1. **માત્રાત્મક ગુણધર્મો દ્રવ્યના જથ્થા ઉપર આધાર રાખે છે, પરંતુ વિશિષ્ટ ગુણધર્મો દ્રવ્યના જથ્થા ઉપર આધાર રાખતા નથી. નીચેના ગુણધર્મો માત્રાત્મક છે કે વિશિષ્ટ ગુણધર્મો છે તે સમજાવો.**

**(i) દળ (ii) આંતરિક ઊર્જા (iii) દબાણ (iv) ઉષ્માક્ષમતા (v) આણ્વીય ઉષ્માક્ષમતા (vi) ઘનતા (vii) મોલઅંશ (viii) વિશિષ્ટ ઉષ્મા (ix) તાપમાન (x) મોલારિટી**

➠ માત્રાત્મક ગુણધર્મો : જે ગુણધર્મો દ્રવ્યના જથ્થા ઉપર અથવા દ્રવ્યના કદ ઉપર આધાર રાખે છે તેઓ માત્રાત્મક ગુણધર્મો તરીકે ઓળખાય છે. દા.ત., દળ, આંતરિક ઊર્જા, ઉષ્માક્ષમતા.

➠ વિશિષ્ટ ગુણધર્મો : જે દ્રવ્યના જથ્થા ઉપર કે કદ ઉપર આધારિત નથી તેને વિશિષ્ટ ગુણધર્મો કહેવાય છે. દા.ત., દબાણ, આણ્વીય ઉષ્માક્ષમતા, ઘનતા, મોલઅંશ, વિશિષ્ટ ઉષ્મા તાપમાન અને મોલારિટી.

➠ દ્રાવણના મોલઅંશ કે મોલારિટી દ્રાવણનો થોડો જથ્થો કે વધારે જથ્થો લેવામાં આવે તો પણ સરખો જ રહે છે.

➠ બે માત્રાત્મક ગુણધર્મોનો ગુણોત્તર હંમેશાં વિશિષ્ટ ગુણધર્મનો નિર્દેશ કરે છે.

$\frac{\text{માત્રાત્મક ગુણધર્મ}}{\text{માત્રાત્મક ગુણધર્મ}}$ = વિશિષ્ટ ગુણધર્મ એટલે મોલારિટી અને મોલઅંશ વિશિષ્ટ ગુણધર્મોનો નિર્દેશ કરે છે. દા.ત.,

$$\text{મોલઅંશ} = \frac{\text{એક ઘટકના મોલ}}{\text{કુલ મોલ સંખ્યા}} = \frac{\text{માત્રાત્મક}}{\text{માત્રાત્મક}}$$

$$\text{મોલારિટી} = \frac{\text{મોલ સંખ્યા}}{\text{કદ}} = \frac{\text{માત્રાત્મક}}{\text{માત્રાત્મક}}$$

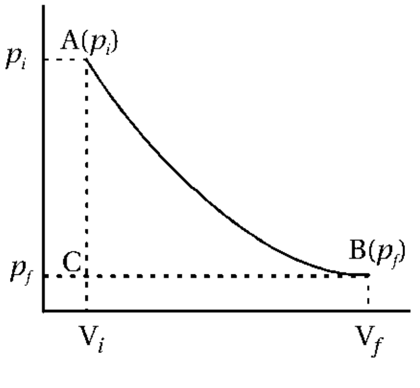
2. **જ્યારે આદર્શ વાયુના સમતાપી પ્રતિવર્તી પ્રસરણ દરમિયાન દબાણ/કદનાં મૂલ્યો $P_iV_i$ થી $P_fV_f$ માં બદલાય ત્યારે થયેલ કુલ કાર્ય આલેખની મદદથી સરખાવો. PV આલેખની મદદ વડે અચળ દબાણે ($P_f$) થયેલ કાર્યની સરખામણી કરો.**

➠ (i) વાયુની પ્રસરણ ક્રિયામાં થયેલ કુલ કાર્ય આદર્શ વાયુની સ્થિતિ સમતાપી પ્રતિવર્તી પ્રસરણ થાય તે સમયે $P_iV_i$માંથી $P_fV_f$ થાય છે. પ્રતિવર્તી કાર્ય આલેખમાં સંયુક્ત વિસ્તાર ABC અને BC $V_iV_f$ વડે દર્શાવેલ છે.

(ii) અચળ દબાણ → થયેલ કાર્ય

વિસ્તાર BC $V_iV_f$માં દર્શાવ્યું છે.

કાર્ય (i) > કાર્ય (ii)




3. **આયનીય સંયોજનની લેટિસ એન્થાલ્પી જ્યારે 1 મોલ આયનીય સંયોજનમાંથી તેની વાયુરૂપ સ્થિતિમાં તેના આયનોને મુક્ત કરે ત્યારે આયનીય સંયોજનની એન્થાલ્પી લેટીસ એન્થાલ્પી કહેવાય છે. જેનું મૂલ્ય પ્રાયોગિક રીતે નક્કી કરવું ઘણું જ મુશ્કેલ**

**છે. $NaCl_{(s)}$ આયનીય સંયોજન છે. તેની લેટિસ એન્થાલ્પી માપવા માટે અપ્રત્યક્ષ રીત જણાવો અને તેની સમજૂતી આપો.**

- જ્યારે આયનીય સંયોજનોનો 1 મોલ તેના આયનોમાં વાયુમય સ્થિતિમાં વિયોજિત થાય ત્યારે એન્થાલ્પી ફેરફારને લેટિસ એન્થાલ્પી કહેવાય છે.

  પ્રક્રિયા : $Na^+Cl^-_{(s)} \rightarrow Na^+_{(g)} + Cl^-_{(g)}$

  $\Delta_{\text{લેટિસ}} = H^0 = + 788$ kJ mol$^{-1}$

- લેટિસ એન્થાલ્પીનું મૂલ્ય સીધી રીતે નક્કી કરી શકાતું નથી. આથી આડકતરી (indirect) પદ્ધતિનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. આ એન્થાલ્પી ફેરફાર દર્શાવતી આકૃતિને બોર્ન-હેબર ચક્ર તરીકે ઓળખાય છે.
- $Na^+Cl^-_{(s)}$ની લેટિસ એન્થાલ્પી નીચેના તબક્કાઓનો ઉપયોગ કરીને શોધી શકાય :
- (i) $Na^+_{(s)} \rightarrow Na_{(g)}$ – Na ધાતુનું ઊર્ધ્વપાતન

  $\Delta_{sub}H^0 = 108.4$ kJ mol$^{-1}$

  (ii) $Na_{(g)} \rightarrow Na^+_{(g)} + e^-$ (g) – Na પરમાણુનું આયનીકરણ, આયનીકરણ એન્થાલ્પી

  $\Delta_i H^0 = 496$ kJ mol$^{-1}$

- (iii) $\frac{1}{2} Cl_{2(g)} \rightarrow Cl_{(g)}$ ક્લોરિન ($Cl_2$)નું વિયોજન પ્રક્રિયા એન્થાલ્પી બંધ વિઘટન એન્થાલ્પી કરતાં $\frac{1}{2}$ છે.

  $\frac{1}{2}\ \Delta_{\text{બંધ}}H^0 = 121$ kJ mol$^{-1}$

- $Cl_{(g)} + e^-_{(g)} \rightarrow Cl^-_{(g)}$ – Cl પરમાણુની ઇલેક્ટ્રૉન પ્રાપ્તિ એન્થાલ્પી જેનું મૂલ્ય $\Delta_{eg}H^0 = -348.6$ kJ mol$^{-1}$

  NaClની લેટિસ એન્થાલ્પીની આકૃતિ માટે જુઓ વિભાગ-A નો પ્રશ્ન-23

- (v) $Na^+_{(g)} + Cl^-_{(g)} \rightarrow Na^+Cl^-_{(s)}$
- પ્રક્રિયામાં તબક્કાવાર ક્રમ આકૃતિમાં દર્શાવ્યો છે. જે બોર્ન-હેબર ચક્ર તરીકે ઓળખાય છે. બોર્ન-હેબર ચક્રની ઉપયોગિતાના બધા જ તબક્કાઓમાં એન્થાલ્પી ફેરફારના મૂલ્યોનો સરવાળો શૂન્ય થાય છે.
- હેસનો નિયમ લાગુ પાડતાં,

  $(\Delta_{\text{લેટિસ}}\ H^0) = 411.2 + 108.4 + 121 + 496 - 348.6$

  $\therefore \Delta_{\text{લેટિસ}}\ H^0 = + 788$ kJ

**4. આદર્શ વાયુ માટે ΔH અને ΔU વચ્ચેનો સંબંધ તારવો. સમીકરણમાં આવેલ દરેક પદની સમજૂતી આપો.**

- ઉષ્માગતિશાસ્ત્રના પ્રથમ નિયમ પ્રમાણે, $q = \Delta U + P\Delta V$

  પ્રક્રમ અચળ કદે થાય તો $\Delta V = 0$

  $\therefore q_v = \Delta U$

  અહીં $q_v$ = અચળ કદે શોષાયેલી ઉષ્મા અને $\Delta U$ = આંતરિક ઊર્જામાં ફેરફાર છે. તે જ પ્રમાણે $q_p = \Delta H$

- અહીં $q_p$ = અચળ દબાણે શોષાયેલી ઊર્જા છે અને $\Delta H$ = પ્રણાલીનો એન્થાલ્પી ફેરફાર છે.
- પ્રણાલીનો એન્થાલ્પી ફેરફાર = પ્રણાલી અચળ દબાણે કે શોષાયેલી અથવા ઉત્સર્જિત થતી ઉષ્મા છે.
- નિયત દબાણે $\Delta H = \Delta U + P\Delta V$

  જ્યાં $\Delta V$ = કદમાં ફેરફાર છે. આ સમીકરણ બીજી રીતે પણ લખી શકાય. જે $\Delta H = \Delta U + P(V_f - PV_i)$

  $= \Delta U + (PV_f - PV_i)$ ... (1)

➠ અહીં, $V_i$ = પ્રણાલીનું શરૂઆતનું કદ અને $V_f$ અંતિમ કદ છે.

પરંતુ આદર્શ વાયુ માટે $PV = nRT$

$$PV_1 = n_1RT$$

અને $PV_2 = n_2RT$

➠ અહીં, $n_1$ = વાયુરૂપ પ્રક્રિયકોની મોલસંખ્યા છે

અને $n_2$ = વાયુરૂપ નીપજોની મોલસંખ્યા છે.

➠ સમીકરણમાં આ મૂલ્યો મૂકતાં નીચેનું સમીકરણ મળે છે :

$\Delta H = \Delta U + (n_2RT - n_1RT)$

$\Delta H = \Delta U + (n_2 - n_1)\ RT$

$\Delta H = \Delta U + \Delta n_{(g)}\ RT$ અથવા

➠ $\Delta n_{(g)} = (n_2 - n_1)$ જે વાયુરૂપ નીપજો અને વાયુરૂપ પ્રક્રિયકોની મોલ સંખ્યાનો તફાવત બતાવે છે.

➠ આ મૂલ્યોને ΔH અને ΔUમાં મૂકતાં, $q_p = q_v + \Delta n_{(g)}\ RT$

નોંધ : $q_p = q_v$ અથવા $\Delta H = \Delta U$

(i) જ્યારે બંધ પાત્રમાં પ્રક્રિયા થાય ત્યારે કદ અચળ રહે છે એટલે કે $\Delta V = 0$

(ii) જો પ્રક્રિયા ઘન, પ્રવાહી, દ્રાવણ પૂરતી મર્યાદિત હોય અને પ્રક્રિયાઓમાં વાયુરૂપ પ્રક્રિયકો અથવા નીપજો ન હોય ત્યારે ઘન અથવા પ્રવાહી પદાર્થોમાં કદનો ફેરફાર નહિવત્ હોય છે.

(iii) જ્યારે પ્રક્રિયામાં વાયુરૂપ પ્રક્રિયકો અને નીપજો ભાગ લે અને બંનેની મોલ સંખ્યા સમાન હોય

(દા.ત., $n_p = n_r$) તો

$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)}$

$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$

➠ $q_p$ અને $q_v$નાં મૂલ્યો આ પ્રક્રિયામાં અલગ અલગ છે. અહીં પ્રક્રિયામાં વાયુરૂપ પ્રક્રિયકો અને વાયુરૂપ નીપજો ભાગ લે છે. જેની સંખ્યા $\neq n_{r(g)}$ જેટલી છે. (એટલે કે અસમાન હોય છે.)

5. **ΔG 'ઉપયોગી કાર્ય' કરવા માટે જરૂરી છે. આથી તેને મુક્તશક્તિનો માપદંડ કહેવાય છે. ગાણિતીય રીતે દર્શાવતાં ΔG મુક્તશક્તિનું માપ કહેવાય. ΔGનો એકમ નક્કી કરો. જો પ્રક્રિયા (+) એન્થાલ્પી ફેરફાર દર્શાવે અને (+) એન્ટ્રોપી ફેરફાર દર્શાવે તો ક્યા સંજોગોમાં પ્રક્રિયા સ્વપ્રેરિત બનશે ?**

➠ ગીબ્સની મુક્તશક્તિ પ્રણાલીનો ઉષ્મા ગાણિતીય ગુણધર્મ છે. પ્રક્રમમાં મુક્તશક્તિનો ઘટાડો મહત્તમ ઉપયોગી કાર્ય (W) બરાબર હોય છે, ΔGનો એકમ શોધો. જો પ્રક્રિયામાં એન્થાલ્પી ફેરફાર (+) મૂલ્ય ધરાવે અને એન્ટ્રોપી ફેરફાર પણ (+) હોય તો ક્યા સંજોગોમાં સ્વપ્રેરિત થશે ?

➠ ગીબ્સની મુક્તશક્તિ પ્રણાલીનો ઉષ્મા ગતિકીય ગુણધર્મ છે. પ્રક્રમ દરમિયાન જો મુક્ત શક્તિનો ઘટાડો મહત્તમ ઉપયોગી કાર્ય બરાબર થાય છે. આ કાર્ય પ્રણાલી દ્વારા પ્રાપ્ત થાય છે.

➠ પ્રણાલી વડે શોષાયેલી ઉષ્મા $q$, આંતરિક ઊર્જાનો ફેરફાર ΔU અને પ્રણાલી વડે થયેલ કાર્ય સાથેનો સંબંધ ઉષ્માગતિશાસ્ત્રના પ્રથમ નિયમ મુજબ નીચે પ્રમાણે દર્શાવી શકાય :

$$q = \Delta U + W_{\text{પ્રસરણ}} + W_{\text{બિનપ્રસરણ}} \quad \ldots \text{(i)}$$

(expansion) (non-expansion)

➠ અચળ દબાણની પરિસ્થિતિમાં વાયુનું પ્રસરણ કાર્ય $P\Delta V$ જેટલું થાય છે.

$\therefore\ q = \Delta U + P\Delta V + W_{\text{બિનપ્રસરણ}}$

- અચળ દબાણની પરિસ્થિતિમાં પ્રસરણ કાર્ય = $P\Delta V$

  $\therefore q = \Delta U + P\Delta V + W_{\text{બિનપ્રસરણ}}$

  $= \Delta H + W_{\text{બિનપ્રસરણ}}$ ... (ii)

- પ્રતિવર્તી ફેરફાર માટે અચળ તાપમાને

  $\Delta S = \frac{q_{rev}}{T}$ અથવા $q_{rev} = T\Delta S$ ... (iii)

  $q$નું મૂલ્ય (સમીકરણ iii)માંથી (સમીકરણ ii)માં મૂકતાં,

  $T\Delta S = \Delta H + W_{\text{બિનપ્રસરણ}}$

  $\therefore \Delta H - T\Delta S = - W_{\text{બિનપ્રસરણ}}$ ... (iv)

- નિયત તાપમાને અને દબાણે $\Delta G$માં થતો ફેરફાર

  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

- આ મૂલ્યોને સમીકરણ (iv)માં મૂકતાં,

  $\Delta G = - W_{\text{બિનપ્રસરણ}}$

- આથી મુક્તશક્તિ ફેરફાર W કાર્યના માપદંડ તરીકે લઈ શકાય. જેમાં પ્રસરણ દરમિયાન થતું કાર્ય લક્ષમાં લેવાયું નથી. લગભગ બધા જ ફેરફારોમાં પ્રસરણ કાર્યનું પરિવર્તન અન્ય ઉપયોગી કાર્યમાં થતું નથી.

  $\therefore$ ફેરગોઠવણી બાદ સમીકરણ (v)નીચે મુજબ મળશે.

  $-\Delta G = W_{\text{બિનપ્રસરણ}} = W_{\text{વપરાશકર્તા}}$ તેથી $\Delta G$ના એકમમાં ફેરફાર થશે નહિ.

  $-\Delta G = W_{\text{વપરાશકર્તા}}$ એટલે કે કાર્યના એકમ જૂલ બરાબર થશે.

  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

- જો $\Delta H = (+)$ અને $\Delta S = (+)$ હોય તો $\Delta G$નું મૂલ્ય (–)

  એટલે પ્રક્રમ સ્વપ્રેરિત હશે (જો $T\Delta S > \Delta H$) હોય તો ઊંચા તાપમાને આ શક્ય બનશે.