1. **1 મોલ એસિટોનને બાષ્પસ્થિતિમાં પરિવર્તિત કરવા માટે 1 મોલ પાણીના બાષ્પાયન કરવા ઓછી શક્તિની જરૂર પડે છે. ક્યાં બે પ્રવાહીઓ બાષ્પાયન ઍન્થાલ્પીનું ઊંચું મૂલ્ય ધરાવે છે.**

➠ 1 મોલ એસિટોનનું બાષ્પસ્થિતિમાં રૂપાંતર કરવા માટે ઓછી બાષ્પાયન ઊર્જાની જરૂર પડે છે એટલે એસિટોનની બાષ્પાયન ઉષ્મા ઓછી છે. જ્યારે પાણીની બાષ્પાયન ઉષ્માનું મૂલ્ય વધારે છે. આ ઘટનાને નીચે મુજબ રજૂ કરી શકાય :

(ΔH_V) પાણી > (ΔH_V) એસિટોન

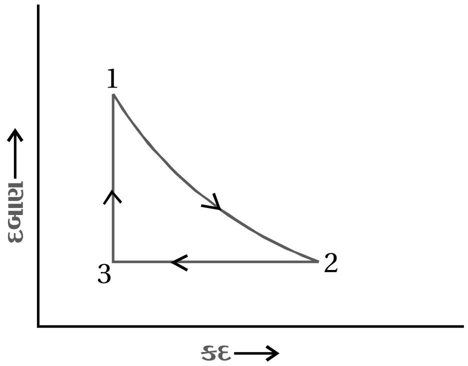
2. **બે વાયુના મિશ્રણમાં $\Delta H = 0$ મળે છે. બંધ પાત્રમાં બે વાયુઓનું એકબીજામાં પ્રસરણ સ્વપ્રેરિત પ્રક્રિયા છે કે નહિ ?**

➠ બે વાયુઓની એકબીજામાં ભળવાની ક્રિયામાં $\Delta H = 0$ બને છે. આથી આ સ્વપ્રેરિત પ્રક્રિયા કહેવાય કારણ કે આ ઘટનામાં ઊર્જા વચ્ચે આવતી નથી. પરંતુ અવ્યવસ્થા (randomness)માં વધારો થાય છે. એટલે અવ્યવસ્થા પ્રક્રમને અનુરૂપ બને છે.

3. **પર્યાવરણની ઍન્થાલ્પીનો વધારો પ્રણાલીની ઍન્થાલ્પીના ઘટાડા બરાબર છે. જ્યારે પ્રણાલી ઉષ્મીય સંતુલન પ્રાપ્ત કરે ત્યારે પ્રણાલી અને પર્યાવરણનું તાપમાન સમાન હશે ?**

➠ હા. જ્યારે ઉષ્મીય સંતુલન પ્રાપ્ત થશે ત્યારે પ્રણાલી અને પર્યાવરણનું તાપમાન સમાન થશે.

4. **1 મોલ જેટલો એક પરમાણ્વીય આદર્શ વાયુનો નમૂનો ચક્રીય પ્રક્રમ દરમિયાન પ્રસરણ અને સંકોચન અનુભવે છે. (જુઓ આકૃતિ) સમગ્ર ચક્રીય પ્રક્રિયા માટે ΔHનું મૂલ્ય શું હશે ?**



➠ ચક્રીય પ્રક્રમ માટે કુલ ઍન્થાલ્પી ફેરફાર $\Delta H = 0$ (ચક્રીય)

કારણ કે ઍન્થાલ્પી ફેરફાર સ્થિતિનો ફેરફાર છે.

તેથી ΔH નું મૂલ્ય = શૂન્ય હશે.

5. **$H_2O(l)$ની પ્રમાણિત મોલર એન્ટ્રોપી 70 JK^{-1} મોલ$^{-1}$ છે. $H_2O_{(s)}$ની પ્રમાણિત મોલર એન્ટ્રોપીનું મૂલ્ય 70 JK^{-1} મોલ$^{-1}$ કરતાં વધુ કે ઓછું હશે ?**

➠ $H_2O_{(l)}$ની પ્રમાણિત મોલર એન્ટ્રોપીનું મૂલ્ય 70 JK^{-1} મોલ$^{-1}$ છે. પાણી ઘન સ્વરૂપે બરફમાં પરિવર્તિત થાય છે. ઘન સ્વરૂપમાં અણુઓની અવ્યવસ્થા પ્રવાહી સ્વરૂપ કરતાં ઘણી જ ઓછી હોય છે. આથી H_2Oની મોલર એન્ટ્રોપી < પ્રવાહી પાણીની મોલર એન્ટ્રોપી પાણી(s)ની પ્રમાણિત મોલર એન્ટ્રોપીનું મૂલ્ય 70 JK^{-1} મોલ$^{-1}$ કરતાં ઓછું છે.

6. **સ્થિતિવિધેય (state function) અને પથવિધેય (Path function) નીચેનાઓમાંથી ઓળખી બતાવો :**

ઍન્થાલ્પી, એન્ટ્રોપી, ઉષ્મા, તાપમાન, કાર્ય અને મુક્ત શક્તિ.

➠ સ્થિતિવિધેયનાં મૂલ્યો પ્રણાલીની માત્ર સ્થિતિ (State) ઉપર આધાર રાખે છે. પરંતુ પ્રક્રિયા પથ (તે કેવી રીતે મેળવાય છે.) ઉપર આધાર રાખતાં નથી. દા.ત., ઍન્થાલ્પી, એન્ટ્રોપી, તાપમાન અને મુક્તિશક્તિ. પથવિધેય (Path function)નાં મૂલ્યો પ્રક્રમના માર્ગ ઉપર આધાર રાખે છે. દા.ત., ઉષ્મા અને કાર્ય (W).

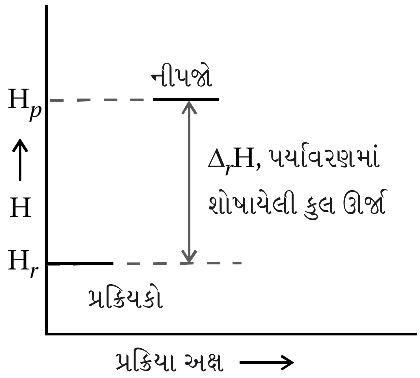
7. **એસિટોનની મોલર બાષ્પીકરણ ઍન્થાલ્પીનું મૂલ્ય પાણી કરતાં ઓછું છે. શા માટે ?**

➠ એક મોલ પ્રવાહીને અચળ તાપમાન અને પ્રમાણિત દબાણે (1 bar) બાષ્પમાં પરિવર્તન કરવા માટે જરૂરી ઉષ્મા જથ્થાને બાષ્પાયન આણ્વીય ઉષ્મા ($\Delta_{vap}H^0$) કહે છે. પાણીની પ્રમાણિત મોલર બાષ્પીભવનનું મૂલ્ય એસિટોન કરતાં વધારે છે કારણ કે H_2Oના અણુમાં પ્રબળ H-બંધ અસ્તિત્વ ધરાવે છે.

8. નિરાળી (isolated) પ્રણાલીનું કદ નિયત રાખવામાં આવ્યું હોય ત્યારે આંતરિક શક્તિના ફેરફારની આગાહી કરો.

➠ નિરાળી પ્રણાલીમાં ઉષ્મા સ્વરૂપે શક્તિનું વહન થતું નથી. એટલે $q = 0$ અને કાર્ય સ્વરૂપે પણ શક્તિ પરિવર્તિત થતી નથી. એટલે $w = 0$ થાય. ઉષ્માગતિશાસ્ત્રના પ્રથમ નિયમ પ્રમાણે $\Delta U = q + w$ $\Delta U = 0 + 0 = 0$

9. કોઈ એક પ્રક્રિયા માટે ઍન્થાલ્પી ફેરફાર નીચેની આકૃતિમાં દર્શાવ્યો છે. આના આધારે પ્રક્રિયાનો સ્વપ્રેરિત ગુણધર્મ નક્કી થઈ શકે ?



➠ ના. સ્વપ્રેરિત પ્રક્રિયા માટે ઍન્થાલ્પી એક જવાબદાર પરિબળ છે તે સાચું. પરંતુ અન્ય ભાગ લેતાં એન્ટ્રોપી જેવા પરિબળો પણ લક્ષમાં લેવા જોઈએ.

10. 100°C તાપમાને અને 1 બાર દબાણે 18 ગ્રામ H_2Oનું પૂર્ણ બાષ્પાયન થાય છે. આ પ્રક્રિયા દરમિયાન ઍન્થાલ્પી ઊર્જામાં ફેરફાર 40.79 કિ. જૂલ મોલ$^{-1}$ થાય છે. પાણીના 2 મોલનું અચળ પરિસ્થિતિમાં બાષ્પસ્થિતિમાં રૂપાંતર કરતાં ઍન્થાલ્પી ફેરફાર કેટલો થશે ? પાણીની પ્રમાણિત બાષ્પાયન ઍન્થાલ્પીનું મૂલ્ય કેટલું હશે ?

➠ પાણીનો જથ્થો = 180 ગ્રામ અને દબાણ 1 બાર છે.

18.0 ગ્રામ પાણી = 1 મોલ પાણી.

પ્રક્રમમાં 1 મોલ ઍન્થાલ્પી ફેરફારનું મૂલ્ય 40.79 કિ.જૂલ મોલ$^{-1}$

$\therefore$ 2 મોલ પાણીના બાષ્પાયન દરમિયાન ઍન્થાલ્પી ફેરફાર

$= 2 \times 40.79 = 81.358$ કિ. જૂલ મોલ$^{-1}$

100°C તાપમાને અને 1 બાર દબાણે પ્રમાણિત બાષ્પાયન ઍન્થાલ્પીનું મૂલ્ય ($\Delta_{vap}H^0$) = + 40.79 કિ.જૂલ મોલ$^{-1}$ થશે.

11. સર્જન ઍન્થાલ્પીનું પ્રમાણિત આણ્વીય ઍન્થાલ્પી મૂલ્ય $\Delta_f H^0$ વડે દર્શાવ્યું છે. જે વિશિષ્ટ પરિસ્થિતિમાં પ્રક્રિયા ઍન્થાલ્પી તરીકે ઓળખાય છે. નીચેની પ્રક્રિયામાંથી $\Delta_r H^0$ અને $\Delta_f H^0$ નાં મૂલ્યો સમાન હશે કે નહિ ? તમારા જવાબ માટે કારણ આપો.

$CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \rightarrow CaCO_{3(s)}$; $\Delta_f H^0 = -178.3$ કિ.જૂલ મોલ$^{-1}$

➠ ઉપર દર્શાવેલ પ્રક્રિયા માટે $\Delta_r H^0$ નું મૂલ્ય $\Delta_f H^0$ જેટલું નથી.

➠ પ્રમાણિત ઍન્થાલ્પી ફેરફાર એક મોલ પદાર્થ તેના સ્થાયી અવસ્થા ધરાવતાં તત્ત્વોમાંથી નિર્માણ પામે ત્યારે થતો ઍન્થાલ્પી ફેરફાર પ્રમાણિત સર્જન મોલર ઍન્થાલ્પી કહેવાય છે. તેની સંજ્ઞા $\Delta_f H^0$ છે.

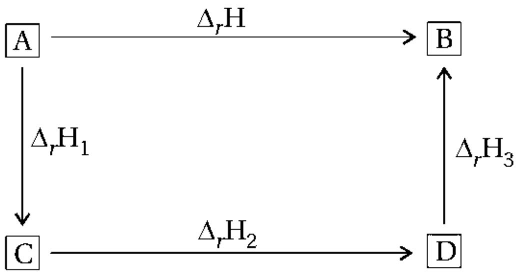
➠ આ પ્રક્રિયા આપેલ પ્રક્રિયા કરતાં જુદી પડે છે.

એટલે કે $\Delta_r H^0 \neq \Delta_f H^0$

12. ઍન્થાલ્પી માત્રાત્મક ગુણધર્મ છે. સમગ્ર પ્રક્રિયા $A \rightarrow B$ છે અને તેનું ઍન્થાલ્પી મૂલ્ય ($\Delta_r H$) છે. આ પ્રક્રિયા ઘણા તબક્કાઓમાં થાય છે. જેમાં દરેક તબક્કાનું ઍન્થાલ્પી મૂલ્ય $\Delta_r H_1$, $\Delta_r H_2$, $\Delta_r H_3$... છે. પ્રક્રિયાની છેવટની નીપજ B છે. તે સ્થિતિમાં $\Delta_r H$ અને $\Delta_r H_1$, $\Delta_r H_2$, $\Delta_r H_3$... જેવી વચગાળાની અવસ્થા માટેનો સંબંધ કયો હશે ?

➠ પ્રક્રિયા એક તબક્કામાં થાય કે એક કરતાં વધુ તબક્કામાં થાય છતાં છેવટની પ્રક્રિયાનો કુલ ઍન્થાલ્પી ફેરફાર અચળ રહે છે.

➠ સમગ્ર પ્રક્રિયા $A \rightarrow B$ના ઍન્થાલ્પી ફેરફારના મૂલ્યો વચ્ચેના બધા જ તબક્કાની પ્રક્રિયાના ઍન્થાલ્પી મૂલ્યો ($\Delta_r H_1 + \Delta_r H_2$, $\Delta_r H_3$)ના સરવાળા બરાબર થશે. એટલે કે $\Delta_r H = \Delta_r H_1 + \Delta_r H_2 + \Delta_r H_3 + ...$ સામાન્ય સમજ માટે હેસનો ઉષ્મા સંકલનનો નિયમ નીચે મુજબ સમજી શકાય :



13. **$CH_{4(g)} \rightarrow C_{(g)} + 4H_{(s)}$ પ્રક્રિયા માટે પરમાણ્વીય ઍન્થાલ્પીનું મૂલ્ય 1665 કિ.જૂલ મોલ$^{-1}$ છે. (C – H) બંધની બંધઊર્જા કેટલી હશે ?**

➠ મિથેન (CH_4)માં ચાર (C – H) બંધ છે. 1 મોલ CH_4 માટેની પરમાણ્વીય ઍન્થાલ્પીનું મૂલ્ય એટલે ચાર (C – H) બંધનું વિયોજન

$$(C - H) \text{ બંધશક્તિ પ્રતિમોલ} = \frac{1665 \text{ કિ.જૂલ}}{4 \text{ મોલ}}$$

$$= 416.25 \text{ કિ.જૂલ મોલ}^{-1}$$

➠ (C – H)ની બંધ ઍન્થાલ્પી – મિથેનમાં ચાર (C – H) બંધ છે. તેમની ઊર્જા અને બંધલંબાઈ સમાન છે. પરંતુ એક પછી એક એમ ક્રમશઃ બંધ તૂટે ત્યારે બધા બંધની ઊર્જા સમાન હોતી નથી. આથી (C – H) બંધની સરેરાશ ઍન્થાલ્પીનો ઉપયોગ કરીએ છીએ એટલે કે (C – H)ની બંધ ઍન્થાલ્પી (પ્રતિમોલ) $= \Delta_{(C-H)}H^0 = \frac{1}{4}(\Delta_a H^0)$

14. **ઉષ્મા, પ્રણાલીની અવ્યવસ્થામાં વધારો કરે છે. તાપમાનની વૃદ્ધિ પ્રણાલીમાં રહેલા કણોની સરેરાશ ગતિ બતાવે છે. ગાણિતીય સમીકરણ વડે ત્રણ પરિબળો એકબીજા સાથે કેવી રીતે સંબંધિત છે તે દર્શાવો.**

➠ $\Delta S = \frac{q_{rev}}{T_1}$

જ્યાં, ΔS = એન્ટ્રોપી ફેરફાર

q_{rev} = પ્રતિવર્તી પ્રક્રિયાની ઉષ્મા

T = તાપમાન

15. **298 K તાપમાને $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$ પ્રક્રિયા માટે K_pનું મૂલ્ય 0.98 છે. આ પ્રક્રિયા સ્વપ્રેરિત હશે કે નહિ તેની આગાહી કરો.**

➠ $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$ $K_p = 0.98$

આપણે જાણીએ છીએ કે $\Delta_f G^0 = -2.303 \text{ RT} \log K_p$

$K_p = 0.98$ દા.ત., $K_p < 1 \therefore \Delta G^0 = (+)$

આથી સ્વયંભૂ પ્રક્રિયા થશે નહિ.

16. **સંતુલન સમયે $\Delta_r G$ અને $\Delta_r G^0$ માંથી કોનું મૂલ્ય શૂન્ય મળશે ?**

➠ જે પ્રક્રિયામાં પ્રક્રિયકો અને નીપજો મુક્તસ્થિતિમાં હોય તો $\Delta_r G^0$ ને પ્રક્રિયકોની મુક્તશક્તિ કહેવાય છે. સંતુલન અચળાંક સાથે નીચે મુજબ સંબંધ ધરાવે છે :

$\Delta_r G = \Delta_r G^0 + RT \ln K$

$0 = \Delta_r G^0 + RT \ln K$

$\Delta_r G^0 = - RT \ln K$

$\Delta_r G^0 = 0$ (જ્યારે K = 1 હોય)

➠ આથી K, $\Delta_r G^0$ નાં મૂલ્યો શૂન્ય મળશે નહિ.

17. નિર્વાતમાં વાયુના પ્રસરણને 'મુક્ત પ્રસરણ' કહે છે. જ્યારે આદર્શ વાયુનું સમતાપી પ્રતિવર્તી પ્રસરણ 1 લિટરમાંથી 5 લિટર થાય ત્યારે થયેલ કાર્ય અને આંતરિક શક્તિનો ફેરફાર ગણો.

➠ નિર્વાતમાં વાયુ વડે થયેલ કાર્ય

$W = P_{ext} (V_2 - V_1)$. બાહ્ય દબાણ = 0 છે.

$\therefore\ w = -0\ (5-1) = 0$. આદર્શ વાયુની આંતરિક ઊર્જા માત્ર તાપમાન ઉપર આધાર રાખે છે. આથી આદર્શ વાયુનું સમતાપી પ્રતિવર્તી પ્રસરણ આંતરિક ઊર્જા અચળ રહે છે.

એટલે કે $\Delta U = 0$.

એ યાદ રાખવું જોઈએ કે $H = U + PV$

$\Delta H = \Delta\ (U + PV) = \Delta U + P\Delta V$

$= \Delta U + nR\ (\Delta T)$ (સમતાપી પ્રક્રિયા માટે)

$\Delta T = 0.\ \Delta U = 0\ \therefore\ \Delta H = 0$

18. ઉષ્માક્ષમતા (C_p) માત્રાત્મક ગુણધર્મ ધરાવે છે. પરંતુ વિશિષ્ટ ઉષ્મા (C) વિશિષ્ટ ગુણધર્મ (Intensive property) ધરાવે છે. (C_p) અને C વચ્ચે 1 મોલ H_2O (પાણી) માટે સંબંધ કયો હશે ?

➠ પાણી માટે આણ્વીય ઉષ્માક્ષમતા,

$C_p = 18 \times$ વિશિષ્ટ ઉષ્મા (C)

$C_p = 18 \times C$ (વિશિષ્ટ ઉષ્મા)

$C = 4.18\ J\,g^{-1}\ K^{-1}$ (પાણી માટે)

$\therefore$ ઉષ્માક્ષમતા $C_p = 18 \times 4.18\ J\,k^{-1}\ mol^{-1}$

$= 75.3\ J\,k^{-1}\ mol^{-1}$

19. C_p અને C_v વચ્ચેનો તફાવત પ્રમાણસૂચક (Empirical) સૂત્રનો ઉપયોગ કરીને તારવી શકાય છે. આ સંબંધ $H = U + PV$ છે. 10 મોલ આદર્શ વાયુ માટે C_p અને C_v વચ્ચેનો તફાવત ગણો.

➠ C_p = અચળ દબાણે ઉષ્માક્ષમતા અને

C_v = અચળ કદે ઉષ્માક્ષમતા (C_v) છે.

C_p અને C_v વચ્ચેનો તફાવત વાયુ અચળાંક R જેટલો છે.

$\therefore\ C_p - C_v = nR$ (n = મોલસંખ્યા)

$= 10 \times 4.184$ J

$= 41.84$ J

20. જો 1.0 ગ્રામ ગ્રેફાઇટનું દહન 20.7 કિ.જૂલ ઉષ્મા ઉત્પન્ન કરે તો તેનો આણ્વીય એન્થાલ્પી ફેરફાર કેટલો હશે ? સમીકરણમાં વપરાયેલા ચિહ્નોનો ઉદ્દેશ સમજાવો.

➠ અહીં 1 ગ્રામ ગ્રેફાઇટની દહન ઉષ્માનું મૂલ્ય = 20.7 કિ.જૂલ ગ્રામ$^{-1}$

ગ્રેફાઇટના દહનમાં થતો આણ્વીય એન્થાલ્પી ફેરફાર = ΔH = 1g ગ્રેફાઇટની દહન એન્થાલ્પી $\times$ આણ્વીય દળ

$\therefore\ \Delta H = -20.7\ kJ\ g^{-1} \times 12\ g$ મોલ$^{-1}$

$\Delta H = -2.48 \times 10^2\ kJ\ mol^{-1}$

ΔHનું (–) મૂલ્ય દર્શાવે છે કે પ્રક્રિયા ઉષ્માક્ષેપક છે.

21. પ્રક્રિયાનો કુલ એન્થાલ્પી ફેરફાર પ્રક્રિયકોના બધા જ બંધ તોડવામાં વપરાતી ઊર્જા અને નીપજના બધા જ નવા બંધોના સર્જન માટે જરૂરી ઊર્જાના તફાવત જેટલો હોય છે. ટૂંકમાં B.O. (પ્રક્રિયકો) – B.O. (નીપજ).

નીચેની પ્રક્રિયા $H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightarrow 2HBr_{(g)}$

માટે એન્થાલ્પી ફેરફાર ગણો.

આપેલ H_2ની બંધશક્તિ = 435 kJ mol^{-1}

Br_2ની બંધશક્તિ = 192 kJ mol^{-1}

HBrની બંધશક્તિ = 368 kJ mol^{-1}

પ્રક્રિયકો અને નીપજો વાયુસ્થિતિમાં હોય ત્યારે ઍન્થાલ્પી ફેરફાર ગણવા માટે નીચેના સમીકરણનો ઉપયોગ કરો.

$\Delta_r H^0$ = Σ પ્રક્રિયકોની બંધશક્તિ – Σ નીપજોની બંધશક્તિ

➠ H_2ની બંધશક્તિ = 435 kJ mol^{-1} અથવા કિ.જૂલ મોલ$^{-1}$

Br_2ની બંધશક્તિ = 192 kJ mol^{-1}

HBrની બંધશક્તિ = 368 kJ mol^{-1}

પ્રક્રિયા $H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightarrow 2HBr_{(g)}$

$\Delta_r H^0$ = Σ પ્રક્રિયકોની બંધઊર્જા – Σ નીપજોની બંધઊર્જા

$= BE(H_2) + BE(Br_2) - 2BE(HBr)$

$= 435 + 192 - (2 \times 368)$ kJ mol^{-1}

$= -109$ kJ mol^{-1}

22. CCl_4ની બાષ્પાયન ઍન્થાલ્પીનું મૂલ્ય 30.5 kJ mol^{-1} છે. અચળ દબાણે 284 ગ્રામ CCl_4નું બાષ્પમાં પરિવર્તન કરવા માટે જરૂરી ઉષ્માની ગણતરી કરો. [CCl_4 = 154 g. mol^{-1}]

➠ CCl_4નો એક મોલ = 154 g

$\Delta_{vap}H$ 154 g CCl_4 માટે = 30.5 kJ

$\Delta_{vap}H$ 284 g CCl_4 માટે $= \frac{30.5 \times 284}{154} = 56.25$ kJ

23. નીચેના સમીકરણ માટે $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$: $\Delta_r H^0 = -572$ kJ mol^{-1} છે. $H_2O_{(l)}$ (પ્રવાહી પાણી માટે) પ્રમાણિત સર્જન ઉષ્માનું મૂલ્ય કેટલું હશે ?

➠ સમીકરણ $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$ $\Delta_f H^0 = -572$ kJ mol^{-1}

સર્જન ઍન્થાલ્પી : એક મોલ સંયોજન તેના ઘટક તત્ત્વોમાંથી બને ત્યારે ઍન્થાલ્પી ફેરફારને સર્જન ઍન્થાલ્પી કહે છે.

$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$ $\quad \Delta_r H^0 = ?$

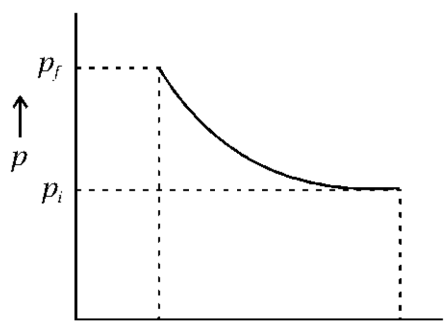
આપેલા સમીકરણને 2 વડે ભાગવાથી જવાબ મળે છે.

$\therefore \; \Delta_f H_r^0(H_2O) = \frac{572.0 \text{ kJ mol}^{-1}}{2}$

$= -286$ kJ mol^{-1}

24. આદર્શ વાયુ ઉપર બાહ્ય દબાણ વધારતાં થયેલ સંકોચન ક્રિયા દરમિયાન થયેલ કાર્યની ગણતરી કેવી રીતે કરશો ? (જો દબાણમાં થતો ફેરફાર અનંત તબક્કાઓ સુધી ચાલુ રહે તો)

➠ વાયુનું સંકોચન દબાણના વધારા સાથે અનંત તબક્કાઓ સુધી ચાલુ રહેવાની ક્રિયા પ્રતિવર્તી પ્રક્રિયા બને છે. જે થયેલ કાર્ય P → Vના આલેખ વડે ગણતરી કરી મેળવાય છે. (જુઓ આલેખ). આકૃતિમાં આચ્છાદિત વિસ્તાર વાયુ ઉપર થયેલ કાર્ય દર્શાવે છે.



$V_i \quad V \longrightarrow \quad V_f$

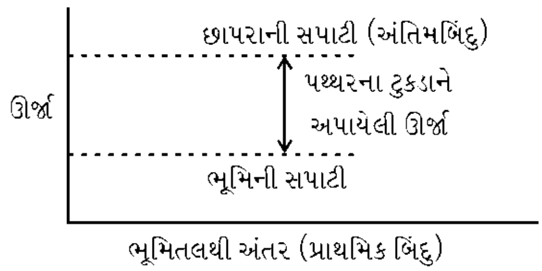
25. સ્થિતિશક્તિ (Potential energy) એન્થાલ્પીમાં થતો ફેરફાર નીચેના આલેખ વડે દર્શાવો.

(a) પથ્થરના ટુકડાને નીચેથી ઉપરના છાપરા ઉપર ફેંકો.

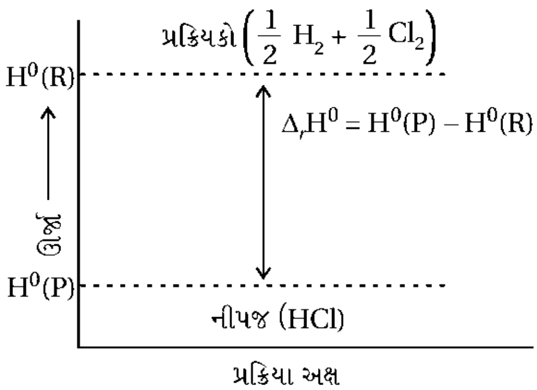
(b) $\frac{1}{2} H_{2(g)} + \frac{1}{2} Cl_{2(g)} \rightleftharpoons HCl_{(g)}$ $\Delta_r H^0$ – 92.32 kJ મોલ$^{-1}$

કયા પ્રક્રમોના એન્થાલ્પી ફેરફાર સ્વયંભૂ પ્રક્રિયાઓના સંદર્ભમાં અગત્યનો ભાગ ભજવે છે ?

➠ (a) નીચેના પ્રક્રમોમાં સ્થિતિઊર્જા (એન્થાલ્પી) ફેરફાર દર્શાવ્યો છે :

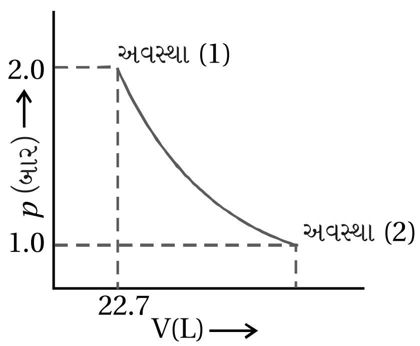


➠ (b) $\frac{1}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}Cl_{2(g)} \rightleftharpoons HCl_{(g)}$; $\Delta_f H^0 = -92.32$ kJ mol^{-1}



➠ (a) પ્રક્રમમાં ઊર્જા વધે છે અને (b) માં ઘટે. આથી પ્રક્રમ (b) માં એન્થાલ્પી ફેરફાર સ્વયંભૂ પ્રક્રિયાની પરિસ્થિતિમાં મોટો ભાગ ભજવે છે.

26. એક પરમાણ્વીય આદર્શ વાયુના 1 મોલ જેટલા જથ્થાનું તબક્કા (1)માંથી તબક્કા (2)માં પ્રસરણ થાય છે. (જુઓ આકૃતિ) આ પ્રસરણ દરમિયાન થયેલા કાર્યની ગણતરી કરો.



➠ ઉપર દર્શાવેલ આકૃતિમાં જણાય છે કે આદર્શ વાયુનું પ્રસરણ અનંત તબક્કાઓ સુધી આગળ વધે છે. આથી તે સમોષ્મી પ્રતિવર્તી પ્રસરણ (આદર્શ વાયુ માટે) કહેવાય છે. જેમાં 298 K તાપમાને 2.0 વાતાવરણ દબાણ ઉપરથી 1 વાતાવરણ દબાણ સુધીનો ફેરફાર થાય છે.

$w = -2.303\ nRT \log \frac{P_1}{P_2}$

$\therefore\ w = -2.303 \times 1$ મોલ $\times\ 8.314$ Jk mol^{-1} $\times\ 298$ K $\log 2 \left(\because \frac{P_1}{P_2} = \frac{2}{1}\right)$

$\therefore\ w = -2.303 \times 1 \times 8.314 \times 298 \times 0.3010$ J

$\therefore\ w = -1717.46$ જૂલ

27. **આદર્શ વાયુના એક જ તબક્કાના પ્રસરણ કાર્યમાં 2 બાર દબાણે 10 લિટરમાંથી 50 લિટર કદ સુધી પ્રસરણ થાય છે. વાયુ વડે થયેલ કાર્યની ગણતરી કરો. આ જ પ્રકારના પ્રયોગમાં પ્રસરણ ક્રિયા પ્રતિવર્તી રીતે થઈ હોય તો થયેલ કાર્ય અગાઉના ફેરફાર કરતાં વધશે કે ઘટશે ? (1 L bar = 100 J)**

➠ પહેલાં (1) તબક્કામાં અચળ બાહ્યદબાણ વિરુદ્ધ વાયુનું પ્રસરણ થાય તો,

$W = -p_{ext}(V_2 - V_1) = -2$ બાર $\times (50 - 10)$ લિ.

$= -80$ લિ. બાર

$= -80 \times 100$ જૂલ (1 લિ. બાર = 100 જૂલ)

$= -8$ કી.જૂલ

➠ જો પ્રતિવર્તી રીતે આપેલ પ્રસરણ પ્રતિવર્તી રીતે થતું હોય તો દરેક તબક્કે વાયુનું આંતરિક દબાણ બાહ્ય દબાણ કરતાં વધુ હોવું જોઈએ. આથી થયેલ કાર્યનું પ્રમાણ વધારે હશે.

28. **NH_3 માટે $\Delta_f H^0$ નું મૂલ્ય –91.8 કિ.જૂલ મોલ$^{-1}$ છે. નીચેની પ્રક્રિયા માટે એન્થાલ્પી ફેરફાર ગણો.**
$2NH_{3(g)} \rightarrow N_{2(g)} + 3H_{2(g)}$

➠ $\frac{1}{2}N_2(g) + \frac{3}{2}H_{2(g)} \rightarrow NH_{3(g)} + \Delta_f H^0 = -91.8$ કિ.જૂલ મોલ$^{-1}$

➠ $\Delta_f H^0 = 1$ મોલ NH_3ની સર્જન ઉષ્મા

$\therefore$ 2 મોલ NH_3ના સર્જન માટે ઍન્થાલ્પી ફેરફાર

$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$

$\Delta_f H^0 = 2 \times (-91.8) = -183.6$ કિ.જૂલ મોલ$^{-1}$

પ્રતિગામી પ્રક્રિયા માટે :

$2NH_{3(g)} \rightarrow N_{2(g)} + 3H_{2(g)}$,

$\Delta_f H^0 = +183.6$ કિ.જૂલ મોલ$^{-1}$

આથી $\Delta_f H^0$ (NH_3) માટે + 183.6 કિ.જૂલ મોલ$^{-1}$ થશે.

29. **નીચેની માહિતીનો ઉપયોગ કરીને NaBrની $\Delta_{\text{લેટિસ}}$ H^0 ગણો. Na ધાતુની $\Delta_{(\text{ઊર્ધ્વપાતન})}$ H^0 = 108.4 કિ. જૂલ મોલ$^{-1}$ છે. Naની આયનીકરણ એન્થાલ્પી = 496 કિ. જૂલ મોલ$^{-1}$ છે. Brની ઇલેક્ટ્રૉન પ્રાપ્તિ એન્થાલ્પીનું મૂલ્ય = –325 કિ. જૂલ મોલ$^{-1}$ છે. બ્રોમિનની બંધ વિઘટન એન્થાલ્પી = 192 કિ. જૂલ મોલ$^{-1}$ છે. $\Delta_f H^0$ ($NaBr_{(s)}$ માટે) = – 360.1 કિ. જૂલ મોલ$^{-1}$ છે.**

➠ $\Delta_{sub}H^0$ (Na ધાતુ માટે) = 108.4 કિ.જૂલ મોલ$^{-1}$

I.E. (Na) = 496 કિ.જૂલ મોલ$^{-1}$

$\Delta_{eg}H^0$ (Br માટે) = – 325 કિ.જૂલ મોલ$^{-1}$

$\Delta_{\text{વિયોજન(diss)}}$ H^0 (Br માટે) = 192 કિ.જૂલ મોલ$^{-1}$

$\Delta_f H^0$ (NaBr માટે) = – 360.1 કિ.જૂલ મોલ$^{-1}$ છે.

NaBr સંયોજનના નિર્માણ માટે બોર્ન-હેબર ચક્રનો ઉપયોગ થઈ શકે છે.

$Na_{(s)}$ .... + $\frac{1}{2}Br_{2(g)}$ $\downarrow \Delta_f H^0 = -360.1\ \text{kJ mol}^{-1}$

$NaBr_{(s)}$

$\downarrow \Delta_{sub} H^0 = 108.4 \text{ kJ mol}^{-1}$ $\downarrow \Delta_{diss} H^0 = 192/2 \text{ kJ mol}^{-1}$

$Na_{(g)}$ $Br_{(g)}$

$\downarrow IE = 496 \text{ kJ mol}^{-1}$ $\downarrow \Delta_{eg}H^0 = -325 \text{ kJ mol}^{-1}$

$Na^+_{(g)}$ $Br^-_{(g)}$

– U (લેટિસ એન્થાલ્પી)

➠ હેસના નિયમનો ઉપયોગ કરતાં,

$\Delta_f H^0 = \Delta_{sub}H^0 \text{ IE} + \Delta_{diss}H^0 + \Delta_{eg}H^0 + U$

$= -360.1 = 108.4 + 496 + 96 + (-325) - U$

$\therefore U = +735.5$ કિ.જૂલ મોલ$^{-1}$

30. જો કે 'ઉષ્મા' પથવિધેય (Path function) છે છતાં પ્રણાલી વડે શોષાયેલી ઉષ્મા કેટલીક વિશિષ્ટ પરિસ્થિતિને આધીન હોવાથી ફેરફારના માર્ગથી સ્વતંત્ર છે. આ પરિસ્થિતિ કઈ છે ? સમજાવો.

➠ બે પરિસ્થિતિમાં ઉષ્મા ફેરફારના માર્ગ ઉપર આધારિત નથી.

(i) જ્યારે કદ અચળ રહે ત્યારે

(ii) જ્યારે દબાણ અચળ રહે ત્યારે

સમજૂતી : (1) અચળ કદે, ઉષ્માગતિશાસ્ત્રના પ્રથમ નિયમ પ્રમાણે $\Delta U = q + W$ અથવા $q = \Delta U - W$,

પરંતુ $W = P\Delta V$

$\therefore q = \Delta U + P\Delta V$ પરંતુ કદમાં ફેરફાર થતો નથી.

$\therefore \Delta V = 0$

$\therefore q_v = \Delta V$, પરંતુ ΔU સ્થિતિવિધેય છે.

આથી q_v પણ સ્થિતિવિધેય છે.

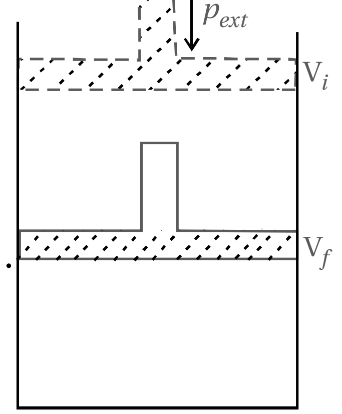
(ii) અચળ દબાણે $q_p = \Delta U + \Delta V$

પરંતુ $\Delta H = \Delta U + P\Delta V$

$\therefore q_p = \Delta H.$

ΔH સ્થિતિ વિધેય છે. આથી q_p પણ સ્થિતિવિધેય બને છે.

31. આદર્શ વાયુને એક સિલિન્ડરમાં લઈને તેના ઉપર સતત બાહ્યદબાણ વધારી સંકોચન કરતાં આદર્શ વાયુ ઉપર થયેલ કાર્ય ગણો. p_{ext}ને એક જ તબક્કામાં આકૃતિમાં દર્શાવ્યું છે. આલેખની મદદથી સમજાવો



➠ ધારો કે વાયુનું કુલ કદ V_f છે અને સિલિન્ડરમાં વાયુનું કુલ દબાણ p છે. સતત બાહ્યદબાણ (p_{ext})ને એક જ તબક્કામાં લગાડતાં **વાયુનું છેવટનું કદ V_f બને છે.** તેથી કદમાં ફેરફાર $\Delta V = V_f - V_i$ પિસ્ટનની ઉપર-નીચે જવાની પ્રક્રિયા દરમિયાન થયેલ કાર્ય

W હોય તો,

$W = p_{ext} (-\Delta V)$

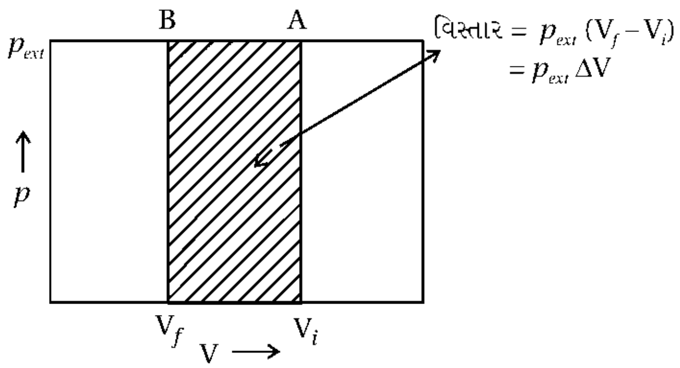
$W = p_{ext} (V_f - V_i)$

➠ આની ગણતરી P → V આલેખ વડે થઈ શકે છે.

આલેખમાં ઢંકાયેલ વિસ્તાર (shaded part)

વિસ્તાર = થયેલ કાર્ય દર્શાવે છે.

વિસ્તાર = $p_{ext} (V_f - V_i) = p_{ext} \Delta V$



➠ આ રજૂઆતમાં W (કાર્ય)ની ઋણ (–) સંજ્ઞા પ્રણાલિકાગત છે. જેનું (+) સંજ્ઞામાં રૂપાંતર થશે કારણ કે વાયુના કદમાં દબાણને લીધે ઘટાડો થતાં પ્રણાલી ઉપર કાર્ય થશે. આથી, ΔV = (–)