એકમ

6

ઉષ્માગતિશાસ્ત્ર

(Thermodynamics)

I. બહુવિકલ્પ પ્રશ્નો (પ્રકાર I)

નીચેના પ્રશ્નોમાં એક જ વિકલ્પ સાચો છે.

1. ઉષ્માગતિશાસ્ત્ર ______________ સાથે સંબંધિત નથી.

(i) રાસાયણિક પ્રક્રિયામાં થતા ઊર્જાના ફેરફાર

(ii) રાસાયણિક પ્રક્રિયા થવાની હદ

(iii) પ્રક્રિયાના વેગ

(iv) રાસાયણિક પ્રક્રિયા થવાની સંભાવના

2. નીચેનામાંથી કયું વિધાન સાચું છે ?

(i) ઢાંકેલા બીકરમાં પ્રક્રિયક ઘટકોની હાજરી ખુલ્લી પ્રણાલીનું ઉદાહરણ છે.

(ii) બંધ પ્રણાલીમાં પ્રણાલી અને પર્યાવરણ વચ્ચે ઊર્જા તેમજ દ્રવ્યનો વિનિમય થાય છે.

(iii) Cu ધાતુના બનેલા એક બંધ પાત્રમાં પ્રક્રિયકોની હાજરી બંધ પ્રણાલીનું ઉદાહરણ છે.

(iv) એક થરમૉસ ફ્લાસ્ક અથવા કોઈ બંધ અવાહક પાત્રમાં પ્રક્રિયકોની હાજરી બંધ પ્રણાલીનું ઉદાહરણ છે.

3. ગૅસની સ્થિતિનું વર્ણન કરવા માટે ______________ વચ્ચેનો સંબંધ દર્શાવાય.

(i) દબાણ, કદ, તાપમાન

(ii) તાપમાન, જથ્થો, દબાણ

(iii) જથ્થો, કદ, તાપમાન

(iv) દબાણ, કદ, તાપમાન, જથ્થો

4. જો વાયુનું કદ તેના મૂળ કદથી ઘટીને અડધું થાય, તો વિશિષ્ટ ઉષ્મા ______________ થશે.

(i) ઘટીને અડધી થશે.

(ii) બે ગણી થશે.

(iii) અચળ રહેશે.

(iv) વધીને ચાર ગણી થશે.

5. 1 મોલ બ્યુટેનના સંપૂર્ણ દહનથી 2658 KJ ઉષ્મા મુક્ત થાય છે. આ પરિવર્તન માટે ઉષ્મારાસાયણિક સમીકરણ છે.

(i) $2C_4H_{10}(g) + 13O_2(g) \rightarrow 8CO_2(g) + 10H_2O(l); \Delta_cH = -2658.0 \text{ kJ mol}^{-1}$

(ii) $C_4H_{10}(g) + \frac{13}{2}O_2(g) \rightarrow 4CO_2(g) + 5H_2O(g); \Delta_cH = -1329.0 \text{ kJ mol}^{-1}$

(iii) $C_4H_{10}(g) + \frac{13}{2}O_2(g) \rightarrow 4CO_2(g) + 5H_2O(l); \Delta_cH = -2658.0 \text{ kJ mol}^{-1}$

(iv) $C_4H_{10}(g) + \frac{13}{2}O_2(g) \rightarrow 4CO_2(g) + 5H_2O(l); \Delta_cH = +2658.0 \text{ kJ mol}^{-1}$

6. કોઈ એક નિશ્ચિત તાપમાને $CH_{4(g)}$ બનવા માટે $\Delta_f U^{\ominus}$ નું મૂલ્ય -393 kJ mol^{-1} છે. $\Delta_f H^{\ominus}$ નું મૂલ્ય થશે.

(i) શૂન્ય

(ii) $< \Delta_f U^{\ominus}$

(iii) $> \Delta_f U^{\ominus}$

(iv) $\Delta_f U^{\ominus}$ ના બરાબર

7. સમોષ્મી પ્રક્રમમાં પ્રણાલી અને પર્યાવરણ વચ્ચે ઉષ્માની અદલાબદલી થતી નથી. એક આદર્શ વાયુના સમોષ્મી અવસ્થા હેઠળ થતાં મુક્ત વિસ્તરણ માટે નીચેનામાંથી કોઈ એક વિકલ્પ પસંદ કરો :

(i) $q = 0, \Delta T \neq 0, w = 0$

(ii) $q \neq 0, \Delta T = 0, w = 0$

(iii) $q = 0, \Delta T = 0, w = 0$

(iv) $q = 0, \Delta T < 0, w \neq 0$

8. કોઈ આદર્શ વાયુ માટે દબાણ-કદ કાર્યની ગણતરી સૂત્ર, $w = -\int_{V_i}^{V_f} p_{ex} dV$ ના ઉપયોગ દ્વારા કરી શકાય છે. કાર્યની ગણતરી pV-આલેખ દ્વારા ચોક્કસ સીમાઓમાંના વક્રની નીચેના ભાગના ક્ષેત્રફળનો ઉપયોગ કરીને પણ કરી શકાય છે જ્યારે આદર્શ વાયુને V_i થી V_f સુધી (a) પ્રતિવર્તી રીતે અથવા (b) અપ્રતિવર્તી રીતે સંકોચિત કરવામાં આવે, તો સાચો વિકલ્પ પસંદ કરો :

(i) w (પ્રતિવર્તી) = w (અપ્રતિવર્તી)

(ii) w (પ્રતિવર્તી) < w (અપ્રતિવર્તી)

(iii) w (પ્રતિવર્તી) > w (અપ્રતિવર્તી)

(iv) w (પ્રતિવર્તી) = w (અપ્રતિવર્તી) + $p_{ex}.\Delta V$

9. એન્ટ્રોપી ફેરફારની ગણતરીના સૂત્ર, $\Delta S = \frac{q_{rev}}{T}$ ના ઉપયોગ દ્વારા કરી શકાય છે જ્યારે કાચના બીકરમાં પાણી થીજી જાય છે, તો નીચેનામાંથી સાચું કથન પસંદ કરો :

(i) ΔS (પ્રણાલી) ઘટે છે પરંતુ ΔS (પર્યાવરણ) તેનું તે જ રહે છે.

(ii) ΔS (પ્રણાલી) વધે છે પરંતુ ΔS (પર્યાવરણ) ઘટે છે.

(iii) ΔS (પ્રણાલી) ઘટે છે પરંતુ ΔS (પર્યાવરણ) વધે છે.

(iv) ΔS (પ્રણાલી) ઘટે છે પરંતુ ΔS (પર્યાવરણ) પણ ઘટે છે.

10. ઉષ્મારાસાયણિક સમીકરણો (a), (b) અને (c)ના આધારે નક્કી કરો કે, (i)થી (iv) સુધીના વિકલ્પોમાં કયો બીજગણિતીય સંબંધ સાચો છે.

(a) C (ગ્રૅફાઇટ) + $O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$; $\Delta_r H = x$ kJ mol^{-1}

(b) C (ગ્રૅફાઇટ) + $\frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$; $\Delta_r H = y$ kJ mol^{-1}

(c) $CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$; $\Delta_r H = z$ kJ mol^{-1}

(i) $z = x + y$

(ii) $x = y - z$

(iii) $x = y + z$

(iv) $y = 2z - x$

11. નીચેની પ્રક્રિયાઓને ધ્યાનમાં લઈ નક્કી કરો કે, (i) થી (iv) વિકલ્પોમાં આપેલ કયો બીજગણિતીય સંબંધ સાચો છે ?

(a) $C(g) + 4H(g) \rightarrow CH_4(g)$; $\Delta_r H = x$ kJ mol^{-1}

(b) C (ગ્રૅફાઇટ, s) + $2H_2(g) \rightarrow CH_4(g)$; $\Delta_r H = y$ kJ mol^{-1}

(i) $x = y$

(ii) $x = 2y$

(iii) $x > y$

(iv) $x < y$

12. તત્ત્વની પ્રમાણિત સ્થિતિમાં એન્થાલ્પી શૂન્ય લેવામાં આવે છે. સંયોજનની સર્જનની એન્થાલ્પી

(i) હંમેશાં ઋણ હોય છે.

(ii) હંમેશાં ધન હોય છે.

(iii) ધન કે ઋણ હોય છે.

(iv) ક્યારેય ઋણ હોતી નથી.

13. પદાર્થની ઊર્ધ્વપાતન એન્થાલ્પી ____________ બરાબર હોય છે.

(i) પીગલનની એન્થાલ્પી + બાષ્પીભવનની એન્થાલ્પી

(ii) પીગલનની એન્થાલ્પી

(iii) બાષ્પીભવનની એન્થાલ્પી

(iv) બાષ્પીભવનની એન્થાલ્પીની બમણી

14. નીચેનામાંથી કયું સાચું નથી ?

(i) પ્રતિવર્તી પ્રક્રિયા માટે ΔG શૂન્ય હોય છે.

(ii) સ્વયંપ્રેરિત પ્રક્રિયા માટે ΔG ધન હોય છે.

(iii) સ્વયંપ્રેરિત પ્રક્રિયા માટે ΔG ઋણ હોય છે.

(iv) બિનસ્વયંપ્રેરિત પ્રક્રિયા માટે ΔG ધન હોય છે.

II. બહુવિકલ્પ પ્રશ્નો (પ્રકાર II)

નીચેના પ્રશ્નોમાં બે કે વધારે વિકલ્પો સાચા હોઈ શકે છે.

15. ઉષ્માગતિશાસ્ત્ર મુખ્ય રીતે ____________ સાથે સંબંધિત છે.

(i) ઊર્જાનાં વિવિધ સ્વરૂપોના પરસ્પરના સંબંધ અને ઊર્જાના એક સ્વરૂપના બીજા સ્વરૂપમાં થતા રૂપાંતરણ

(ii) ખૂબ જ ઓછા પ્રમાણમાં અણુઓ ધરાવતી પ્રણાલીની પ્રારંભિક અવસ્થા અને અંતિમ અવસ્થા પર આધારિત પ્રક્રિયામાં થતા ઊર્જાના ફેરફાર

(iii) ઊર્જા-ફેરફારો કેવી રીતે અને કેટલા વેગથી થાય છે તે

(iv) સંતુલિત અવસ્થામાં રહેલી પ્રણાલી અથવા પ્રણાલીના એક સંતુલિત અવસ્થામાંથી બીજી સંતુલિત અવસ્થામાં થતાં પરિવર્તન

16. ઉષ્માક્ષેપક પ્રક્રિયામાં, ઉષ્મા ઉત્પન્ન થાય છે અને પ્રણાલી ઉષ્મા ગુમાવી પર્યાવરણને આપે છે. આવી પ્રણાલી માટે

(i) q_p ઋણ થશે.

(ii) $\Delta_r H$ ઋણ થશે.

(iii) q_p ધન થશે.

(iv) $\Delta_r H$ ધન થશે.

17. સ્વયંપ્રેરિતા એટલે બાહ્ય ઊર્જાની મદદ વગર આગળ વધવાની ક્ષમતા. પ્રક્રિયાઓ કે જે સ્વયંપ્રેરિત છે તે

(i) ઠંડા પદાર્થથી ગરમ પદાર્થ તરફ ઉષ્માનું વહન થવું.

(ii) પાત્રમાંના વાયુનું એક ખૂણામાં એકત્રિત થવું.

(iii) વાયુનું પ્રાપ્ય જગ્યા ભરવા માટે ફેલાવવું.

(iv) કાર્બનનું ઑક્સિજનમાં દહન થઈ કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ બનવું.

18. સમતાપી અવસ્થામાં આદર્શ વાયુના પ્રતિવર્તી વિસ્તરણ માટે થતા કાર્યની ગણતરી સૂત્ર $w = -nRT\ln\frac{V_f}{V_i}$ ના ઉપયોગથી કરી શકાય છે.

બે ભિન્ન પ્રયોગોમાં 1 મોલ આદર્શ વાયુ ધરાવતો નમૂનો સમતાપી અને પ્રતિવર્તી રીતે મૂળ કદ કરતાં દસ ગણો પ્રસરણ પામે છે. પ્રસરણ અનુક્રમે 300 K અને 600 K તાપમાને કરવામાં આવે, તો સાચા વિકલ્પોની પસંદગી કરો.

(i) 600 K તાપમાને થતું કાર્ય 300 K તાપમાને થતાં કાર્ય કરતાં 20 ગણું છે.

(ii) 300 K તાપમાને થતું કાર્ય 600 K તાપમાને થતાં કાર્ય કરતાં બે ગણું છે.

(iii) 600 K તાપમાને થતું કાર્ય 300 K તાપમાને થતાં કાર્ય કરતાં બે ગણું છે.

(iv) બંને કિસ્સાઓમાં $\Delta U = 0$ છે.

19. ઝિંક અને ઑક્સિજન વચ્ચે થતી નીચેની પ્રક્રિયાને ધ્યાનમાં લો અને નીચે આપેલામાંથી સાચા વિકલ્પોની પસંદગી કરો :

$2Zn(s) + O_2(g) \rightarrow 2ZnO(s);\qquad \Delta H = -693.8\ kJ\ mol^{-1}$

(i) બે મોલ ZnOની એન્થાલ્પી, Znના બે મોલ અને ઑક્સિજનના એક મોલની કુલ એન્થાલ્પી કરતાં 693.8 kJ ઓછી છે.

(ii) બે મોલ ZnOની એન્થાલ્પી, Znના બે મોલ અને ઑક્સિજનના એક મોલની કુલ એન્થાલ્પી કરતાં 693.8 kJ વધુ છે.

(iii) પ્રક્રિયામાં 693.8 $kJ\ mol^{-1}$ ઊર્જા મુક્ત થાય છે.

(iv) પ્રક્રિયામાં 693.8 $kJ\ mol^{-1}$ ઊર્જા શોષાય છે.

III. ટૂંક જવાબી પ્રકારના પ્રશ્નો

20. 100 °C તાપમાને અને 1 બાર દબાણે 18 ગ્રામ પાણીનું સંપૂર્ણ બાષ્પીભવન થાય ત્યારે થતો એન્થાલ્પી ફેરફાર 40.79 $kJ\ mol^{-1}$ છે. આ જ પરિસ્થિતિમાં બે મોલ પાણીના બાષ્પીભવનમાં થતો એન્થાલ્પી ફેરફાર કેટલો હશે ? પાણી માટે બાષ્પીભવનની પ્રમાણિત એન્થાલ્પી કેટલી છે ?

21. 1 મોલ પાણી કરતાં 1 મોલ એસિટોનને બાષ્પમાં રૂપાંતરિત થવા ઓછી ઉષ્માની જરૂર પડે છે. આ બંને પ્રવાહીમાંથી કોની બાષ્પીભવન એન્થાલ્પીનું મૂલ્ય ઊંચું હશે ?

22. સર્જન માટેની પ્રમાણિત મોલર એન્થાલ્પી $\Delta_f H^\ominus$ એ પ્રક્રિયાની વિશિષ્ટ પરિસ્થિતિની એન્થાલ્પી $\Delta_r H^\ominus$ જ છે. શું આપેલી પ્રક્રિયા માટે $\Delta_r H^\ominus$ એ $\Delta_f H^\ominus$ જેટલી જ છે ? તમારા જવાબ માટે કારણ આપો.

$CaO(s) + CO_2(g) \rightarrow CaCO_3(s),\ \Delta_r H^\ominus = -178.3\ kJ\ mol^{-1}$

23. NH_3 માટે $\Delta_f H^\ominus$નું મૂલ્ય -91.8 $kJ\ mol^{-1}$ છે. નીચે આપેલી પ્રક્રિયા માટે એન્થાલ્પી ફેરફારનું મૂલ્ય ગણો.

$2NH_3(g) \rightarrow N_2(g) + 3H_2(g)$

24. એન્થાલ્પી એ માત્રાત્મક ગુણધર્મ છે. સામાન્ય રીતે $A \rightarrow B$ કુલ પ્રક્રિયાની એન્થાલ્પી $\Delta_r H$ છે અને $\Delta_r H_1, \Delta_r H_2, \Delta_r H_3$, ... નીપજ B બનાવવા માટેના મધ્યવર્તી તબક્કાઓની એન્થાલ્પી રજૂ કરે છે. સમગ્ર પ્રક્રિયા માટે $\Delta_r H$ અને મધ્યવર્તી તબક્કાઓ માટેના $\Delta_r H_1, \Delta_r H_2, \Delta_r H_3$, ... વચ્ચેનો સંબંધ શું છે ?

25. $CH_4(g) \rightarrow C(g) + 4H(g)$ પ્રક્રિયા માટે પરમાણ્વીયકરણની એન્થાલ્પી 1665 $kJ\ mol^{-1}$ છે. C-H બંધની બંધનઊર્જા શું છે ?

26. NaBr માટે $\Delta_{લેટાઇસ}H^{\ominus}$નું મૂલ્ય નીચેની માહિતી પરથી ગણો :

$\Delta_{ગલન}H^{\ominus}$ (સોડિયમ ધાતુ માટે) = 108.4 kJ mol^{-1}

સોડિયમની આયનીકરણ એન્થાલ્પી = 496 kJ mol^{-1}

બ્રોમિનની ઇલેક્ટ્રૉનપ્રાપ્તિ એન્થાલ્પી = – 325 kJ mol^{-1}

બ્રોમિનની બંધ વિયોજન એન્થાલ્પી = 192 kJ mol^{-1}

$\Delta_f H^{\ominus}$ (NaBr(s) માટે) = –360.1 kJ mol^{-1}

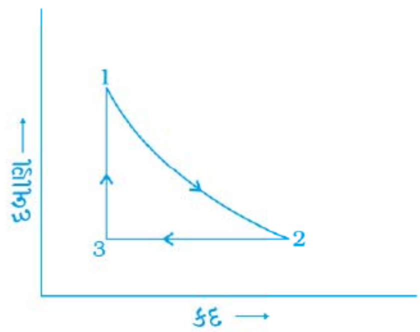
27. બે વાયુઓને મિશ્ર કરતાં $\Delta H = 0$ થાય છે. બંધ પાત્રમાં આ બે વાયુઓનું એકબીજામાં થતું પ્રસરણ સ્વયંસ્ફુરિત પ્રક્રિયા છે કે નહિ તે સમજાવો.

28. ઉષ્મા પ્રણાલી પર યાદચ્છિક પ્રભાવ ધરાવે છે અને તાપમાન પ્રણાલીના કણોની સરેરાશ અસ્તવ્યસ્ત ગતિનું માપ દર્શાવે છે. આ ત્રણેય પરિબળો વચ્ચેનો ગણિતીય સંબંધ લખો.

29. પર્યાવરણની એન્થાલ્પીમાં થતો વધારો એ પ્રણાલીની એન્થાલ્પીમાં થતા ઘટાડા બરાબર છે. જો પ્રણાલી અને પર્યાવરણ એકબીજા સાથે ઉષ્મીય સંતુલનમાં હોય, તો તેમના તાપમાન સમાન થશે ?

30. 298 K તાપમાને $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ પ્રક્રિયા માટે Kp = 0.98 છે. પ્રક્રિયા સ્વયંસ્ફુરિત છે કે નહિ તેનું અનુમાન કરો.

31. એક પરમાણ્વિય આદર્શ વાયુના 1 મોલ નમૂનાને આકૃતિ 6.1માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે સંકોચન અને પ્રસરણના ચક્રીય પ્રક્રમ દ્વારા લઈ જવામાં આવે છે. આ સમગ્ર ચક્ર માટે ΔHનું મૂલ્ય શું હશે ?



આકૃતિ : 6.1

32. $H_2O(l)$ ની પ્રમાણિત મોલર એન્ટ્રોપી 70 J K^{-1} mol^{-1} છે. શું $H_2O(s)$ માટે પ્રમાણિત મોલર એન્ટ્રોપી 70 J K^{-1} mol^{-1} કરતાં વધુ હશે કે ઓછી હશે ?

33. નીચે દર્શાવેલાંમાંથી અવસ્થા વિધેય અને પથ વિધેયોની ઓળખ કરો :

એન્થાલ્પી, એન્ટ્રોપી, ઉષ્મા, તાપમાન, કાર્ય, મુક્ત ઊર્જા

34. પાણી કરતાં એસિટોનની મોલર બાષ્પાયન એન્થાલ્પી ઓછી છે. શા માટે ?

35. સંતુલને $\Delta_r G$ અને $\Delta_r G^{\ominus}$ માંથી કઈ રાશિ શૂન્ય થશે ?

36. અચળ કદે નિરાળી પ્રણાલી માટે આંતરિક ઊર્જાના ફેરફારનું અનુમાન કરો.

37. ઉષ્મા પથ વિધેય છે પરંતુ પ્રણાલી દ્વારા ચોક્કસ પરિસ્થિતિમાં શોષાતી ઉષ્મા પથથી સ્વતંત્ર છે. આ અવસ્થાઓ કઈ હશે ? સમજાવો.

38. શૂન્યાવકાશમાં વાયુનું વિસ્તરણ મુક્ત વિસ્તરણ કહેવાય છે. જો 1 લિટર આદર્શ વાયુનું શૂન્યાવકાશમાં સમતાપી વિસ્તરણ કરી કુલ કદ 5 લિટર કરવામાં આવે, તો થતાં કાર્યની અને આંતરિક ઊર્જાના ફેરફારની ગણતરી કરો.

39. ઉષ્માધારિતા (C_p) માત્રાત્મક ગુણધર્મ છે પરંતુ વિશિષ્ટ ઉષ્મા (C) વિશિષ્ટ ગુણધર્મ છે. 1 મોલ પાણી માટે C_p અને C વચ્ચેનો સંબંધ જણાવો.

40. અનુમાનિત સંબંધ, H = U + PV ના ઉપયોગ દ્વારા C_p અને C_v વચ્ચેનો તફાવત પ્રસ્થાપિત કરી શકાય છે. 10 મોલ આદર્શ વાયુ માટે C_p અને C_v વચ્ચેનો તફાવત ગણો.

41. જો 1 g ગ્રૅફાઇટનું દહન 20.7 kJ ઉષ્મા ઉત્પન્ન કરે છે, તો મોલર એન્થાલ્પી ફેરફાર કેટલો થશે ? સંજ્ઞાની યથાર્થતા પણ સમજાવો.

42. પ્રક્રિયાનો કુલ એન્થાલ્પી ફેરફાર એ જે પ્રક્રિયક અણુઓમાંના બંધને તોડવા માટે જોઈતી ઊર્જામાંથી નીપજ અણુઓમાંના બંધને તોડવા માટે જોઈતી ઊર્જાને બાદ કરતાં મળે છે. નીચેની પ્રક્રિયા માટે એન્થાલ્પી ફેરફાર શું થશે ?

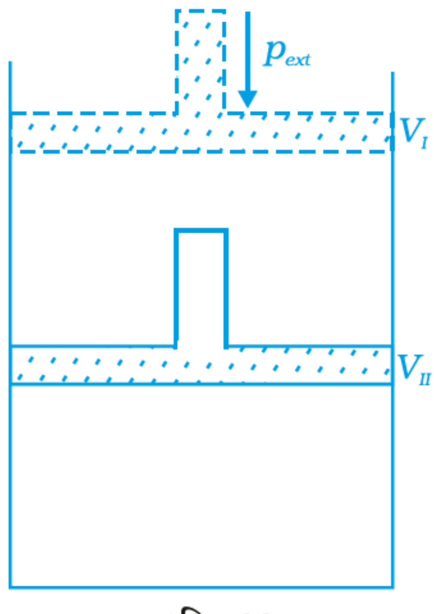
$H_2(g) + Br_2(g) \rightarrow 2HBr(g)$

H_2, Br_2 અને HBrની બંધઊર્જા અનુક્રમે 435 kJ mol^{-1}, 192 kJ mol^{-1} અને 368 kJ mol^{-1} છે.

43. CCl_4 ની બાષ્પાયન એન્થાલ્પી 30.5 kJ mol^{-1} છે. 284 g CCl_4નું અચળ દબાણે બાષ્પાયન કરવા માટે જરૂરી ઉષ્માની ગણતરી કરો. [CCl_4નું મોલર દળ = 154 g mol^{-1}]

44. પ્રક્રિયા : $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$ પ્રક્રિયા એન્થાલ્પી $\Delta_r H^\ominus$ = –572 kJ છે. $H_2O(l)$ની પ્રમાણિત સર્જન એન્થાલ્પી કેટલી થશે ?

45. બંધ નળાકારમાં ભરેલા આદર્શ વાયુને આકૃતિ 6.2માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે એક જ તબક્કામાં અચળ બાહ્ય દબાણ P_{ext} હેઠળ દબાવવામાં આવે, તો વાયુ પર કેટલું કાર્ય થશે ? આલેખ દ્વારા સમજાવો.



આકૃતિ : 6.2

46. જ્યારે દબાણમાં થતો ફેરફાર અનંત તબક્કાઓમાં થતો હોય ત્યારે આદર્શ વાયુના સંકોચન દ્વારા થતું કાર્ય કેવી રીતે ગણવામાં આવે છે ?

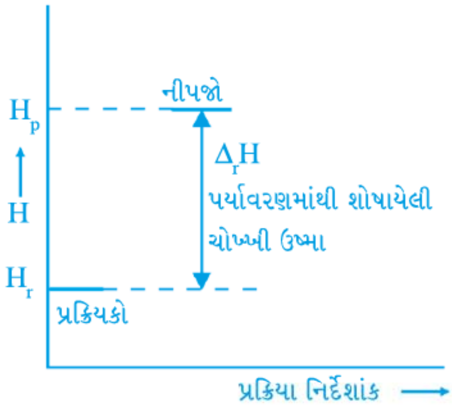
47. નીચે આપેલી પ્રક્રિયાઓ માટે સ્થિતિઊર્જા / એન્થાલ્પી ફેરફાર આલેખ દ્વારા રજૂ કરો :

(a) મેદાન પરથી છાપરા પર પથ્થર ફેંકવો.

(b) $\frac{1}{2}H_2(g) + \frac{1}{2}Cl_2(g) \rightleftharpoons HCl(g)$ $\quad \Delta_r H^\ominus = -92.32$ kJ mol^{-1}

કઈ પ્રક્રિયામાં સ્થિતિઊર્જા / એન્થાલ્પી ફેરફાર પ્રક્રિયાની સ્વયંસ્ફુરિતામાં ફાળો આપશે ?

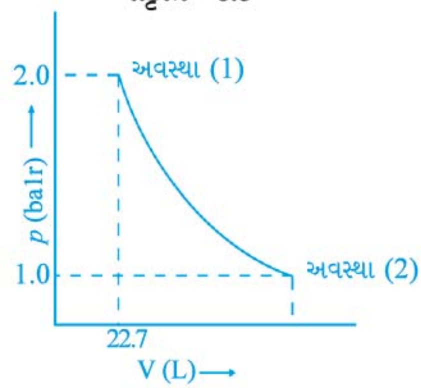
48. એક ચોક્કસ પ્રક્રિયા માટે એન્થાલ્પી આકૃતિ 6.3માં આપી છે. શું આ આકૃતિ પરથી પ્રક્રિયાની સ્વયંસ્ફુરિતા નક્કી થઈ શકશે ? સમજાવો.



આકૃતિ : 6.3

49. એક પરમાણ્વિય આદર્શ વાયુના 1 મોલની અવસ્થા (1)માંથી અવસ્થા (2)માં થતું વિસ્તરણ આકૃતિ 6.4માં દર્શાવ્યું છે.

298 K તાપમાને વાયુની અવસ્થા-1માંથી અવસ્થા-2માં થતા વિસ્તરણ માટે થતું કાર્ય ગણો.



આકૃતિ : 6.4

50. 2 બારના અચળ દબાણે એક આદર્શ વાયુનું 10 લિટરથી 50 લિટર સુધી વિસ્તરણ એક જ તબક્કે થાય છે. વાયુ દ્વારા થતું કાર્ય ગણો. જો આ વિસ્તરણ પ્રતિવર્તી રીતે કરાવવામાં આવે, તો થતું કાર્ય પહેલાંનાં કાર્ય કરતાં વધુ હશે કે ઓછું ?

[1 L bar = 100 J છે.]

IV. જોડકાં પ્રકારના પ્રશ્નો

નીચેના કેટલાક પ્રશ્નોમાં ડાબી બાજુની કૉલમનો એક વિકલ્પ જમણી બાજુની કૉલમના એક અથવા એકથી વધુ વિકલ્પો સાથે સંલગ્ન હોઈ શકે છે.

51. નીચેનાંને જોડો :

કૉલમ I	કૉલમ II
(i) સમોષ્મી પ્રક્રમ	(a) ઉષ્મા
(ii) નિરાળી પ્રણાલી	(b) અચળ કદે
(iii) સમતાપી ફેરફાર	(c) ઉષ્માગતિશાસ્ત્રનો પ્રથમ નિયમ
(iv) પથવિધેય	(d) ઊર્જા અને દ્રવ્યનો વિનિમય નથી.
(v) અવસ્થા વિધેય	(e) ઉષ્માની કોઈ હેરફેર નહિ
(vi) $\Delta U = q$	(f) અચળ તાપમાન
(vii) ઊર્જા-સંચયનો નિયમ	(g) આંતરિક ઊર્જા
(viii) પ્રતિવર્તી પ્રક્રમ	(h) $p_{ext} = 0$
(ix) મુક્ત વિસ્તરણ	(i) અચળ દબાણે
(x) $\Delta H = q$	(j) અનંત સૂક્ષ્મ રીતે થતી ધીમી પ્રક્રિયા કે જેમાં પ્રત્યેક સૂક્ષ્મ તબક્કે સંતુલન સ્થપાય
(xi) વિશિષ્ટ ગુણધર્મ	(k) એન્ટ્રોપી
(xii) માત્રાત્મક ગુણધર્મ	(l) દબાણ
	(m) વિશિષ્ટ ઉષ્મા

52. નીચેના પ્રક્રમોને એન્ટ્રોપી ફેરફાર સાથે જોડો :

પ્રક્રિયા	એન્ટ્રોપી ફેરફાર
(i) પ્રવાહીનું બાષ્પીભવન	(a) $\Delta S = 0$
(ii) બધાં જ તાપમાને પ્રક્રિયા બિનસ્વયંસ્ફુરિત અને ΔH ધન	(b) ΔS = ધન
(iii) આદર્શ વાયુનું પ્રતિવર્તી વિસ્તરણ	(c) ΔS = ઋણ

53. નીચેનાં પરિબળોને સ્વયંસ્ફુરિતા માટેની વિગતો સાથે જોડો :

	Δ (પરિબળો)			વિગતો
	$\Delta_r H^\ominus$	$\Delta_r S^\ominus$	$\Delta_r G^\ominus$	
(i)	+	–	+	(a) ઊંચા તાપમાને બિનસ્વયંસ્ફુરિત
(ii)	–	–	+ (ઊંચા T એ)	(b) બધાં જ તાપમાને સ્વયંસ્ફુરિત
(iii)	–	+	–	(c) બધાં જ તાપમાને બિનસ્વયંસ્ફુરિત

54. નીચેનાં જોડકાં જોડો :

(i) બાષ્પાયનની એન્ટ્રોપી	(a) ઘટે છે.
(ii) સ્વયંસ્ફુરિત પ્રક્રિયા માટે K	(b) હંમેશાં ધન છે.
(iii) સ્ફટિકમય ઘન-અવસ્થા	(c) લઘુતમ એન્ટ્રોપી
(iv) આદર્શ વાયુના સમોષ્મી વિસ્તરણમાં ΔU	(d) $\frac{\Delta_{vap}H}{T_b}$

V. વિધાન અને કારણ પ્રકારના પ્રશ્નો

નીચેના પ્રશ્નોમાં વિધાન (A) અને ત્યાર પછી કારણ (R) આપેલું છે. પ્રશ્નોની નીચે આપેલા વિકલ્પોમાંથી સાચો વિકલ્પ પસંદ કરો.

55. **વિધાન (A) :** બધાં જ કાર્બનિક સંયોજનના દહનની પ્રક્રિયા ઉષ્માક્ષેપક છે.

કારણ (R) : બધાં જ તત્ત્વોની પ્રમાણિત સ્થિતિમાં એન્થાલ્પી શૂન્ય હોય છે.

(i) A અને R બંને સાચાં છે અને R એ A ની સાચી સમજૂતી છે.

(ii) A અને R બંને સાચાં છે પરંતુ R એ A ની સાચી સમજૂતી નથી.

(iii) A સાચું છે પરંતુ R ખોટું છે.

(iv) A ખોટું છે પરંતુ R સાચું છે.

56. **વિધાન (A) :** સ્વયંસ્ફુરિત પ્રક્રમો અપ્રતિવર્તી પ્રક્રમો છે અને કોઈ બાહ્ય પરિબળ વડે પ્રતિવર્તી કરી શકાય.

કારણ (R) : સ્વયંસ્ફુરિતા માટે એન્થાલ્પીનો ઘટાડો એક ઉપયોગી પરિબળ છે.

(i) A અને R બંને સાચાં છે અને R એ A ની સાચી સમજૂતી છે.

(ii) A અને R બંને સાચાં છે પરંતુ R એ A ની સાચી સમજૂતી નથી.

(iii) A સાચું છે પરંતુ R ખોટું છે.

(iv) A ખોટું છે પરંતુ R સાચું છે.

57. **વિધાન (A) :** પ્રવાહીનું ઘનમાં સ્ફટિકીકરણ થવાથી તેની એન્ટ્રોપી ઘટે છે.

કારણ (R) : સ્ફટિકમાં અણુઓની ગોઠવણી નિયમિત ક્રમબદ્ધ હોય છે.

(i) A અને R બંને સાચાં છે અને R એ A ની સાચી સમજૂતી છે.

(ii) A અને R બંને સાચાં છે પરંતુ R એ A ની સાચી સમજૂતી નથી.

(iii) A સાચું છે પરંતુ R ખોટું છે.

(iv) A ખોટું છે પરંતુ R સાચું છે.

VI. દીર્ઘ જવાબી પ્રકારના પ્રશ્નો

58. આદર્શ વાયુ માટે ΔH અને ΔU વચ્ચેનો સંબંધ મેળવો. સમીકરણમાં આવતાં દરેક પદને સમજાવો.

59. માત્રાત્મક ગુણધર્મ દ્રવ્યના જથ્થા પર આધાર રાખે છે. પરંતુ વિશિષ્ટ ગુણધર્મ દ્રવ્યના જથ્થા પર આધારિત નથી. નીચેના ગુણધર્મોને માત્રાત્મક અથવા વિશિષ્ટ ગુણધર્મો મુજબ સમજાવો.

દળ, આંતરિક ઊર્જા, દબાણ, ઉષ્માધારિતા, મોલર ઉષ્માધારિતા, ઘનતા, મોલઅંશ, વિશિષ્ટ ઉષ્મા, તાપમાન અને મોલારિટી

60. જ્યારે વાયુમય અવસ્થામાં 1 મોલ આયનીય સંયોજન તેના આયનોમાં વિયોજિત થાય છે ત્યારે થતો એન્થાલ્પી ફેરફાર આયનીય સંયોજનની લેટાઈસ એન્થાલ્પી છે. પ્રયોગ દ્વારા તેનું પ્રત્યક્ષ માપન અશક્ય છે. NaCl(s)ની લેટાઈસ એન્થાલ્પીના માપનની અપ્રત્યક્ષ પદ્ધતિ જણાવો અને સમજાવો.

61. ΔG ઉપયોગી કાર્ય કરવા માટે ઉપલબ્ધ ચોખ્ખી ઊર્જા છે અને તે 'મુક્ત ઊર્જા'નું માપ છે. ગણિતીય સ્વરૂપમાં દર્શાવો કે ΔG એ મુક્ત ઊર્જાનું માપ છે. ΔGનો એકમ શોધો. જો કોઈ પ્રક્રિયાને ધન એન્થાલ્પી ફેરફાર અને ધન એન્ટ્રોપી ફેરફાર હોય, તો કઈ પરિસ્થિતિ હેઠળ પ્રક્રિયા સ્વયંસ્ફુરિત થશે ?

62. જ્યારે આદર્શ વાયુની અવસ્થા પ્રતિવર્તી અને સમતાપી રીતે (p_i, V_i) થી (p_f, V_f) બદલાતી હોય, તો વિસ્તરણમાં થતું કુલ કાર્ય આલેખ દ્વારા દર્શાવો. અચળ બાહ્ય દબાણ p_{ext} હેઠળ ઉપર્યુક્ત કિસ્સામાં થતા કાર્યની સરખામણી p-V આલેખની મદદથી કરો.

ઉત્તરો

I. બહુવિકલ્પ પ્રશ્નો (પ્રકાર I)

1. (iii) **2.** (iii) **3.** (iv) **4.** (iii) **5.** (iii) **6.** (ii)

7. (iii)

સમર્થન : મુક્ત વિસ્તરણ $w = 0$

સમોષ્મી પ્રક્રમ $q = 0$

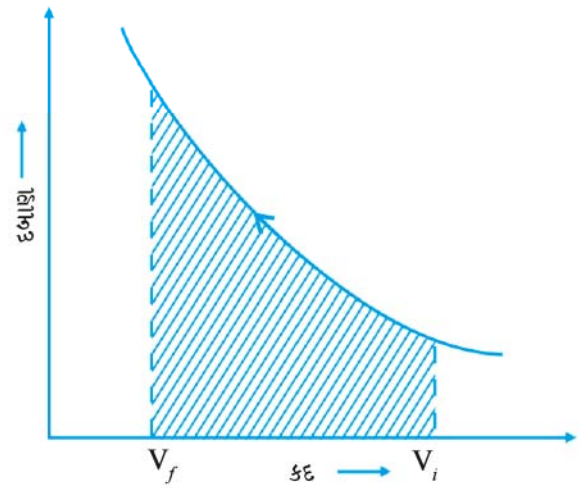
$\Delta U = q + w = 0$, તેનો અર્થ એ થાય કે,

આંતરિક ઊર્જા અચળ રહે છે. તેથી, $\Delta T = 0$

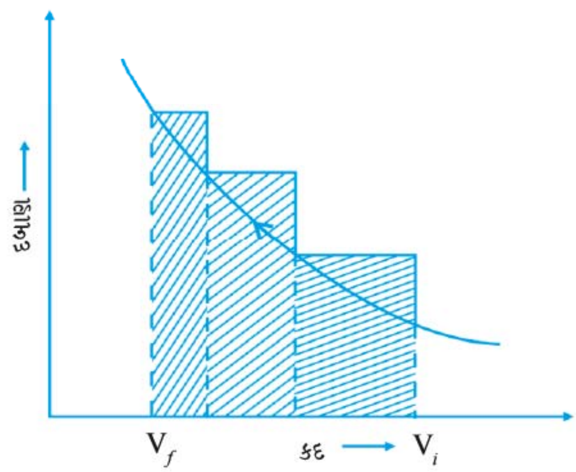
આદર્શ વાયુમાં આંતરઆણ્વિય આકર્ષણ હોતું નથી. તેથી જ્યારે આવો વાયુ સમોષ્મી પરિસ્થિતિ હેઠળ શૂન્યાવકાશમાં વિસ્તરણ પામે છે ત્યારે ઉષ્મા ઉમેરાતી નથી કે મુક્ત થતી નથી. પરિણામે અણુઓને છૂટા પાડવા માટે કોઈ બાહ્ય કાર્ય કરવું પડતું નથી.

8. (ii) w (પ્રતિવર્તી) < w (અપ્રતિવર્તી)

સમર્થન : આકૃતિ 6.5(a) અને (b)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે અપ્રતિવર્તી સંકોચનમાં વક્રની નીચેના ભાગનું ક્ષેત્રફળ હંમેશાં વધારે હોય છે.



(a) પ્રતિવર્તી સંકોચન



(b) અપ્રતિવર્તી સંકોચન

આકૃતિ : 6.5

9. (iii)

સમર્થન : ઠારણ ઉષ્માક્ષેપક પ્રક્રિયા છે. મુક્ત થતી ઉષ્મા પર્યાવરણની એન્ટ્રોપી વધારે છે.

10. (iii)

11. (iii)

સમર્થન : પ્રક્રિયા (a) અને (b)માં સમાન બંધ બને છે પરંતુ પ્રક્રિયા (b)માં માત્ર પ્રક્રિયક અણુઓના બંધ તૂટે છે.

12. (iii) **13.** (i) **14.** (ii)

II. બહુવિકલ્પ પ્રશ્નો (પ્રકાર II)

15. (i), (iv) **16.** (i), (ii) **17.** (iii), (iv)

18. (iii), (iv)

સમર્થન : $$\frac{w_{600K}}{w_{300K}} = \frac{1 \times R \times 600\ K \ln \frac{10}{1}}{1 \times R \times 300\ K \ln \frac{10}{1}} = \frac{600}{300} = 2$$

સમતાપી વિસ્તરણ (આદર્શ વાયુના) માટે, $\Delta U = 0$ તાપમાન અચળ હોવાથી આંતરિક ઊર્જામાં કોઈ ફેરફાર થતો નથી. $\Delta U = 0$

19. (i), (iii)

III. ટૂંક જવાબી પ્રકાર

20. + 81.58 kJ $\Delta_{vap}H^{\ominus} = +40.79\ kJ\ mol^{-1}$

21. પાણી

22. ના, બીજાં સંયોજનોમાંથી $CaCO_3$ બને છે પરંતુ ઘટક તત્ત્વોમાંથી બનતો નથી.

23. $\Delta_r H^{\ominus} = +91.8\ kJ\ mol^{-1}$

24. $\Delta_r H = \Delta_r H_1 + \Delta_r H_2 + \Delta_r H_3 \ .....$

25. $\frac{1665}{4}\ kJ\ mol^{-1} = 416.2\ kJ\ mol^{-1}$

26. $+ 735.5\ kJ\ mol^{-1}$

27. તે સ્વયંસ્ફુરિત પ્રક્રિયા છે. એન્થાલ્પી ફેરફાર શૂન્ય હોવા છતાં પણ અવ્યવસ્થા (એટલે કે ΔS) વધે છે. તેથી પ્રક્રિયામાં, $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ સમીકરણમાંનું પદ $T\Delta S$ ઋણ થશે. તેથી ΔG ઋણ થશે.

28. $\Delta S = \frac{q_{rev}}{T}$

29. હા

30. પ્રક્રિયા પ્રતિવર્તી છે.

$\Delta_r G^{\ominus} = -RT \ln K_p$

31. $\Delta H_{(cyclic)} = 0$

32. ઓછું, કારણ કે $H_2O(l)$ કરતાં બરફમાં વ્યવસ્થા વધુ છે.

33. અવસ્થા વિધેય : એન્થાલ્પી, એન્ટ્રોપી, તાપમાન, મુક્ત ઊર્જા

પથવિધેય : ઉષ્મા, કાર્ય

34. પાણીમાં પ્રબળ હાઇડ્રોજન બંધ હોવાને કારણે તેની બાષ્પીભવનની એન્થાલ્પી વધુ છે.

35. $\Delta_r G$ હંમેશાં શૂન્ય હશે.

$\Delta_r G^{\ominus} = -RT \ln K$ પરથી K = 1 માટે $\Delta G^{\ominus} = 0$ છે.

Kની અન્ય કિંમતો માટે $\Delta G^{\ominus}$ શૂન્ય થશે નહિ.

36. નિરાળી પ્રણાલી માટે ઉષ્મા કે કાર્ય-સ્વરૂપમાં ઊર્જાનો વિનિમય થતો નથી તેથી w = 0 અને q = 0. ઉષ્માગતિશાસ્ત્રના પ્રથમ નિયમ મુજબ

$$\Delta U = q + w$$
$$= 0 + 0 = 0$$
$$\therefore \quad \Delta U = 0$$

37. **અચળ કદે**

ઉષ્માગતિશાસ્ત્રના પ્રથમ નિયમ મુજબ,

$$q = \Delta U + (-w)$$
$$(-w) = p\Delta V$$
$$\therefore \quad q = \Delta U + p\Delta V$$

$\Delta V = 0$, કારણ કે કદ અચળ છે.

$$\therefore \quad q_V = \Delta U + 0$$

$\Rightarrow \quad q_V = \Delta U =$ આંતરિક ઊર્જાનો ફેરફાર

અચળ દબાણે

$$q_p = \Delta U + p\Delta V$$

પરંતુ $\Delta U + p\Delta V + \Delta H$

$\therefore \quad q_p = \Delta H =$ એન્થાલ્પીનો ફેરફાર

તેથી અચળ કદે અને અચળ દબાણે એન્થાલ્પી ફેરફાર-અવસ્થા વિધેય છે કારણ કે તે બંને અનુક્રમે આંતરિક ઊર્જાનો ફેરફાર અને એન્થાલ્પી ફેરફાર છે. જે અવસ્થા વિધેય છે.

38. $(-w) = P_{ext}(V_2 - V_1) = 0 \times (5 - 1) = 0$

સમતાપી વિસ્તરણ માટે q = 0

ઉષ્માગતિશાસ્ત્રના પ્રથમ નિમય પરથી

$$q = \Delta U + (-w)$$

$\Rightarrow \quad 0 = \Delta U + 0$ તેથી $\Delta U = 0$

39. પાણી માટે ઉષ્માધારિતા = 18 × વિશિષ્ટ ઉષ્મા

અથવા $C_p = 18 \times c$

વિશિષ્ટ ઉષ્મા = $C = 4.18\ Jg^{-1}K^{-1}$

ઉષ્માધારિતા = $C_p = 18 \times 4.18\ Jg^{-1}K^{-1} = 75.3\ JK^{-1}$

40. $C_p - C_v = nR$

$$= 10 \times 4.184\ J$$

41. ગ્રેફાઇટની મોલર એન્થાલ્પી ફેરફાર $= 1$ g કાર્બન માટે એન્થાલ્પી ફેરફાર $\times$ કાર્બનનું મોલર દળ

$$= -20.7 \text{ kJ g}^{-1} \times 12 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\therefore \ \Delta H = -2.48 \times 10^2 \text{ kJmol}^{-1}$$

ΔHનું ઋણ મૂલ્ય $\Rightarrow$ ઉષ્માક્ષેપક પ્રક્રિયા

42. $\Delta_r H^{\ominus} = H_2$ ની બંધ ઊર્જા $+ Br_2$ ની બંધ ઊર્જા $-2 \times HBr$ ની બંધ ઊર્જા

$$= 435 + 192 - 2\,(368) \text{ kJmol}^{-1}$$

$$\Rightarrow \quad \Delta_r H^{\ominus} = -109 \text{ kJmol}^{-1}$$

43. $q_p = \Delta H = 30.5 \text{ kJmol}^{-1}$

$\therefore$ 284g CCl_4ના બાષ્પીભવન માટે જરૂરી ઉષ્મા $= \dfrac{284 \text{ g}}{154 \text{ g mol}^{-1}} \times 30.5 \text{ kJ mol}^{-1}$

$$= 56.2 \text{ kJ}$$

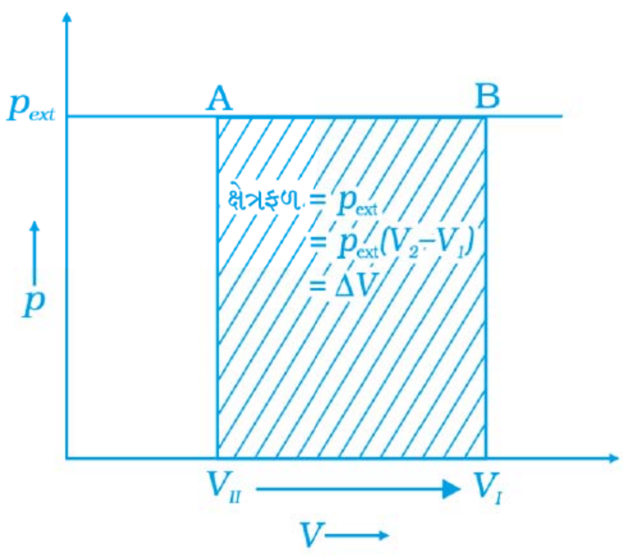
44. પ્રમાણિત સર્જન એન્થાલ્પીની વ્યાખ્યા મુજબ, નીચેની પ્રક્રિયાનો એન્થાલ્પી ફેરફર $H_2O(l)$ની પ્રમાણિત સર્જન એન્થાલ્પી થશે.

$$H_2(g) + \frac{1}{2} O_2(g) \rightarrow H_2O(l)$$

<u>અથવા</u> $H_2O(l)$ની પ્રમાણિત સર્જન એન્થાલ્પી આપેલી પ્રક્રિયાની એન્થાલ્પીનાં અડધા મૂલ્ય બરાબર થશે. એટલે કે $\Delta_r H^{\ominus}$ પણ અડધું થશે.

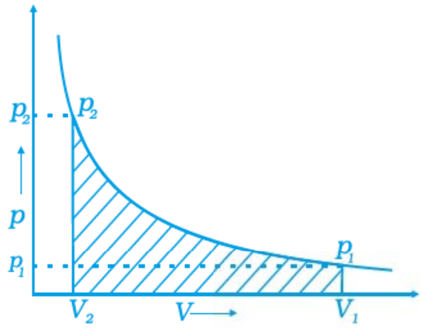
$$\Delta_f H^{\ominus}_{H_2O}(l) = \frac{1}{2} \times \Delta_r H^{\ominus} = \frac{-572 \text{ kJ mol}^{-1}}{2} = -286 \text{ kJ mol}^{-1}$$

45. આકૃતિ 6.6માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે આદર્શ વાયુ પર થતું કાર્ય $p - V$ આલેખ પરથી ગણી શકાય છે. કાર્યનું મૂલ્ય AB $V_I \, V_{II}$ દ્વારા આચ્છાદિત ક્ષેત્રફળ છે.



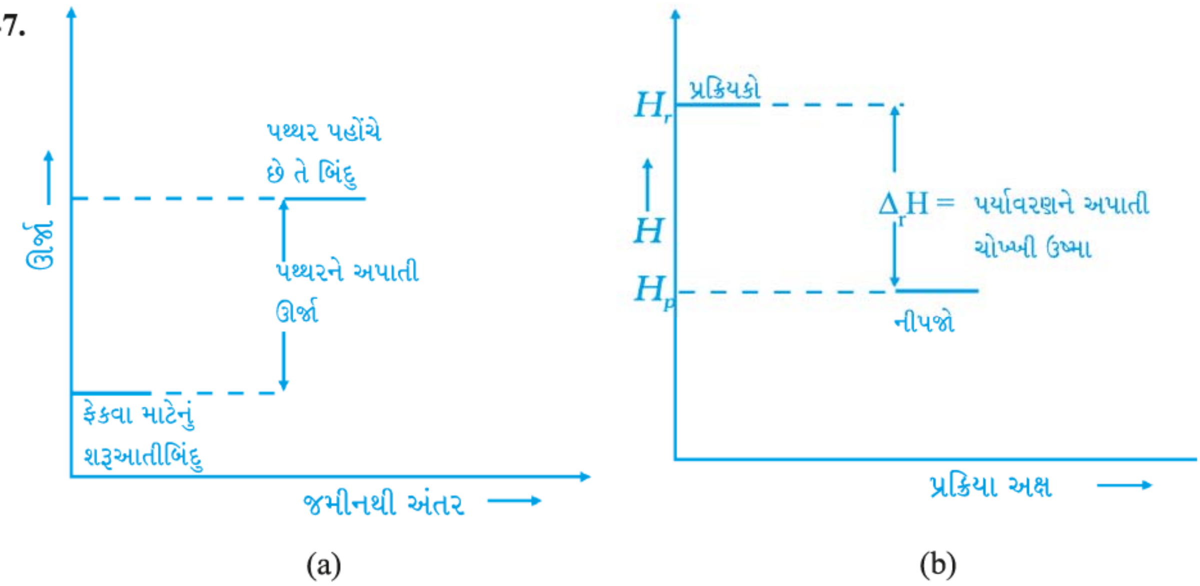
આકૃતિ : *6.6*

46. કાર્યની ગણતરી p – V આલેખની મદદથી કરી શકાય છે. અનંત તબક્કાઓમાં દબાણના ફેરફાર દ્વારા થતું સંકોચન કાર્ય, આકૃતિ 6.7માં દર્શાવેલા p – V આલેખનો આચ્છાદિત વિસ્તાર રજૂ કરે છે.



આકૃતિ : 6.7

47.



આકૃતિ : 6.8 પ્રક્રમ (a) અને (b) માં થતો એન્થાલ્પી ફેરફાર

48. ના

એન્થાલ્પી એ સ્વયંસ્ફુરિતા નક્કી કરતું એક સહયોગી પરિબળ છે પરંતુ તે માત્ર એક જ પરિબળ નથી. સાચું પરિણામ મેળવવા માટે અન્ય સહયોગી પરિબળ એન્ટ્રોપીને પણ ધ્યાનમાં લેવું જોઈએ.

49. આકૃતિ પરથી સ્પષ્ટ થાય છે કે, પ્રક્રિયા અનંત તબક્કાઓમાં કરવામાં આવી છે તેથી તે સમતાપી પ્રતિવર્તી વિસ્તરણ છે.

$$w = -2.303nRT\log\frac{V_2}{V_1}$$

પરંતુ $p_1V_1 = p_2V_2 \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{p_1}{p_2} = \frac{2}{1} = 2$

$$\therefore w = -2.303nRT \log \frac{p_1}{p_2}$$

$$= -2.303 \times 1\ mol \times 8.314\ J\ mol^{-1}\ K^{-1} \times 298\ K \times \log 2$$

$$= -2.303 \times 8.314 \times 298 \times 0.3010\ J = -1717.46\ J$$

50. $w = -P_{ext}\,(V_f - V_i) = -2 \times 40 = -80\ L\ bar$

$$= -8\ kJ$$

કાર્યનું ઋણ મૂલ્ય દર્શાવે છે કે, પ્રણાલી દ્વારા પર્યાવરણ પર કાર્ય થાય છે. પ્રતિવર્તી પ્રક્રિયામાં વધુ કાર્ય થશે. કારણ કે દરેક તબક્કે આંતરિક દબાણ અને બાહ્ય દબાણ લગભગ સમાન છે.

IV. જોડકાં પ્રકાર

51. (i) → (e) (ii) → (d) (iii) → (f) (iv) → (a)

(v) → (g), (k), (l) (vi) → (b) (vii) → (c) (viii) → (j)

(ix) → (h) (x) → (i) (xi) → (a), (l), (m) (xii) → (g), (k)

52. (i) → (b) (ii) → (c) (iii) → (a)

53. (i) → (c) (ii) → (a) (iii) → (b)

54. (i) → (b), (d) (ii) → (b) (iii) → (c) (iv) → (a)

V. વિધાન અને કારણ પ્રકાર

55. (ii) **56.** (ii) **57.** (i)

VI. દીર્ઘ જવાબી પ્રકાર

59. Hint : બે માત્રાત્મક ગુણધર્મોનો ગુણોત્તર હંમેશાં વિશિષ્ટ હોય છે.

$$\frac{\text{માત્રાત્મક}}{\text{માત્રાત્મક}} = \text{વિશિષ્ટ}$$

દા.ત., મોલઅંશ $= \frac{\text{મોલ}}{\text{કુલ મોલ}} = \frac{\text{માત્રાત્મક}}{\text{માત્રાત્મક}}$

60. • $Na(s) + \frac{1}{2}Cl_2(g) \rightarrow Na^+(g) + Cl^-(g)$; $\Delta_{Lattice}H^{\ominus}$

- બૉન-હેબર ચક્ર
- બૉન-હેબર ચક્ર દ્વારા લેટાઈસ એન્થાલ્પીના માપનના તબક્કાઓ.

(1) સોડિયમ ધાતુનું ઊર્ધ્વપાતન

$Na(s) \rightarrow Na(g)\ ;\ \Delta_{sub}H^{\ominus}$

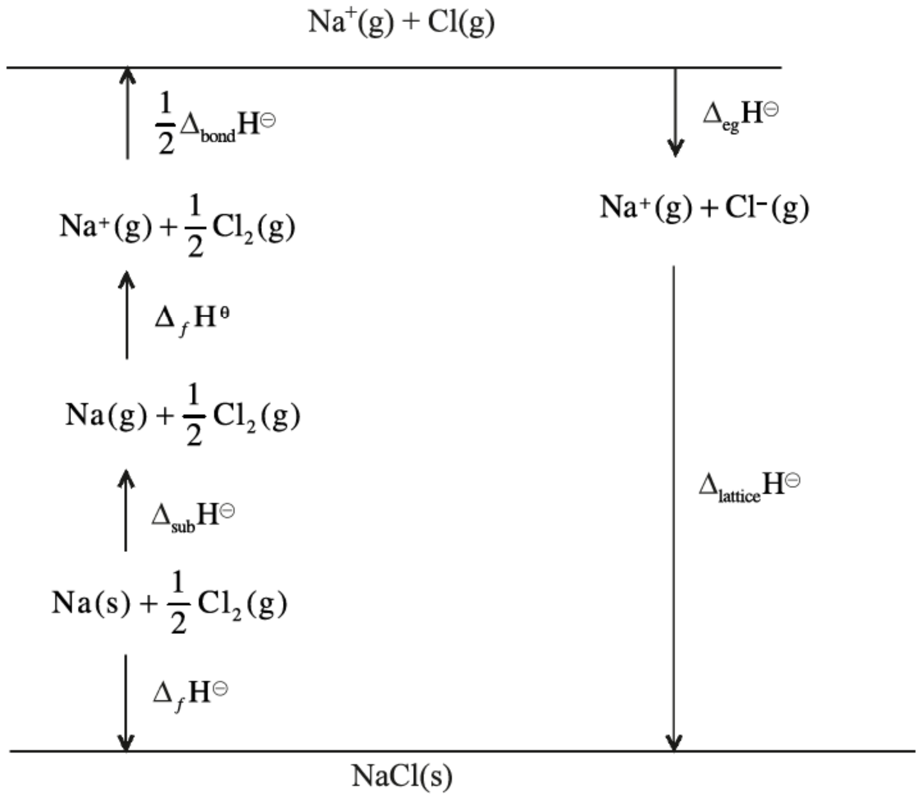
(2) સોડિયમ પરમાણુનું આયનીકરણ

$Na(g) \rightarrow Na^{+}(g) + \bar{e}\ ;\ \Delta_{i}H^{\ominus}$ (આયનીકરણ એન્થાલી)

(3) ક્લોરિન અણુનું વિઘટન

$\frac{1}{2}Cl_2(g) \rightarrow Cl(g);\ \frac{1}{2}\Delta_{bond}H^{\ominus}$ એટલે કે બંધ એન્થાલ્પીનું અડધું મૂલ્ય

(4) $Cl(g) + \bar{e} \rightarrow Cl^{-}(g);\ \Delta_{eg}H^{\ominus}$ એટલે કે ઈલેક્ટ્રૉન-પ્રાપ્તિ એન્થાલ્પી



61. $\Delta S_{Total} = \Delta S_{sys} + \Delta S_{surr}$

$\Delta S_{Total} = \Delta S_{sys} + \frac{-\Delta H_{sys}}{T}$

$T\Delta S_{Total} = T\Delta S_{sys} - \Delta H_{sys}$

સ્વયંસ્ફુરિય ફેરફાર માટે, $\Delta S_{Total} > 0$

$\therefore\ T\Delta S_{sys} - \Delta H_{sys} > 0$

$\Rightarrow -(\Delta H_{sys} - T\,\Delta S_{sys}) > 0$

પરંતુ, $\Delta H_{sys} - T\Delta S_{sys} = \Delta G_{sys}$

$\therefore \quad -\Delta G_{sys} > 0$

$\Rightarrow \quad \Delta G_{sys} = \Delta H_{sys} - T\,\Delta S_{sys} < 0$

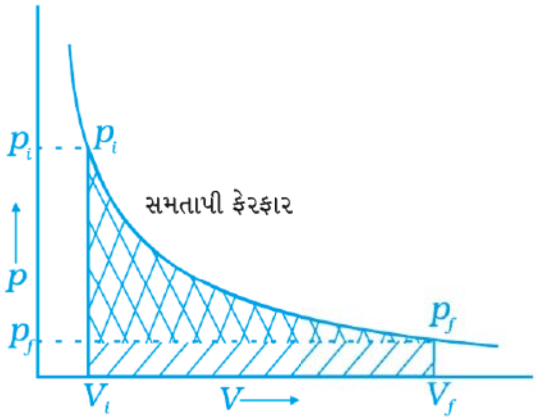
ΔH_{sys} = પ્રક્રિયાનો એન્થાલ્પી ફેરફાર

$T\Delta S_{sys}$ = ઉપયોગી કાર્ય માટે પ્રાપ્ત ન થતી ઊર્જા

ΔG_{sys} = ઉપયોગી કાર્ય માટે પ્રાપ્ત થતી ઊર્જા

- ΔGનો એકમ Joule
- ઊંચા તાપમાને પ્રક્રિયા સ્વયંસ્ફુરિત થશે.

62.



આકૃતિ : 6.8

(i) પ્રતિવર્તી કાર્ય સંયુક્ત રીતે વિસ્તાર અને દ્વારા દર્શાવેલ છે.

(ii) અચળ દબાણે (p_f) થતું કાર્ય વિસ્તાર દ્વારા દર્શાવેલ છે. કાર્ય (i) > કાર્ય (ii)