Unit-3 Thermo dynamics

* વ્યાખ્યા આપો

① **પ્રણાલી** :- વિશ્વનો એક એવો અતિ નાનો ભાગ કે જે વિશ્વના બીજા ભાગો થી (System) ચોક્કસ સ્વતંત્ર હદ રેખાથી (સીમાઓથી) જુદો પડતો હોય અને જેના પર પ્રયોગો કરી અવલોકનો નોંધી શકાતા હોય તો.. તેને પ્રણાલી (System) કહે છે.

દા.ત. કસનળીમાં લેવામાં આવતો C_2H_5OH + Na જેમ H₂ વાયુ છુટો પડે છે. તથા C_2H_5ONa બને છે. જે પ્રણાલિ છે. કસનળીની દિવાલ ચોક્કસ સ્વતંત્ર હદ રેખા છે.

A very small Part of the world that is separated from other Parts of the world by ~~Cetr~~ Certain ~~Parts~~ of Independent boundaries and on which observations can be made by means of experiments. is called a system.

② **પરિઆવરણ (Surrounding - પર્યાવરણ)**

પ્રણાલી સિવાય ના વિશ્વના બાકીના ભાગ ને પર્યાવરણ કહે છે

The Rest of the world except the system is called the Surrounding

③ **પ્રણાલીના પ્રકાર આપો Giver types of System**

ઉર્જા અને દ્રવ્ય ... ની આપલે ને આધારે પ્રણાલીના ત્રણ પ્રકાર છે

(1) **ખુલ્લી પ્રણાલી : (Open system)** :- જે પ્રણાલી અને પર્યાવરણ વચ્ચે દ્રવ્ય અને ઉર્જાની આપલે (વિનીમય) આપમેળે થઈ શકે તેવી પ્રણાલીને ખુલ્લી પ્રણાલી કહે છે.

દા.ત. ખુલ્લા પાત્રમાં રાખેલો બરફનો ટુકડો

An open system is system that freely exchanges energy and matter with its surroundings
e.g. A piece of ice placed in an open saucer
open cup of coffee

Scanned with CamScanner

(ii) બંધ પ્રણાલી (close system) :- જે પ્રણાલીમાં પ્રણાલી અને પર્યાવરણ વચ્ચે ફક્ત ઉર્જાનો વિનિમય આપમેળે થઈ શકે, પરંતુ દ્રવ્યનો વિનિમય આપમેળે ના થઈ શકે તેવી પ્રણાલીને બંધ પ્રણાલી કહે છે., A closed system can exchange freely energy but not matter with surroundings. It is called close sy.
બંધપાત્રમાં લીધેલ ગરમ કે ઠંડુ પાણી

(iii) નિરાળી પ્રણાલી, (ભિન્ન પ્રણાલી, અલગ પ્રણાલી વિભિન્ન પ્રણાલી)
Isolated System: જે પ્રણાલી માં પ્રણાલી અને પર્યાવરણ વચ્ચે દ્રવ્ય અને ઉર્જાની આપલે આપમેળે ના થાય તો તેવી પ્રણાલીને વિભિન્ન (નિરાળી) પ્રણાલી કહે છે. દા.ત. સારી કક્ષાનો થર્મોસ
Isolated system that system cannot exchange either energy or matter with surrounding
This means there won't be any type of interaction between the system and surrounding
e.g. High Quality thermos

⇛ ફેઈઝને આધારે પ્રણાલીના બે પ્રકાર નીચે મુજબ છે
• સમાંગ પ્રણાલી (Homogeneous system) :- જે પ્રણાલી એક ફેઈઝ ધરાવતી હોય તેને સમાંગ પ્રણાલી કહે છે.
A system that has a single phase is called a homogenieous system. દા.ત. સાચુ દ્રાવણ, કોઈપણ શુદ્ધ પ્રવાહી કે શુદ્ધ ઘન પદાર્થ.
• વિષમાંગ પ્રણાલી (Heterogeneous System)
જે પ્રણાલી જુદા-જુદા બે કે વધુ ફેઈઝ ધરાવતી હોય તેવી પ્રણાલીને વિષમાંગ પ્રણાલી કહે છે. દા.ત. પ્યાલી પર તરતો બરફનો ટુકડો, અદ્રાવ્ય પ્રવાહીમિશ્રણ A system that has two or more different phase is called Heterogenous sy.

* સ્થિતિ વિધેય- અવસ્થા વિધેય (State function) :-

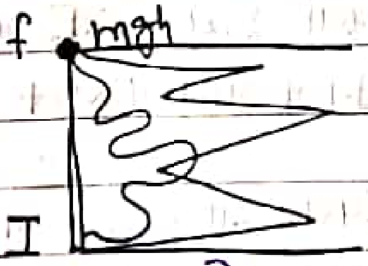
પ્રણાલી ના જે ગુણધર્મોના મુલ્યો ફક્ત પ્રણાલીની અવસ્થા પર આધાર રાખે, જે અવસ્થા (સ્થિતિ) પ્રાપ્ત કરવાની કાર્ય પદ્ધતિ કે પથ પર આધાર ન રાખે તો તેવા મુલ્યોને.. સ્થિતિવિધેય કહે છે.

→ સ્થિતિ વિધેય પ્રણાલીની પ્રારંભિક અને અંતિમસ્થિતિ પર આધાર રાખે છે. અર્થાત પ્રણાલી ની સ્થિતી પર આધાર રાખતા વિધેયને સ્થિતિ વિધેય કહે છે. તેથી પ્રણાલીની સ્થિતિ બદલાતા તેમનુ મુલ્ય બદલાય છે.

→ દબાણ(P), કદ(V), તાપમાન (T), આંતરિકશક્તિ(E) એન્થાલ્પી(H) મુક્ત શક્તિ (G), એન્ટ્રોપી (S), મહત્તમકાર્ય વિધેય (A) આ બધા સ્થિતિ વિધેય છે

→ ઉષ્મા (q), કાર્ય (W) અને અંતર.... સ્થિતિ વિધેય નથી કારણ કે તે પ્રણાલીના પથ પર આધાર રાખે છે.

→ સ્થિતિ વિધેયો નુ મુલ્ય પ્રાયોગિક રીતે માપી શકાય છે
દા.ત. ધારો કે m દ્રવ્યમાન ધરાવતા પદાર્થને h ઊંચાઈ એ લઈ જતાં તેની સ્થિતિશક્તિ mgh બને છે. જ્યાં g=ગુરુત્વપ્રવેગ હવે કોઈપણ રીતે, કોઈપણ માર્ગે પદાર્થ ને h ઊંચાઈ એ લઈ જતાં તેની સ્થિતિ શક્તિ બદલાતી નથી માટે સ્થિતિશક્તિ સ્થિતિ વિધેય છે. f



* પ્રક્રમ (Process) :-

પ્રણાલીનુ એક અવસ્થા માંથી બીજી અવસ્થામાં થતુ પરિવર્તન પ્રક્રમ કહેવાય છે. તેના પ્રકાર

- સમતાપી પ્રક્રમ Isothermal Process
- સમોષ્મી પ્રક્રમ Adiabatic Process
- સમદાબી પ્રક્રમ Isobaric Process

Scanned with CamScanner

* એન્થાલ્પી (H) :- Enthalpy

એન્થાલ્પી H નુ ગાણિતીય સ્વરૂપ $H = E + PV$

વ્યાખ્યા : "આંતરિક શક્તિ E અને દબાણ કદના ગુણાકારના બૈજીક સરવાળા ને એન્થાલ્પી H કહે છે."

અચળ દબાણે એન્થાલ્પીમાં થતો ફેરફાર નીચે મુજબ દર્શાવી શકાય

$$\Delta H = \Delta E + P\Delta V$$

* મુક્તશક્તિ (G) Free Energy

ગાણિતીય સ્વરૂપ $G = H - TS$

(1) અચળ તાપમાને G માં થતો ફેરફાર $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

* મહત્તમ કાર્યવિધેય (A) Maximum Work function :-

ગાણિતીય સ્વરૂપ $A = E - TS$

અચળ તાપમાને A માં થતો ફેરફાર $\Delta A = \Delta E - T\Delta S$

* આંતરિક શક્તિ (E - Internal Energy)

પ્રણાલીના આણ્વીય બંધારણના આધારે તેમાં સંગ્રહાયેલ વિશિષ્ટ પ્રકારની શક્તિને આંતરીક શક્તિ કહે છે.

આંતરીક શક્તિને E વડે દર્શાવાય છે. E નું નિરપેક્ષ મુલ્ય શક્ય નથી તેમ તેમાં થતો ફેરફાર ΔE વડે દર્શાવાય છે.

કુલ આંતરિક શક્તિ = સ્થિતિશક્તિ + ગતિશક્તિ + દ્રવ્યશક્તિ

(a) વિભિન્ન પ્રણાલીમાં પર્યાવરણ સાથે ઉર્જા અને દ્રવ્યની આપલે-ન થતી હોવાથી આ પ્રણાલીની આંતરીક શક્તિ અચળ હોય છે.

સમતાપી ફેરફાર માટે $E \propto$, $E = \frac{3}{2}RT$ માં તાપમાન અચળ છે. R પણ અચળ છે. માટે $E \propto T$ તેથી આંતરિક શક્તિમાં થતો ફેરફાર શુન્ય થાય. સમતાપી ફેરફારમાં T અચળ હોય તેથી $\Delta E = 0$

(b) સમોષ્મી ફેરફાર દરમ્યાન પ્રણાલી અને પર્યાવરણ વચ્ચે ઉર્જાના વિનિમય થતો ન હોવાથી q અચળ છે. તેથી $\Delta q = 0$

Scanned with CamScanner

Q.1 થર્મોડાયનેમિક્સ નો પ્રથમ નિયમ વિવિધ રીતે નિવેદન કરો. તે નિયમ નું ગાણિતીય સ.ક. ઉપજાવો. તેની ઉપયોગિતા અને મર્યાદા જણાવો. (1)

State in Different ways first law of Th.D. Derive the Mathmatical equation it gives its utility (uses) and limitation

→ ઉષ્માગતિશાસ્ત્રનો પ્રથમ નિયમ એ શક્તિસંચયનો નિયમ (law of Conservation of energy - ઉર્જાસંચય) કહે છે. જેને વિવિધ રીતે નીચે પ્રમાણે દર્શાવી શકાય.

1.→ વિશ્વમાં ઉર્જા નો કુલ જથ્થો અચળ છે. શક્તિ નુ સર્જન કે નાશ શક્ય નથી
The total amount of energy in the world is constant. Energy can note be produce. Energy can not be Destroy. OR Creation or Destruction of energy is not Possible

2→ ક્લોઝીયસ ના મત પ્રમાણે - વિભિન્ન પ્રણાલીની કુલ શક્તિ અચળ રહે છે માત્ર શક્તિ નુ સ્વરૂપ જ બદલી શકાય છે.
The total energy of Isolated system is Remain Constant. only the form of Energy Can be changed

3→ જો શક્તિનુ એક સ્વરૂપ અદ્રશ્ય થાય તો, શક્તિનુ બીજુ સ્વરૂપ સમતુલ્ય પ્રમાણ માં દ્રશ્યમાન થાય છે.
If one form of Energy disappears then another form of Energy is ~~equally~~ appears in equivalent proportions.

4) શક્તિ નો ખર્ચ કર્યા સિવાય કાર્ય કરી શકે તેવા યંત્રની રચના કરવી શક્ય નથી.
It is impossible to design a machine that can work without expending energy.

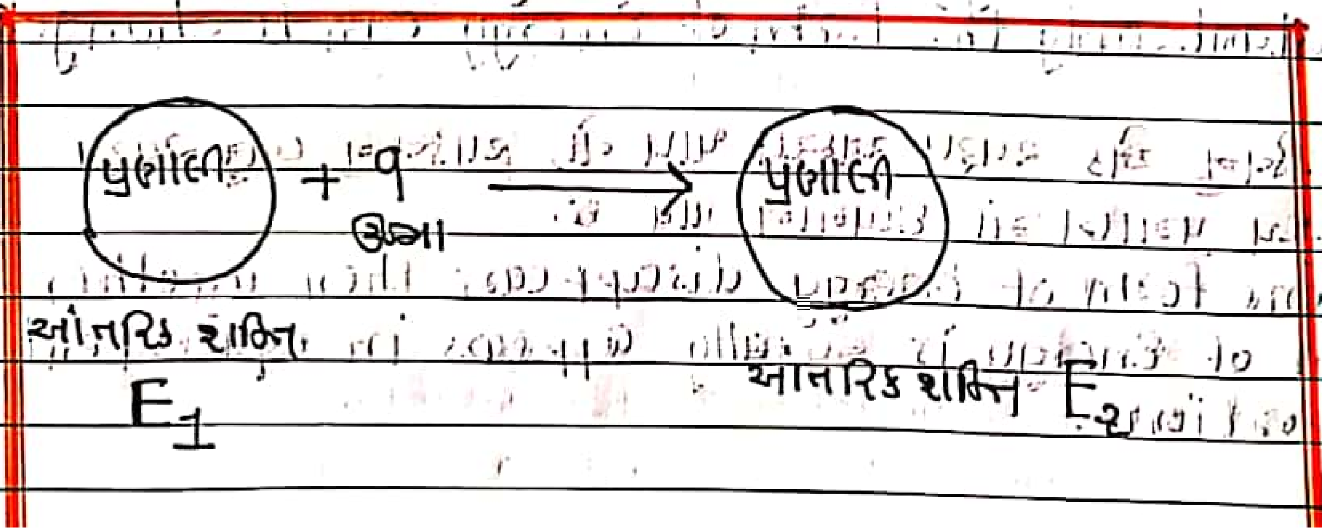
5) આધુનિક સંશોધનો એ દર્શાવ્યું કે "દળ અને શક્તિ નું એકબીજા માં રૂપાંતર થઈ શકે છે. જેને આધારે પ્રથમ નિયમ આધુનિક રીતે નીચે પ્રમાણે રજુ કરી શકાય " વિભિન્ન પ્રણાલી ની કુલ શક્તિ તથા દળનો જથ્થો અચળ રહે છે"
The total (strength) Energy and mass of matter ~~Remains Constant~~ of the Isolated System Remains Constant

✱ પ્રથમ નિયમનું ગાણિતીય સ્વરૂપ

→ નીચેની આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે આંતરિક શક્તિ "E_1" ધરાવતી એક પ્રણાલી છે. જેમાં q જેટલો ઉષ્મા નો જથ્થો ઉમેરવામાં આવે છે. (પ્રારંભિક સ્થિતિ)

→ ઉષ્મા એ શક્તિ નુ એક સ્વરૂપ હોવાથી તેનો પ્રણાલીમાં સંગ્રહ થશે. અને પ્રણાલી ની આંતરિક શક્તિ માં વધારો થશે.

→ અંતિમ સ્થિતિ એ ધારોકે પ્રણાલીની આંતરિક શક્તિ વધીને E_2 થ



Scanned with CamScanner

→ પ્રણાલીમાં સંગ્રહાયેલી q જેટલી ઉષ્માશક્તિનું રૂપાંતર કાર્ય W માં થશે અને બાકીની ઉષ્માશક્તિ, પ્રણાલીની આંતરિકશક્તિમાં થતો ફેરફાર ΔE દર્શાવશે.

→ આમ શક્તિસંચયના નિયમ મુજબ ઉમેરાયેલી ઉષ્મા q નું, શક્તિના નવા સ્વરૂપ W અને E માં રૂપાંતર થાય છે ટૂંકમાં પ્રણાલીમાં q જેટલો ઉષ્માનો જથ્થો ઉમેરવાથી (અદૃશ્ય થાય તો) W અને ΔE દૃશ્યમાન થાય છે. જે ગાણિતીય રીતે નીચે પ્રમાણે દર્શાવી શકાય $q = \Delta E + W$

$$\Delta E = q - W \quad \text{——— (1)}$$

સ.ક. (1) થર્મોડાયનેમિક્સના પ્રથમ નિયમનું ગાણિતીય સ્વરૂપ છે.

→ આંતરીક શક્તિમાં અતિ સૂક્ષ્મ ફેરફાર અનુભવતી પ્રણાલી માટે નીચે પ્રમાણે સ.ક. દર્શાવાય છે.

$$dE = \delta q - \delta W \quad \text{——— (2)}$$

સ.ક. (2) પ્રથમ નિયમનું વિકલન સ્વરૂપ (Differential form) છે જેમાં E ની આગળ "d" સંજ્ઞા મુકવામાં આવી છે કારણ કે E સ્થાન વિધેય છે. તેનું સંપૂર્ણ વિકલન થઈ શકે છે. જ્યારે q & W આગળ 'δ' મુકેલ છે. જે દર્શાવે છે કે q & W સ્થાન વિધેય નથી આથી તેનું સંપૂર્ણ વિકલન થઈ શકે નહીં પણ Partial differential થઈ શકે (આંશિક વિકલન).

→ સમોષ્મી ફેરફાર અનુભવતી પ્રણાલી માટે $q = 0$ છે. આથી સ.ક. (1) નીચે મુજબ થશે. $\Delta E = 0 - W$

$$\Delta E = -W$$

$$-\Delta E = W \quad \text{——— (3)}$$

જે દર્શાવે છે કે સમોષ્મી ફેરફાર અનુભવતી પ્રણાલીઓ પોતાની આંતરિક શક્તિમાં ઘટાડો કરીને કાર્ય કરે છે.

Scanned with CamScanner

* પ્રથમ નિયમની ઉપયોગિતા

⊙ પ્રથમ નિયમના ઉપયોગથી મોટાભાગની ઉષ્માઉર્જાની ગણતરી કરી શકાય છે. જેવી કે બંધનઉર્જા, સંયોજનની સર્જન ઉષ્મા, દહન ઉષ્મા, એન્થાલ્પી ફેરફાર ΔH, આંતરિક શક્તિ ΔE વગેરે ગણી શકાય છે

⊙ પ્રણાલી એ કરેલા કાર્યની પણ માહિતી મળે છે

યાદ રાખો: ① $\delta W = pdV$

② $dE = \delta q_v$

③ $dH = \delta q_p$

④ $H = E + PV$.

સમતાપી ફેરફાર માટે $\Delta E = 0$

સમોષ્મી ફેરફાર માટે $\Delta q = 0$

૨ ઉષ્માક્ષમતા (ઉષ્માધારિતા – ઉષ્માગુંજાશ) એટલે શું? અચળ કદે અને અચળ દબાણે ઉષ્માધારિતા ગણો તેમજ C_p અને C_v વચ્ચેનો સંબંધ તારવો.

What is Heat Capicites ? Calculate H.C. at Constant Volume and Constant Pressure and Devlop (Desire) relation between C_p & C_v

વ્યાખ્યા: પ્રણાલીના એક મોલ જથ્થાનું તાપમાન $1^\circ C$ વધારવા જરૂરી ઉષ્માના જથ્થાને ઉષ્માધારિતા (C) કહે છે.

The Quantity of heat required to raise the temp. $1^\circ C$ of 1 mole quantity of System it is called Heat Capacity

→ ઉષ્મા ધારિતા સ્થિરાંકવીય નથી, આ ઉષ્માધારિતા તાપમાન આધારિત છે. તેથી તેનુ વિકલનીય સ્વરૂપ નીચે મુજબ દર્શાવી શકાય

Scanned with CamScanner

$$C = \frac{\delta q}{dT} \quad \text{--- (1)}$$

અથવા δq જેટલા ઉષ્માના જથ્થાનું શોષણ થવાથી પ્રણાલીના 1 મોલ જથ્થાનું તાપમાન dT જેટલું વધે તો તેને ઉપરના સ.ક. (1) પ્રમાણે દર્શાવાય

→ ઉષ્મા પણ સ્થાન-વિધેય ન હોવાથી પ્રણાલીના તાપમાનમાં થતો ફેરફારો અચળ કદે અથવા અચળ દબાણે નોંધવામાં આવે છે. આ માટે બે પ્રકાર ની ઉષ્માધારિતાનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

(1) અચળ કદે ઉષ્માધારિતા C_V (તાપમાનના ફેરફાર માટે)

(2) અચળ દબાણે ઉષ્માધારિતા C_P (" ")

(1) અચળ કદે ઉષ્માધારિતા C_V :-

થર્મો.ના પ્રથમ નિયમના વિકલ્પ સ્વરૂપ પ્રમાણે $dE = \delta q - \delta W$ --- (2)

$$\therefore \delta q = dE + \delta W \quad \text{--- (3)}$$

પરંતુ $\delta W = PdV$ આ કિંમત (3) માં મૂકતાં

$$\delta q = dE + PdV \quad \text{--- (4)}$$

સ.ક. (4) ની δq ની કિંમત સ.ક. (1) માં મૂકતાં

$$C = \frac{dE + PdV}{dT} \quad \text{--- (5)}$$

જો કદ અચળ હોય તો $dV = 0$ ∴ $PdV = 0$

$$\therefore C = \frac{dE}{dT} \quad \text{--- (6)}$$

આ પરિણામ અચળ કદ માટે છે. માટે નીચે મુજબ લખી શકાય.

$$C_v = \left(\frac{dE}{dT}\right)_V \quad \text{--- (7)}$$

આ સ.ક. ઉષ્માધારિતા ની વ્યાખ્યા આપે છે. જે શબ્દોમાં નીચે મુજબ દર્શાવાય " નિયત કદે, તાપમાન ની સાપેક્ષે આંતરિક શક્તિમાં થતા ફેરફાર ના દર ને ઉષ્માધારિતા CV કહે છે "

(2) **અચળ દબાણે ઉષ્માધારિતા Cp :-**

આગળ મેળવેલ સ.ક. (5) નીચે પ્રમાણે દર્શાવી શકાય

$$C = \frac{dE + pdV}{dT} \quad \text{--- (5)}$$

એન્થાલ્પી ની વ્યાખ્યા અનુસાર $H = E + PV$ આ સ.ક. નું અચળ દબાણે વિકલન કરતાં

$$dH = dE + pdV \quad (\text{અચળ દબાણે } Vdp = 0)$$

$$dE = dH - PdV \quad \text{--- (8)}$$

આ કિંમત સ.ક. માં મુકતાં

$$C = \frac{dH - pdV + PdV}{dT}$$

$$C = \frac{dH}{dH} \quad \text{--- (9)}$$

આ પરિણામ અચળ દબાણ માટે છે. તેને નીચે પ્રમાણે લખી શકાય

$$C_p = \left(\frac{dH}{dT}\right)_p \quad \text{--- (10)}$$

સ.ક. (10) અચળ દબાણે ઉષ્માધારિતાની વ્યાખ્યા આપે છે. આ વ્યાખ્યા શબ્દોમાં નીચે પ્રમાણે દર્શાવાય " નિયત દબાણે, તાપમાન ની સાપેક્ષે એન્થાલ્પી માં થતા ફેરફારના દરને પ્રણાલીની ઉષ્માધારિતા Cp કહે છે.

Scanned with CamScanner

* $C_p - C_V = R$ સ.ક.ની તારવણી / C_p અને C_V વચ્ચે નો સંબંધ
(આદર્શ વાયુ માટે)

1 મોલ પદાર્થ માટે એન્થાલ્પી

$$H = E + PV$$ આ સમી. નું T ની સાપેક્ષે વિકલન કરતાં

$$\frac{dH}{dT} = \frac{dE}{dT} + \frac{d(PV)}{dT} \quad \text{——} \quad (11)$$

હવે ઉષ્માધારિતા ની વ્યાખ્યા મુજબ

$$C_V = \frac{dE}{dT} \quad \& \quad C_p = \frac{dH}{dT} \quad \text{(આદર્શ વાયુ માટે)}$$

આ બન્ને કિંમતો સ.ક. (11) માં મૂકતાં

$$C_p = C_V + \frac{d}{dT}(PV) \quad \text{——} \quad (12)$$

પણ આદર્શ-વાયુ સ.ક. મુજબ

$$PV = RT$$ (n = 1 મોલ આદર્શ વાયુ મા

PV ની આ કિંમત સ.ક. (12) માં મૂકતાં

$$C_p = C_V + \frac{d}{dT}(RT)$$

$$C_p = C_V + R.\frac{dT}{dT} \quad \left(\because T.\frac{dR}{dT} = 0\right)$$

$$C_p = C_V + R$$

$$\boxed{C_p - C_V = R} \quad \text{——} \quad (13)$$

Scanned with CamScanner

3 થર્મોડાયનેમિક્સ ના બીજા નિયમના શક્ય વિધાનો આપો
State Second law of Th.D. in possible Different way

→ ઉષ્માગતિ શાસ્ત્રનો પ્રથમ નિયમ પ્રણાલી એ શોષેલી ઉષ્મા અને પ્રણાલી વડે થયેલા કાર્ય વચ્ચેનો સંબંધ સ્થાપિત કરે છે. જેની કેટલીક મર્યાદાઓ છે. જેને દૂર કરવા બીજો નિયમ અસ્તિત્વમાં આવ્યો છે. જેના વિવિધ કથનો નીચે મુજબ છે.

1 ક્લોસીયસનું કથન :- "ઉષ્મા આપમેળે સ્વતંત્રપણે નીચા ઉષ્ણતામાન થી ઊંચા ઉષ્ણતામાન તરફ વહી શકતી નથી" OR "ઉષ્મા આપમેળે ઠંડા પદાર્થ માંથી ગરમ પદાર્થ તરફ વહી શકતી નથી"

"Heat cannot be automatically transferred form law temp to high temp.' OR Heat can not ~~flow~~ automatically flow from a cold object to a hot object.

આ કથન પ્રમાણે બાહ્ય સાધન ની મદદ વગર નીચા ઉ.માનવાળા ઠંડા પદાર્થ માંથી ઊંચા ઉ.માન વાળા ગરમ પદાર્થ માં લઈ જઈ શકાય નહી

2 થોમ્સનનું કથન :- પૂર્ણ-ચક્રિય ફેરફાર માં ઉષ્માને પ્રાપ્તિ સ્થાન માં થી શોષી, તેમાંથી થોડી ઉષ્મા, ઉષ્માશોષક ને (Heat sink) ને આપ્યા સિવાય તેનું સંપૂર્ણપણે કાર્યમાં રૂપાંતર કરવું અશક્ય છે

In a complete cyclic change it is impossible to absorb heat from the source and convert it into a complete work without giving a little Heat from it to the Heatsink (heat absorber)

Scanned with CamScanner

③ <u>મેક્સપ્લાંકનુ કથન</u> :- " એકજ વસ્તુ માંથી ઉષ્મા શોષી, કાર્યવાહક ની રચના માં કોઇપણ પ્રકારનો ફેરફાર કર્યા સિવાય તેનું સંપૂર્ણપણે યાંત્રિકકાર્યમાં રૂપાંતર કરે તેવુ પૂર્ણચક્રીય રીતે કાર્ય કરે તેવુ ઉષ્મા એન્જીન રચવુ અશક્ય છે "

~~It is impossible to build~~ a fully ~~mechanic~~ a

It is impossible to create a fully ~~c~~ cyclically functioning heat engine that convert a fully mechanical work ~~into a fully mechanical work~~ without any change in the composition of the Heat absorbing conductor from a single object

It is impossible to create a fully cyclically functioning heat engine that absorbs heat from single object and converts it into fully mechanical work without any modification to the working structure

ઉપર ના તમામ કથનો - ઉષ્માના ઊંચા તાપમાન થી નીચા તાપમાન તરફ ના સ્વયંભૂ વહન ને લાગુ પડે છે

→ ઉષ્માનુ આ પ્રકારનુ સ્વયંભૂ વહન સંપૂર્ણપણે પ્રતિવર્તી નથી તેમજ વહન દરમિયાન બધી ઉષ્માનુ કોઇપણ એન્જીન વડે સંપૂર્ણપણે યાંત્રીક કાર્યમાં રૂપાંતર થઈ શકતુ નથી

→ આમ કુદરતમાં પ્રાપ્યશક્તિનુ પ્રમાણ ઘટતુ જાય છે. અર્થાત કુદરત માં શક્તિનો વ્યય થાય છે " આથી ઉ.ગ.શા ના બીજા નિયમને શક્તિ ના વ્યય નો નિયમ કહે છે " (The law of Energy loss)

④ <u>કેલ્વીન નુ કથન</u> :- એવી કોઈ પ્રક્રિયા શક્ય નથી - કે જે એકજ તાપમાને રહેલ પદાર્થમાંથી ઉષ્માનુ શોષણ કરી તેનુ સંપૂર્ણ પણે યાંત્રિક કાર્યમાં રૂપાંતર કરી શકે

Scanned with CamScanner

No process is possible that can absorb heat from a substance at the same temp. and convert it into fully mechanical waste'

ઉષ્મા એન્જિન કાર્ય કરી શકે તે માટે વધારે તાપમાનવાળુ ઉષ્માપ્રાપ્તિ સ્થાન અને ઓછા તાપમાન વાળી ગરણ [Heat sink ઉષ્માશોષક] અવસ્થા આવશ્યક છે.

આ ઉપરાંત બીજા કેટલાક નિવેદન નીચે પ્રમાણે છે

ઉષ્માને શક્તિના બીજા સ્વરૂપમાં સંપૂર્ણ રીતે પરિવર્તન કરવી કોઈપણ રીતે શક્ય નથી

→ કોઈપણ સ્વપ્રેરીત(સ્વયંભૂ) પરિવર્તન માં વિશ્વની અવ્યવસ્થા વધે છે

→ વિશ્વની કુલ એન્ટ્રોપી વધવાનુ વલણ ધરાવે છે.

→ એવુ યંત્ર બનાવવુ અશક્ય છે. કે જેની કાર્યક્ષમતા એક અથવા સો ટકા હોય

→ આપમેળે થતા બાંધાર પ્રક્રમોમાં પ્રણાલીની મુક્તશક્તિ ઘટવાનુ વલણ ધરાવે છે

→ કુદરતમાં ચાલતી બધી જ ઘટનાઓ કુદરતની એન્ટ્રોપીમાં વધારો થાય એ પ્રમાણે ચાલતી હોય છે. એટલે કે "કુદરત ની એન્ટ્રોપી માં વધારે થયા કરે છે"

→ થર્મોડા-નો પ્રથમ નિયમ આંતરિક શક્તિ વિધેય (સ્થિતિ વિધેય) ની, અને બીજો નિયમ એન્ટ્રોપી (S) નામના સ્થિતિ વિધેય ની સમજૂતી આપે છે

Scanned with CamScanner

Q.4 સમજાવો - એન્ટ્રોપી : Explain Entropy

→ થર્મોડાયનેમિક્સ નો બીજો નિયમ 'એન્ટ્રોપી' નામના નવા સ્થિતિ-વિધેય ની સમજૂતી આપે છે.

→ એન્ટ્રોપી એ રાસા. પ્રક્રિયા ની સંતુલન સ્થિતિ - વિશે ખ્યાલ આપે છે.

→ "એન્ટ્રોપી એટલે પ્રણાલી ની અવ્યવસ્થા નો માપદંડ" છે
Entropy is measurement of disarrangement of System

→ એન્ટ્રોપી ને સંજ્ઞા "S" વડે દર્શાવાય છે.

→ તે સ્થિતિ વિધેય છે. માટે તે પ્રણાલીની પ્રારંભિક અને અંતિમ સ્થિતિ પર આધાર રાખે છે.

→ પદાર્થની નિરપેક્ષ એન્ટ્રોપી દર્શાવી શકાતી નથી. તેથી સામાન્ય રીતે એન્ટ્રોપી નો ફેરફાર ΔS દર્શાવવામાં આવે છે.

⇒ જો કોઈપણ પ્રણાલી નિરપેક્ષ તાપમાન T એ, પ્રતિવર્તી ફેરફાર દરમિયાન q જેટલી ઉષ્માનો જથ્થો શોષાતી હોય તો આ ફેરફાર દરમિયાન પ્રણાલીની એન્ટ્રોપી માં થતો વધારો ΔS હોય તો

$$\Delta S = \frac{q_{rev}}{T} \quad \text{—— (1)}$$

જ્યાં q_{rev} = પ્રતિવર્તી પરિવર્તન દરમ્યાન મુક્ત થતી શોષાતી ઉષ્મા છે

"અતિસૂક્ષ્મ પરિવર્તન દરમ્યાન શોષાતી ઉષ્મા q_{rev} અને નિરપેક્ષ તાપમાન T ના ગુણોત્તર ને એન્ટ્રોપી ફેરફાર ΔS કહે છે"

→ જો શોષાતી ઉષ્મા માં ફેરફાર થતો હોય તો ઉપરનુ સ. (1) નીચે મુજબ લખાય

$$\Delta S = \frac{\delta q_{rev}}{T}$$

Scanned with CamScanner

→ પ્રારંભિક સ્થિતિ 1 માંથી અંતિમ સ્થિતિ 2 માં થતા વિક્રિયા ફેરફાર માટે

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_{T_1}^{T_2} \frac{\delta q_{rev}}{T}$$

જ્યાં S_1 = પ્રારંભિક સ્થિતિના પ્રણાલીની એન્ટ્રોપી
S_2 = અંતિમ સ્થિતિના પ્રણાલીની એન્ટ્રોપી

→ એન્ટ્રોપી S સ્થિતિ વિધેય છે આમ તે પ્રણાલી ની સ્થિતિ પર આધાર રાખે છે. ΔS પ્રણાલીના પથ પર આધાર રાખતો નથી

→ જ્યારે પ્રણાલી ઉષ્માનુ શોષણ કરે ત્યારે q નુ મુલ્ય ધન હોય છે અને ΔS પણ ધન મુલ્ય ધરાવે છે. જે ઉષ્માશોષક પ્રક્રિયાનો નિર્દેશ કરે છે. (+q ⇒ ΔS +

→ પણ જ્યારે પ્રણાલી ઉષ્માનુ ક્ષેપન કરે (ઉત્સર્જ) કરે ત્યારે q નુ મુલ્ય ઋણ હોય છે તેથી ΔS પણ ઋણ મુલ્ય ધરાવે છે (−q ⇒ −ΔS

→ "એન્ટ્રોપી એટલે શોષાયેલી ઉષ્મા અને નિરપેક્ષ તાપમાન નો ગુણોત્તર" તેથી એન્ટ્રોપીનો એકમ = શક્તિ × તાપમાન⁻¹ છે

$$\text{એન્ટ્રોપી} = \frac{\text{શોષાયેલી ઉષ્મા}}{\text{નિ. તાપમાન}} = \frac{\text{શક્તિ}}{\text{નિ. તા.}} = \frac{Cal}{TK} = Cal.\,K^{-1}$$

આમ એન્ટ્રોપીનો એકમ Cal./TK છે. જેને એન્ટ્રોપી એકમ (Entropy Unit) e.u. વડે દર્શાવાય છે

→ સમોષ્મી પરિવર્તન દરમિયાન q=0 તેથી સમોષ્મી પરિવર્તન માટે $\Delta S = \frac{q}{T} = \frac{0}{T} = 0$

આમ સમોષ્મી પરિવર્તન દરમ્યાન પ્રણાલી ની એન્ટ્રોપી અચળ રહે છે

→ $\Delta S_{\text{પ્રણાલી}} + \Delta S_{\text{પરિસરાવરણ}} = \Delta S_{Total}$

જો ΔS_{Total} = + ધન તો પ્રક્રિયા સ્વંયભૂ
= − ઋણ તો પ્રક્રિયા અસ્વંયભૂ
= 0 તો પ્રક્રિયામાં સંતુલન હોય

Q.5 આદર્શ વાયુ માટે એન્ટ્રોપી માં ફેરફાર ના સમીકરણો મેળવો
Desire eqs. for Entropy change In Ideal gas

→ આદર્શ વાયુ માટે પ્રથમ નિયમ પ્રમાણે

$$\delta q_r = dE + \delta W \quad \text{——— (1)}$$

પણ $\delta W = pdv$ અને $dE = C_v dT$ આ બન્ને કિંમતો સ.ક (1) માં મુકતાં

$$\delta q_r = C_v dT + pdv \quad \text{——— (2)}$$

પણ 1 મોલ આદર્શ-વાયુ માટે

$PV = RT \therefore P = \frac{RT}{V}$ ઉપરના સ.ક માં મુકતા

$$\delta q_r = C_v dT + \frac{RT\,dV}{V} \quad \text{——— (3)}$$

સ.ક. (3) ને નિ. તાપમાન T વડે ભાગતા

$$\frac{\delta q_r}{T} = \frac{C_v dT}{T} + \frac{R \cdot T\,dV}{T \cdot V} \quad \text{——— (4)}$$

સ.ક. (4) નુ T_1 & T_2 અને કદ V_1 & V_2 ની મર્યાદા માં સંકલન કરતાં

$$\int_{T_1}^{T_2} \frac{\delta q_r}{T} = C_v \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} + R \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V}$$

$$= C_v \left[\ln T\right]_{T_1}^{T_2} + R\left[\ln V\right]_{V_1}^{V_2}$$

$$= C_v\left[\ln T_2 - \ln T_1\right] + R\left[\ln V_2 - \ln V_1\right]$$

$$S_2 - S_1 = \Delta S = C_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1} \quad \text{——— (5)}$$

Scanned with CamScanner

આદર્શ-વાયુ માટે એન્ટ્રોપી ફેરફાર (વાયુના) પ્રારંભિક અને અંતિમ સ્થિતિ પર આધાર રાખે છે.

પ્રા. સ્થિતિ માટે $P_1V_1 = RT_1 \Rightarrow V_1 = RT_1/P_1$ — (A)

અં. સ્થિતિ માટે $P_2V_2 = RT_2 \Rightarrow V_2 = RT_2/P_2$ — (B)

(B) ÷ (A) કરતાં $\dfrac{V_2}{V_1} = \dfrac{RT_2}{P_2} \times \dfrac{P_1}{RT_1} = \dfrac{T_2P_1}{T_1P_2}$ આ

કિંમત સ.ક. (5) માં મૂકતાં

$$\Delta S = C_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \left[\frac{T_2}{T_1} \times \frac{P_1}{P_2}\right]$$

$$\Delta S = C_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1} \quad \text{— (6)}$$ (∵ ઉત્ક્રમણમાં – મૂકાય છે)

સામાન્ય લેતાં

$$\Delta S = (C_v + R) \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1} \quad \text{—— (7)}$$

પરંતુ $C_p - C_v = R \Rightarrow C_p = C_v + R$ આ કિંમત

સ.ક. (7) માં મૂકતાં

$$\boxed{\Delta S = C_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1}} \quad \text{—— (8)}$$

1 ગ્રામ અણુ (1 મોલ) આદર્શ-વાયુ માં એન્ટ્રોપી ફેરફાર દર્શાવતુ સમી.

Scanned with CamScanner

(I) નિયત તાપમાને એન્ટ્રોપી ફેરફાર

નિયત તાપમાને એટલે કે સમતાપી પરિવર્તન માં ઉ.માન નો ફેરફાર થતો નથી માટે $T_1 = T_2$ આથી સ.ક. (5) પરથી

$$\Delta S_T = R \ln \frac{V_2}{V_1} \quad \therefore \quad \Delta S_T = 2.303\, R \log \frac{V_2}{V_1}$$

આજ પ્રમાણે સ.ક. (8)

$$\Delta S_T = -R \ln P_2/P_1 \quad \therefore \quad \Delta S_T = -2.303\, R \log P_2/P_1$$

(II) નિયત દબાણે એન્ટ્રોપી ફેરફાર

નિયત દબાણે $P_1 = P_2$ થવાથી સ.ક. (8) પ્રમાણે

$$\Delta S_p = C_p \ln \frac{T_2}{T_1}$$ (n = 1 મોલ માટે)

n ગ્રામ અણુ (ગ્રામ-અણુ = મોલ) માટે

$$\Delta S_p = n C_p \ln \frac{T_2}{T_1} \qquad \Delta S_p = 2.303\, n C_p \log \frac{T_2}{T_1}$$

(III) નિયત કદે એન્ટ્રોપી ફેરફાર

નિયત કદે $V_1 = V_2$ માટે સ.ક. (5) પરથી 1 મોલ માટે

$$\Delta S_V = n C_V \ln \frac{T_2}{T_1} \qquad \Delta S_V = n \times 2.303\, C_V \log \frac{T_2}{T_1}$$

Scanned with CamScanner

Q.6 આદર્શ-વાયુઓ ને મિશ્ર કરતાં થતો એન્ટ્રોપી ફેરફાર અંગેનું સમી. મેળવો.

Derive the equ^n. for Entropy change of mixing of Ideal gases

→ ધારોકે સમાન તાપમાને બે આદર્શ-વાયુઓ અનુક્રમે વાયુ-1 અને વાયુ-2 લીધેલા છે.

→ હવે જ્યારે બન્ને વાયુઓને એકબીજાના સંપર્કમાં લાવવામાં આવે ત્યારે તે બન્ને નુ એકબીજામાં આપમેળે પ્રસરણ થાય છે. જે સ્વંયભૂ ઘટના છે.

→ આમ આદર્શ-વાયુનુ પ્રસરણ થઈ મિશ્રણ બનતા અણુઓની અવ્યવસ્થા વધે છે. એટલે કે એન્ટ્રોપી વધે છે.

→ ધારોકે શરૂઆતની સ્થિતિએ

વાયુ-1 n_1 મોલ ધરાવે છે અને કદ V_1 ધરાવે છે (રોકે છે)

વાયુ-2 n_2 મોલ ધરાવે છે. અને કદ V_2 ધરાવે છે (રોકે છે)

→ અંતિમ સ્થિતિએ બન્ને આદર્શ-વાયુને મિશ્ર કરતાં વાયુ મિશ્રણનુ કુલ કદ V_1+V_2 થશે

→ હવે અચળ તાપમાને 1 મોલ-આદર્શ-વાયુના કદમાં થતા ફેરફાર માટે એન્ટ્રોપીનો ફેરફાર ΔS હોય તો તે નીચેના સ.ક. વડે દર્શાવી શકાય.

$$\Delta S = nR\ln\frac{V_2 \text{ અંતિમ}}{V_1 \text{ શરૂઆત}} \qquad \Delta S = n \cdot R \cdot \ln\frac{V \text{ અંતિમ કદ}}{V \text{ શરૂઆતનુ કદ}}$$

* વાયુ-1 માટે એન્ટ્રોપી ફેરફાર

$$\Delta S_1 = n_1 R\ln\frac{V_1+V_2}{V_1}$$

Scanned with CamScanner

(બીજા વાયુ-૨ માટે, એન્ટ્રોપી ફેરફાર

$$\Delta S_2 = n_2 R \ln \frac{V_1+V_2}{V_2}$$

મિશ્ર વાયુ માટે $\boxed{\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2}$

$$= n_1 R \ln \frac{V_1+V_2}{V_1} + n_2 R \ln \frac{V_1+V_2}{V_2}$$

V_1 અને V_2 ધન હોવાથી $\frac{V_1+V_2}{V_1} > 1$ & $\frac{V_1+V_2}{V_2} > 1$

$\therefore \Delta S =$ ધન (+)

આમ બે વાયુઓને મિશ્ર કરવાથી એન્ટ્રોપીનું મુલ્ય વધે છે. આજ પ્રમાણે બે કરતાં વધુ વાયુઓ મિશ્ર થાય તો પણ એન્ટ્રોપી વધે છે.

નોંધ: વાયુમિશ્રણની એન્ટ્રોપીમાં થતો કુલ ફેરફાર નીચે પ્રમાણે પણ દર્શાવી શકાય

$$\Delta S_{mix} = \Delta S_1 + \Delta S_2$$

$$= n_1 R \ln \frac{V_1+V_2}{V_1} + n_2 R \ln \frac{V_1+V_2}{V_2}$$

$$= n_1 R \ln \frac{1}{X_1} + n_2 R \ln \frac{1}{X_2} \quad \left(X_1 = \frac{V_1}{V_1+V_2} \text{ \& } X_2 = \frac{V_2}{V_1+V_2}\right)$$

જ્યાં X_1 અને X_2 અનુક્રમે વાયુ-1 & ૨ ના મોલઅંશ છે

$$\Delta S_{mix} = -n_1 R \ln X_1 - n_2 R \ln X_2$$

$$= -[n_1 R \times 2.303 \log X_1 + n_2 R \times 2.303 \log X_2]$$

$$\boxed{\Delta S_{mix} = -2.303 R [n_1 \log X_1 + n_2 \log X_2]}$$

$\{\Delta S_{mix} = -R \sum n_i \ln X_i\}$ જેટલાં વધારે વાયુઓને મિશ્ર કરવામાં આવે

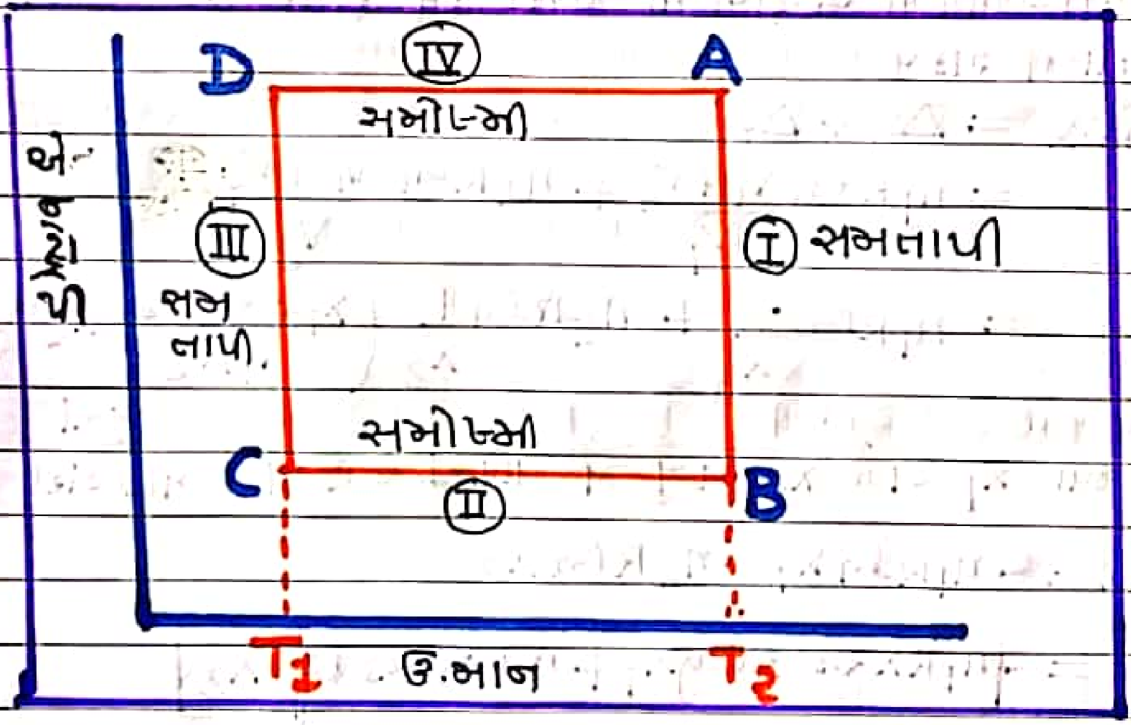
Scanned with CamScanner

Q.7 યંત્રની કાર્યક્ષમતા સમજાવો Explain: Efficiency of Machine
OR કાર્નોટ ચક્ર પર નોંધ લખો :
Write a note on - Carnot - Cycle

→ પ્રતિવર્તી પ્રક્રિયા દરમ્યાન ઉષ્માશક્તિનું યાંત્રિકશક્તિમાં રૂપાંતર કરતું ઉષ્મા એન્જીન કાર્નોટચક્ર ની મદદથી સમજાવી શકાય છે.

(Cylindrical)
→ આ એન્જીન ની રચના માં એક નળાકાર કે જેના તળીયા સિવાય ના બધાજ ભાગ અવાહક બાજુઓ ધરાવતા હોય તે લેવામાં આવેલો છે.

(sliding)
→ આ નળાકાર માં એક વજનરહિત અને ઘર્ષણરહિત - સરકતો પીસ્ટન હોય છે. (Weightless) Frictionless
→ આ કાર્નોટચક્રમાં 1 મોલ આદર્શ વાયુ કાર્યકારી પદાર્થ છે



જે ચાર તબક્કામાં સમજાવી શકાય છે

(1) ~~સમતાપી વિસ્તરણ (A→B)~~ {Isothermal expansion, (A→B)} Isometric expansion

નળાકાર ના સુવાહક તળીયા ને T_2 તાપમાન વાળા ઉષ્માપ્રાપ્તિ સ્થાન ઉપર મુકી 1 મોલ આદર્શ-વાયુનું ધીમે-ધીમે સમતાપી વિસ્તરણ થવા દઈ B અવસ્થા મેળવવામાં આવે છે. આ વિસ્તરણ દરમિયાન ઉષ્મા સર્જક માંથી q_2 જેટલી ઉષ્મા શોષાય છે જે આકૃતિમાં AB વડે દર્શાવેલ છે

$$\therefore \text{એન્ટ્રોપી ફેરફાર } \Delta S_1 = \frac{q_2}{T_2}$$

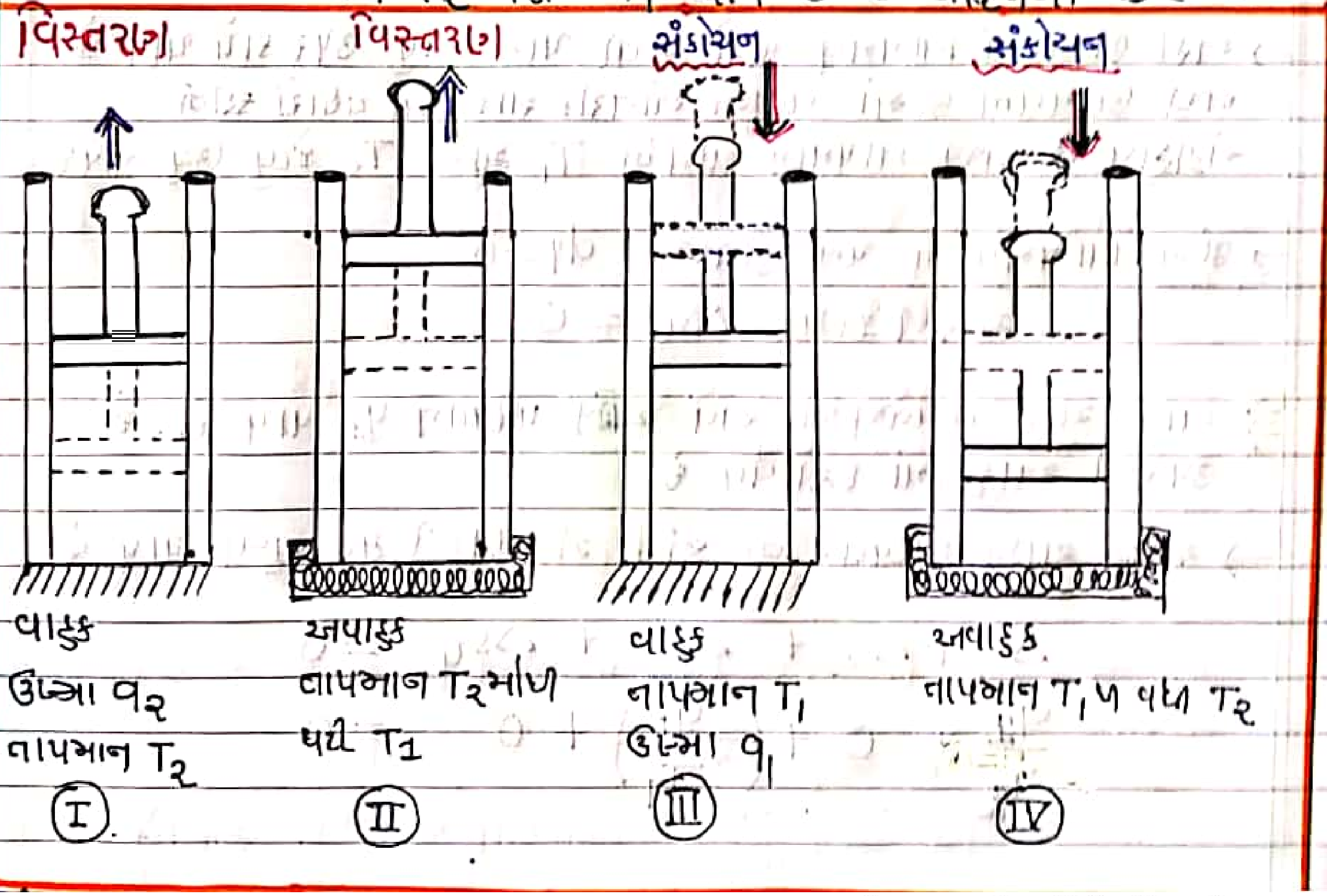
② સમોષ્મી વિસ્તરણ (BC) Adiabatic Expansion (cohesive)

→ નળાકાર ના તળીયા ને ઉષ્માસર્જક થી દુર કરીને અવાહક થી ઘેરી લેવામાં આવે છે. વાયુને T_1 તાપમાન પ્રાપ્ત થાય ત્યાં સુધી. ધીમે-ધીમે સમોષ્મી રીતે વિસ્તરણ પામવા દેવામાં આવે છે

→ આ ફેરફાર સમોષ્મી હોવાથી $dq = 0$ થાય છે. પરંતુ વાયુની આંતરીક શક્તિના ભોગે કાર્ય થાય છે

$$\therefore \text{એન્ટ્રોપી ફેરફાર } \Delta S_2 = 0 \quad (\because dq = 0)$$

તાપમાન T_2 ઘટીને T_1 થાય છે. જે આકૃતિમાં BC વડે



Scanned with CamScanner

Isometric

③ સમતાપી સંકોચન (C.D) Isothermal Contraction (CD)

→ નળાકાર ના તળીયા ને T_1 તાપમાનવાળા ઉષ્માસંગ્રાહક ના સંપર્ક માં મુકી વાયુનુ ધીમે-ધીમે સંકોચન કરવામાં આવે છે

→ અહિં વાયુ પર કાર્ય થાય છે. તેથી q_1 જેટલી ઉષ્મા ઉત્પન્ન થાય છે જે T_1 તાપમાને ઉષ્માસંગ્રાહક માં શોષાય થાય છે.

$$\text{એન્ટ્રોપી ફેરફાર } \Delta S_3 = \frac{-q_1}{T_1}$$

④ સમોષ્મી સંકોચન (DA) Adiabatic Contraction (DA)

→ નળાકારના તળીયાને ઉષ્મા અવાહક પર ઠીરી લેવામાં આવે છે ત્યારબાદ ધીમે-ધીમે વાયુનુ સમોષ્મી સંકોચન કરતાં પોતાની મૂળ સ્થિતિ A માં લઈ જવામાં આવે છે.

→ અહીં ઉષ્માનો વિનિમય થતો નથી પણ વાયુ ઉપર કાર્ય થાય છે તેથી ઉદ્ભવતી ઉષ્મા વાયુની આંતરીક શક્તિમાં વધારો કરીને સંગ્રહાય છે. તેથી તાપમાન વધીને T_1 માંથી T_2 જેટલુ ઊંચુ થાય છે

→ ઉષ્મા વિનિમય ન થતો હોવાથી $dq = 0$

$$\therefore \text{એન્ટ્રોપી ફેરફાર } \Delta S_4 = 0$$

⇒ આમ ચાર પરિવર્તન ને અંતે ચક્રીય પરિવર્તન પુરૂ થાય છે. જે ઉપરની આકૃતિમાં દર્શાવેલ છે

→ સમગ્ર ચક્રીય પરિવર્તન ને અંતે એન્ટ્રોપી ફેરફાર શૂન્ય થાય છે

$$\Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4 = 0$$

$$\frac{q_2}{T_2} + 0 + \left(-\frac{q_1}{T_1}\right) + 0 = 0$$

Scanned with CamScanner

$$\frac{q_2}{T_2} - \frac{q_1}{T_1} = 0$$

$$\therefore \frac{q_2}{T_2} = \frac{q_1}{T_1} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{q_1}{q_2}$$

$$\frac{q_2}{q_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

બન્ને બાજુ ને 1 માંથી બાદ કરતાં

$$1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \frac{q_1}{q_2}$$

$$\frac{T_2 - T_1}{T_2} = \frac{q_2 - q_1}{q_2} = \eta \text{ કાર્યક્ષમતા}$$

$$\therefore \text{કાર્યક્ષમતા } \eta = \frac{q_2 - q_1}{q_2} = \frac{T_2 - T_1}{T_2}$$

Efficiency

⇒ T_2 જેટલા ઉંચા તાપમાને શોષેલ ઉષ્મા q_2 / T_1 જેટલા નીચા તાપમાને આપેલ ઉષ્મા q_1

∴ $q_2 - q_1$ ઉષ્માનું કાર્યમાં રૂપાંતર થાય છે.

⇒ એન્જીન ની કાર્યક્ષમતા એટલે સમગ્ર ચક્રને અંતે પ્રાપ્ત થયેલ કાર્ય $w = q_2 - q_1$ અને ઉંચા તાપમાને શોષાયેલ ઉષ્મા q_2 નો ગુણોત્તર

$$\text{કાર્યક્ષમતા } \eta = \frac{w}{q_2} = \frac{q_2 - q_1}{q_2}$$

Q-8 ગીબ્ઝ હેલ્મહોલ્ટ્ઝ સમીકરણ તારવો
Derive - Gibb's Helmholtz equation

→ હેલ્મહોલ્ટ્ઝ સ.ક. પ્રમાણે અને ગીબ્ઝ મુક્તઊર્જા વિધેય ને આધારે નીચે મુજબ ગીબ્ઝ-હેલ્મહોલ્ટ્ઝ સ.ક. તારવી શકાય છે.
ગીબ્ઝ સ.ક. નીચે મુજબ છે

$G = H - TS$ આ સ.ક.નું વિકલન કરતાં

$dG = dH - TdS - SdT$ —— (1) (નોંધ- પહેલા ઉપયોગ)

અચળ તાપમાને $SdT = 0$ આથી સ.ક. (1) નીચે પ્રમાણે લખાશે.

$$dG = dH - TdS \quad \text{—— (2)}$$ (નોંધ- પછી ઉપયોગ)

એન્થાલ્પીનું ગાણિતીય સ્વરૂપ

$$H = E + PV$$

આ સ.ક.નું વિકલન કરતાં

$$dH = dE + pdV + Vdp$$

પણ અચળ દબાણે $Vdp = 0$ તેથી ઉપરોક્ત સ.ક. નીચે મુજબ લખાશે.

$$dH = dE + PdV \quad \text{—— (3)}$$

સ.ક. (3) ની આ કિંમત સ.ક. (1) માં dH ને સ્થાને મુકતાં
સ.ક. (1) નીચે પ્રમાણે મળે

$$dG = dE + pdV - TdS - SdT \quad \text{—— (4)}$$

હવે સ.ક. (4) માં dE અને TdS ની કિંમત નીચેના સ.ક.ની આધારે મુકતાં

$dE = \delta q - pdV$ (I^{st} law Th.D)

$TdS = \delta q$ (બીજા નિયમ $dS = \frac{\delta q}{T}$ પરથી)

Scanned with CamScanner

$$dG = \delta q - pdV + pdV - \delta q - SdT$$

$$dG = -SdT$$

$$\therefore \frac{dG}{dT} = -S \quad \text{——} \quad (5)$$

આ. સ.ક.નુ વિકલન કરતાં

$$d\left[\frac{dG}{dT}\right] = -dS \quad \text{——} \quad (6)$$

આ સ.ક.ની dS ની કિંમત સ.ક. (૨) માં મુકતાં

$$dG = dH + T\left[\frac{d(dG)}{dT}\right]_p \qquad \left\{\because dG = dH - TdS \text{ — } (2)\right\}$$

અથવા

$$\boxed{\Delta G = \Delta H + T\left[\frac{d(\Delta G)}{dT}\right]_p} \quad \text{——} \quad (07)$$

સ.ક. (7) ને ગીબ્સ હેલ્મહોલ્ટ્ઝ સ.ક કહે છે

પ્રમાણિત પરિસ્થિતિ માટે

$$\Delta G^{\circ} = \Delta H^{\circ} + T\left[\frac{d\Delta G^{\circ}}{dT}\right]_p$$

Scanned with CamScanner