$

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

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

$= 160\,j$

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

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

$= 160 - 100$

$= 60\,j$

রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া (Adiobatic Process):

যে প্রক্রিয়ায় তাপশক্তি বাইরে থেকে সিস্টেমে বা সিস্টেম থেকে বাইরে যায় না অর্থাৎ তাপশক্তির কোনো আদান প্রদান হয় না তাকে রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া বলা হয়।

From 1st law,

$$dQ = du + dw$$

রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়, $dQ = 0$

$$\therefore \boxed{du + dw = 0}$$

★ সিস্টেমের গ্যাসের চাপ ও আয়তনের খুব দ্রুত পরিবর্তন করে রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া পাওয়া যায়।

$$du + dw = 0$$

$$\boxed{dw = -du}$$

∴ রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় সিস্টেমের কৃতকাজ সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি দ্বারা সম্পাদিত হয়। তাই অভ্যন্তরীণ শক্তি ধীরে ধীরে হ্রাস পায়। অর্থাৎ তাপমাত্রাও কমে যায়। তাই এটাকে রুদ্ধতাপীয় শীতলীকরণ (Adiabatic cooling) বলে। উদা: সাইকেলের চাকা ফুটো। flask

মোলার আপেক্ষিক তাপ (Molar specific heat (c)

কোনো গ্যাসের এক মোলের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ তাপশক্তির প্রয়োজন হয় তাকে ঐ গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ বলা হয়।

কোনো গ্যাসের n মোলের তাপমাত্রা ΔT K বৃদ্ধি করলে প্রয়োজনীয় তাপশক্তি ΔQ

∴ " " 1 " " " 1K " " " " $\dfrac{\Delta Q}{n\Delta T}$

$$\boxed{c = \frac{\Delta Q}{n\Delta T}} \quad \boxed{c = \frac{dQ}{n\,dT}}$$

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

differential form

মোলার আপেক্ষিক তাপ

স্থির চাপে মোলার আপেক্ষিক তাপ। (C_p)

স্থির আয়তনে মোলার আপেক্ষিক তাপ (C_v)

স্থির চাপে......

$$C_p = \frac{dQ}{ndT}$$

স্থির আয়তনে.......

$$C_v = \frac{dQ}{ndT}$$

$$\boxed{C_p > C_v}$$

* C_p সর্বদা কেন C_v থেকে বড় হয়?

উঃ

$$dQ = du + dw$$

$$dQ = du + Pdv$$

$$C_p = \frac{dQ}{ndT} = \frac{du + Pdv}{ndT}$$

$$C_v = \frac{dQ}{ndT} = \frac{du + \cancel{Pdv} \rightarrow 0}{ndT} \qquad \left[\begin{array}{l} v = \text{const} \\ Pdv = 0 \end{array}\right]$$

$$\therefore C_v = \frac{du}{ndT}$$

$$C_p = \frac{du}{ndT} + \frac{Pdv}{ndT}$$

$$\Rightarrow C_p = C_v + \frac{Pdv}{ndT}$$

$$\therefore \boxed{C_p > C_v}$$

স্থির চাপে, $C_p = C_v + \frac{Pdv}{ndT}$

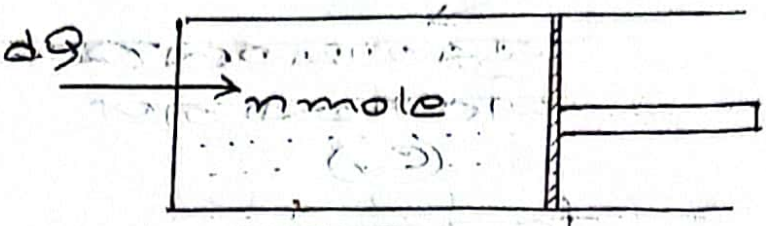
$$= C_v + \frac{nRdT}{ndT}$$

$$\left[\begin{array}{l} Pv = nRT \\ P\frac{dv}{dT} = nR\frac{dT}{dT} \\ Pdv = nRdT \end{array}\right.$$

$$C_p = C_v + R$$

$$\therefore \boxed{C_p - C_v = R}$$

* কোনো সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন:



From 1st law of thermodynamics,

$$dQ = du + dw$$

$$\Rightarrow dQ = du + Pdv \quad \text{——(i)}$$

যদি সিস্টেমের কার্য নির্বাহী বস্তু বা গ্যাসের আয়তন ধ্রুব থাকে তাহলে,

$$v = \text{const}$$

$$dv = 0$$

∴ (i) নং হতে, $dQ = du + 0$

$$\boxed{dQ = du} \quad \text{——(ii)}$$

যেহেতু, $v = \text{const}$

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

$$\Rightarrow dQ = n C_v dT$$

dQ এর মান (ii) নং এ বসাই, $\boxed{du = n C_v dT}$

1 mole গ্যাসের জন্য, $n = 1$

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

$$du = n C_v dT$$

$$\Delta u = n C_v \Delta T$$

$$\Delta u = n C_v (T_2 - T_1)$$

$$u_2 - u_1 = n C_v (T_2 - T_1)$$

* মোলার আপেক্ষিক তাপদ্বয়ের 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 গ্যাসের ক্ষেত্রে: (He, Ne)

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

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

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{5}{3} = 1.66\ldots \boxed{\approx 1.67}$$

দ্বি-পারমাণবিক গ্যাস: (N_2, O_2, H_2, CO):

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

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

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

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

বহু-পারমাণবিক গ্যাসের জন্য:

$$C_v = 3R$$

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

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

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

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 সিলিন্ডারে 2 mole O_2 গ্যাস আছে। সিলিন্ডারের তাপমাত্রা 10°C হতে 40°C এ উন্নীত করা হলে সিলিন্ডারের অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন নির্ণয় কর।

উঃ আমরা জানি,

$$\Delta U = n C_v (T_2 - T_1)$$

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

$$= 1247.1 \, J.$$

এখানে,
$n = 2$ mole
$\Delta T = 30$
$\gamma = 1.4$
$R = 8.314 \, J mol^{-1} K^{-1}$

* কোনো আবদ্ধে 2 mole O_2 গ্যাস আছে। সিস্টেমের তাপমাত্রা 10°C হতে 40°C এ উন্নীত করা হলে সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন নির্ণয় কর।

উঃ আমরা জানি,

$$\Delta U = nC_v\Delta T$$
$$= 2\times\frac{R}{\gamma-1}\times 30$$
$$= \left(2\times\frac{8.314}{1.4-1}\times 30\right) J$$
$$= 1247.1 J \text{ (Ans.)}$$

এখানে,
$n = 2$ mole
$\Delta T = 30$
$\Delta U = ?$
$R = 8.314\ Jmol^{-1}K^{-1}$
$\gamma = 1.4$ (দ্বি-পারমাণবিক)

রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় তাপগতীয় স্থানাঙ্ক
Thermal co-ordinate in adiabatic process:

From 1st law,

$$dQ = du + dw$$
$$dQ = nC_v dT + PdV \text{ --- (i)}$$

আবার, রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়, $dQ = 0$

$\therefore$ (i) নং হতে,

$$nC_v dT + PdV = 0 \text{ --- (ii)}$$

আমরা জানি,

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

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

বা, $P\cdot\frac{dV}{dT} + V\cdot\frac{dP}{dT} = nR\frac{d}{dT}(T)$

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

বা, $P\cdot\frac{dV}{dT} + V\cdot\frac{dP}{dT} = nR$

বা, $PdV + VdP = nRdT$

বা, $dT = \left(\frac{PdV + VdP}{nR}\right)$ --- (iii)

(iii) নং এর মান (ii) নং এ বসিয়ে পাই,

$$nC_v dT + PdV = 0$$
$$\Rightarrow nC_v\left(\frac{PdV + VdP}{nR}\right) + PdV = 0$$

$\Rightarrow C_v(Pdv + vdP) + RPdv = 0$ [R দ্বারা গুণ করে]

$\Rightarrow C_vPdv + C_vvdP + (C_p - C_v)Pdv = 0$ [$R = C_p - C_v$]

$\Rightarrow C_vPdv + C_vvdP + C_pPdv - C_vPdv = 0$

$\Rightarrow C_vvdP + C_pPdv = 0$

$\Rightarrow vdP + \frac{C_p}{C_v} Pdv = 0$ [C_v দ্বারা ভাগ করে]

$\Rightarrow vdP + \gamma Pdv = 0$ [$\frac{C_p}{C_v} = \gamma$]

$\Rightarrow \frac{vdP}{Pv} + \gamma \frac{Pdv}{Pv} = 0$ [Pv দ্বারা ভাগ করে]

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

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

বা, $\ln p + \gamma \ln v = c$

বা, $\ln p + \ln v^\gamma = c$

বা, $\ln (pv^\gamma) = c$

বা, $\ln (pv^\gamma) = c$

বা, $pv^\gamma = e^c$

$P_1v_1^\gamma = P_2v_2^\gamma = \dots\dots = P_nv_n^\gamma$

$\boxed{P_1v_1^\gamma = P_2v_2^\gamma}$

রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় তাপমাত্রা ও আয়তনের মধ্যে সম্পর্ক:

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

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

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

বা, $\boxed{T.v^{\gamma-1} = \text{const}}$ → টাকা ফুটা

$pv = nRT$

$\Rightarrow p = \frac{nRT}{v}$

$\therefore T_1v_1^{\gamma-1} = T_2v_2^{\gamma-1} = \dots\dots = T_nv_n^{\gamma-1} = \text{const}$

ঘ) রুদ্ধ... [illegible]

প্রমাণ:

$$pv^{\gamma} = const \qquad \Big|\; pv = nRT \Rightarrow v = \frac{nRT}{p}$$

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

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

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

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

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

বা, $T^{\gamma\cdot\frac{1}{\gamma}}\cdot p^{(1-\gamma)\frac{1}{\gamma}} = const$

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

$$\therefore T_1\cdot P_1^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_2 P_2^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = \ldots\ldots = T_n P_n^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = const$$

Math: একটি সিলিন্ডারের মধ্যে 3atm চাপে এবং 300K উষ্ণতায় 10L বায়ু আছে:

(i) চাপ যদি হঠাৎ করে দ্বিগুণ করা হয় তাহলে বায়ুর আয়তন ও উষ্ণতা কত হবে?

(ii) চাপ ধীরে ধীরে দ্বিগুণ করা হলে আয়তন ও উষ্ণতা কত হবে?

(i) এর

উক্ত প্রক্রিয়াটি রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া:-

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

এখানে,
$P_1 = 3atm$
$T_1 = 300K$
$V_1 = 10L$
$P_2 = 2P_1$
$V_2 = ?$
$T_2 = ?$
$\gamma = 1.4$

$P_1 V_1^{\gamma} = P_2 V_2^{\gamma}$

বা, $P_1 V_1^{\gamma} = 2P_1\cdot V_2^{\gamma}$

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

বা, $\dfrac{10}{V_2} = \sqrt[\gamma]{2}$

$\therefore V_2 = \dfrac{10}{\sqrt[1.4]{2}} = 6.095$

★ কোনো ক্ষেত্রে γ না বুঝা গেলে γ হবে 1.4 বা দ্বিপারমাণবিক ধরা হয়।

আবার,

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

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

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

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

(ii)

এটি একটি সমোষ্ণ প্রক্রিয়া,

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

$\Rightarrow P_1V_1 = 2P_1V_2$

$\Rightarrow V_1 = 2V_2$

$\Rightarrow V_2 = 5L$.

★ সমোষ্ণ প্রক্রিয়া হওয়ায় তাপমাত্রার কোনো পরিবর্তন হবে না তাই $T_2 = 300K$

রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় কৃতকাজ:

রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়,

$$dQ = 0$$

From 1st law,

$$\cancel{dQ} = du + dw$$

বা, $du + dw = 0$

বা, $dw = -du$

$\int_0^w dw = \int_u^0 du \Rightarrow [w - 0] = [0 - u]$

$\Rightarrow w = -u$

বা, $w = -u$ [Intregation করে]

বা, $w = -nC_v(T_2 - T_1)$

বা, $\boxed{w = nC_v(T_1 - T_2)}$

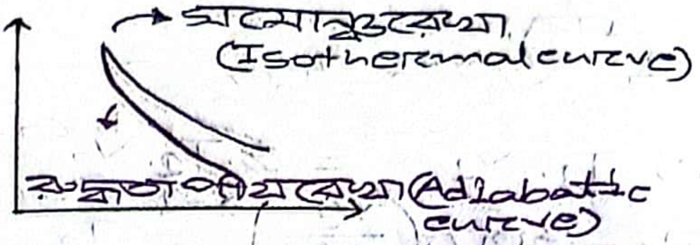
$$w = n . \frac{R}{\gamma - 1} . (T_1 - T_2)$$

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

★ রুদ্ধতাপীয় রেখা সমোষ্ণ রেখার চেয়ে অধিকতর খাড়া।

সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায়,

$$pV = \text{const}$$
$$\boxed{y \cdot x = c}$$

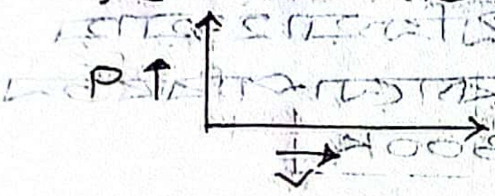


গ্রাফে plot করলে দেখা যায় বেশি খাড়া।

রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায়,

$$pV^{\gamma} = \text{const}$$
$$\boxed{y \cdot x^{\gamma} = c}$$

* কতটুকু খাড়া তা ঢাল পদ্ধতিতে বের করব।
→ কোনো ফাংশনকে একবার Differenciate করলে ঢাল পাওয়া যায়।



$$\boxed{m = \frac{dy}{dx} = \frac{dP}{dV}}$$

সমোষ্ণ রেখার ঢাল

বক্ররেখার ঢাল = যেকোনো বিন্দুতে তারবৃদ্ধির হয়।

$$pV = \text{const}$$

বা, $\frac{d}{dV}(pV) = 0$

বা, $P\frac{dV}{dV} + V \cdot \frac{dP}{dV} = 0$

বা, $P + V \cdot \frac{dP}{dV} = 0$

বা, $\frac{dP}{dV} = -\frac{P}{V}$

$$\boxed{\therefore \text{সমোষ্ণরেখার ঢাল, } m_1 = -\frac{P}{V}}$$

রুদ্ধতাপীয় রেখার ঢাল:

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

বা, $\frac{d}{dV}(PV^{\gamma}) = 0$

$\Rightarrow P\frac{dV^{\gamma}}{dV} + V^{\gamma}\frac{dP}{dV} = 0$

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

$\Rightarrow \frac{dP}{dV} = -\frac{P \cdot \gamma \cdot V^{\gamma-1}}{V^{\gamma}}$

$\Rightarrow \frac{dP}{dV} = -\frac{P \cdot \gamma \cdot V^{\gamma} \cdot V^{-1}}{V^{\gamma}}$

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

∴ রুদ্ধতাপীয় রেখার ঢাল, $m_2 = -\gamma \frac{P}{V}$

এখন, $m_2 = -\gamma \frac{P}{V}$

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

$\Rightarrow \boxed{m_2 = m_1 \cdot \gamma}$

রুদ্ধতাপীয় রেখার ঢাল = $\gamma \times$ সমোষ্ণ রেখার ঢাল।

Topic: 3

* তাপগতিবিদ্যার ২য় সূত্র ও তাপীয় ইঞ্জিন:
2nd law of thermodynamics & Heat Engine:

* তাপশক্তিকে সহজে অন্য শক্তিতে রূপান্তর করা যায় না। তাপশক্তিকে অন্য শক্তিতে রূপান্তর করতে যন্ত্রের প্রয়োজন হয়। এই যন্ত্রই হচ্ছে তাপীয় ইঞ্জিন

* এমন কোনো যন্ত্র তৈরী করা সম্ভব না যা দ্বারা সম্পূর্ণ তাপশক্তিকে কাজে রূপান্তর করা যায়।

প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া: (Reversible Process):

যে প্রক্রিয়াকে সম্পূর্ণরূপে পূর্বের অবস্থায় ফিরিয়ে আনা যায় এবং পূর্বের অবস্থায় ফিরিয়ে আনলে মোট কৃতকাজ 0 হয়, তাকে প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া বলা হয়।

* বাস্তবে প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া পাওয়া যায় না।

* কিছু কিছু ক্ষেত্রে প্রত্যাগামী প্রক্রিয়া পাওয়া গেলেও তা অত্যন্ত ধীরগতিসম্পন্ন। যেমন:- বরফ থেকে যে গতিতে পানি হয়, পানি থেকে সে গতিতে বরফ পাওয়া যায় না।

—x—

অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়া (Irreversible Process):

যে প্রক্রিয়াকে যথাপূর্বরূপে পূর্বের অবস্থায় ফিরিয়ে আনা যায় না এবং পূর্বের অবস্থায় ফিরিয়ে আনলে মোট কৃতকাজ 0 হয় না, তাকে অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়া বলে।

৩০

* বাস্তবে সমস্ত স্বয়ংক্রিয় প্রক্রিয়া অপ্রত্যাগামী।
* প্রত্যাগামী ও অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়ার পার্থক্য:-

উ: বই।

তাপীয় ইঞ্জিন (Heat Engine):

যে যন্ত্র দ্বারা তাপশক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা হয় তাকে তাপীয় ইঞ্জিন বলে।

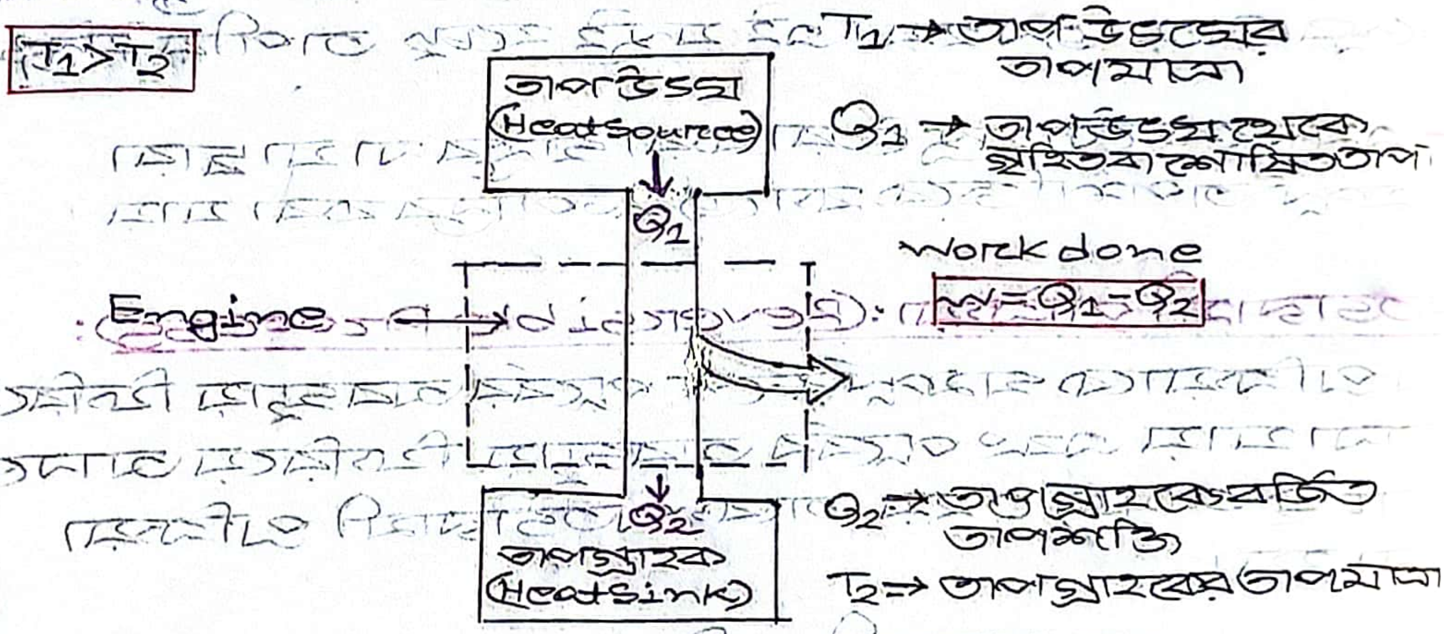


fig: Schematic diagram of Heat Engine (ব্যবস্থিত চিত্র)

তাপীয় ইঞ্জিনের কার্যদক্ষতা: (Efficiency of Heat Engine):

কোনো তাপীয় ইঞ্জিনের কৃতকাজ এবং ইঞ্জিনের প্রদত্ত তাপশক্তির অনুপাতকে ঐ ইঞ্জিনের কার্যদক্ষতা বলা হয়।

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

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

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

3।

তাপ, তাপমাত্রার সমানুপাতিক:-

$$Q \propto T$$

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

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

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

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

Math: 1: একটি তাপীয় ইঞ্জিন 327°C এবং 27°C পরিসরে কাজ করে, যেখানে ইঞ্জিনটি তাপউৎস হতে 8000J তাপশক্তি গ্রহণ করে।

(i) তাপগ্রাহকে বর্জিত তাপশক্তির পরিমাণ নির্ণয় কর।

(ii) ইঞ্জিন কর্তৃক কৃতকাজ নির্ণয় কর।

(iii) ইঞ্জিনের কর্মদক্ষতা নির্ণয় কর।

(i)

তাপউৎস হতে গৃহীত তাপশক্তি, $Q_1 = 8000J$.

তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = 327°C$
$= 600K$

তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 27°C$
$= 300K$

তাপগ্রাহকে বর্জিত তাপশক্তি, $Q_2 = ?$

আমরা জানি,

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

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

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

$$= 4000J.$$

(ii)

(i) হতে প্রাপ্ত, $Q_1 = 8000$

$Q_2 = 4000$

∴ কৃতকাজ, $W = Q_1 - Q_2$

$= (8000 - 4000)J$

$= 4000J$

(iii)

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

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

$= 50\%$ (Ans.)

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

উ: প্রথম ক্ষেত্রে,

তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা, $T_2 = 27°C$
$= 300K$

কর্মদক্ষতা, $\eta = 40\% = 0.4$

তাপ উৎসের তাপমাত্রা, $T_1 = ?$

এখন,

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

বা, $0.4 = 1 - \frac{300}{T_1}$

বা, $0.4 = \frac{T_1 - 300}{T_1}$

বা, $0.4T_1 = T_1 - 300$

বা, $0.6T_1 = 300$

বা, $T_1 = 500$

আবার, ২য় ক্ষেত্রে,

কর্মদক্ষতা, $\eta' = 50\% = 0.5$

$T_1' = ?$

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

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

$\Rightarrow \cancel{0.05}\, 0.5 T_1 = T_1 - 300$

$\Rightarrow 0.5 T_1' = 300$

$\therefore T_1 = 600$

∴ তাপমাত্রা বৃদ্ধি করতে হবে,

$\Delta T = T_1' - T_1$
$= (600 - 500)\,K$
$= 100\,K$ (Ans.)

Q.3: একটি প্রত্যাবর্তী ইঞ্জিন গৃহীত তাপের $1/6$ অংশ কাজে পরিণত করে, তার তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা 54 K কমালে ইঞ্জিনের দক্ষতা 2 গুণ হয়। তাপউৎসের তাপমাত্রা নির্ণয় কর।

উ: মনে করি,

গৃহীত তাপশক্তি, $Q_1 = Q$

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

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

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

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

২য় শর্তমতে,

তাপগ্রাহকের তাপমাত্রা $= T_2 - 54$

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

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

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

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

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

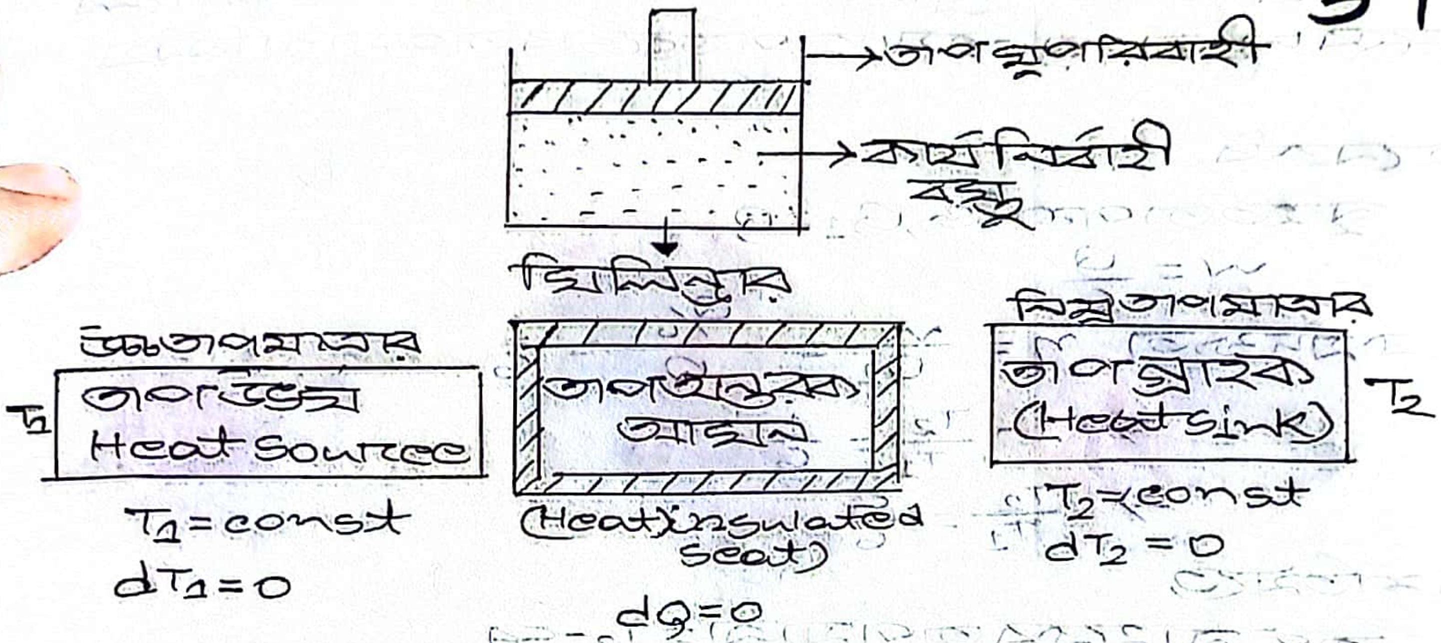
$\therefore T_1 = (54 \times 6)\,K$
$= 324\,K$ (Ans.)

— x —

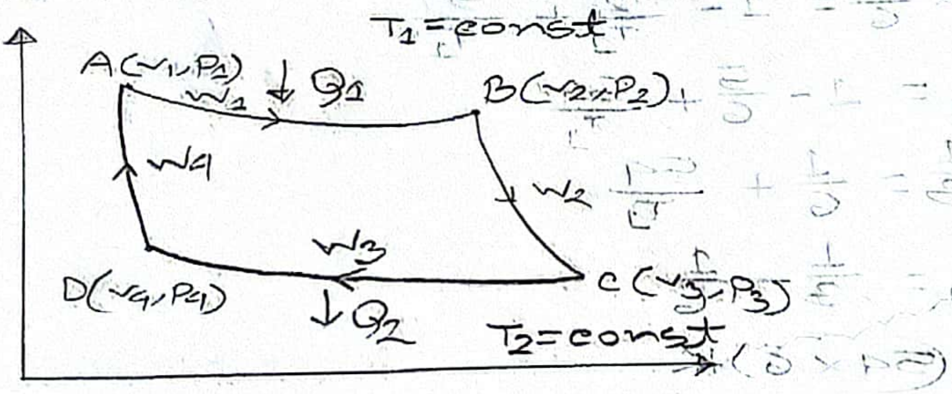
কার্নো ইঞ্জিন (Carnot's Heat Engine):-

তাপশক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরের জন্য বিজ্ঞানী কার্নো সকল দোষত্রুটি মুক্ত যে আদর্শ ইঞ্জিনের পরিকল্পনা করেন তাকে কার্নো ইঞ্জিন বলা হয়।

কার্নো ইঞ্জিন একটি তত্ত্বীয় ধারণা মাত্র, বাস্তবে কার্নো ইঞ্জিন তৈরী অসম্ভব হয়।



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



Step: 1: সমোষ্ণ প্রসারণ:

সিলিন্ডারকে তাপ উৎসে বসানো হয় ফলে সমোষ্ণ প্রক্রিয়ায় গ্যাস প্রসারিত হয়।

[সমোষ্ণ প্রক্রিয়া তাই অন্তঃস্থ শক্তির কোনো পরিবর্তন নেই। তাপ উৎসে বসালে তাপ উৎসের তাপমাত্রা শোষণ করে কৃতকাজে পরিণত করবে]

$$A(V_1, P_1) \longrightarrow B(V_2, P_2)$$

$$W_1 = nRT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} \quad \boxed{W_1 \Rightarrow (+ve)}$$

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

Step: 2: (রুদ্ধতাপীয় প্রসারণ):

সিলিন্ডারটিকে তাপউৎস থেকে উঠিয়ে তাপঅন্তরক আসনে বসানো হয় ফলে সরাসরি রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় প্রসারিত হয়।

$$B(V_2, P_2) \longrightarrow C(V_3, P_3)$$

$$W_2 = nC_v(T_1 - T_2) \quad \boxed{W_2 \Rightarrow (+)ve}$$

Step: 3: সমোষ্ণ সংকোচন:

সিলিন্ডারটিকে তাপ অন্তরক আসন থেকে উঠিয়ে তাপগ্রাহকে বসানো হয় ফলে Q_2 তাপশক্তি বর্জন করে সংকুচিত হয়।

[T_2 তাপমাত্রা, T_1 এর থেকে কম তাই তাপ বর্জন করে তাপমাত্রা কমাবে]

$$\boxed{Q_2 = W_3}$$

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

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

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

$$W_3 = -nRT_2 \ln \frac{V_3}{V_4} \quad \boxed{W_2 \Rightarrow (-ve)}$$

Step: 4: রুদ্ধতাপীয় সংকোচন:

$$D(V_4, P_4) \longrightarrow A(V_1, P_1)$$

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

$$\Rightarrow W_4 = -nC_v(T_1 - T_2) \quad \boxed{W_4 \rightarrow (-)ve}$$

∴ মোট কৃতকাজ, $W_T = W_1 + W_2 + W_3 + W_4$

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

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

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

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

$$\Downarrow$$

"কার্নোচক্রে মোট কৃতকাজ"

$T_1 V_2^{\gamma-1} = T_2 V_3^{\gamma-1}$ [BC বরাবর]

$$\Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_3}{V_2}\right)^{\gamma-1}$$

$T_2 V_4^{\gamma-1} = T_1 V_1^{\gamma-1}$ [DA বরাবর]

$$\Rightarrow \left(\frac{V_4}{V_1}\right)^{\gamma-1} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{V_4}{V_1}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{V_3}{V_2}\right)^{\gamma-1}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{V_4}{V_1}\right) = \frac{V_3}{V_2}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4}$$

Efficiency:

$$\eta = \frac{W_T}{Q_1} \times 100\%$$

$$= \frac{nR\ln\frac{V_2}{V_1}(T_1 - T_2)}{Q_1} \times 100\%$$

$$= \frac{nR\ln\frac{V_2}{V_1}(T_1 - T_2) \times 100\%}{nRT_1\ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)}$$

$$= \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100\%$$

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

36

Q। কোনো কার্নো চক্রে চারটি ধাপে কৃতকাজ যথাক্রমে 1200j, 800j, 700j, 900j । ইঞ্জিনটির কর্মদক্ষতা নির্ণয় কর।

উঃ $W_T = W_1 + W_2 + W_3 + W_4$

$= (1200 + 800 - 700 - 900)j$

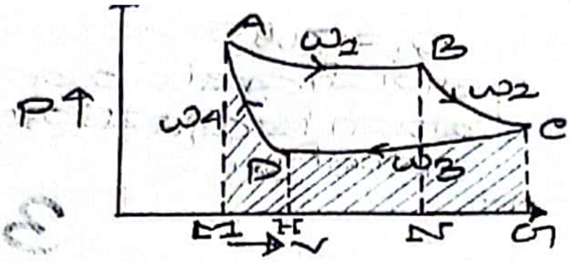
$= 400j$

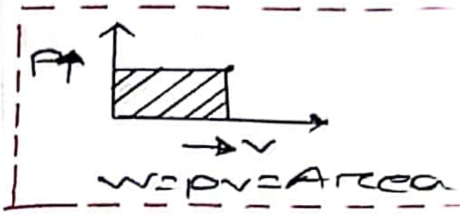
$Q_1 = W_1 = 1200j$
$W_2 = 800j$
$W_3 = -700j$
$W_4 = -900j$

$$\therefore \eta = \frac{W_T}{Q_1} \times 100\%$$

$$= \frac{400}{1200} \times 100\%$$

$= 33.33\%$ (Ans)





$$W_T = W_1 + W_2 - W_3 - W_4$$
$$= \underbrace{(AMNB) + (BNGC)}_{} - (DHGC) - (AMHD)$$
$$= (AMGCD) - \{(DHGC) + (AMHD)\}$$
$$= \cancel{AMGCD}\ (ABCD)$$
$$\therefore \boxed{W_T = (ABCD)}$$

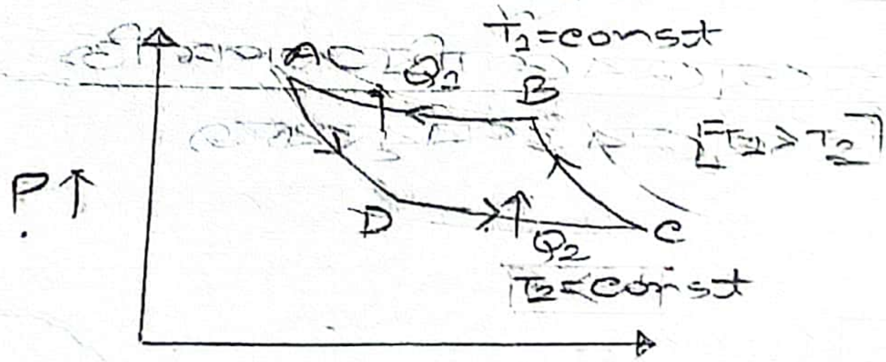
37

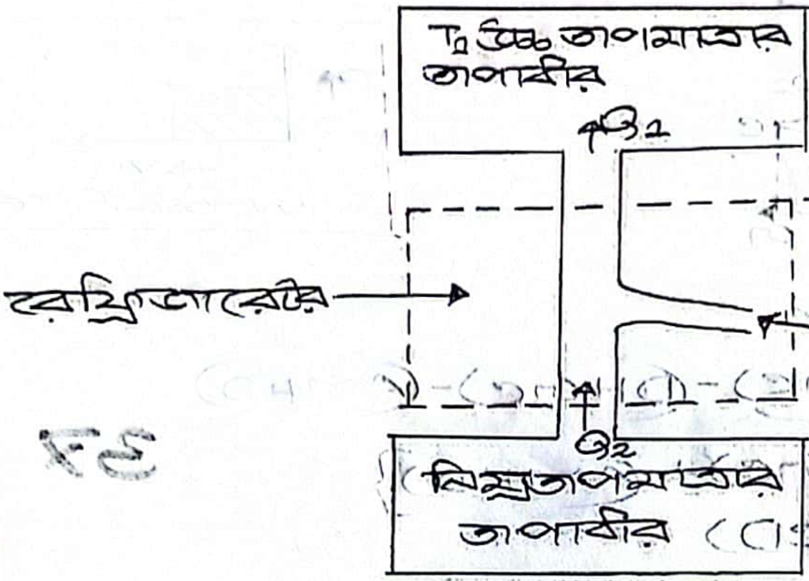
রেফ্রিজারেটর বা হিমায়ক যন্ত্র (Refrigerator)

→ Heat pump

→ সিস্টেমের উপর বাহ্যিক কাজ সম্পাদিত হয়।

* এটি শীতল বস্তু হতে তাপ শোষণ করে বাইরে ছেড়ে দেয়। ফ্রিজের ভিতরে তাপমাত্রা কম বাইরে বেশি তাই automatic হয় না অর্থাৎ সিস্টেমের উপর বাহ্যিক কাজ করতে হয়।





Q_1 = উচ্চ তাপমাত্রার তাপাধারে বর্জিত তাপশক্তি অথবা সিস্টেম কর্তৃক বর্জিত তাপশক্তি।

W = সিস্টেমের উপর সম্পাদিত কাজ।

Q_2 = নিম্ন তাপমাত্রার তাপাধার হতে গৃহীত তাপশক্তি বা সিস্টেম কর্তৃক শোষিত তাপশক্তি।

$$\boxed{Q_1 = W + Q_2}$$

$$\Rightarrow \boxed{W = Q_1 - Q_2}$$

সিস্টেমের উপর সম্পাদিত কাজের জন্যই হলো ফ্রিজটি দেওয়া যাবে। আমরা চাই কম ইলেকট্রিক বিল আসুক/কাজ কম সম্পাদিত হয়ে তাপ শোষণ বেশি হোক। অর্থাৎ কাজের সাপেক্ষে কার্যদক্ষতা/এ ধরনের কার্যসম্পাদক বলে চিহ্নিত করতে হবে।

কার্যসম্পাদন সহগ (co-efficient of performance):- (COP) or (K)

W কৃতকাজে শোষিত তাপ Q_2

∴ 1 " শোষিত তাপ = $\frac{Q_2}{W}$

$$(COP) \text{ or } (K) = \frac{\text{সিস্টেমের শোষিত তাপশক্তি}}{\text{সিস্টেমের উপর কৃতকাজ}}$$

$$\boxed{K = \frac{Q_2}{W}} \qquad \boxed{K > 1}$$

$$\boxed{K = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}}$$

$\boxed{W = \text{১টা চক্রে কৃতকাজ}}$

$$\boxed{K = \frac{\cancel{Q_2}\ T_2}{T_1 - T_2}}$$

* একটি রেফ্রিজারেটরের কর্মসম্পাদন সহগ 3। রেফ্রিজারেটর
একটি চক্রে 450j তাপশক্তি শোষণ করে।

(i) রেফ্রিজারেটরটির উপর প্রতি চক্রে সম্পাদিত কাজের পরিমাণ নির্ণয় কর।

(ii) রেফ্রিজারেটরটি প্রতি চক্রে কী পরিমাণ তাপশক্তি বাইরে বর্জন করে?

(i) ঃ

দেওয়া আছে,

কর্মসম্পাদন সহগ, $k=3$

শোষণকৃত তাপশক্তি, $Q_2=450j$

রেফ্রিজারেটরের উপর সম্পাদিত কাজ, $W=?$

আমরা জানি, $k=\frac{Q_2}{W}$

$\Rightarrow W=\frac{Q_2}{k}=\frac{450}{3}=150j$ (Ans.)

(ii) ঃ

$Q_1=Q_2+W$

$=(150+450)j$

$=600j$

* কোনো হিমায়িক যন্ত্রে মোটরের ক্ষমতা 300W এবং এর দক্ষতা 85%, হিমায়ক যন্ত্রের ফ্রিজিং কক্ষের তাপমাত্রা -3°C এবং পরিবেশের তাপমাত্রা 27°C। হিমায়ক যন্ত্রটি 20 minute এ ফ্রিজিং কক্ষ থেকে কী পরিমাণ তাপশক্তি বের করে নিবে?

উঃ $T_2=-3°C$ $\quad T_1=27°C$

$=270K \quad = 300K$

$\therefore$ কর্মসম্পাদন সহগ $K=\frac{T_2}{T_1-T_2}=\frac{270}{300-270}$

$=9$

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

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

$\Rightarrow P_{out}=255\,watt=255\,J/S$

Pout = ইঞ্জিনের তৈরি 1 sec এ ...

আবার, $K = \frac{Q_2}{W}$

$\Rightarrow Q_2 = K \times W = (9 \times 255) J$

$= 2295 J$

∴ 1 sec এ হিমায়ক যন্ত্র কর্তৃক শোষিত তাপশক্তি

$Q_2 = 2295 J$

∴ 1 sec এ হিমায়ক যন্ত্র কর্তৃক বর্জিত তাপশক্তি

$Q_1 = Q_2 + W$

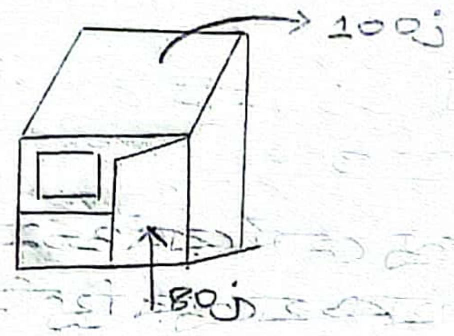
$= (2295 + 255) J$

$= 2550 J$

1 sec এ হিমায়ক যন্ত্র কর্তৃক বর্জিত তাপশক্তি 2550 J

∴ (20×60) " " " " " (2550×1200)

$= 3.06 \times 10^6 J.$



এই কারণে ফ্রিজ এর আশেপাশে গরম থাকে।

K=4
W=20J
$Q_2 = 80J$
$Q_1 = 100J$

Topic: 04: Entropy (এনট্রপি):

★ কোনো সিস্টেমের তাপশক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে বা কাজে রূপান্তরের অক্ষমতা অথবা শক্তি রূপান্তরের জন্য শক্তির অপ্রাপ্যতাকে ঐ সিস্টেমের এনট্রপি বলা হয়।

* এনট্রপি হচ্ছে কোনো সিস্টেমের বিশৃঙ্খলার (শক্তির রূপান্তরের) পরিমাপ।

* কোনো সিস্টেমের মোট এনট্রপি পরিমাপ করা যায় না শুধুমাত্র এনট্রপির পরিবর্তন পরিমাপ করা যায়।

* এন্ট্রপিকে S দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

* কোনো সিস্টেমের নির্দিষ্ট তাপমাত্রার সাপেক্ষে ঐ সিস্টেমের গৃহীত বা বর্জিত তাপশক্তির দ্বারা এন্ট্রপি পরিমাপ করা যায়।

T $\boxed{\text{System}}$ গৃহীত বা বর্জিত তাপশক্তি = dQ

$W = RT\ln\frac{V_2}{V_1}$
$= P_1V_1\ln\frac{V_2}{V_1}$

T তাপমাত্রায় গৃহীত বা বর্জিত তাপশক্তি dQ

∴ 1 " " " " " $\frac{dQ}{T}$

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

41

* গৃহীত তাপশক্তি $dQ(+ve)$, $ds(+ve)$
বর্জিত তাপশক্তি $dQ(-ve)$, $ds(-ve)$

$$ds = \frac{dQ}{T}$$
Unit: $J/K = JK^{-1}$

বরফ 0°C থেকে 0°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত হতে আপেক্ষিক সুপ্ত তাপ গ্রহণ করে।

★ $ds = \frac{dQ}{T}$

রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় $dQ = 0$

$\therefore ds = \frac{0}{T}$

$\Rightarrow ds = 0$

$\Rightarrow \boxed{S = const}$

∴ রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়ায় Entropy স্থির থাকে।

আবার,

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

$\Rightarrow ds = \frac{msdT}{T}$ $\qquad s$ = আপেক্ষিক তাপ

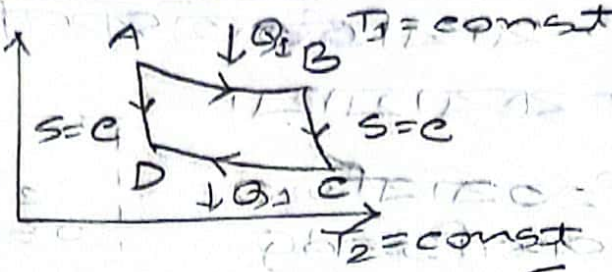
$\Rightarrow \int_{S_1}^{S_2} ds = ms\int_{T_1}^{T_2}\frac{dT}{T}$

$\Rightarrow [S]_{S_1}^{S_2} = ms[\ln]_{T_1}^{T_2}$

$\Rightarrow S_2 - S_1 = ms[\ln T_2 - \ln T_1]$

$\Rightarrow \boxed{\Delta S = ms\ln\frac{T_2}{T_2}}$

প্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় এনট্রপি:
(Entropy in reversible process):



AB বরাবর এনট্রপির পরিবর্তন

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

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

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

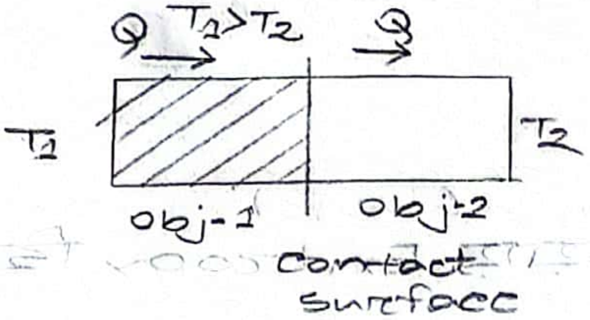
$$= \frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2} \quad \left[\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}\right]$$

$$\Delta S = 0$$

$$\therefore dS = 0$$

$$\boxed{\therefore S = \text{const}}$$

অপ্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় এনট্রপি:
(Entropy in irreversible process):



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

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

∴ মোট এনট্রপির পরিবর্তন

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

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

$$-\frac{5}{4} + \frac{5}{2}$$
$$= -1.25 + 2.5$$
$$= +1.25$$

যেহেতু,
$T_1 > T_2$
$\therefore \Delta S > 0$
$\therefore \boxed{\Delta S\ (+ve)}$

$\therefore$ প্রত্যাগামী প্রক্রিয়ায় এনট্রপির পরিবর্তন সর্বদা ধনাত্মক, অর্থাৎ এনট্রপি সর্বদা বৃদ্ধি পায়।

$\therefore$ অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ায় তাপ প্রবাহের দিক এমন হবে যেন এনট্রপি সর্বদা বৃদ্ধি পায়।

$\therefore$ যেহেতু, পরিবেশের প্রায় সকল প্রক্রিয়ায়ই অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া তাই বিশ্বব্রহ্মাণ্ডের এনট্রপি সর্বদা বৃদ্ধি পাচ্ছে।

★ বিশ্বব্রহ্মাণ্ডের তাপীয় মৃত্যু কী বোঝ?

Q.1: $-5°C$ তাপমাত্রার $2kg$ বরফকে $100°C$ তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করতে এনট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় কর? [বরফ ও পানির আপেক্ষিক তাপ যথাক্রমে $2100\ JKg^{-1}K^{-1}$ ও $4200\ JKg^{-1}K^{-1}$ বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ $336000\ JKg^{-1}$]

উ:

$-5°C$ তাপমাত্রার বরফ $0°C$ তাপমাত্রার ~~পানিতে~~ বরফে পরিণত হতে এনট্রপির পরিবর্তন,

$$\Delta S_1 = ms \ln\frac{T_2}{T_1}$$
$$= 2\times2100 \ln\frac{273}{268}$$
$$\therefore \Delta S_1 = 77.64\ JK^{-1}$$

$0°C$ তাপমাত্রার বরফ $0°C$ তাপমাত্রার পানিতে পরিণত হতে এনট্রপির পরিবর্তন,

$$\Delta S_2 = \frac{Q}{T} = \frac{ml_f}{T} = \frac{2\times336000}{273}\ JK^{-1}$$
$$= 2461.54\ JK^{-1}$$

$0°C$ তাপমাত্রার পানি $100°C$ তাপমাত্রার পানিতে পরিণত হতে এনট্রপির পরিবর্তন,

$$\Delta S_3 = ms \ln\frac{T_2}{T_1}$$
$$= 2\times4200\times \ln\frac{373}{273}$$
$$= 2621.6\ JK^{-1}$$

$$\therefore \Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4$$
$$= 5160.78\ JK^{-1}\ (Ans)$$

Q:2: 50°C তাপমাত্রার 3kg পানিতে 0.5kg ভরের -10°C তাপমাত্রার বরফ ছাড়া হলো, মিশ্রণটির চূড়ান্ত তাপমাত্রায় পৌঁছাতে অর্থাৎ, তাপীয় সাম্যাবস্থায় পৌঁছাতে এনট্রপির পরিবর্তন নির্ণয় কর? 44

উ: এখানে,

50°C তাপমাত্রার পানি তাপশক্তি বর্জন করলে এবং ~~0.5~~ -10°C তাপমাত্রার বরফ তাপশক্তি শোষণ করবে।

ধরি, মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা T কেলভিন

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

$$Q_1 = ms(T_2 - T_1)$$
$$= 0.5$$
$$Q_1 = 10500 J$$

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

$$Q_2 = ml_f = 0.5 \times 336000 J$$
$$= 168000 J$$

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

$$Q_3 = 0.5 \times 4200(T-273)$$
$$= 2100(T-273)$$

50°C তাপমাত্রার পানি মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রায় পৌঁছাতে বর্জিত তাপশক্তি,

$$Q_1+Q_2+Q_3+Q_4$$
$$Q_1+Q_2+Q_3-Q$$

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

আমরা জানি,

$$Q_1+Q_2+Q_3=Q_4$$

$$\Rightarrow 10500+16800+2100(T-273) = 12600 \cancel{(T-323)} (323-T)$$

$\Rightarrow 178500 + 2100T - 573300 = 12600\,(\cancel{T-323})$
$(323-T)$

$\Rightarrow 178500 - 573300 + 2100T = 4069800 - 12600T$

$\Rightarrow 14700T = 4464600$

$T = 303.7K$

$\theta = 30.7°C$

$-5°C - 0°C$	ΔS_1
$0°C - 0°C$	ΔS_2
$0°C - 30.7°C$	ΔS_3
$50°C - 30.7°C$	ΔS_4

এখানে,
$-5°C$ তাপমাত্রার বরফ হতে $0°C$ তাপমাত্রার বরফে পরিণত হতে এনট্রপির পরিবর্তন,

$\Delta S_1 = ms \ln \frac{T_2}{T_1}$

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

45

বিক্রেতাকে যাও বাকি দিও