স্বাগতম

খুলনা পলিটেকনিক ইন্সটিটিউট, খুলনা।

পাওয়ার বিভাগ

মোঃ সাব্বির ইসলাম

জুনিয়র ইন্সট্রাক্টর (টেক/পাওয়ার)

মেকানিক্যাল
পর্ব-৪র্থ ২০২২ প্রবিধান
৬ষ্ঠ ২০১৬ প্রবিধান

বিষয়ঃ ২৭১৩১, ইঞ্জিনিয়ারিং থার্মোডইনামিক্স

অধ্যায়-১ ঃ তাপ গতিবিদ্যার মৌলিক ধারনা ও পরিসর (Basic concept of thermodynamics.)

- Define Thermodynamics: বিজ্ঞানের যে শাখায় তাপ ও কাজের সম্পর্ক নিয়ে আলোচনা করা হয় তাকে তাপ গতিবিদ্যা বলে।

- Application of Thermodynamics:

১. স্টীম পাওয়ার প্ল্যান্ট
২. নিউক্লিয়ার পাওয়ার প্ল্যান্ট
৩. গ্যাস টারবাইন
৪. রেফ্রিজারেটর
৫. এয়ার কন্ডিশনিং
৬. জেট প্রপালশন
৭. রকেট প্রপালশন, কম্প্রেসর, কেমিক্যাল প্রসেস প্লান্ট, এনার্জি কনভরটার ডিভাইস- ফুয়েল সেল, বয়লার, কনডেনসার, কুলিং টাওয়ার, হিট একচেঞ্জার ইত্যাদি।

Define Heat & Temperature

Heat (তাপ) ঃ তাপ এক প্রকার শক্তি যা কোন বস্তুর উপর প্রয়োগ করলে বস্তুর উষ্ণতা বৃদ্ধি পায় বা অবস্থার পরিবর্তন ঘটে।

Temperature (তাপমাত্রা) ঃ তাপমাত্রা হচ্ছে কোন বস্তুর তাপীয় অবস্থা যা কোন বস্তুর ঠান্ডা বা গরমের অনুভুতি যাগায়। অন্য কোন বস্তুর তাপীয় সংস্পর্শে আনলে তাপ গ্রহন করবে না বর্জন করবে তা নির্ধারন করে।

Mention the units of heat and their conversion :

তাপের একক ক্যালরি, কিলো ক্যালরি, ব্রিটিশ তাপীয় একক, থার্ম, জুল।

1 BTU = 1 পাউন্ড বিশুদ্ধ পানি X 1°F তাপমাত্রা

= 453.6 X 5/9 ° C

= 252 ক্যালরি

1 Cal = 4.2 joule

1 K Cal = 4200 joule

- Distinguish between heat and temperature ঃ

- Compare the heat and work (তাপ ও কাজের তুলন) ঃ

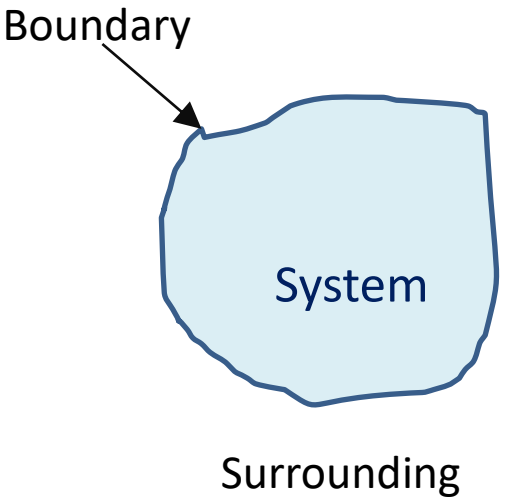
সিস্টেম (System) ঃ **কোন নির্দিষ্ট এলাকা বা জায়গা যেখানে থার্মোডায়নামিক প্রক্রিয়া সংগঠিত হয় তাকে সিস্টেম বলে।**

সিস্টেম তিন প্রকার-

১. ক্লোজ্ড সিস্টেম (Closed System)

২. ওপেন সিস্টেম (Open System)

৩. আইসোলেটেড সিস্টেম (Isolated System)



বাউন্ডারি (Boundary) ঃ যে রেখার সাহায্যে সিস্টেমকে সারাউন্ডিং হতে পৃথক করা হয় তাকে বাউন্ডারি বলে।

পরিপার্শ (Surrounding) ঃ সিস্টেমের বাইরে যা কিছু সিস্টেমের মধ্যের ঘটনাকে প্রভাবিত করে তাকে পরিপার্শ বা Surrounding বলে।

১. ক্লোজ্‌ড সিস্টেম (Closed System) ঃ **যে সিস্টেমে শুধুমাত্র তাপ ও কাজ সীমানা অতিক্রম করতে পারে কিন্তু ভর স্থির থাকে তাকে ক্লোজ্‌ড সিস্টেম (Closed System) বলে।** উদাহরণ ঃ সিলিন্ডারের ভিতরে গ্যাস।

২. ওপেন সিস্টেম (Open System) ঃ **যে সিস্টেমে তাপ, কাজ ও ভর ইত্যাদি সীমানা অতিক্রম করতে পারে তাকে ওপেন সিস্টেম (Open System) বলে।** উদাহরণ ঃ বয়লার, এয়ার কম্প্রেসর, টারবাইন ইত্যাদি।

৩. আইসোলেটেড সিস্টেম (Isolated System) ঃ **যে সিস্টেমে তাপ, কাজ ও ভর কোনটিই সীমানা অতিক্রম করতে পারে না তাকে আইসোলেটেড সিস্টেম (Isolated System) বলে।** উদাহরণ ঃ পৃথিবী ।

অধ্যায় - ২ ঃ আপেক্ষিক তাপ (Specific heat of gases)

আপেক্ষিক তাপ ঃ কোন বস্তুর একক ভরের তাপমাত্রা এক ডিগ্রি বারাতে যে পরিমান তাপের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক তাপ বলে। আপেক্ষিক তাপকে সাধারনত S দ্বারা প্রকাশ করা হয়। কোন গ্যাসের মোট তাপের পরিমান H হলে, $H = m S t$

এখানে m = গ্যাসের ভর, t = তাপমাত্রার পরিবর্তন।

আপেক্ষিক তাপ দুই (২) ধরনের হয়ে থাকে ঃ-

১ . স্থির আয়তনে আপেক্ষিক তাপ (Specific Heat at Constant Volume, C_v)

২ . স্থির চাপে আপেক্ষিক তাপ (Specific Heat at Constant Pressure, C_p)

স্থির আয়তনে আপেক্ষিক তাপ (Specific Heat at Constant Volume, C_v) ঃ একক ভরের কোন গ্যাসের আয়তন স্থির রেখে এর তাপমাত্রা একক ($1°$) পরিমান বাড়াতে যে পরিমান তাপের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ গ্যাসের স্থির আয়তনে আপেক্ষিক তাপ বলে।

মনে করি, একটি আবদ্ধ পাত্রে কিছু পরিমান গ্যাস আছে,

ধরি, m = গ্যাসের ভর, T_1 = প্রাথমিক তাপমাত্রা, T_2 = চুড়ান্ত তাপমাত্রা এবং H = সরবরাহকৃত তাপের পরিমান হলে

সরবরাহকৃত তাপের পরিমান = ভর X স্থির আয়তনে আপেক্ষিক তাপ X তাপমাত্রার পরিবর্তন

$\Rightarrow H = m \times C_v \times (T_2 - T_1)$

$\Rightarrow H = m C_v (T_2 - T_1)$ $\qquad$ $H = E$

$\Rightarrow E = m C_v (T_2 - T_1)$

C_v এর বাতাসের জন্য নির্দিষ্ট মান 0. 172 cal/gm°c, 0.172 kcal/kg°k, 0.720 KJ/kg°k.

স্থির চাপে আপেক্ষিক তাপ (Specific Heat at Constant Pressure, C_p) ঃ একক ভরের কোন গ¨াসের চাপ স্থির রেখে এর তাপমাত্রা একক (1°) পরিমান বাড়াতে যে পরিমান তাপের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ গ¨াসের স্থির চাপে আপেক্ষিক তাপ বলে।

মনে করি, একটি পাত্রে কিছু পরিমান গ্যাস আছে,

ধরি, m = গ্যাসের ভর, T_1 = প্রাথমিক তাপমাত্রা, T_2 = চুড়ান্ত তাপমাত্রা, H = সরবরাহকৃত তাপের পরিমান, V_1 = প্রাথমিক আয়তন এবং V_2 = চুড়ান্ত আয়তন হলে

সরবরাহকৃত তাপের পরিমান = ভর X স্থির চাপে আপেক্ষিক তাপ X তাপমাত্রার পরিবর্তন

$\Rightarrow H = m \times C_p \times (T_2 - T_1)$

$\Rightarrow H = m C_p (T_2 - T_1)$

C_p এর বাতাসের জন্য নির্দিষ্ট মান 0.240 cal/gm°c, 0.240 kcal/kg°k, 1.005 KJ/kg°k.

আবার, আমরা জানি সরবরাহকৃত তাপ = অন্তর্ঃনিহিত শক্তির পরিবর্ত্তন + কৃত কাজ

$\Rightarrow H = E + W$

$\Rightarrow m C_p (T_2 - T_1) = m C_v (T_2 - T_1) + W$

$\Rightarrow W = m C_p (T_2 - T_1) - m C_v (T_2 - T_1)$

$\Rightarrow W = m (T_2 - T_1) \{C_p - C_v\}$

$\Rightarrow W = m R (T_2 - T_1)$

$R = C_p - C_v$

আবার, আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে

$PV = m R T$

স্থির চাপে, প্রাথমিক অবস্থায় $PV_1 = m R T_1$ ... ... (1)

চূড়ান্ত অবস্থায় $PV_2 = m R T_2$ ... . (2)

(2) নং (1) করে পাই, $\Rightarrow m R (T_2 - T_1) = P (V_2 - V_1)$

$\Rightarrow W = P (V_2 - V_1)$ ... ... (3)

$W = m R (T_2 - T_1)$

❑ Relation Between C_p & C_v

মনেকরি, একটি পাত্রে কোন গ্যাস আবদ্ধ অবস্থায় আছে।

ধরি, m = গ্যাসের ভর, T_1 = প্রাথমিক তাপমাত্রা, T_2 = চুড়ান্ত তাপমাত্রা, H = সরবরাহকৃত তাপের পরিমান, V_1 = প্রাথমিক আয়তন এবং V_2 = চুড়ান্ত আয়তন, P = স্থির চাপ, C_p = স্থির চাপে আপেক্ষিক তাপ এবং C_v = স্থির আয়তনে আপেক্ষিক তাপ ।

আমরা জানি, সরবরাহকৃত তাপ, $H = m C_p (T_2 - T_1)$, অন্তর্গনিহিত শক্তির পরিবর্ত্তন $= m C_v (T_2 - T_1)$

কৃত কাজ $= P(V_2 - V_1) = m R (T_2 - T_1)$

$\Rightarrow H = E + W$

$\Rightarrow m C_p (T_2 - T_1) = m C_v (T_2 - T_1) + m R (T_2 - T_1)$

$\Rightarrow m C_p (T_2 - T_1) = m (T_2 - T_1) \{C_v + R\}$

$\Rightarrow C_p = C_v + R$

$\Rightarrow C_p - C_v = R$

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

$\Rightarrow C_v (\gamma - 1) = R$

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

Sensible heat (অনুভূত তাপ) ঃ যে তাপ প্রয়োগের ফলে কোন বস্তুর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় অর্থাত তাপমাত্রার পরিবর্তন সরাসরি উপলব্ধি করা যায় বা থার্মোমিটার দিয়ে পরিমাপ করা যায় তাকে অনুভূত তাপ বা Sensible heat বলে ।

Latent heat (সুপ্ত তাপ) ঃ তাপমাত্রার পরিবর্তন না ঘটিয়ে একক ভরের কোন বস্তুর এক অবস্থা হতে অন্য অবস্থায় রূপান্তরিত হতে যে তাপ গ্রহণ বা বর্জন করে, তাকে ঐ পদার্থের ঐ অবস্থা পরিবর্তনের সুপ্ত তাপ বা লীন তাপ বা Latent heat বলে ।

- Classification of Latent Heat (সুপ্ত তাপের প্রকারভেদ) ঃ

  সুপ্ত তাপ মূলত চার প্রকার, যথা ঃ

  ১ . গলনের সুপ্ত তাপ

  ২ . কঠিনীভবনের সুপ্ত তাপ

  ৩ . বাষ্পীভবনের সুপ্ত তাপ

  ৪ . ঘনীভবনের সুপ্ত তাপ

- বিভিন্ন পদ্ধতিতে সুপ্ত তাপের মান ঃ

  C.G.S পদ্ধতিতে বরফ গলন ও পানির কঠিনী ভবনের সুপ্ত তাপ = 80 cal/gm.

  M.K.S পদ্ধতিতে বরফ গলন ও পানির কঠিনী ভবনের সুপ্ত তাপ = 80 kcal/kg.

  S. I পদ্ধতিতে বরফ গলন ও পানির কঠিনী ভবনের সুপ্ত তাপ = 335 kJ/kg.

C.G.S পদ্ধতিতে পানির বাস্পীভবন ও ঘনীভবনের সুপ্ত তাপ = 539 cal/gm.

M.K.S পদ্ধতিতে বরফ গলন ও পানির কঠিনী ভবনের সুপ্ত তাপ = 539 kcal/kg.

S. I পদ্ধতিতে বরফ গলন ও পানির কঠিনী ভবনের সুপ্ত তাপ = 2257 kJ/kg.

প্রয়োজনীয় সূত্র সমুহ ঃ

১) অনুভূত তাপ বা তাপমাত্রার পরিবর্তনের ক্ষেত্রে ঃ মোট তাপের পরিমান, $H = ms\,t$

২) সুপ্ত তাপ বা অবস্থা পরিবর্তনের ক্ষেত্রে ঃ মোট তাপের পরিমান, $H = mL$

এখানে, m = গ্যাসের ভর ,

s = আপেক্ষিক তাপ,

t = তাপমাত্রার পরিবর্তন,

L = সুপ্ত তাপ ।

উদা ঃ ০১। -10° C তাপমাত্রার 5kg বরফকে 120° C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিনত করতে কী পরিমান তাপের প্রয়োজন ? বরফ ও স্টীমের আপেক্ষিক তাপ 0.5 kcal/kg°k এবং 0.48 kcal/kg°k , বরফ গলন ও পানির বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ যথাক্রমে 80 kcal/kg, 538.80 kcal/kg. ।

সমাধান ঃ

(i) -10° C তাপমাত্রার 5kg বরফকে 0° C তাপমাত্রার বরফে পরিনত করতে প্রয়োজনীয় তাপ H_1 হলে,

অতএব $H_1 = m\,s\,t$

$\Rightarrow H_1 = 5 \text{ X } 0.5 \text{ X } \{0 - (-10)\}$ = 25 kcal.

(ii) 0° C তাপমাত্রার 5kg বরফকে 0° C তাপমাত্রার পানিতে পরিনত করতে প্রয়োজনীয় তাপ H_2 হলে,

অতএব $H_2 = m\,L$

$\Rightarrow H_2 = 5 \text{ X } 80 = 400$ kcal.

(iii) 0° C তাপমাত্রার 5kg পানিকে 100° C তাপমাত্রার পানিতে পরিনত করতে প্রয়োজনীয় তাপ H_3 হলে,

অতএব $H_3 = m\,s\,t$

$\Rightarrow H_3 = 5 \text{ X } 1 \text{ X } (100 - 0)$ = 500 kcal.

(iv) 100° C তাপমাত্রার 5kg পানিকে 100° C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিনত করতে প্রয়োজনীয় তাপ H_4 হলে,

অতএব $H_4 = m\,L$

$\Rightarrow H_4 = 5 \text{ X } 538.8 = 2694$ kcal.

(v) 100° C তাপমাত্রার 5kg বাস্পকে 120° C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিনত করতে প্রয়োজনীয় তাপ H_5 হলে,

অতএব $H_5 = m\,s\,t$

$\Rightarrow H_5 = 5 \text{ X } 0.48 \text{ X } (120 - 100) = 48$ kcal.

অতএব $H = H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5$ = 25 + 400 + 500 + 2694 + 48 = 3667 kcal.

(Ans.)

উদা ঃ- ২ । 30° C তাপমাত্রার 90 gm পানির সাথে 100° C তাপমাত্রার 10 gm বাষ্প মিশালে মিশ্রনের চুড়ান্ত তাপমাত্রা কত হবে ?

সমাধান ঃ ধরি, মিশ্রনের তাপমাত্রা = t °C

পানি কর্তৃক গৃহীত তাপ ঃ

(i) 30° C তাপমাত্রার 90 gm পানিকে t °C তাপমাত্রার পানিতে পরিনত করতে প্রয়োজনীয় তাপ,

$Q_1 = msΔt$

$\Rightarrow Q_1 = 90X1X (t - 30)$

আবার, বাষ্প কর্তৃক বর্জিত তাপ ঃ

(ii) 100° C তাপমাত্রার 10 gm বাষ্পকে 100° C তাপমাত্রার পানিতে পরিনত করতে প্রয়োজনীয় তাপ,

$Q_2 = mL$

$\Rightarrow Q_2 = 10 X 539 = 5390$ cal.

(iii) 100° C তাপমাত্রার 10 gm পানিকে t° C তাপমাত্রার পানিতে পরিনত করতে প্রয়োজনীয় তাপ,

$Q_3 = msΔt$

$\Rightarrow Q_3 = 10X 1X (100 – t)$

ক্যালরিমিতির মূলনীতি অনুসারে, গৃহীত তাপ = বর্জিত তাপ

$Q_1 = Q_2 + Q_3$

$\Rightarrow 90 (t – 30) = 5390 + 10 (100 – t)$

$\Rightarrow 90 t – 2700 = 5390 + 1000 – 10 t$

$\Rightarrow 100 t = 6390 + 2700$

$\Rightarrow 100 t = 9090$

$\Rightarrow t = 90.90$ °C

(Ans.)

অধ্যায় - ৩ ঃ আদর্শ গ্যাসের গুণাবলি ও সূত্রাবলি (The properties and laws of perfect gases)

আদর্শ গ্যাস ঃ স্থির তাপমাত্রায় যে সকল গ্যাসের আয়তন সকল চাপে বয়েলের সূত্র মেনে পরিবর্তিত হয় সে সকল গ্যাসকে আদর্শ গ্যাস বলে।

বয়েলের সূত্র ঃ " স্থির তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন ঐ গ্যাসের চাপের ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়"।

মনেকরি, কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ $= P$ এবং আয়তন $= V$ হয় তবে বয়েলের সূত্র অনুসারে

যখন তাপমাত্রা T স্থির থাকে ।

$$V \propto \frac{1}{P} \quad [\text{ যখন তাপমাত্রা } T \text{ স্থির থাকে }]$$

$$\Rightarrow V = C \times \frac{1}{P} \quad [\text{ যখন } C \text{ ধ্রুবক }]$$

$$\therefore VP = C$$

$$P_1V_1 = P_2V_2 = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = P_nV_n = \text{Conastant}$$

$$\Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1} = \ldots\ldots\ldots \text{Conastant}$$

চার্লসের সূত্র ঃ " স্থির চাপে কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন তার পরম তাপমাত্রার সামানুপাতিক"।

মনেকরি, কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের অয়তন = V এবং তাপমাত্রা = T হয় তবে চার্লসের সূত্র অনুসাওে

$V \propto T$ [যখন চাপ P স্থির থাকে]

$\Rightarrow V = C\ T$ [C= Constant]

$\Rightarrow \frac{V}{T} = C$

$\Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \ldots\ldots\ldots = \frac{V_n}{T_n} = C$

বয়েল ও চার্লসের সূত্রের সমন্নয় ঃ

সমস্যাবলী ঃ

অধ্যায় - ৪ ঃ তাপগতিবিজ্ঞানের সূত্রসমূহ (Laws of thermodynamics)

তাপগতিবিদ্যার সূন্যতম সূত্র (Zeroth Law of thermodynamics) ঃ **" যখন দু'টি বস্তু তৃতীয় একটি বস্তু দ্বারা তাপীয় ভারসাম্যে আসে তখন তারা পত্যেকেই তাপীয় ভারসাম্য প্রাপ্ত হয় "।**

তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্র (First Law of thermodynamics) ঃ **" তাপশক্তি যান্ত্রিক শক্তিতে অথবা যান্ত্রিক শক্তি তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত হলে রূপান্তরিত যান্ত্রিক শক্তি ও উৎপন্ন তাপশক্তি সর্বদা সামানুপাতিক "।**

এটি জুলের সূত্র নামেও পরিচিত, যদি W পরিমাণ কাজকে রূপান্তরিত করে Q পরিমাণ তাপ শক্তির উদ্ভব হয়, তবে $W \propto Q$, $\Rightarrow W = JQ$ এখানে J একটি সামানুপাতিক ধ্রুবক, একে তাপের যান্ত্রিক তুল্যাঙ্ক বলা হয়।

J= 427 kg-m/ kcal.

বিজ্ঞানী ক্লসিয়াস তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রকে নিম্নলিখিতভাবে সংগায়িত করেন, **" কোন সংস্থা কর্তৃক গৃহীত তাপের কিছু অংশ এর অন্তঃর্নিহিত শক্তি বৃদ্ধি করে এবং বাকি অংশ বাহ্যিক কাজ সম্পাদন করে "।**

অর্থাৎ, $dQ = dU + dW$ অথবা $dH = dE + dW$

$\Rightarrow H = E + W$

- তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রের তাৎপর্য ঃ

- তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্রের সীমাবদ্ধতা ঃ

তাপগতিবিদ্যার দ্বিতীয় সূত্র (Second Law of Thermodynamics) ঃ বিজ্ঞানী ক্লসিয়াস এর মতে **"বাইরের কোন কারকের সাহায্য ব্যতিরেকে একটি স্বয়ংক্রিয় যন্ত্রের পক্ষে নিম্ন তাপমাত্রার বস্তু হতে উচ্চ তাপমাত্রার বস্তুতে তাপ স্থানান্তর করা সম্ভব নয়"**।

বিজ্ঞানী প্লাঙ্ক এর মতে **"কোন তাপ উৎস হতে অবিরত তাপ শোষণ করবে এবং তা সম্পুর্ণরূপে কাজে পরিনত করবে কিন্তু যন্ত্রের কার্যপ্রণালীর কোনরূপ পরিবর্তন ঘটবে না, এরূপ একটি তাপ ইঞ্জিন তৈরী করা অসম্ভব"**।

- তাপগতিবিদ্যার দ্বিতীয় সূত্রের ব্যাখ্যা ঃ অনুসিদ্ধান্ত - ১, ২, ৩

অধ্যায়- ৫ ঃ গ্যাসের অন্তঃর্নিহিত শক্তি (Internal energy of gases)

সমচাপ ও সম আয়তন প্রক্রিয়ায় কোন গ্যাসে তাপ প্রয়োগের ফলে অন্তঃর্নিহিত শক্তির পরিমান ঃ

সম আয়তন প্রক্রিয়া ঃ ধরি, m kg ভরের কোন গ্যাসকে সমআয়তন প্রক্রিয়ায় তাপ দিয়ে T_1 প্রাথমিক তাপমাত্রা হতে T_2 চুড়ান্ত তাপমাত্রায় উন্নীত করা হল । সমআয়তন প্রক্রিয়ায় সরবরাহকৃত মোট তাপ,

$$H = mC_V(T_2 - T_1)$$

যেহেতু এই প্রক্রিয়ায় কোন কাজ হয় না, অর্থাৎ $W = 0$

অতএব তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্র হতে আমরা জানি $H = E + W$

$$\Rightarrow H = E + 0$$

$$\Rightarrow H = mC_V(T_2 - T_1)$$

অর্থাৎ সমআয়তন প্রক্রিয়ায় সরবরাহকৃত মোট তাপের পরিমান অন্তঃর্নিহিত শক্তির সমান।

সমচাপ প্রক্রিয়ায় ঃ ধরি, m kg ভরের কোন গ্যাসকে সমচাপ প্রক্রিয়ায় তাপ দিয়ে T_1 প্রাথমিক তাপমাত্রা হতে T_2 চুড়ান্ত তাপমাত্রায় উন্নীত করা হল ।

সমচাপ প্রক্রিয়ায় সম্পাদিত কাজ $W = P\,(V_2 - V_1) = mR(T_2 - T_1)$ আয়তন এবং অন্তঃনিহিত শক্তি $E = mC_V(T_2 - T_1)$

অতএব তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্র হতে আমরা জানি $H = E + W$

$$\Rightarrow H = mC_V(T_2 - T_1) + mR(T_2 - T_1)$$

অর্থাৎ সমচাপ প্রক্রিয়ায় সরবরাহকৃত মোট তাপের কিছু অংশ অন্তঃর্নিহিত শক্তি বৃদ্ধিতে ব্যয় হয় এবং বাকি অংশ বাহ্যিক কাজ সম্পাদনে ব্যয় হয়।

সমস্যা -০১। 0.5 m^3 আয়তনের গ্যাস 10 bar চাপে এবং 200 °C তাপমাত্রায় একটি সিলিন্ডারের মধ্যে সমচাপে সম্প্রসারিত হয়ে 1.2 m^3 আয়তন প্রাপ্ত হলো। $C_p = 1.005$ kJ/kg°K এবং $C_v = 0.712$ kJ/kg°K হলে অন্তঃর্নিহিত শক্তির পরিবর্তন নির্নয় কর।

সমাধান ঃ

আমরা জানি, $R = C_p - C_V = 1.005 - 0.712$

$R = 0.293$ kJ/kg°K = 293 J/kg°K

$PV_1 = mRT_1$

$$\Rightarrow m = \frac{PV_1}{RT_1} = \frac{10 \text{ X } 10^5 \text{ X } 0.5}{293 \text{ X } 473}$$

$\Rightarrow m = 3.608$ kg.

আবার, $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

$$\Rightarrow T_2 = \frac{V_2 T_1}{V_1}$$

$$\Rightarrow T_2 = \frac{1.2 \text{ X } 473}{0.5} = 1135.2°k$$

দেওয়া আছে,

$V_1 = 0.5m^3$, $V_2 = 1.2m^3$

$P = 10$ bar $= 10 \text{ x } 10^5 N/m^2$,

$T_1 = 200 + 273 = 473°K$

$C_p = 1.005$ kJ/kg°K

$C_v = 0.712$ kJ/kg°K

অতএব, $E = mC_v(T_2 - T_1)$

$\Rightarrow E = 3.608 \text{ x } 0.712\ (1135.2 - 473)$

$\Rightarrow E = 1701.123$ kJ

Ans.

অধ্যায় -৬ ঃ আদর্শ গ্যাসের তাপ গতীয় প্রক্রিয়া সমূহ(Thermodynamic processes of perfect gases)

তাপ গতীয় প্রক্রিয়া (thermodynamic processes) ঃ **তাপগতিবিদ্যার অবস্থা যেমন ঃ-চাপ, আয়তন ও তাপমাত্রার সাহায্যে প্রকাশ করা হয়। এ রাশিগুলোকে তাপগতীয় চলরাশি বলে। যে পরিবর্তনের কারনে তাপগতীয় মানের পরিবর্তন হয় সে পরিবর্তনকে তাপগতীয় প্রক্রিয়া বা (Thermodynamic processes) ।**

- তাপ গতীয় প্রক্রিয়ার শ্রেণীবিভগ ঃ

প্রধানত দুই (২) ভাগে ভাগ করা যায়, যথা ঃ ১) Non Flow Process

২) Flow Process

i. Steady flow Process

ii. Unsteady flow Process

প্রত্যাগমন অনুসারে প্রবাহকে দুই (২) ভাগে ভাগ করা যায়, যথা ঃ ১) Reversible Process

২) Irreversible Process

❑ তাপ গতীয় প্রক্রিয়া সমূহ ঃ

১) Reversible non-flow Process

i) Constant Volume Process

ii) Constant Pressure Process or Isobaric Process

iii) Constant Temperature Process or Isothermal Process

iv) Isentropic or Reversible Adiabatic Process

v) Polytrophic Process

vi) Hyperbolic Process

২) Irreversible non-flow Process

i) Constant Internal Energy Process

৩) Irreversible Steady Flow Process

i) Isenthalpic Process

❑ বিভিন্ন তাপগতীয় প্রক্রিয়া সমূহের এর P-V ও T-S বর্ননা

i) Constant Volume Process (স্থির আয়তন প্রক্রিয়া) ঃ যে প্রক্রিয়ায় কোন গ্যাস বা ভেপারের আয়তন স্থির রেখে এক অবস্থা হতে অন্য অবস্থায় পরিবর্তিত হয় তাকে স্থির আয়তন প্রক্রিয়া বলে ।

মনে করি, একটি আবদ্ধ পাত্রে m kg গ্যাস স্থির আয়তনে উত্তপ্ত করে T_1 তাপমাত্রা হতে T_2 তাপমাত্রায় উন্নীত করা হলো। আয়তন অপরিবর্তিত থাকলে গ্যাস কর্তৃক কোন কাজ সম্পাদন হয় না ।

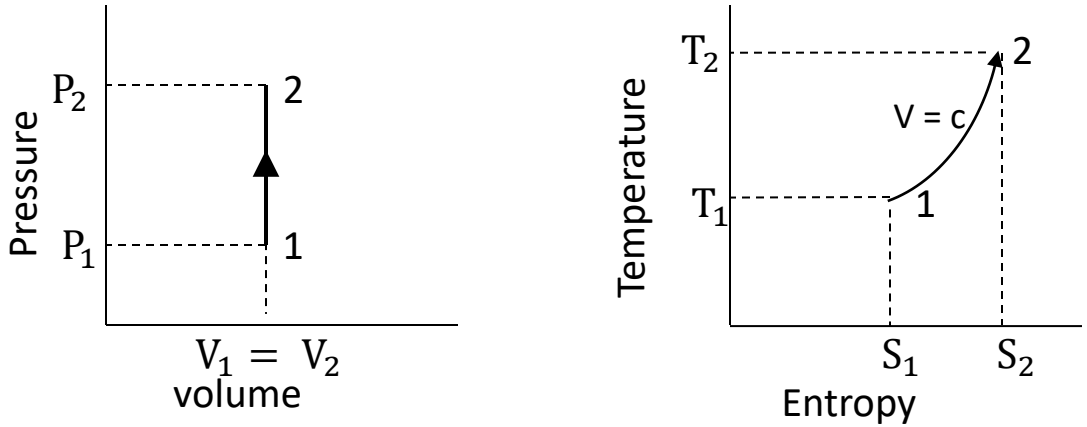
সুতরাং , তাপগতিবিদ্যার প্রথম সূত্র হতে, $H = E + W$

$\Rightarrow H = E + 0$

$\Rightarrow H = E$

$\Rightarrow H = m C_v (T_2 - T_1)$ | $E = m C_v (T_2 - T_1)$

$\therefore H = E = m C_v (T_2 - T_1)$



স্থির আয়তন প্রক্রিয়ায় P – V Diagram ও T - S Diagram

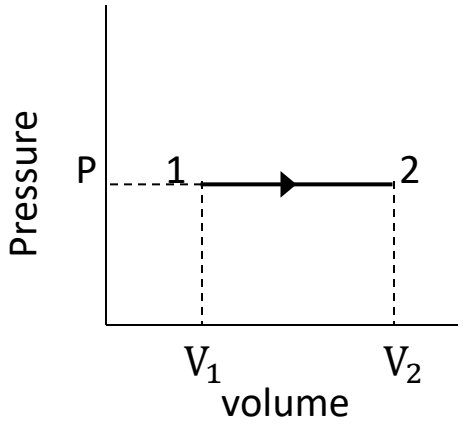
ii) Constant Pressure Process (স্থির চাপ প্রক্রিয়া)ঃ যে প্রক্রিয়ায় কোন গ্যাস বা ভেপারের চাপ স্থির রেখে এক অবস্থা হতে অন্য অবস্থায় পরিবর্তিত হয় তাকে স্থির চাপ প্রক্রিয়া বলে । এই প্রক্রিয়া চার্লস এর সূত্র দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয় ।

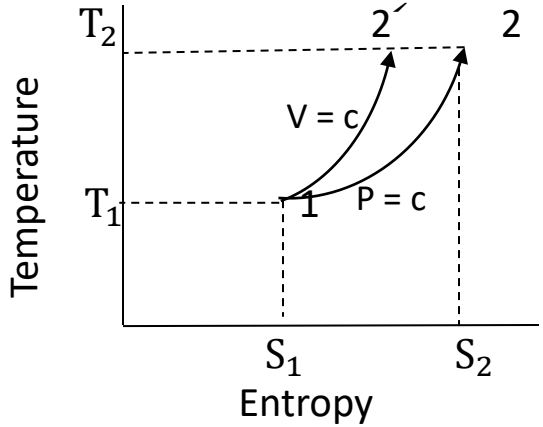
মনে করি, m kg ভরের গ্যাস P স্থির চাপে উত্তপ্ত করায় এর আয়তন V_1 পরিবর্তিত হয়ে V_2 তে পরিনত হয়েছে এবং তাপমাত্রা T_1 হতে T_2 তে পরিনত হয়েছে ।

আমরা জানি, সমচাপে তাপ সরবরাহ, $H = m C_p (T_2 - T_1)$। (স্থির চাপ প্রক্রিয়ায় সরবরাহকৃত মোট তাপকে এনথালপি বলে ।)

অন্তঃর্নিহিত শক্তির বৃদ্ধি, $E = m C_v (T_2 - T_1)$

প্রক্রিয়া চলাকালে সম্পাদিত কাজ W = চাপ আয়তন লেখচিত্রে 1-2 পর্যন্ত সম্প্রসারন রেখার আওতাভুক্ত ক্ষেত্রফল । অর্থাত, $W = P(V_2 - V_1) = mR(T_2 - T_1)$

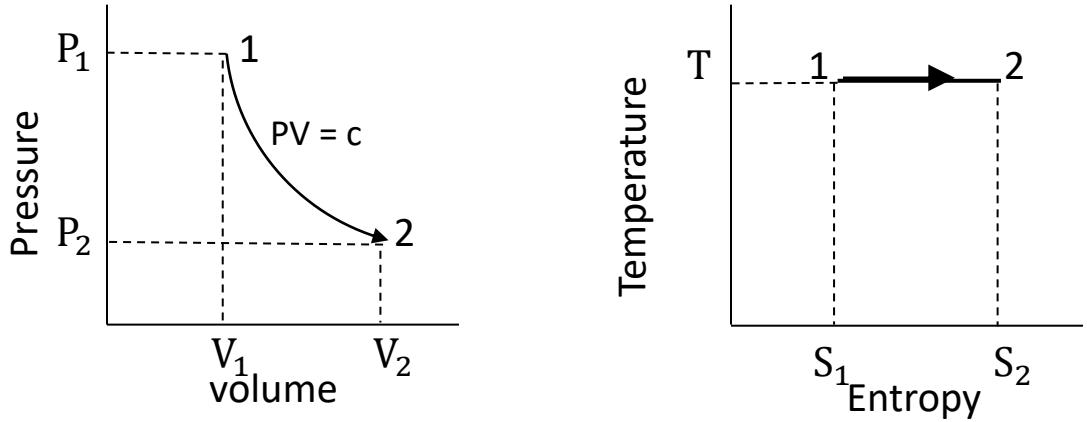




স্থির চাপ প্রক্রিয়ায় P – V Diagram ও T - S Diagram

❑ বিভিন্ন তাপগতীয় প্রক্রিয়া সমূহের এর P-V ও T-S বর্ননা

iii) Constant Temperature or Isothermal Process (স্থির তাপমাত্রা বা সমোষ্ণ প্রক্রিয়া)ঃ যে প্রক্রিয়ায় ফলে কোন গ্যাস বা ভেপার চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন হয় কিন্তু তাপমাত্রা স্থির থাকে, তাকে স্থিও তাপমাত্রা বা সমোষ্ণ প্রক্রিয়া বলে । এই প্রক্রিয়া বয়েলের সূত্র দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়, অর্থাৎ PV = Constant ।



স্থির তাপমাত্রা প্রক্রিয়ায় P – V Diagram ও T - S Diagram

ধন্যবাদ