એકમ

2

દ્રાવણો

2.1 પ્રસ્તાવના (Introduction)

બે કે તેથી વધુ પદાર્થો મિશ્ર થઈને સમાંગ અથવા એકરૂપ મિશ્રણ બનાવે, તો તેવા મિશ્રણને દ્રાવણ કહે છે. દ્રાવણમાં જે ઘટક અથવા ઘટકોનું પ્રમાણ ઓછું હોય તેને દ્રાવ્ય કહે છે અને જે ઘટકનું પ્રમાણ સૌથી વધુ હોય તેને દ્રાવક કહે છે. તેથી દ્રાવણમાં એક દ્રાવક અને એક કે એક કરતાં વધુ દ્રાવ્ય ઘટકો હોઈ શકે છે. જે દ્રાવણમાં એક દ્રાવક અને એક દ્રાવ્ય હોય તો તેવા દ્રાવણને દ્વિઅંગી (Binary) દ્રાવણ કહે છે. સમાંગ મિશ્રણમાં રહેલા કણોના કદનો વ્યાસ 10^{-9} મીટર હોય છે. સમાંગ મિશ્રણમાં રહેલા જુદા જુદા ઘટકોને ગાળણ, ઠારણ, ઉત્કલન કે સેન્ટ્રિફ્યુગેશન વગેરે જેવી ભૌતિક પદ્ધતિ દ્વારા અલગ કરી શકાતા નથી.

2.2 દ્રાવણના પ્રકારો (Types of Solutions)

દ્રાવણો ઘન, પ્રવાહી અને વાયુ એમ ત્રણ અવસ્થામાં જોવા મળે છે. દ્રાવ્ય અને દ્રાવક પણ આ પ્રકારની ત્રણ અવસ્થામાં જોવા મળે છે. દ્રાવકની ભૌતિક અવસ્થાને આધારે દ્રાવણની ભૌતિક અવસ્થા નક્કી કરી શકાય છે. દ્રાવણના પ્રકાર અને તેના ઉદાહરણ કોષ્ટક 2.1માં આપેલ છે.

કોષ્ટક 2.1 દ્રાવણના પ્રકાર અને તેના ઉદાહરણ

ક્રમ	દ્રાવણનો પ્રકાર	ભૌતિક અવસ્થા		ઉદાહરણ
		દ્રાવ્ય	દ્રાવક	
1.	ઘન દ્રાવણ	ઘન	ઘન	તાંબુ અને જસતમાંથી બનતી મિશ્ર ધાતુ (પિત્તળ)
		પ્રવાહી	ઘન	પારામાં બનાવેલ ઝિંક એમાલ્ગમ (સંરસ) Zn / Hg
		વાયુ	ઘન	H_2 વાયુનું Pdમાં અધિશોષણ
2.	પ્રવાહી દ્રાવણ	ઘન	પ્રવાહી	ખાંડ અને પાણીનું સમાંગ મિશ્રણ
		પ્રવાહી	પ્રવાહી	પાણી અને ઇથેનોલનું સમાંગ મિશ્રણ
		વાયુ	પ્રવાહી	CO_2 વાયુનું પાણીમાં સમાંગ મિશ્રણ
3.	વાયુમય દ્રાવણ	ઘન	વાયુ	કપૂરનું N_2 વાયુમાં સમાંગ મિશ્રણ
		પ્રવાહી	વાયુ	ભેજવાળી હવા
		વાયુ	વાયુ	H_2 અને O_2 વાયુનું મિશ્રણ

જયારે દ્રાવ્ય અને દ્રાવકના અણુઓ વચ્ચે પ્રબળ આકર્ષક આંતરક્રિયા થાય છે ત્યારે દ્રાવણ બને છે. દા.ત., પાણી અને ઈથેનોલના અણુઓ વચ્ચે પ્રબળ આકર્ષક આંતરક્રિયા થવાથી દ્રાવણ બને છે, પરંતુ પાણી અને બેન્ઝિનના અણુઓ વચ્ચે બિલકુલ નહિવત્ આંતરક્રિયા થવાથી દ્રાવણ બનતું નથી (અદ્રાવ્ય રહે છે). આમ, દ્રાવ્ય અને દ્રાવકના અણુઓ વચ્ચે જો નીચે દર્શાવ્યા પ્રમાણે લાક્ષણિકતા હોય તો તે દ્રાવણ બનાવે છે :

(i) જો કાર્બનિક અણુમાં –OH સમૂહની સંખ્યા વધુ હોય તો તેવાં સંયોજનો મહદંશે પાણીમાં દ્રાવ્ય થાય છે. જેમ –OH સમૂહની સંખ્યા વધુ તેમ દ્રાવ્યતા વધુ હોય છે. દા.ત., ગ્લિસરોલ, ઈથેનોલ કરતાં પાણીમાં વધુ દ્રાવ્ય છે.

(ii) ધ્રુવીય પદાર્થો મહદંશે ધ્રુવીય દ્રાવકોમાં દ્રાવ્ય હોય છે. દા.ત., પાણીમાં HCl.

(iii) અધ્રુવીય પદાર્થો મહદંશે અધ્રુવીય દ્રાવકોમાં દ્રાવ્ય હોય છે. દા.ત., બેન્ઝિનમાં નૅપ્થેલિન.

(iv) મોટા ભાગના આયનીય પદાર્થો પાણીમાં દ્રાવ્ય હોય છે, કારણ કે તેઓ ઘન અવસ્થામાં પણ આયનીય હોય છે. દા.ત., પાણીમાં NaCl

જો દ્રાવણમાં દ્રાવક તરીકે પાણી હોય તો તે દ્રાવણને જલીય દ્રાવણ કહે છે, પરંતુ જો દ્રાવક તરીકે પાણી ન હોય તો તેને બિનજલીય દ્રાવણ કહે છે. બિનજલીય દ્રાવણમાં સામાન્ય રીતે બેન્ઝિન, ઈથર, કાર્બન ટેટ્રાક્લોરાઇડ વગેરે જેવા બિનજલીય દ્રાવક હોય છે.

2.3 સાંદ્રતાના એકમો (Units of Concentration)

જુદાં જુદાં દ્રાવણોમાં દ્રાવ્ય અને દ્રાવકનું જથ્થાત્મક પ્રમાણ જુદું જુદું હોય છે. **એકમ કદના દ્રાવણમાં અથવા એકમ વજનના દ્રાવકમાં ઓગળેલા દ્રાવ્યના જથ્થાને દ્રાવણની સાંદ્રતા કહે છે.** દ્રાવણની સાંદ્રતા દર્શાવવાની વિવિધ રીતો છે. સપ્રમાણતા, ફૉર્માલિટી, મોલારિટી, મોલાલિટી, મોલઅંશ, વજનઅંશ (% W / W) જેવા કેટલાક સાંદ્રતાના એકમોનો અભ્યાસ સિમેસ્ટર Iના એકમ 1.9માં કર્યો છે. બીજા કેટલાક સાંદ્રતાના એકમોનો અભ્યાસ અહીં કરીશું.

(1) ફૉર્માલિટી (Formality) : આયનીય સંયોજનો ઘન અવસ્થામાં પણ અણુ સ્વરૂપે ન હોતા આયનીય સ્વરૂપે હોય છે. તેથી તેના આણ્વિયદળને બદલે સૂત્રદળ લેવાથી સાંદ્રતાને ફૉર્માલિટી તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. સંયોજનના પ્રમાણસૂચક સૂત્રમાં રહેલા પરમાણુઓના પરમાણ્વિયદળના સરવાળાને તેનો સૂત્રદળ કહે છે. દા.ત., ઍલમ સંયોજનો જેવા કે પોટાશ ઍલમનું આણ્વિયસૂત્ર $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$ હોવાથી તેના આણ્વિયદળનું મૂલ્ય 948 ગ્રામ મોલ$^{-1}$ છે પરંતુ ઍલમનું પ્રમાણસૂચક સૂત્ર $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ હોવાથી તેના પ્રમાણસૂચક સૂત્રના દળનું મૂલ્ય 474 ગ્રામ સૂત્રદળ$^{-1}$ છે. સામાન્ય તાપમાને **એક લિટર જલીય દ્રાવણમાં પદાર્થના એક ગ્રામ સૂત્રદળ જેટલું વજન ઓગળતાં બનતા દ્રાવણને એક ફૉર્મલ દ્રાવણ કહે છે. આ રીતે દર્શાવાતી સાંદ્રતાને ફૉર્માલિટી કહે છે. તેને F સંજ્ઞા દ્વારા દર્શાવવામાં આવે છે.**

$$\text{ફૉર્માલિટી (F)} = \frac{1000 \times \text{દ્રાવ્યનું વજન (ગ્રામમાં)}}{\text{દ્રાવ્યનું પ્રમાણસૂચક સૂત્રદળ} \times \text{દ્રાવણનું કદ (મિલિ)}}$$

474 ગ્રામ પોટાશ ઍલમને પાણીમાં ઓગાળી દ્રાવણ એક લિટર બનાવતાં તેની સાંદ્રતા 1F બને છે. સામાન્ય રીતે ફૉર્માલિટી એકમ ફાર્મસી અને તબીબી વિજ્ઞાનક્ષેત્રમાં વધુ પ્રચલિત છે.

દાખલો 1 : 5 લિટર દ્રાવણમાં 948 ગ્રામ પોટાશ ઍલમ દ્રાવ્ય થયેલો હોય, તો દ્રાવણની ફૉર્માલિટી ગણો.

ઉકેલ : પોટાશ ઍલમનું પ્રમાણસૂચક સૂત્રદળ 474 ગ્રામ સૂત્રદળ$^{-1}$ છે.

$$\text{પોટાશ ઍલમની ફૉર્માલિટી (F)} = \frac{1000 \times \text{દ્રાવ્યનું વજન (ગ્રામમાં)}}{\text{દ્રાવ્યનું પ્રમાણસૂચક સૂત્રદળ} \times \text{દ્રાવણનું કદ (મિલિ)}}$$

$$= \frac{1000 \times 948}{474 \times 5000} = 0.4\ \text{F}$$

પોટાશ ઍલમના દ્રાવણની ફૉર્માલિટી 0.4 F થશે.

(2) કદથી ટકાવારી (Volume percentage % V / V) : 100 મિલિ દ્રાવણમાં દ્રાવ્ય થયેલા પદાર્થના કદ(મિલિ)ને કદથી ટકાવારી (% V / V) કહે છે. આ પ્રકારના દ્રાવણને દ્રાવ્યના કદને અનુલક્ષીને પ્રતિશત પ્રમાણ કહે છે. ગાણિતિક રીતે તેને નીચે પ્રમાણે લખી શકાય :

$$\% \text{ V/V} = \frac{100 \times \text{દ્રાવ્યનું કદ}}{\text{દ્રાવ્યનું કદ} + \text{દ્રાવકનું કદ}} = \frac{100 \times \text{દ્રાવ્યનું કદ (મિલિ)}}{\text{દ્રાવણનું કદ (મિલિ)}}$$

દા.ત., 10 % V / V ઈથેનોલનું પાણીમાં દ્રાવણ એટલે 10 મિલિ ઈથેનોલને પાણીમાં ઓગાળી દ્રાવણનું કદ 100 મિલિ થાય છે. સામાન્ય રીતે **દ્રાવ્ય અને દ્રાવક બંને પ્રવાહી અવસ્થામાં હોય તો તેનાથી બનતા પ્રવાહી દ્રાવણની સાંદ્રતા આ એકમથી દર્શાવાય છે.**

દાખલો 2 : 2 લિટર ઈથેનોલના જલીય દ્રાવણમાં 200 મિલિ ઈથેનોલ દ્રાવ્ય થયેલો હોય તો તેની % V / V ગણો.

ઉકેલ : 2 લિટર ઈથેનોલનું દ્રાવણ એટલે 2000 મિલિ દ્રાવણ કહેવાય.

$$\text{હવે, } \% \text{ V / V} = \frac{100 \times \text{ઈથેનોલનું કદ}}{\text{દ્રાવણનું કદ}} = \frac{100 \times 200}{2000} = 10 \%$$

તેથી, ઈથેનોલના જલીય દ્રાવણની સાંદ્રતા 10 % V / V થશે.

દાખલો 3 : 15 % V / V કેરોસીનનું પેટ્રોલમાં 5 લિટર દ્રાવણ બનાવવા માટે કેટલા મિલિ કેરોસીનની જરૂર પડે ?

ઉકેલ : 5 લિટર દ્રાવણ = 5000 મિલિ દ્રાવણ

$$\text{હવે, } \% \text{ V / V} = \frac{100 \times \text{કેરોસીનનું કદ (મિલિ)}}{\text{દ્રાવણનું કદ (મિલિ)}}$$

$$\therefore 15 = \frac{100 \times \text{કેરોસીનનું કદ}}{5000}$$

$$\therefore \text{કેરોસીનનું કદ} = \frac{15 \times 5000}{100} = 750 \text{ મિલિ}$$

∴ 15 % V / V 5 લિટર દ્રાવણ બનાવવા માટે 750 મિલિ કેરોસીનની જરૂર પડશે.

(3) વજન-કદથી ટકાવારી (% W / V) (Mass by volume percentage) : 100 મિલિ દ્રાવણમાં ઓગાળેલા દ્રાવ્ય પદાર્થના વજન(ગ્રામ)ને વજન-કદથી ટકાવારી (% W / V) કહે છે. આ પ્રકારના દ્રાવણને દ્રાવ્યના વજનને અનુલક્ષી પ્રતિશત પ્રમાણ કહે છે. ગાણિતિક રીતે તેને નીચે પ્રમાણે લખી શકાય :

$$(\% \text{ W / V}) = \frac{100 \times \text{દ્રાવ્યનું વજન (ગ્રામ)}}{\text{દ્રાવણનું કદ (મિલિ)}}$$

દા.ત., 5 % W / V ખાંડનું જલીય દ્રાવણ એટલે 100 મિલિ દ્રાવણમાં 5 ગ્રામ ખાંડ દ્રાવ્ય થયેલી હશે. સામાન્ય રીતે ફાર્મસી અને તબીબીક્ષેત્રે દ્રાવણની સાંદ્રતા દર્શાવવા આ એકમ વપરાય છે.

દાખલો 4 : 5 % W/V ખાંડનું 2 લિટર જલીય દ્રાવણ બનાવવા કેટલા ગ્રામ ખાંડની જરૂર પડશે ?

ઉકેલ : 2 લિટર દ્રાવણ = 2000 મિલિ દ્રાવણ

$$\text{હવે, } \% \ W / V = \frac{100 \times \text{ખાંડનું વજન (ગ્રામ)}}{\text{દ્રાવણનું કદ (મિલિ)}}$$

$$\therefore \ 5 = \frac{100 \times \text{ખાંડનું વજન}}{2000}$$

$$\text{ખાંડનું વજન} = \frac{5 \times 2000}{100} = 100 \text{ ગ્રામ}$$

∴ 5 % W / V સાંદ્રતા ધરાવતું 2 લિટર દ્રાવણ બનાવવા 100 ગ્રામ ખાંડની જરૂર પડશે.

દાખલો 5 : 5 લિટર દ્રાવણમાં 200 ગ્રામ યૂરિયા દ્રાવ્ય થયેલો હોય તો તેના % W / V ગણો.

ઉકેલ : 5 લિટર દ્રાવણ = 5000 મિલિ દ્રાવણ

$$\text{હવે } \% \ W / V = \frac{100 \ \times \text{યૂરિયાનું વજન ગ્રામ}}{\text{દ્રાવણનું કદ (મિલિ)}} = \frac{100 \times 200}{5000} = 4 \ \%$$

∴ યુરિયાના દ્રાવણની સાંદ્રતા 4 % W / V થશે.

(4) પાર્ટ્સ પર મિલિયન (Parts per million) : કેટલીક વખત દ્રાવણમાં દ્રાવ્યની માત્રા ખૂબ જ અલ્પ પ્રમાણમાં હોય ત્યારે તેની સાંદ્રતા પાર્ટ્સ પર મિલિયન (ppm) વડે દર્શાવાય છે. જેમ કે હવામાં પ્રદૂષકનું પ્રમાણ, દરિયાના પાણીમાં દ્રાવ્ય થયેલા O_2 વાયુનું પ્રમાણ, પાણીમાં પ્રદૂષકનું પ્રમાણ વગેરે આ એકમથી દર્શાવાય છે. પાર્ટ્સ પર મિલિયન એકમ જુદી જુદી ત્રણ રીતે રજૂ કરી શકાય છે. વજનથી પાર્ટ્સ પર મિલિયન, વજન-કદથી પાર્ટ્સ પર મિલિયન અને કદથી પાર્ટ્સ પર મિલિયન.

વજન-કદથી પાર્ટ્સ પર મિલિયન (Parts per million by mass to volume) : એક લિટર દ્રાવણમાં ઓગળેલા દ્રાવ્યના મિલિગ્રામમાં વજનને વજન-કદથી પાર્ટ્સ પર મિલિયન કહે છે.

$$\text{વજન-કદથી પાર્ટ્સ પર મિલિયન} = \frac{\text{દ્રાવ્યનો જથ્થો (મિલિગ્રામ)}}{\text{દ્રાવણનો જથ્થો (લિટર)}} \qquad (2.1)$$

તેથી વજન-કદથી પાર્ટ્સ પર મિલિયનનો એકમ મિલિગ્રામ લિટર$^{-1}$ લખી શકાય.

હવે સમીકરણ (2.1)માં દ્રાવ્યનો જથ્થો ગ્રામમાં અને દ્રાવણનું કદ મિલિમાં રજૂ કરતાં

$$\text{વજન-કદથી પાર્ટ્સ પર મિલિયન} = \frac{\text{દ્રાવ્યનો જથ્થો (ગ્રામ)}}{\text{દ્રાવણનું કદ (મિલિ)}} \times 10^6$$

$$= \frac{\text{દ્રાવ્યનો જથ્થો (માઇક્રો ગ્રામ)}}{\text{દ્રાવણનું કદ (મિલિ)}} \qquad (2.2)$$

તેથી વજન-કદથી પાર્ટ્સ પર મિલિયનનો એકમ માઇક્રોગ્રામમિલિ$^{-1}$ પણ લખી શકાય.

દાખલો 6 : 2 લિટર દ્રાવણમાં 2×10^{-6} કિગ્રામ સલ્ફર દ્રાવ્ય થયેલો હોય, તો દ્રાવણના વજન-કદથી પાર્ટ્સ પર મિલિયન ગણો.

ઉકેલ : દ્રાવણનું કદ = 2 લિટર = 2×10^3 મિલિ

(દ્રાવ્ય) સલ્ફરનું વજન = 2×10^{-6} કિગ્રામ = 2×10^{-3} ગ્રામ

∴ પાર્ટ્સ પર મિલિયન વજન-કદથી $= \frac{\text{દ્રાવ્યનો જથ્થો (ગ્રામ)}}{\text{દ્રાવણનું કદ (મિલિ)}} \times 10^6$

$$= \frac{2 \times 10^{-3}}{2 \times 10^3} \times 10^6 = 1$$

∴ દ્રાવણના વજન-કદથી પાર્ટ્સ પર મિલિયન 1 માઇક્રોગ્રામમિલિ$^{-1}$ હશે.

તાપમાન બદલાતાં મોલાલિટી, મોલઅંશ, વજનથી ટકાવારીનાં મૂલ્યો બદલાતાં નથી, કારણ કે તેમાં કદનો સમાવેશ નથી. કદ તાપમાન ઉપર આધાર રાખે છે જ્યારે મોલારિટી, નૉર્માલિટી, કદથી ટકાવારી, વજન-કદથી ટકાવારી, ફૉર્માલિટી, વજન-કદથી પાર્ટ્સ પર મિલિયનનાં મૂલ્યો તાપમાન બદલાતાં બદલાય છે. કારણ કે તેમાં કદનો સમાવેશ થાય છે, જે તાપમાન પર આધાર રાખે છે.

2.4 વાયુઓની દ્રાવ્યતા (વાયુમય દ્રાવ્યની પ્રવાહી દ્રાવકમાં દ્રાવ્યતા) (Solubity of Gases (Solubility of Gasous Solute in Liquid Solvent))

આપેલા તાપમાને અને દબાણે ચોક્કસ જથ્થાના દ્રાવકમાં ઓગળેલા વાયુમય દ્રાવ્યના મહત્તમ જથ્થાને તે વાયુની દ્રાવ્યતા કહે છે. વાયુમય દ્રાવ્ય અને પ્રવાહી દ્રાવકના સમાંગ મિશ્રણથી બનતા પ્રવાહી દ્રાવણમાં વાયુ દ્રાવ્યતા પર અસર કરતાં પરિબળો નીચે મુજબ છે :

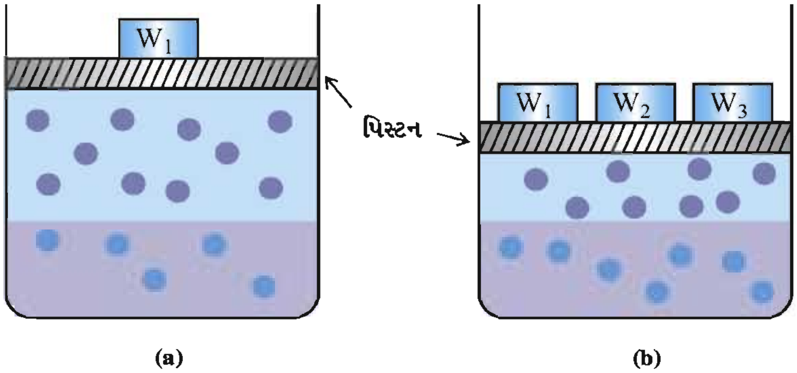
(1) વાયુમય દ્રાવ્ય અને દ્રાવકનો સ્વભાવ : H_2, O_2 અને N_2 જેવા વાયુમય દ્રાવ્યની દ્રાવ્યતા પાણીમાં ઓછી છે પરંતુ તેની દ્રાવ્યતા ઇથાઇલ આલ્કોહૉલમાં વધારે છે. વળી H_2S અને NH_3 જેવા વાયુમય દ્રાવ્યની દ્રાવ્યતા પાણીમાં વધારે છે, જ્યારે ઇથાઇલ આલ્કોહૉલમાં દ્રાવ્યતા ઓછી છે. તેથી દ્રાવ્યતાનો આધાર વાયુમય દ્રાવ્ય અને દ્રાવકના સ્વભાવ પર રહે છે.

(2) તાપમાનની અસર : વાયુમય દ્રાવ્યની પ્રવાહી દ્રાવકમાં દ્રાવ્યતા તાપમાન વધતા ઘટે છે. તાપમાન વધારતા દ્રાવણમાં ઓગળેલો વાયુમય દ્રાવ્ય સામાન્ય રીતે દ્રાવણમાંથી ઊડી જાય છે અને તેથી તાપમાન વધતા વાયુમય દ્રાવ્યની દ્રાવ્યતા ઘટે છે. આ અસરને લ-શટેલિયરના સિદ્ધાંત દ્વારા પણ સમજાવી શકાય.

$$\text{વાયુમય દ્રાવ્ય} + \text{પ્રવાહી દ્રાવક} \rightleftharpoons \text{દ્રાવણ} + \text{ઊર્જા}$$

વાયુમય દ્રાવ્યની પ્રવાહી દ્રાવકમાં દ્રાવ્ય થવાની પ્રક્રિયા ઉષ્માક્ષેપક પ્રક્રિયા છે. હવે સંતુલનમાં રહેલી આ પ્રક્રિયા માટે તાપમાન વધારતાં, લ-શટેલિયરના સિદ્ધાંત પ્રમાણે સંતુલન પ્રતિમાર્ગી દિશામાં ખસે છે. તેથી વાયુમય દ્રાવ્યની દ્રાવ્યતામાં ઘટાડો થાય છે.

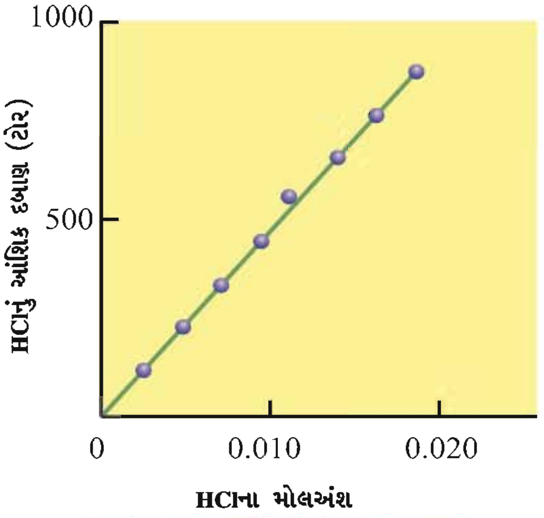
(3) દબાણની અસર : દબાણ વધારવાથી વાયુમય દ્રાવ્યની પ્રવાહી દ્રાવકમાં દ્રાવ્યતા વધે છે. દ્રાવણની સપાટી ઉપર રહેલા વાયુમય દ્રાવ્યનું દબાણ વધારતા દ્રાવણમાં ઓગળતા વાયુની સાંદ્રતા વધે છે. આમ, વાયુમય દ્રાવ્યની દ્રાવ્યતામાં વધારો થાય છે. આકૃતિ 2.1(a)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે પ્રણાલીમાં ઉપરના ભાગે વાયુમય દ્રાવ્ય છે જ્યારે નીચેનો ભાગ પ્રવાહી દ્રાવકમાં વાયુમય દ્રાવ્ય ઓગળવાથી બનેલું દ્રાવણ છે. T_1 તાપમાને અને P_1 દબાણે વાયુમય દ્રાવ્ય અને દ્રાવણ વચ્ચે સંતુલન સ્થપાયેલું હોવાથી વાયુના અણુઓનું પ્રવાહી દ્રાવણમાં દાખલ થવાની અને દ્રાવણમાંથી વાયુમય દ્રાવ્યના અણુઓની બહાર



આકૃતિ 2.1 વાયુની દ્રાવ્યતા ઉપર દબાણની અસર
દ્રાવ્ય થયેલા વાયુની સાંદ્રતા તે દ્રાવણ ઉપરના
વાયુના દબાણને સમપ્રમાણમાં હોય છે

આવવાની ક્રિયાનો વેગ સરખો છે. હવે આકૃતિ 2.1(b)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે પ્રણાલી પર T_1 તાપમાને તેનું દબાણ P_1થી વધારીને P_2 કરતાં વાયુમય દ્રાવ્યે દ્રાવણની સપાટી ઉપર રોકેલા કદમાં ઘટાડો થાય છે અને એકમ કદમાં રહેલા વાયુમય દ્રાવ્યના અણુઓની સંખ્યા વધે છે. તેથી પ્રવાહી દ્રાવણની સપાટી સાથે અથડાતાં વાયુમય અણુઓની સંખ્યા વધતા દ્રાવણમાં દાખલ થતા અણુઓની સંખ્યા વધે છે. આમ, વાયુમય દ્રાવ્યની દ્રાવ્યતામાં વધારો થાય છે અને છેવટે સંતુલન સ્થપાય છે. તેથી દ્રાવણ ઉપર રહેલા વાયુમય દ્રાવ્યનું દબાણ વધતાં વાયુમય દ્રાવ્યની દ્રાવ્યતામાં વધારો થાય છે.

હેન્રીનો નિયમ (Henry's Law) : વાયુમય દ્રાવ્યની પ્રવાહી દ્રાવકમાં દ્રાવ્યતા અને દબાણ વચ્ચેનો જથ્થાત્મક સંબંધ સૌપ્રથમ હેન્રીએ રજૂ કર્યો. 1803માં હેન્રીએ સ્પષ્ટ કર્યું કે નિયત તાપમાને, વાયુમય દ્રાવ્યની પ્રવાહી દ્રાવકમાં દ્રાવ્યતાનો આધાર વાયુમય દ્રાવ્યના દબાણ પર રહેલો છે. જેના આધારે હેન્રીનો નિયમ દર્શાવે છે કે, **'અચળ તાપમાને વાયુમય દ્રાવ્યની પ્રવાહી દ્રાવકમાં દ્રાવ્યતા તે વાયુમય દ્રાવ્યના દબાણના સમપ્રમાણમાં હોય છે.'**



આકૃતિ 2.2 સાઇક્લો હેક્ઝેનના દ્રાવણમાં
HClની દ્રાવ્યતા (મોલઅંશમાં)

સમકાલીન ડાલ્ટને પણ સ્વતંત્ર રીતે તારણ કાઢ્યું કે, પ્રવાહી દ્રાવણમાં વાયુમય દ્રાવ્યની દ્રાવ્યતા, વાયુના આંશિક દબાણનું પરિબળ છે. જો દ્રાવ્યતા માટે દ્રાવણમાંના વાયુમય દ્રાવ્યના મોલઅંશ ગણીએ તો 'દ્રાવણ ઉપર રહેલા વાયુમય દ્રાવ્યનું વિભાગીય દબાણ, દ્રાવણમાં રહેલા તે વાયુમય દ્રાવ્યના મોલઅંશને સપ્રમાણમાં હોય છે.' જો એકમ કદના દ્રાવકમાં X મોલઅંશ વાયુમય દ્રાવ્ય ઓગાળેલો હોય અને તેનું આંશિક દબાણ p હોય, તો હેન્રીના નિયમ મુજબ તેને ગાણિતિક રીતે લખતાં $p \propto X$.

$\therefore p = K_H X$ જ્યાં, K_H હેન્રી અચળાંક છે.

હવે જો દ્રાવણમાં વાયુમય દ્રાવ્યના મોલઅંશ (X) અને તેના આંશિક દબાણ (p) વચ્ચેનો આલેખ દોરવામાં આવે, તો આલેખ આકૃતિ 2.2માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે સીધી રેખામાં પ્રાપ્ત થાય છે અને તેના ઢાળનું મૂલ્ય K_Hના મૂલ્ય જેટલું હોય છે. K_Hનો એકમ બાર છે. જુદા જુદા વાયુમય દ્રાવ્ય માટે અચળ તાપમાને હેન્રી અચળાંક K_Hનાં મૂલ્યો જુદા જુદા હોય છે, જે K_H વાયુના સ્વભાવનું પરિબળ દર્શાવે છે. તેવી જ રીતે દરેક વાયુમય દ્રાવ્ય માટે તાપમાન બદલાતાં K_Hનાં મૂલ્યોમાં ફેરફાર થાય છે જે કોષ્ટક 2.2માં દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક 2.2 કેટલાક વાયુઓ પાણીમાં દ્રાવ્ય થતાં તેના હેન્રીના નિયમના અચળાંકનાં મૂલ્યો

વાયુ	તાપમાન (K)	K_H (kbar)	વાયુ	તાપમાન (K)	K_H (kbar)
He	293	144.97	આર્ગોન	298	40.3
H_2	293	69.16	CO_2	298	1.67
N_2	293	76.48	ફોર્માલ્ડીહાઇડ	298	1.83×10^{-5}
N_2	303	88.4	મિથેન	298	0.413
O_2	293	34.86	વિનાઇલ ક્લોરાઇડ	298	0.611
O_2	303	46.82			

કોષ્ટક 2.2માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે K_Hનાં મૂલ્યો પરથી નીચે દર્શાવેલા પરિણામ તારવી શકાય :

(1) જેમ K_Hનું મૂલ્ય વધારે તેમ વાયુમય દ્રાવ્યની દ્રાવ્યતા ઘટે છે.

(2) તાપમાન વધતાં K_H નું મૂલ્ય વધે છે એટલે કે વાયુમય દ્રાવ્યની દ્રાવ્યતા ઘટે છે.

હેન્રીના નિયમની મર્યાદા :

(1) ઊંચા તાપમાને અને નીચા દબાણે જે વાયુઓની વર્તણૂક આદર્શ હોય તેવાં વાયુમય દ્રાવ્યોને આ નિયમ લાગુ પાડી શકાય છે.

(2) જ્યારે દ્રાવ્ય દ્રાવકમાં દ્રવિત થાય છે ત્યારે તેનું સુયોજન કે વિયોજન ન થતું હોય તેવાં દ્રાવ્યને આ નિયમ લાગુ પાડી શકાય છે.

(3) જ્યારે વાયુમય દ્રાવ્ય પ્રવાહી દ્રાવકમાં દ્રાવ્ય થાય ત્યારે તે દ્રાવક સાથે પ્રક્રિયા કરી સંયોજન બનાવતો ન હોય તેવા વાયુમય દ્રાવ્ય માટે આ નિયમ લાગુ પાડી શકાય છે.

હેન્રીના નિયમની ઉપયોગિતાઓ : હેન્રીના નિયમનો ઉપયોગ ઔદ્યોગિક ક્ષેત્રે અને કેટલીક જૈવ-રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ સમજવા માટે થાય છે.

(1) ઠંડાં પીણાં, સોડાવૉટર, બીયર, શેમ્પેઇન વગેરેમાં CO_2 વાયુની દ્રાવ્યતા વધારવા માટે વાયુને ઊંચા દબાણે બૉટલમાં ભરીને બંધ કરવામાં આવે છે.

(2) ફેફસાંમાં દાખલ થતા ઑક્સિજન વાયુનું આંશિક દબાણ વધુ હોવાથી તે હિમોગ્લોબિન સાથે પ્રક્રિયા કરી ઑક્સિહિમોગ્લોબિન બનાવે છે. પેશીઓમાં ઑક્સિજન વાયુનું આંશિક દબાણ ઓછું હોવાથી, અહીં ઑક્સિહિમોગ્લોબિન પોતાનામાંથી ઑક્સિજન વાયુ મુક્ત કરે છે, જે કોષના કાર્યમાં ઉપયોગી બને છે.

(3) મરજીવા દરિયામાં ડૂબકી મારતી વખતે ઊંચા દબાણે ભરેલા 2 % O_2 અને 98 % He વાયુના મિશ્રણના સિલિન્ડરનો ઉપયોગ કરે છે. હાલમાં 11.7 % He, 56.2 % N_2 અને 32.1 % O_2 વાયુનું મિશ્રણ ધરાવતા સિલિન્ડરનો ઉપયોગ પણ થાય છે.

દાખલો 7 : 298 K તાપમાને CO_2 વાયુનું આંશિક દબાણ 2×10^{-8} બાર હોય, તો તેની પાણીમાં દ્રાવ્યતા મોલઅંશમાં ગણો. CO_2 વાયુ માટે K_Hનું મૂલ્ય 6.02×10^{-4} બાર છે.

ઉકેલ : હેન્રીના નિયમ મુજબ, $p_{CO_2} = K_H \cdot X_{CO_2}$

$$X_{CO_2} = \frac{p_{CO_2}}{K_H} = \frac{2 \times 10^{-8} \text{ બાર}}{6.02 \times 10^{-4} \text{ બાર}}$$

$$= 3.322 \times 10^{-5}$$

$\therefore$ CO_2 વાયુની પાણીમાં દ્રાવ્યતા 3.322×10^{-5} મોલઅંશ હશે.

દાખલો 8 : 273 K તાપમાને He વાયુના સંતૃપ્ત દ્રાવણમાં તેના મોલઅંશ 2.4×10^{-3} હોય, તો દ્રાવણ પર He વાયુનું આંશિક દબાણ ગણો. હેન્રી અચળાંકનું મૂલ્ય 6.71×10^{-6} બાર છે.

ઉકેલ : હેન્રીના નિયમ મુજબ, $p_{He} = K_H \cdot X_{He}$

$$= 6.71 \times 10^{-6} \times 2.4 \times 10^{-3}$$

$$= 1.61 \times 10^{-8} \text{ બાર}$$

∴ દ્રાવણ પર He વાયુનું આંશિક દબાણ 1.61×10^{-8} બાર હશે.

દાખલો 9 : 298 K તાપમાને CO_2 વાયુ પાણીમાંથી પસાર કરતાં 900 મિલિ પાણીમાં કેટલા મિલિ મોલ CO_2 વાયુ દ્રાવ્ય થશે ? K_Hનું મૂલ્ય 6.02×10^{-4} બાર અને CO_2 વાયુનું આંશિક દબાણ 2×10^{-8} બાર છે.

ઉકેલ : CO_2 વાયુના મોલઅંશ $= \dfrac{p_{CO_2}}{K_H} = \dfrac{2 \times 10^{-8}}{6.02 \times 10^{-4}}$

$$= 3.322 \times 10^{-5}$$

હવે, પાણીની ઘનતા 1 ગ્રામ મિલિ$^{-1}$ હોવાથી 900 મિલિ પાણીનું વજન 900 ગ્રામ લઈ શકાય.

∴ H_2Oના મોલ $= \dfrac{w}{M} = \dfrac{900}{18} = 50$ મોલ

ધારો કે CO_2ના મોલ n હોય, તો કુલ મોલ $= (n + 50) \cong 50$ લઈ શકાય.

CO_2ના મોલઅંશ $= \dfrac{CO_2\text{ના મોલ}}{\text{કુલ મોલ}}$

$$3.322 \times 10^{-5} = \frac{n}{50}$$

∴ $n = 3.322 \times 10^{-5} \times 50$

$= 1.661 \times 10^{-3}$ મોલ

$= 1.661 \times 10^{-3} \times 10^{+3}$ મિલિમોલ

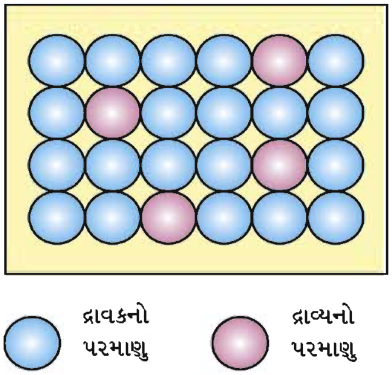
$= 1.661$ મિલિ મોલ

∴ 900 મિલિ પાણીમાં 1.661 મિલિ મોલ CO_2 વાયુ દ્રાવ્ય થશે.

2.5 ઘન દ્રાવ્યની ઘન દ્રાવકમાં દ્રાવ્યતા (Solubity of Solid Solute in Solid Solvent)

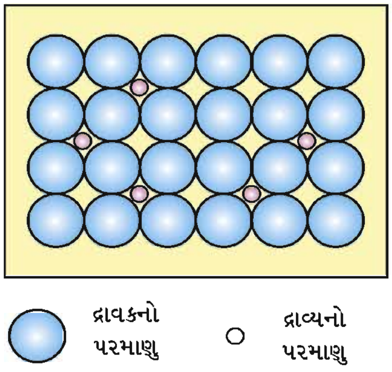
ઘન દ્રાવ્ય જ્યારે ઘન દ્રાવકમાં દ્રાવ્ય થઈને ઘન દ્રાવણ બનાવે છે ત્યારે અણુઓની ગોઠવણી આવાં દ્રાવણોમાં બે રીતે થાય છે : (1) વિસ્થાપિત ઘન દ્રાવણ (2) આંતરાલીય ઘન દ્રાવણ.

(1) વિસ્થાપિત ઘન દ્રાવણ : આકૃતિ 2.3માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે જ્યારે ઘન દ્રાવ્ય અને ઘન દ્રાવકના પરમાણુઓના કદ લગભગ સમાન હોય ત્યારે દ્રાવકના પરમાણુઓની ગોઠવણીમાં, દ્રાવ્યના પરમાણુઓ આવે તથા પરમાણુઓનું ગોઠવણીમાં વિસ્થાપન થાય છે અને દ્રાવ્યના પરમાણુઓ તેમાં ગોઠવાતાં ઘન દ્રાવણ તૈયાર થાય છે. આ પ્રકારના દ્રાવણને વિસ્થાપિત ઘન દ્રાવણ કહે છે. દા.ત., પિત્તળ, બ્રૉન્ઝ, સ્ટીલ, મોનલમૅટલ વગેરે.



આકૃતિ 2.3

(2) આંતરાલીય ઘન દ્રાવણ : આકૃતિ 2.4માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે જ્યારે ઘન દ્રાવ્ય અને ઘન દ્રાવકના પરમાણુઓના કદમાં મોટો તફાવત હોય ત્યારે અહીં મોટા પરમાણુઓની ગોઠવણીમાં ઉદ્‌ભવતાં આંતરાલીય છિદ્રમાં નાના પરમાણુઓની ગોઠવણી થાય છે. આ પ્રકારના દ્રાવણને આંતરાલીય ઘન દ્રાવણ કહે છે. દા.ત., ટંગસ્ટન કાર્બાઇડ (WC).



આકૃતિ 2.4

ઘન દ્રાવ્યની પ્રવાહી દ્રાવકમાં દ્રાવ્યતા : અચળ તાપમાને અને દબાણે આપેલા પ્રવાહી દ્રાવકમાં ઘન દ્રાવ્યનો મહત્તમ જથ્થો ઓગળેલો હોય ત્યારે દ્રાવ્યની તે સાંદ્રતાને તેની દ્રાવ્યતા કહે છે. હવે આ પરિસ્થિતિએ દ્રાવણમાં વધુ દ્રાવ્ય પદાર્થ ઓગાળી શકાશે નહિ. આ દ્રાવણને તે પરિસ્થિતિએ સંતૃપ્ત દ્રાવણ કહે છે. સંતૃપ્ત દ્રાવણમાં ઓગળ્યા વિનાનો ઘન દ્રાવ્ય અને દ્રાવણ વચ્ચે સંતુલન સ્થપાયેલું હોય છે.

ઘન દ્રાવ્ય + પ્રવાહી દ્રાવક $\rightleftharpoons$ પ્રવાહી દ્રાવણ

દરેક ઘન પદાર્થ બધા જ પ્રવાહી દ્રાવકમાં દ્રાવ્ય થાય તે જરૂરી નથી. દા.ત., મીઠું કે સુરોખાર જેવા આયનીય ઘન દ્રાવ્ય પાણી જેવા ધ્રુવીય દ્રાવકમાં દ્રાવ્ય થાય છે. પરંતુ તે બેન્ઝિન કે કાર્બન ટેટ્રાક્લોરાઇડ જેવા અધ્રુવીય પ્રવાહી દ્રાવકમાં દ્રાવ્ય થતા નથી. કારણ કે સામાન્ય રીતે આયનીય ઘન દ્રાવ્ય ધ્રુવીય પ્રવાહી દ્રાવકમાં દ્રાવ્ય થાય છે, તેવી જ રીતે નૅપ્થેલિન જેવા સહસંયોજક ઘન દ્રાવ્ય જે અધ્રુવીય દ્રાવ્ય છે તે અધ્રુવીય પ્રવાહી દ્રાવક બેન્ઝિનમાં દ્રાવ્ય થાય છે, પણ પાણી જેવા ધ્રુવીય પ્રવાહી દ્રાવકમાં અદ્રાવ્ય રહે છે. કારણ કે સામાન્ય રીતે અધ્રુવીય ઘન દ્રાવ્ય, અધ્રુવીય પ્રવાહી દ્રાવકમાં દ્રાવ્ય થાય છે અને ધ્રુવીય પ્રવાહી દ્રાવકમાં અદ્રાવ્ય રહે છે.

આમ, દ્રાવ્યતાનો આધાર દ્રાવ્ય અને દ્રાવકના સ્વભાવ પર રહેલો છે. આ ઉપરાંત દ્રાવ્યતાનો આધાર બીજાં બે અગત્યનાં પરિબળો – તાપમાન અને દબાણ પર પણ રહેલો છે.

તાપમાનની અસર : જ્યારે ઘન દ્રાવ્ય પ્રવાહી દ્રાવકમાં દ્રાવ્ય થઈને દ્રાવણ બનાવે છે ત્યારે તેમાં નીચે મુજબ સંતુલન સ્થપાય છે :

દ્રાવ્ય (ઘન) + દ્રાવક (પ્રવાહી) $\rightleftharpoons$ દ્રાવણ (પ્રવાહી)

જો આ સંતુલનમાં રહેલી પ્રક્રિયા ઉષ્માશોષક હોય તો લ-શટેલિયરના સિદ્ધાંત પ્રમાણે તાપમાન વધતાં પ્રક્રિયા પુરોમાર્ગી થશે અને તેથી દ્રાવ્યતા વધે છે તથા જો આ સંતુલનમાં રહેલી પ્રક્રિયા ઉષ્માક્ષેપક હોય, તો તાપમાન વધતાં લ-શટેલિયરના સિદ્ધાંત પ્રમાણે પ્રક્રિયા પ્રતિમાર્ગી થશે અને તેથી દ્રાવ્યતા ઘટે છે.

દબાણની અસર : ઘન દ્રાવ્ય પદાર્થ પ્રવાહી દ્રાવકમાં દ્રાવ્ય થઈ પ્રવાહી દ્રાવણ બનાવે છે, ત્યારે અહીંયાં પ્રક્રિયા સાથે સંકળાયેલા પદાર્થો ઘન કે પ્રવાહી અવસ્થામાં હોવાથી તે અસંકોચનનો ગુણધર્મ ધરાવે છે. તેથી તેના પર દબાણની અસર ખૂબ ઓછી અથવા નહિવત્ છે.

2.6 દ્રાવણ સંખ્યાત્મક ગુણધર્મો (Solution Colligative Properties)

જ્યારે શુદ્ધ દ્રાવકમાં પદાર્થ ઓગળીને કે મિશ્ર થઈને દ્રાવણ બનાવે છે ત્યારે દ્રાવકના કેટલાક ગુણધર્મોમાં ફેરફાર થાય છે. જેમ કે શુદ્ધ દ્રાવક કરતાં તેમાંથી બનતા દ્રાવણનું બાષ્પદબાણ ઓછું થાય છે (ઘટે છે), જ્યારે ઉત્કલનબિંદુ વધે છે અને ઠારબિંદુ ઘટે છે. અભિસરણદબાણમાં પણ ફેરફાર થાય છે. આ ગુણધર્મોમાં થતાં ફેરફારનો આધાર દ્રાવ્યના સંખ્યાકણની સાંદ્રતા પર છે, પરંતુ તેના સ્વભાવ પર નથી. તેથી આ ગુણધર્મોને દ્રાવણ સંખ્યાત્મક ગુણધર્મો કહે છે. દા.ત., 1 m સાંદ્રતા ધરાવતા ગ્લુકોઝ સાથે, NaCl અને $BaCl_2$ના જલીય દ્રાવણ લઈ સંખ્યાત્મક ગુણધર્મોનો અભ્યાસ કરતાં, માલૂમ પડ્યું કે દરેક દ્રાવણની મોલલ સાંદ્રતા સમાન છે, પરંતુ તેમાં ઓગળેલા દ્રાવ્યના સંખ્યાકણો સમાન નથી. ગ્લુકોઝના દ્રાવણમાં દ્રાવ્યના સંખ્યાકણો 1 m, NaClના દ્રાવણમાં સંખ્યાકણો 2 m અને $BaCl_2$ના દ્રાવણમાં સંખ્યાકણો 3 m હોવાથી તેમના સંખ્યાત્મક ગુણધર્મો અનુક્રમે 1 : 2 : 3ના પ્રમાણમાં હોય છે. આમ, આ દ્રાવણ સંખ્યાત્મક ગુણધર્મો દ્રાવણની સાંદ્રતા પર નહિ પરંતુ દ્રાવણમાં હાજર દ્રાવ્યના સંખ્યાકણોની સાંદ્રતા પર આધાર રાખે છે.

2.7 દ્રાવણનું બાષ્પદબાણ (Vapour Pressure of Solution)

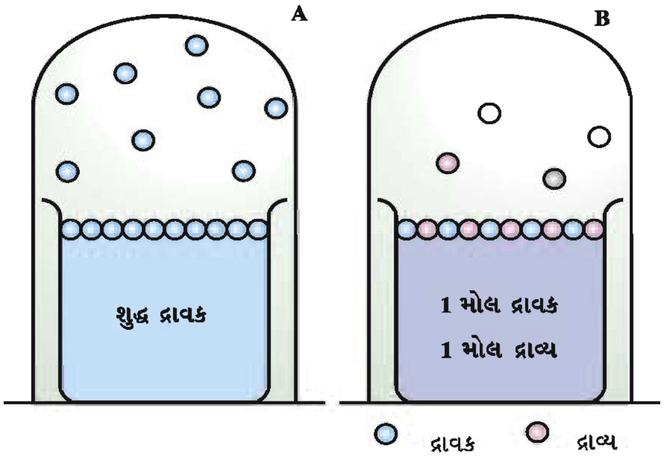
વાયુમય દ્રાવ્ય, પ્રવાહી દ્રાવકમાં ઓગળીને દ્રાવણ બનાવે છે. તેનો અભ્યાસ કર્યા પછી હવે ઘન દ્રાવ્ય અને પ્રવાહી દ્રાવક તેમજ પ્રવાહી દ્રાવ્ય અને પ્રવાહી દ્રાવક વડે બનતા પ્રવાહી દ્રાવણ જે દ્વિઅંગી દ્રાવણ છે, તેના બાષ્પદબાણનો અભ્યાસ કરીશું. ઘન દ્રાવ્યનું બાષ્પદબાણ નોંધપાત્ર હોતું નથી પરંતુ પ્રવાહી દ્રાવ્ય અને પ્રવાહી દ્રાવણને બાષ્પદબાણ હોય છે. ચોક્કસ તાપમાને પ્રવાહી દ્રાવક / દ્રાવણમાં પ્રવાહીમાંથી બાષ્પ અને બાષ્પમાંથી પ્રવાહી ક્રિયાનો વેગ સમાન બનતાં સંતુલન સ્થપાય છે અને તેથી ચોક્કસ તાપમાને દ્રાવણની સપાટી ઉપર લાગતું બાષ્પનું દબાણ અચળ બને છે, જેને દ્રાવણનું બાષ્પદબાણ કહે છે. બાષ્પદબાણ પર અસર કરતાં પરિબળો નીચે મુજબ છે :

(1) પ્રવાહીનો સ્વભાવ : પ્રવાહીના અણુઓ વચ્ચે જેમ આણ્વિય આકર્ષણબળ ઓછું તેમ બાષ્પદબાણ વધુ હોય છે. કારણ કે નિર્બળ આકર્ષણને કારણે પ્રવાહીના અણુઓ વધુ ને વધુ બાષ્પ અવસ્થામાં ફેરવાય છે તેથી બાષ્પદબાણ વધે છે.

(2) તાપમાન : જેમ પ્રવાહીનું તાપમાન વધુ તેમ બાષ્પદબાણ વધુ હોય છે. કારણ કે તાપમાન વધવાથી અણુઓની ગતિજ ઊર્જા વધવાથી પ્રવાહીના વધુ ને વધુ અણુઓ તેની સપાટી છોડી બાષ્પ અવસ્થા પ્રાપ્ત કરે છે. તેથી બાષ્પદબાણ વધે છે.

2.8 રાઉલ્ટનો નિયમ (અબાષ્પશીલ દ્રાવ્ય માટે) (Raoult's Law (For Non-volatile Solute))

ઘન દ્રાવ્ય જ્યારે પ્રવાહી દ્રાવકમાં ઓગળે છે અને પ્રવાહી દ્રાવણ બને છે તેના બાષ્પદબાણનો અભ્યાસ નીચેના સાદા પ્રયોગ દ્વારા સમજી શકાય છે. આકૃતિ 2.5માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે બે સમાન પાત્ર A અને Bમાં અનુક્રમે શુદ્ધ દ્રાવક અને તેમાં અબાષ્પશીલ દ્રાવ્ય ઉમેરી બનાવેલ દ્રાવણ લો. શરૂઆતમાં બંને પાત્રમાં લીધેલા પ્રવાહી (દ્રાવક અને દ્રાવણ)ની સપાટી સમાન રાખો. થોડા સમય પછી અવલોકન કરતાં, દ્રાવકની સપાટી, દ્રાવણની સપાટી કરતાં ઓછી થયેલી માલૂમ પડે છે. કારણ કે પાત્ર Aમાં શુદ્ધ દ્રાવકની સપાટી પર બધા જ દ્રાવકના અણુઓ હોવાથી તે વધુ પ્રમાણમાં બાષ્પમાં ફેરવાય છે. જ્યારે પાત્ર Bમાં દ્રાવણની સપાટી પર દ્રાવ્ય અને દ્રાવક એમ બંનેના અણુઓ આવેલા છે, તેથી પાત્ર Bમાં દ્રાવકના અણુ દ્વારા રોકેલી સપાટીનો અંશ ઘટે છે. પરિણામે સપાટી છોડી જતા બાષ્પના અણુઓની સંખ્યા ઘટે છે અને તેથી પાત્ર Bમાં બાષ્પદબાણ ઘટે છે.



(a) શુદ્ધ દ્રાવકનું બાષ્પદબાણમાં (b) દ્રાવણનું બાષ્પદબાણમાં

આકૃતિ 2.5

આમ, શુદ્ધ દ્રાવકમાંથી બનતા દ્રાવણનું બાષ્પદબાણ હંમેશાં શુદ્ધ દ્રાવક કરતાં ઓછું હોય છે. દ્રાવણના બાષ્પદબાણમાં થતા ઘટાડાનો અભ્યાસ 1887માં રાઉલ્ટે રજૂ કર્યો, જેને રાઉલ્ટનો નિયમ કહે છે. રાઉલ્ટના નિયમ મુજબ 'જો બાષ્પશીલ દ્રાવકમાં અબાષ્પશીલ દ્રાવ્ય પદાર્થ ઓગાળીને મંદ અને આદર્શ દ્રાવણ બનાવવામાં આવે તો બનતા દ્રાવણના બાષ્પદબાણમાં થતો સાપેક્ષ ઘટાડો તેમાં ઓગળેલા દ્રાવ્યના મોલઅંશ જેટલો હોય છે.'

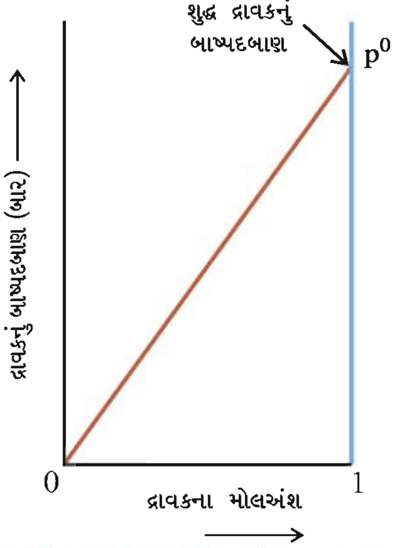
રાઉલ્ટના નિયમની સાબિતી (Proof of Raoult's Law) : દ્વિઅંગી દ્રાવણ માટે રાઉલ્ટના નિયમને સામાન્ય સ્વરૂપે રજૂ કરતાં 'કોઈ પણ દ્રાવણ માટે તેના પ્રત્યેક બાષ્પશીલ ઘટકનું દ્રાવણમાં આંશિક બાષ્પદબાણ, તે ઘટકના મોલઅંશને સમપ્રમાણમાં ચલે છે.' હવે દ્વિઅંગી દ્રાવણ કે જેમાં અબાષ્પશીલ દ્રાવ્ય ઓગળેલો છે, તેથી આવા દ્રાવણમાં બાષ્પદબાણ ફક્ત દ્રાવકનું જ હશે. જો દ્રાવણમાં દ્રાવકના બાષ્પદબાણને p_1 અને તેના મોલઅંશને X_1 વડે દર્શાવતાં, રાઉલ્ટના નિયમને ગાણિતિક રીતે લખતાં,

$p_1 \propto X_1$

$$p_1 = X_1 \cdot p_1^0 \qquad (2.3)$$

(જ્યાં, p_1^0 ચલનનો અચળાંક છે, જેનું મૂલ્ય શુદ્ધ દ્રાવકના બાષ્પદબાણ જેટલું છે.)

આકૃતિ 2.6માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે બાષ્પદબાણ અને દ્રાવકના મોલઅંશ વચ્ચેનો આલેખ સીધી રેખા છે, જે રાઉલ્ટના નિયમને રજૂ કરે છે. જ્યારે મોલઅંશ X_1નું મૂલ્ય 1 થાય છે ત્યારે $p_1 = p_1^0$ થાય છે, જે આલેખ દ્વારા સ્પષ્ટ થાય છે. હવે સમીકરણ (2.3) પરથી,



આકૃતિ 2.6 રાઉલ્ટના નિયમનો બાષ્પદબાણ અને દ્રાવકના મોલઅંશ વચ્ચેનો સંબંધ

$$\frac{p_1}{p_1^0} = X_1 \qquad (2.4)$$

પરંતુ $X_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2}$ જ્યાં, n_1 અને n_2 અનુક્રમે દ્રાવક અને દ્રાવ્યના મોલ છે. X_1ની કિંમત સમીકરણ (2.4)માં મૂકતાં,

$\frac{p_1}{p_1^0} = \frac{n_1}{n_1 + n_2}$ બંને બાજુને 1માંથી બાદ કરતાં

$$1 - \frac{p_1}{p_1^0} = 1 - \frac{n_1}{n_1 + n_2}$$

$$\frac{p_1^0 - p_1}{p_1^0} = \frac{n_2}{n_1 + n_2} \qquad (2.5)$$

પરંતુ $\frac{n_2}{n_1 + n_2}$ = દ્રાવ્યના મોલઅંશ = X_2 કિંમત સમીકરણ (2.5)માં મૂકતાં,

$$\frac{p_1^0 - p_1}{p_1^0} = X_2 \qquad (2.6)$$

આમ, શુદ્ધ બાષ્પશીલ દ્રાવકમાં અબાષ્પશીલ દ્રાવ્ય ઓગળવાથી બનતા દ્રાવણના બાષ્પદબાણમાં થતો સાપેક્ષ ઘટાડો $\frac{p_1^0 - p_1}{p_1^0}$ તેમાં ઓગળેલા દ્રાવ્યના મોલઅંશ X_2 જેટલો થાય છે.

અતિમંદ દ્રાવણ માટે $n_2 << n_1$ હોવાથી સમીકરણ (2.5)માં $n_1 + n_2 \approx n_1$ મૂકતાં,

$$\frac{p_1^0 - p_1}{p_1^0} = \frac{n_2}{n_1} \qquad (2.7)$$

પરંતુ $n_2 = \frac{w_2}{M_2}$ અને $n_1 = \frac{w_1}{M_1}$ કિંમત સમીકરણ (2.7)માં મૂકતાં,

$$\frac{p_1^0 - p_1}{p_1^0} = \frac{w_2 \times M_1}{M_2 \times w_1} \qquad (2.8)$$

જ્યાં, w_1 = દ્રાવકનું વજન(દળ) M_1 = દ્રાવકનું આણ્વિયદળ

w_2 = દ્રાવ્યનું વજન M_2 = દ્રાવ્યનું આણ્વિયદળ

અતિમંદ દ્રાવણ માટે સમીકરણ (2.8) વડે દ્રાવ્યના આણ્વિયદળની ગણતરી કરી શકાય છે.

રાઉલ્ટના નિયમની મર્યાદાઓ (Limitations of Raoult's Law) :

(1) આ નિયમ અતિમંદ દ્રાવણોને જ લાગુ પાડી શકાય છે.

(2) આ નિયમ આદર્શ દ્રાવણોને જ લાગુ પાડી શકાય છે.

(3) જો દ્રાવણને મંદ કરતાં, તેની ઉષ્માના મૂલ્યમાં ફેરફાર થતો ના હોય, તેવાં દ્રાવણોને લાગુ પાડી શકાય છે.

(4) દ્રાવ્ય અને દ્રાવક બંને પ્રવાહી હોય તો બંનેને મિશ્ર કરતાં દ્રાવણનું કુલ કદ, પ્રવાહી દ્રાવ્ય અને દ્રાવકના કદના સરવાળા જેટલું થાય તેવાં દ્રાવણોને જ લાગુ પાડી શકાય છે.

(5) આ નિયમ વિદ્યુત અવિભાજ્ય જલીય દ્રાવણને તેમજ દ્રાવ્ય જ્યારે દ્રાવકમાં ઓગળે ત્યારે દ્રાવ્યનું સુયોજન કે વિયોજન થતું ન હોય તેવા દ્રાવણને લાગુ પાડી શકાય છે.

2.9 રાઉલ્ટનો નિયમ (બાષ્પશીલ દ્રાવ્ય અને બાષ્પશીલ દ્રાવક માટે) (Raoult's Law for Volatile Solute and Volatile Solvent)

જ્યારે દ્રાવ્ય અને દ્રાવક બંને બાષ્પશીલ પ્રવાહી મિશ્ર થઈને દ્રાવણ બનાવે, ત્યારે બંધપાત્રમાં લીધેલા આ દ્રાવણનું બાષ્પદબાણ, પ્રવાહી દ્રાવ્ય અને દ્રાવક બંનેના કારણે થતું હોય છે. આ પ્રકારનાં દ્રાવણો માટે રાઉલ્ટના નિયમ મુજબ બંનેના બાષ્પદબાણ, દ્રાવણમાં રહેલા તેના મોલઅંશને સમપ્રમાણમાં ચલે છે.

ધારો કે દ્વિઅંગી દ્રાવણમાં દ્રાવ્ય Aના મોલઅંશ X_A અને તેનું આંશિક બાષ્પદબાણ p_A તથા દ્રાવક Bના મોલઅંશ X_B અને તેનું આંશિક બાષ્પદબાણ p_B હોય, તો રાઉલ્ટના નિયમ મુજબ $p_A \propto X_A$ અને $p_B \propto X_B$ થશે.

પ્રાયોગિક અવલોકનના આધારે રાઉલ્ટે પુરવાર કર્યું કે જો શુદ્ધ દ્રાવ્યનું બાષ્પદબાણ p_A^0 અને શુદ્ધ દ્રાવકનું બાષ્પદબાણ p_B^0 હોય તો,

$p_A = p_A^0 X_A$ (2.9) અને $p_B = p_B^0 X_B$ (2.10) થશે.

હવે બંધપાત્રમાં કુલ આંશિક બાષ્પદબાણ, ડાલ્ટનના આંશિક દબાણના નિયમ પ્રમાણે મૂકીએ તો,

કુલ દબાણ $p = p_A + p_B$

હવે, p_A અને p_Bની કિંમત સમીકરણ (2.9) અને (2.10) માંથી મૂકીએ તો,

$$\text{કુલ દબાણ } p = p_A^0 X_A + p_B^0 X_B$$

$$= p_A^0 (1 - X_B) + p_B^0 X_B \qquad (\because X_A = 1 - X_B)$$

$$= p_A^0 - p_A^0 X_B + p_B^0 X_B$$

$$= p_A^0 + (p_B^0 - p_A^0) X_B \qquad (2.11)$$

તેવી જ રીતે,

$$\text{કુલ દબાણ } p = p_A + p_B$$

$$= p_A^0 X_A + p_B^0 X_B$$

$$= p_A^0 X_A + p_B^0 (1 - X_A) \qquad (\because X_B = 1 - X_A)$$

$$= p_A^0 X_A + p_B^0 - p_B^0 X_A$$

$$= p_B^0 + (p_A^0 - p_B^0) X_A \qquad (2.12)$$

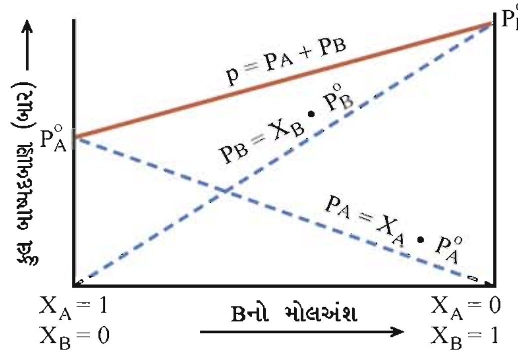
સમીકરણ (2.11) અને (2.12) પરથી નીચેના તારણ તારવી શકાય :

(1) દ્રાવણ પરનું કુલ બાષ્પદબાણ તે કોઈ પણ એક ઘટકના મોલઅંશ X_A અથવા X_B સાથે સંબંધ ધરાવે છે.

(2) દ્રાવણ પરનું કુલ બાષ્પદબાણ ઘટક A અથવા Bના મોલઅંશને સુરેખપ્રમાણમાં હોય છે.

(3) શુદ્ધ ઘટક A અથવા Bના બાષ્પદબાણને આધારે દ્રાવણ પરના કુલ બાષ્પદબાણમાં થતા ફેરફારનો આધાર શુદ્ધ ઘટક A અથવા Bના મોલઅંશના ફેરફાર પર છે.

જો p_A અને p_B સાથે મોલઅંશ X_A અને X_Bનો આલેખ દોરવામાં આવે, તો આકૃતિ 2.7માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે સમીકરણ (2.11)ના આધારે જો $p_B^0 > p_A^0$ હોય, તો એટલે કે ઘટક B એ ઘટક Aની સરખામણીમાં વધુ બાષ્પશીલ હોય, તો દ્રાવણ ઉપરનું કુલ ન્યૂનતમ બાષ્પદબાણ p_A^0 અને કુલ મહત્તમ બાષ્પદબાણ p_B^0 પ્રાપ્ત થશે. જ્યારે $X_A = 1$ હોય ત્યારે દ્રાવણ ઉપરનું કુલ બાષ્પદબાણ p_A^0 અને જ્યારે $X_B = 1$ હોય ત્યારે દ્રાવણ ઉપરનું કુલ બાષ્પદબાણ p_B^0 થશે, જે સમીકરણ (2.11) અને (2.12) દ્વારા સ્પષ્ટ થાય છે.



આકૃતિ 2.7 કુલ બાષ્પદબાણ → મોલઅંશ

દ્રાવણમાં સંતુલન સ્થિતિએ ઘટક A અને ઘટક Bના મોલઅંશ અનુક્રમે બાષ્પકલામાં Y_A અને Y_B હોય, તો સંતુલન સમયે દરેક ઘટકના આંશિક દબાણ p_A અને p_B નીચેના સૂત્ર દ્વારા મેળવી શકાય :

$$p_A = Y_A \cdot P_{\text{કુલ દબાણ}}$$

$$p_B = Y_B \cdot P_{\text{કુલ દબાણ}}$$

રાઉલ્ટનો નિયમ (વાયુમય દ્રાવ્ય અને પ્રવાહી દ્રાવક માટે) : વાયુમય દ્રાવ્ય જ્યારે પ્રવાહી દ્રાવકમાં ઓગળીને દ્રાવણ બનાવે છે ત્યારે તેનું બાષ્પદબાણ રાઉલ્ટના નિયમ મુજબ નીચે પ્રમાણે દર્શાવી શકાય :

$$p_A = p_A^0 \cdot X_A \qquad (2.13)$$

પરંતુ વાયુ દ્રાવ્ય જ્યારે પ્રવાહી દ્રાવકમાં દ્રાવ્ય થાય છે ત્યારે તેની દ્રાવ્યતાને હેન્રીના નિયમ મુજબ નીચે પ્રમાણે દર્શાવી શકાય :

$$\text{દ્રાવ્યતા } p = K_H \cdot X_A \qquad (2.14)$$

રાઉલ્ટના નિયમના સમીકરણ (2.13) અને હેન્રીના નિયમના સમીકરણ (2.14)ને સરખાવતાં જણાશે કે બંનેમાં અચળાંકો (જેવાં કે p_A^0 અને K_H) જુદા છે, પરંતુ બાષ્પશીલ ઘટક અથવા વાયુના આંશિક દબાણ તેના મોલઅંશને સમપ્રમાણમાં હોય છે. આથી કહી શકાય કે આદર્શ દ્રાવણ માટે દ્રાવ્યની દ્રાવ્યતા અને દ્રાવણનું બાષ્પદબાણ અનુક્રમે હેન્રી અને રાઉલ્ટના નિયમને અનુસરે છે.

આદર્શ દ્રાવણ : જે દ્રાવણ કોઈ પણ સાંદ્રતાએ અને તાપમાને રાઉલ્ટના નિયમનું પાલન કરે છે તેવા દ્રાવણને આદર્શ દ્રાવણ કહે છે. આદર્શ દ્રાવણના બીજા બે ગુણધર્મો જેવા કે,

(1) દ્રાવ્ય અને દ્રાવક મિશ્ર થઈ દ્રાવણ બને, ત્યારે આ ક્રિયા માટેની ઍન્થાલ્પીમાં થતો ફેરફાર (ΔH) શૂન્ય હોય છે.

(2) જો દ્રાવ્ય અને દ્રાવક પ્રવાહી સ્વરૂપે મિશ્ર થતાં હોય તો દ્રાવણ બનતી વખતે કદમાં થતો ફેરફાર (ΔV) શૂન્ય હોય છે. દ્રાવણની આદર્શ વર્તણૂક સમજવા માટે દ્રાવણના ઘટકો A અને B, જ્યારે શુદ્ધ ઘટક સ્વરૂપે હોય ત્યારે તેમાં A–A અને B–B પ્રકારની આકર્ષક આંતરઆણ્વિય પારસ્પરિક ક્રિયા હશે. જ્યારે દ્વિઅંગી દ્રાવણમાં આ ઉપરાંત A–B પ્રકારની આકર્ષક આંતરઆણ્વિય પારસ્પરિક ક્રિયા પણ હાજર હશે. જો દ્રાવણમાં A–A, B–B વચ્ચેના આંતરઆણ્વિય આકર્ષણબળ અને A–B વચ્ચેના આંતરઆણ્વિય આકર્ષણબળ લગભગ સમાન હોય

તો દ્રાવણ આદર્શ બને છે. દા.ત., બ્રોમોઇથેન અને ક્લોરોઇથેન, બેન્ઝિન અને ટૉલ્યુઇન, હેક્ઝેન અને હેપ્ટેન, ક્લોરોબેન્ઝિન અને બ્રોમોબેન્ઝિનના મિશ્રણથી આદર્શ દ્રાવણ બને છે.

બિનઆદર્શ દ્રાવણ : જે દ્રાવણ કોઈ પણ સાંદ્રતાએ અને તાપમાને રાઉલ્ટના નિયમનું પાલન કરતું નથી તેવા દ્રાવણને બિનઆદર્શ દ્રાવણ કહે છે. આ દ્રાવણોને સાચાં દ્રાવણો કહે છે. આવા દ્રાવણનું બાષ્પદબાણ રાઉલ્ટના નિયમ પ્રમાણે અપેક્ષિત મૂલ્ય કરતા વધારે કે ઓછું હોય છે. તેમાં A–A અને B–B વચ્ચેના આંતરઆણ્વિય આકર્ષણબળ અને A–B આંતરઆણ્વિય આકર્ષણબળ સમાન હોતા નથી. આવાં દ્રાવણો માટે ΔH અને ΔVનાં મૂલ્યો શૂન્ય હોતાં નથી. દા.ત., ફિનૉલ અને એનિલીનનું મિશ્રણ, ક્લોરોફૉર્મ અને એસિટોનનું મિશ્રણ, HCl અને પાણીનું મિશ્રણ, HNO_3 અને પાણીનું મિશ્રણ બિનઆદર્શ દ્રાવણ બનાવે છે.

દાખલો 10 : 4 % W / W યૂરિયાના જલીય દ્રાવણનું 298 K તાપમાને બાષ્પદબાણ ગણો. 298 K તાપમાને પાણીનું બાષ્પદબાણ 0.025 બાર છે.

ઉકેલ : રાઉલ્ટના નિયમ મુજબ,

$$\frac{p_1^0 - p_1}{p_1^0} = \frac{n_2}{n_1}$$

હવે 4 % W / W યૂરિયાનું દ્રાવણ એટલે 4 ગ્રામ યૂરિયા અને 96 ગ્રામ પાણી અને $p_1^0 = 0.025$ બાર છે.

$$n_1 = \frac{w_1}{M_1} = \frac{96}{18} = 5.33 \text{ મોલ પાણી}$$

$$n_2 = \frac{w_2}{M_2} = \frac{4}{60} = 0.0667 \text{ મોલ યૂરિયા}$$

હવે p_1^0, n_1 અને n_2ની કિંમત રાઉલ્ટના નિયમના સૂત્રમાં મૂકતાં,

$$\frac{0.025 - p_1}{0.025} = \frac{0.0667}{5.33}$$

$$0.025 - p_1 = \frac{0.0667 \times 0.025}{5.33} = 0.000313$$

$$\therefore p_1 = 0.025 - 0.000313$$

$$= 0.02469 \text{ બાર.}$$

$\therefore$ 4 % W/W યૂરિયાના જલીય દ્રાવણનું બાષ્પદબાણ 0.02469 બાર હશે.

દાખલો 11 : ક્લોરોબેન્ઝિન અને બ્રોમોબેન્ઝિનના બાષ્પદબાણ અનુક્રમે 0.350 બાર અને 0.500 બાર છે. 11.25 ગ્રામ ક્લોરોબેન્ઝિન અને 31.4 ગ્રામ બ્રોમોબેન્ઝિન મિશ્ર કરી બનતા દ્રાવણનું બાષ્પદબાણ કેટલું થશે ?

ઉકેલ : ક્લોરોબેન્ઝિન અને બ્રોમોબેન્ઝિનના આણ્વિયદળ અનુક્રમે 112.5 અને 157 ગ્રામ મોલ$^{-1}$ છે.

$$\therefore \text{ ક્લોરોબેન્ઝિનના મોલ } = \frac{w}{M} = \frac{11.25}{112.5} = 0.1 \text{ મોલ}$$

$$\text{બ્રોમોબેન્ઝિનના મોલ } = \frac{w}{M} = \frac{31.4}{157} = 0.2 \text{ મોલ}$$

$\therefore$ કુલ મોલ = (0.1 + 0.2) મોલ = 0.3 મોલ

હવે ક્લોરોબેન્ઝિનના મોલઅંશ $X_1 = \frac{0.1}{0.3} = \frac{1}{3}$

બ્રોમોબેન્ઝિનના મોલઅંશ $X_2 = \frac{0.2}{0.3} = \frac{2}{3}$

અહીં, $p_1^0 = 0.350$ બાર અને $p_2^0 = 0.500$ બાર

હવે રાઉલ્ટના નિયમ મુજબ,

p કુલ બાષ્પદબાણ $= p_1^0 + (p_2^0 - p_1^0) X_2$

$= 0.350 + (0.500 - 0.350) \times \frac{2}{3}$

$= 0.350 + \frac{0.150 \times 2}{3}$

$= 0.350 + 0.100$

$= 0.450$ બાર

∴ દ્રાવણનું બાષ્પદબાણ 0.450 બાર થશે.

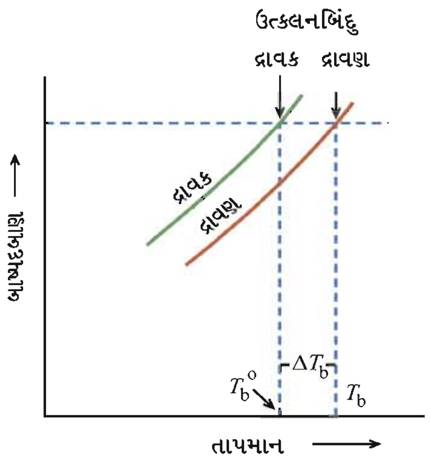
2.10 ઉત્કલનબિંદુમાં ઉન્નયન (Elevation in Boiling Point)

જે તાપમાને કોઈ પણ પ્રવાહી (દ્રાવક અથવા દ્રાવણ)નું બાષ્પદબાણ એક બાર (1 વાતાવરણ) થાય તે તાપમાનને તે પ્રવાહીનું (દ્રાવક અથવા દ્રાવણ) ઉત્કલનબિંદુ કહે છે.

કોઈ પણ તાપમાને શુદ્ધ દ્રાવક કરતા તેના બનાવેલા દ્રાવણનું બાષ્પદબાણ ઓછું હોય છે અને તાપમાન વધતા બાષ્પદબાણ વધે છે. શુદ્ધ પાણીનું 373 K (373.15 K) તાપમાને બાષ્પદબાણ એક બાર થતાં તે ઊકળે છે. હવે તેમાં અબાષ્પશીલ દ્રાવ્ય (ખાંડ) ઉમેરી દ્રાવણ બનાવતાં, દ્રાવણનું બાષ્પદબાણ ઘટે છે. તેથી દ્રાવણનું બાષ્પદબાણ એક બાર જેટલું કરવા માટે દ્રાવણને ગરમ કરવું પડે છે અને 373 K (373.15 K) કરતાં ઊંચા તાપમાને બાષ્પદબાણ એક બાર થતાં દ્રાવણ ઊકળે છે. આમ શુદ્ધ દ્રાવક કરતાં તેનાં દ્રાવણોનું ઉત્કલનબિંદુ વધારે હોય છે. દ્રાવણના ઉત્કલનબિંદુમાં થતા આ વધારાને **ઉત્કલનબિંદુ ઉન્નયન (ΔT_b) કહે છે.**

મોલલ ઉન્નયન અચળાંક : "એક કિલોગ્રામ દ્રાવકમાં એક ગ્રામ આણ્વિયદળ જેટલા વજનનો અબાષ્પશીલ દ્રાવ્ય ઓગાળીને દ્રાવણ બનાવીએ તો દ્રાવણના ઉત્કલનબિંદુમાં થતા વધારાને મોલલ ઉન્નયન અચળાંક (K_b) કહે છે." દા.ત., એક કિલોગ્રામ પાણીમાં 342 ગ્રામ ખાંડ અથવા 60 ગ્રામ યુરિયા અથવા 180 ગ્રામ ગ્લુકોઝ એટલે કે પદાર્થનું 1 ગ્રામ આણ્વિયદળ ઓગળવાથી ઉત્કલનબિંદુમાં થતો વધારો (ΔT_b) એકસરખો હોય છે. આમ ઉત્કલનબિંદુમાં થતો વધારો તેમાં ઓગળેલા (દ્રાવ્ય થયેલા) દ્રાવ્યના સ્વભાવ પર આધાર ન રાખતાં દ્રાવ્યના સંખ્યાકણ પર આધાર રાખે છે. તેથી તે દ્રાવણ સંખ્યાત્મક ગુણધર્મ છે.

ઉત્કલન ઉન્નયન અને મોલલ ઉન્નયન અચળાંક : શુદ્ધ દ્રાવક અને તેના બનાવેલા દ્રાવણ માટે જુદાં જુદાં તાપમાને મળતાં તેના બાષ્પદબાણના સંબંધનો આલેખ આકૃતિ 2.8માં દર્શાવ્યા છે. ધારો કે શુદ્ધ દ્રાવકનું ઉત્કલનબિંદુ T_b^0 અને દ્રાવણનું ઉત્કલનબિંદુ T_b હોય, તો ઉત્કલનબિંદુમાં થતો વધારો, $\Delta T_b = T_b - T_b^0$ને ઉત્કલનબિંદુ ઉન્નયન કહે છે.



આકૃતિ 2.8 બાષ્પદબાણ અને તાપમાન વચ્ચેનો સંબંધ

પ્રાયોગિક અવલોકન દર્શાવે છે કે ઉત્કલનબિંદુ ઉન્નયન (ΔT_b) મંદ અને આદર્શ દ્રાવણમાં રહેલા (ઓગળેલા) દ્રાવ્યની મોલલ સાંદ્રતા (m)ને સમપ્રમાણમાં ચલે છે. તેથી તેને ગાણિતિક રીતે લખતાં,

$$\Delta T_b \propto m$$

$$\Delta T_b = K_b \times m \qquad (2.15)$$

પરંતુ મોલાલિટી $m = \frac{1000 \times w_2}{M_2 \times w_1}$ કિંમત સમીકરણ (2.15)માં મૂકતાં,

$$\Delta T_b = \frac{K_b \times 1000 \times w_2}{M_2 \times w_1}$$

$$K_b = \frac{\Delta T_b \times w_1 \times M_2}{1000 \times w_2} \qquad (2.16)$$

જ્યાં, K_b = મોલલ ઉન્નયન અચળાંક w_1 = દ્રાવકનું વજન

w_2 = દ્રાવ્યનું વજન M_2 = દ્રાવ્યનું આણ્વિયદળ

(ΔT_b) = ઉત્કલનબિંદુ ઉન્નયન

એક મોલલ દ્રાવણના ઉત્કલનબિંદુ ઉન્નયનને તેના દ્રાવકનો મોલલ ઉન્નયન અચળાંક K_b કહે છે. તેનો એકમ કેલ્વિન કિલોગ્રામ મોલ$^{-1}$ ($K\ kg\ mol^{-1}$) છે.

દાખલો 12 : 2 કિલોગ્રામ પાણીમાં 6 ગ્રામ યૂરિયા ઓગળવાથી મળતા દ્રાવણનું ઉત્કલનબિંદુ ગણો. દ્રાવણનો મોલલ ઉન્નયન અચળાંક 3.2 કે કિલોગ્રામ મોલ$^{-1}$ છે.

ઉકેલ : $\Delta T_b = \frac{K_b \times 1000 \times w_2}{M_2 \times w_1}$

K_b = 3.2 કિલોગ્રામ કે મોલ$^{-1}$ w_2 = 6 ગ્રામ

w_1 = 2 કિલોગ્રામ = 2000 ગ્રામ M_2 = 60 ગ્રામ મોલ$^{-1}$

$$= \frac{3.2 \times 1000 \times 6}{60 \times 2000} = 0.16 \text{ કેલ્વિન}$$

∴ યૂરિયાના દ્રાવણનું ઉત્કલનબિંદુ = દ્રાવકનું ઉત્કલનબિંદુ + ΔT_b

= 373 K + 0.16 K = 373.16 K

∴ યૂરિયાના દ્રાવણનું ઉત્કલનબિંદુ = 373.16 K હશે.

દાખલો 13 : 5 કિલોગ્રામ પાણીમાં કેટલા ગ્રામ ગ્લુકોઝ ઓગાળવાથી ઉત્કલનબિંદુ 373 Kથી વધીને 373.5 K થશે ? દ્રાવકનો મોલલ ઉન્નયન અચળાંક 2.2 કે કિલોગ્રામ મોલ$^{-1}$ છે.

ઉકેલ : ઉત્કલનબિંદુમાં ઉન્નયન

$$\Delta T_b = 373.5\ K - 373\ K = 0.5\ K$$

$$\Delta T_b = \frac{K_b \times 1000 \times w_2}{M_2 \times w_1}$$

$\Delta T_b = 0.5$ K $\qquad K_b = 2.2$ કે. કિલોગ્રામ મોલ$^{-1}$

$w_2 = ?$ $\qquad M_2 = 180$ ગ્રામ મોલ$^{-1}$

$w_1 = 5$ કિલોગ્રામ $= 5000$ ગ્રામ

$$w_2 = \frac{\Delta T_b \times M_2 \times w_1}{1000 \times K_b}$$

$$= \frac{0.5 \times 180 \times 5000}{2.2 \times 1000} = 204.5 \text{ ગ્રામ}$$

∴ 5 કિલોગ્રામ પાણીમાં 204.5 ગ્રામ ગ્લુકોઝ ઓગાળવાથી ઉત્કલનબિંદુ 373 Kથી વધીને 373.5 K થશે.

2.11 ઠારબિંદુમાં અવનયન (Depression in Freezing Point)

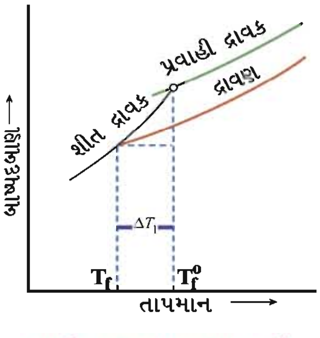
જે તાપમાને પદાર્થની (દ્રાવક અથવા દ્રાવણની) ઘન અને પ્રવાહી અવસ્થા સંતુલનમાં હોય તે તાપમાનને તે પદાર્થનું (દ્રાવક અથવા દ્રાવણનું) ઠારબિંદુ કહે છે.

શુદ્ધ દ્રાવકના ઠારબિંદુ કરતાં તેના બનાવેલા દ્રાવણનું ઠારબિંદુ નીચું હોય છે. આમ દ્રાવક કરતા દ્રાવણના ઠારબિંદુમાં થતા ઘટાડાને તેનો ઠારબિંદુ અવનયન (ΔT_f) કહે છે.

ઠારબિંદુએ તે પદાર્થના (દ્રાવક અથવા દ્રાવણના) ઘન અને પ્રવાહી અવસ્થાના બાષ્પદબાણ સમાન હોય છે. શુદ્ધ દ્રાવક કરતાં તેના બનાવેલા દ્રાવણનું ઠારબિંદુ નીચું હોય છે. કારણ કે રાઉલ્ટના નિયમ મુજબ શુદ્ધ દ્રાવક કરતાં તેમાં અબાષ્પશીલ દ્રાવ્ય ઉમેરી બનાવેલા દ્રાવણનું બાષ્પદબાણ ઓછું હોય છે. તેથી નીચા તાપમાને પ્રવાહી દ્રાવણ અને શુદ્ધ ઘન દ્રાવકના બાષ્પદબાણ સમાન બને છે. આ નીચું તાપમાન તે દ્રાવણનું ઠારબિંદુ છે. આમ શુદ્ધ દ્રાવક કરતાં દ્રાવણનું ઠારબિંદુ નીચું હોય છે.

મોલલ અવનયન અચળાંક (K_f) : '1 કિલોગ્રામ દ્રાવકમાં 1 ગ્રામ આણ્વિયદળ જેટલા વજનનો અબાષ્પશીલ દ્રાવ્ય ઓગાળીએ તો દ્રાવણના ઠારબિંદુમાં થતા ઘટાડાને મોલલ અવનયન અચળાંક (K_f) કહે છે.' દા.ત., 1 કિલોગ્રામ પાણીમાં 60 ગ્રામ યૂરિયા અથવા 180 ગ્રામ ગ્લુકોઝ અથવા 342 ગ્રામ ખાંડ એટલે કે 1 ગ્રામ આણ્વિયદળ જેટલો દ્રાવ્ય પદાર્થ ઓગળવાથી બનતાં દ્રાવણોના ઠારબિંદુમાં થતો ઘટાડો (ΔT_f) એકસમાન હોય છે. કારણ કે ઠારબિંદુમાં થતા ઘટાડાનો આધાર તેમાં ઓગાળેલા દ્રાવ્યના સ્વભાવ પર ન રહેતા દ્રાવ્યના સંખ્યાકણ ઉપર આધાર રાખે છે. તેથી તે દ્રાવણ સંખ્યાત્મક ગુણધર્મ છે.

ઠારબિંદુ અવનયન અને મોલલ અવનયન અચળાંક (Depression in freezing point and molal depression constant) : શુદ્ધ દ્રાવક અને તેના બનાવેલા દ્રાવણ માટે જુદા જુદા તાપમાને મળતાં તેના બાષ્પદબાણના સંબંધનો આલેખ આકૃતિ 2.9માં દર્શાવ્યા છે. ધારો કે શુદ્ધ દ્રાવકનું ઠારબિંદુ T_f^0 અને દ્રાવણનું ઠારબિંદુ T_f હોય તો ઠારબિંદુમાં થતા ઘટાડા $\Delta T_f = T_f^0 - T_f$ ને ઠારબિંદુ અવનયન કહે છે.



આકૃતિ 2.9 બાષ્પદબાણ અને તાપમાન વચ્ચેનો સંબંધ

પ્રાયોગિક અવલોકન દર્શાવે છે કે ઠારબિંદુ અવનયન (ΔT_f) મંદ અને આદર્શ દ્રાવણમાં રહેલા (ઓગળેલા) દ્રાવ્યની મોલલ સાંદ્રતા (m)ને સમપ્રમાણમાં ચલે છે. તેથી તેને ગાણિતિક રીતે લખતાં

$$\Delta T_f \propto m$$

$$\therefore \Delta T_f = K_f \times m \qquad (2.17)$$

પરંતુ મોલાલિટી $m = \dfrac{1000 \times w_2}{M_2 \times w_1}$ કિંમત સમીકરણ (2.17)માં મૂકતાં,

$$T_f = \frac{K_f \times 1000 \times w_2}{M_2 \times w_1}$$

$$K_f = \frac{\Delta T_f \times w_1 \times M_2}{1000 \times w_2} \qquad (2.18)$$

જ્યાં K_f = મોલલ અવનયન અચળાંક $\quad$ w_1 = દ્રાવકનું વજન

w_2 = દ્રાવ્યનું વજન $\quad$ M_2 = દ્રાવ્યનું આણ્વિયદળ

ΔT_f = ઠારબિંદુ અવનયન

એક મોલલ દ્રાવણના ઠારબિંદુ અવનયનને તેના દ્રાવકનો મોલલ અવનયન અચળાંક (K_f) કહે છે. તેનો એકમ કેલ્વિન કિલોગ્રામ મોલ$^{-1}$ ($K\ kg\ mol^{-1}$) છે.

દાખલો 14 : 500 ગ્રામ પાણીમાં 1.8 ગ્રામ ગ્લુકોઝ દ્રાવ્ય કરતાં મળતા દ્રાવણનું ઠારબિંદુ શોધો. દ્રાવક માટે K_f નું મૂલ્ય 1.8 કે કિલોગ્રામ મોલ$^{-1}$ છે.

ઉકેલ : $\Delta T_f = \frac{K_f \times 1000 \times w_2}{M_2 \times w_1}$

K_f = 1.8 કે. કિલોગ્રામ મોલ$^{-1}$ $\quad$ w_2 = 1.8 ગ્રામ

M_2 = 180 ગ્રામ મોલ$^{-1}$ $\quad$ w_1 = 500 ગ્રામ

$$= \frac{1.8 \times 1000 \times 1.8}{180 \times 500} = 0.036$$

હવે શુદ્ધ દ્રાવક (પાણી)નું ઠારબિંદુ 273 K છે.

દ્રાવણનું ઠારબિંદુ = દ્રાવકનું ઠારબિંદુ − ΔT_f

= 273 − 0.036 કે

= 272.964 કે

દ્રાવણનું ઠારબિંદુ 272.964 K થશે.

દાખલો 15 : 2000 ગ્રામ પાણીમાં કેટલા ગ્રામ યૂરિયા દ્રાવ્ય કરવાથી તેના ઠારબિંદુમાં 0.2 કે નો ઘટાડો થાય. દ્રાવક માટે K_f = 2.0 કિલોગ્રામ કેલ્વિન મોલ$^{-1}$ છે.

ઉકેલ : $\Delta T_f = \frac{K_f \times 1000 \times w_2}{M_2 \times w_1}$

$$w_2 = \frac{\Delta T_f \times M_2 \times w_1}{1000 \times K_f}$$

K_f = 2 કિલોગ્રામ કે મોલ$^{-1}$ $\quad$ w_2 = ?

M_2 = 60 ગ્રામ મોલ$^{-1}$ $\quad$ w_1 = 2000 ગ્રામ

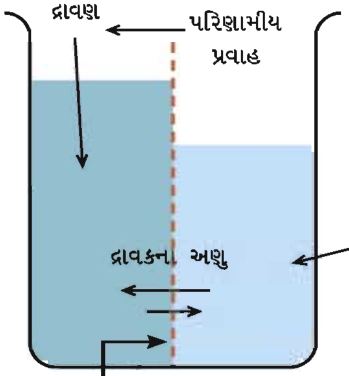
$$= \frac{0.2 \times 60 \times 2000}{1000 \times 2} = 12 \text{ ગ્રામ}$$

2000 ગ્રામ પાણીમાં 12 ગ્રામ યૂરિયા પડશે.

2.12 અભિસરણ (Osmosis), અભિસરણ (અભિસારક) દબાણ અને તેના ઉપયોગ

જુદી જુદી સાંદ્રતા ધરાવતાં દ્રાવણો વચ્ચે અથવા શુદ્ધ દ્રાવક અને દ્રાવણ વચ્ચે અર્ધપારગમ્ય પડદો રાખવામાં આવે ત્યારે અનુક્રમે ઓછી સાંદ્રતા ધરાવતા દ્રાવણથી વધુ સાંદ્રતા ધરાવતા દ્રાવણ તરફ અથવા શુદ્ધ દ્રાવકથી દ્રાવણ તરફ દ્રાવકનો સ્વયંભૂ પ્રવાહ શરૂ થાય છે. આ ઘટનાને **અભિસરણ (Osmosis)** કહે છે. ગ્રીક શબ્દ Osmosisનો અર્થ ધકેલવું (Push) એમ થાય છે. અર્ધપારગમ્ય પડદો ફક્ત દ્રાવકના અણુઓને પસાર થવા દે છે. પણ દ્રાવ્યના અણુઓને પસાર થવા દેતો નથી. આકૃતિ 2.10માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે અર્ધપારગમ્ય પડદાની એક બાજુ સાંદ્ર $CuSO_4$નું દ્રાવણ અને બીજી બાજુ શુદ્ધ પાણી અથવા મંદ $CuSO_4$નું દ્રાવણ ભરો.

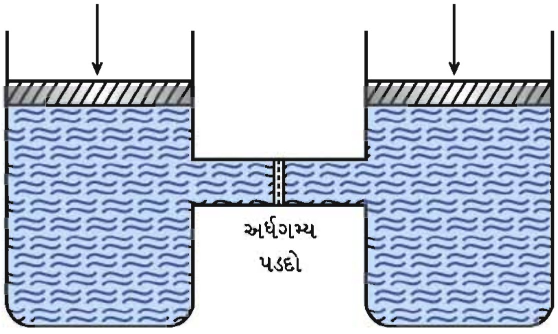
થોડા સમય પછી અવલોકન કરતાં જણાશે કે પાણીના અણુઓ સ્વયંભૂ રીતે સાંદ્ર $CuSO_4$ના દ્રાવણ તરફ વહે છે અને તેથી અર્ધપારગમ્ય પડદાની બંને બાજુ લીધેલા પ્રવાહીની સપાટીની ઊંચાઈમાં ફેરફાર થાય છે. બંને વચ્ચે સંતુલન સ્થપાય ત્યારે પાણીનો આવો સ્વયંભૂ પ્રવાહ અટકી જાય છે.



આકૃતિ 2.10 અભિસરણ

અભિસરણનાં કેટલાંક ઉદાહરણ કુદરતમાં કે રોજિંદા જીવનમાં જોવા મળે છે. દા.ત., સૂકી દ્રાક્ષને પાણીમાં રાખતાં તે ફૂલે છે, મુરઝાયેલા ફૂલને પાણીમાં રાખતાં તે તાજાં બને છે, રક્તકણને ક્ષારીય પાણીમાં રાખતાં સંકોચાય છે. કારણ કે આ દરેક ઘટનામાં પદાર્થની સપાટી અર્ધપારગમ્ય પડદા વડે બંધાયેલી છે અને તેથી અભિસરણ ઘટના માલૂમ પડે છે. વનસ્પતિની કોષદીવાલ, પ્રાણીના કોષની દીવાલ, પ્રાણીઓના મૂત્રાશયની કોથળી વગેરે કુદરતી અર્ધપારગમ્ય પડદા છે જ્યારે પાર્ચમેન્ટ પેપર, સેલોફેન, બટર પેપર, કૉપર ફેરોસાયનાઇડ $Cu_2[Fe(CN)_6]$ વગેરે કૃત્રિમ અર્ધપારગમ્ય પડદા છે. આવા કૃત્રિમ અર્ધપારગમ્ય પડદાઓ પૈકી કૉપર ફેરોસાયનાઇડ ઉત્તમ અર્ધપારગમ્ય પડદો છે.

અભિસરણ (અભિસારક) દબાણ : આકૃતિ 2.11માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે અર્ધપારગમ્ય પડદાની એક બાજુ દ્રાવણ અને બીજી બાજુ શુદ્ધ દ્રાવક ભરેલા છે તથા બંનેની સપાટીની ઊંચાઈ એકસમાન છે. સમય જતા દ્રાવકના સ્વયંભૂ પ્રવાહ (અભિસરણ) શુદ્ધ દ્રાવકથી દ્રાવણ તરફ શરૂ થાય છે, જેથી શુદ્ધ દ્રાવક અને દ્રાવણની સપાટીની ઊંચાઈમાં ફેરફાર થાય છે. હવે દ્રાવણ પર વધારાનું જે ન્યૂનતમ દબાણ લગાડવાથી તેમાં દાખલ થતો દ્રાવકનો સ્વયંભૂ પ્રવાહ અટકાવી શકાય છે તેવા દબાણને દ્રાવણનું અભિસરણ દબાણ કહે છે.



આકૃતિ 2.11 અભિસરણ દબાણની સમજૂતી

અભિસરણ દબાણના ઉદાહરણો :

(1) વનસ્પતિમાં મૂળ દ્વારા જમીનમાંથી પાણીનું શોષણ અભિસરણ દબાણને આભારી છે.

(2) વનસ્પતિનાં વિવિધ ભાગોમાં પાણીનું પહોંચવું તે અભિસરણ દબાણને આભારી છે.

(3) અભિસરણ દબાણને કારણે પ્રાણીઓના શરીરના વિવિધ ભાગોમાં પાણી પહોંચે છે.

(4) ફૂલનું ખીલવું અને કરમાવું તે પણ અભિસરણ દબાણ દ્વારા નિયંત્રિત કરી શકાય છે.

(5) અભિસરણ દબાણને કારણે રક્તકણને પાણીમાં મૂકવાથી તે ફાટી જાય છે.

(6) છોડનો ઝડપી વિકાસ અને તેના બીજની ફળદ્રુપતા અભિસરણને આભારી છે.

2.13 અભિસરણ દબાણના નિયમો (Laws of Osmotic Pressure)

વૉન્ટ હૉફ અને ફેફરે (Van't Hoff and Pfeiffer) દર્શાવ્યું કે દ્રાવણમાં ઓગળેલો દ્રાવ્ય વાયુની જેમ જ વર્તે છે. મંદ દ્રાવણનું અભિસરણ દબાણ, જો દ્રાવ્ય તે જ તાપમાને વાયુરૂપમાં હોય અને દ્રાવણ જેટલું જ કદ ધારણ કરતો હોય તો તે પરિસ્થિતિએ વાયુના દબાણ જેટલું જ થશે. આથી વાયુને લાગુ પડતા બૉઇલ, ગૅલ્યુસેક અને ઍવોગેડ્રો નિયમો જેવા જ નિયમો વૉન્ટ હૉફે મંદ દ્રાવણ માટે તારવ્યા.

(1) બૉઇલ-વૉન્ટ હૉફનો નિયમ (Boyle's-van't Hoff law) : "નિયત તાપમાને દ્રાવણનું અભિસરણ દબાણ (π) દ્રાવણની મોલર સાંદ્રતાના સમપ્રમાણમાં ચલે છે."

ગાણિતિક રીતે લખતાં,

$\pi \propto C$ પરંતુ $C = \frac{n}{V}$ મૂકતાં,

$$\pi \propto \frac{n}{V} \quad (2.19)$$

જ્યાં, n = દ્રાવ્યના મોલની સંખ્યા V = દ્રાવણનું કદ (લિટર)

$\frac{n}{V}$ = મોલર સાંદ્રતા = C

હવે, n = 1 મોલ સમીકરણ (2.19)માં મૂકતાં,

$$\pi \propto \frac{1}{V} \quad (2.20)$$

$\pi = K\frac{1}{V}$ જ્યાં, K સમપ્રમાણતા અચળાંક છે.

$$\therefore \pi V = K \quad (2.21)$$

સમીકરણ (2.21) વાયુ અંગેના બૉઇલના નિયમ pV = Kના સ્વરૂપ જેવું છે.

(2) ગૅલ્યુસેક-વૉન્ટ હૉફનો નિયમ (Gay Lussac-van't Hoff law) : "જો દ્રાવણની સાંદ્રતા અચળ હોય તો દ્રાવણનું અભિસરણ દબાણ નિરપેક્ષ તાપમાનને સમપ્રમાણમાં ચલે છે."

ગાણિતિક રીતે લખતાં,

$$\pi \propto T \quad (2.22)$$

$\pi = KT$ જ્યાં, K સમપ્રમાણતા અચળાંક છે.

$$\frac{\pi}{T} = K \quad (2.23)$$

સમીકરણ 2.23, વાયુ અંગેના ગૅલ્યુસેકના નિયમ $\frac{P}{T} = K$ના સ્વરૂપ જેવું છે.

(3) ઍવોગેડ્રો-વૉન્ટ હૉફનો નિયમ (Avogadro-van't Hoff Law) : 'એકસરખા તાપમાને જે વિવિધ દ્રાવણોના અભિસરણ દબાણ એકસરખા હોય, તેવાં વિવિધ દ્રાવણોના સરખા કદમાં દ્રાવ્ય અણુઓની સંખ્યા પણ એકસરખી હોય છે.'

ગાણિતિક રીતે લખતાં,

$$\pi \propto n \quad (2.24)$$

હવે સમીકરણ (2.20) પ્રમાણે

$\pi \propto \frac{1}{V}$ (બૉઇલ-વૉન્ટ હૉફનો નિયમ) અને સમીકરણ (2.22) પ્રમાણે,

$\pi \propto T$ (ગેલ્યુસેક-વૉન્ટ હૉફનો નિયમ)

$$\pi \propto \frac{nT}{V}$$

$\pi = \frac{nRT}{V}$ જ્યાં R સમપ્રમાણતા અચળાંક છે, જેનું મૂલ્ય વાયુ અચળાંક જેટલું છે.

$$\therefore \pi V = nRT \qquad (2.25)$$

π = અભિસરણ દબાણ V = દ્રાવણનું કદ

n = દ્રાવ્યના મોલની સંખ્યા R = વાયુ અચળાંક

T = નિરપેક્ષ તાપમાન

સમીકરણ (2.25) વાયુ અંગેના સાદા વાયુ સમીકરણ PV = nRTના સ્વરૂપ જેવું છે.

હવે સમીકરણ (2.25)માં $n = \frac{w}{M}$ લેતાં

$$\pi V = \frac{wRT}{M}$$

$$\pi = \frac{wRT}{MV} \qquad (2.26)$$

જ્યાં, w = દ્રાવ્યનું વજન (ગ્રામ) M = દ્રાવ્યનું આણ્વિયદળ

2.14 સમઅભિસારી (સમદાબી) દ્રાવણો (Iso-Osmotic (Istonic) Solutions)

જે દ્રાવણોના અભિસરણ દબાણ નિયત તાપમાને સમાન હોય, તેવાં દ્રાવણોને **સમઅભિસારી (સમદાબી) દ્રાવણો** કહે છે. સમઅભિસારી દ્રાવણોને અર્ધપારગમ્ય પડદા દ્વારા અલગ કરતાં તેમની વચ્ચે અભિસરણ થતું નથી. સમઅભિસારી દ્રાવણોના બાષ્પદબાણ સમાન હોય છે. આથી આ પ્રકારનાં દ્રાવણોને સમદાબી દ્રાવણો કહે છે. સમઅભિસારી દ્રાવણોની સાંદ્રતા સમાન હોય છે. દા.ત., 0.91 % W / V, NaClનું દ્રાવણ મનુષ્યના રુધિરમાં આવેલા રક્તકણોમાંના પ્રવાહી સાથે સમઅભિસારી છે. તેવી જ રીતે 0.1 M H_2SO_4નું દ્રાવણ 0.3 M ગ્લુકોઝના દ્રાવણ સાથે સમઅભિસારી છે. જો બે જુદાં જુદાં દ્રાવણના અભિસરણ દબાણ જુદા જુદા હોય, એટલે કે સાંદ્રતા જુદી જુદી હોય તો જે દ્રાવણનું અભિસરણ દબાણ ઓછું છે તે દ્રાવણને વધુ અભિસરણ દબાણ ધરાવતા દ્રાવણની સાપેક્ષમાં **હાઈપોટોનિક (Hypotonic) દ્રાવણ** કહે છે અને જે દ્રાવણનું અભિસરણ દબાણ વધારે છે તેને ઓછા અભિસરણ દબાણ ધરાવતા દ્રાવણની સાપેક્ષમાં **હાઈપરટોનિક (Hypertonic) દ્રાવણ** કહે છે. એટલે કે જેનું અભિસરણ દબાણ ઓછું હોય તેને હાઇપો પૂર્વગ અને જેનું અભિસરણ દબાણ વધારે હોય તેના માટે હાઇપર પૂર્વગ વપરાય છે. દા.ત., 0.91 % W/V સાંદ્રતા કરતા ઓછી સાંદ્રતા ધરાવતું શુદ્ધ NaClનું દ્રાવણ મનુષ્યના રુધિરમાં આવેલા રક્તકણોમાંના પ્રવાહીની સાપેક્ષમાં હાઇપોટોનિક દ્રાવણ છે. પરંતુ 0.91 % W/V સાંદ્રતા કરતાં વધારે સાંદ્રતા ધરાવતું શુદ્ધ NaClનું દ્રાવણ મનુષ્યના રુધિરમાં આવેલા રક્તકણોમાંના પ્રવાહીની સાપેક્ષમાં હાઇપરટોનિક દ્રાવણ છે.

દાખલો 16 : 300 K તાપમાને 5 લિટર દ્રાવણમાં 18 ગ્રામ ગ્લુકોઝ ઓગાળવામાં આવેલો હોય, તો તે દ્રાવણનું અભિસરણ દબાણ ગણો.

ઉકેલ : અભિસરણ દબાણ $\pi = \frac{wRT}{MV}$

M = 180 ગ્રામ મોલ$^{-1}$ V = 5 લિટર

T = 300 K R = 8.314×10^{-2} બાર લિ કે$^{-1}$ મોલ$^{-1}$

$$\pi = \frac{18 \times 8.314 \times 10^{-2} \times 300}{180 \times 5}$$

$$\pi = \frac{18 \times 8.314 \times 10^{-2} \times 300}{900} = 0.4988 \text{ બાર}$$

∴ ગ્લુકોઝના દ્રાવણનું અભિસરણ દબાણ 0.4988 બાર છે.

દાખલો 17 : 300 K તાપમાને 2 લિટર દ્રાવણમાં 6 ગ્રામ યૂરિયા ઓગાળવામાં આવ્યો છે. 300 K તાપમાને NaClના 5 લિટર દ્રાવણમાં કેટલા ગ્રામ NaCl ઓગળવાથી તે યૂરિયાના દ્રાવણ સાથે સમઅભિસારી દ્રાવણ થશે ?

ઉકેલ : તાપમાન અને Rનાં મૂલ્યો બંને દ્રાવણ માટે સમાન હોવાથી સમઅભિસારી દ્રાવણ માટે સીધું જ લખી શકાય કે,

$$\frac{\text{યૂરિયાના મોલ}}{\text{યૂરિયાના દ્રાવણનું કદ}} = \frac{\text{NaClના મોલ}}{\text{NaClના દ્રાવણનું કદ}}$$

$$\frac{0.1}{2} = \frac{\text{NaClના મોલ (કણ સંખ્યા)}}{5} \quad \left(\because \text{ યૂરિયાના મોલ} = \frac{w}{M} = \frac{6}{60} = 0.1 \text{ મોલ}\right)$$

$$\text{NaClના મોલ (કણ સંખ્યા)} = \frac{0.1 \times 5}{2} = 0.25 \text{ મોલ}$$

હવે NaCl ($Na^+ + Cl^-$)માં તેની કણસંખ્યા 2 હોવાથી સમઅભિસારી દ્રાવણ માટે ખરેખર NaClના દ્રાવણમાં કણસંખ્યા 0.25 મોલ જરૂરી છે. તેથી 0.25 મોલ કણસંખ્યા મેળવવા માટે NaClની મોલસંખ્યા કણસંખ્યા કરતાં અડધી જરૂરી બનશે.

$$\text{NaClની મોલસંખ્યા} = \frac{0.25 \text{ મોલ}}{2}$$

$$= 0.125 \text{ મોલ}$$

∴ NaClનો ગ્રામમાં જથ્થો = મોલની સંખ્યા × આણ્વિયદળ

= 0.125 × 58.5

= 7.31 ગ્રામ

∴ 7.31 ગ્રામ NaCl ઓગાળવાથી તે યૂરિયાના દ્રાવણ સાથે સમઅભિસારી દ્રાવણ થશે.

2.15 આણ્વિયદળ નક્કી કરવાની પદ્ધતિઓ (Methods of Determining Molecular Mass)

કોઈ પણ પદાર્થનું આણ્વિયદળ નક્કી કરવાની વિવિધ પદ્ધતિઓ નીચે મુજબ છે :

(1) રાઉલ્ટના નિયમનો ઉપયોગ

(2) મોલલ ઉન્નયન માપન પદ્ધતિ

(3) મોલલ અવનયન માપન પદ્ધતિ

(4) અભિસરણ દબાણ માપન પદ્ધતિ

હવે આ પદ્ધતિઓનો વિગતવાર અભ્યાસ કરીશું.

(1) રાઉલ્ટના નિયમનો ઉપયોગ : શુદ્ધ બાષ્પશીલ દ્રાવકમાં, અબાષ્પશીલ દ્રાવ્ય ઓગળવાથી બનતા દ્રાવણ માટે અગાઉ મેળવેલો સમીકરણ (2.8)નો ઉપયોગ કરીને અબાષ્પશીલ દ્રાવ્યનું આણ્વિયદળ (M_2) નક્કી કરી શકાય છે. સમીકરણ (2.8) પ્રમાણે,

$$\frac{p_1^0 - p_1}{p_1^0} = \frac{w_2 \times M_1}{M_2 \times w_1} \quad \text{અથવા}$$

$$M_2 = \frac{p_1^0}{p_1^0 - p_1} \times \frac{w_2 \times M_1}{w_1}$$

પ્રયોગ દ્વારા આપેલા તાપમાને M_1 આણ્વિયદળ અને p_1^0 બાષ્પદબાણ ધરાવતા w_1 ગ્રામ દ્રાવકમાં w_2 ગ્રામ અબાષ્પશીલ દ્રાવ્ય ઓગળવાથી બનતા દ્રાવણનું બાષ્પદબાણ p_1 નક્કી કરવામાં આવે છે અને અવલોકનના અંતે પ્રાપ્ત થતાં મૂલ્યોને સમીકરણ (2.8)માં મૂકવાથી દ્રાવ્યનું આણ્વિયદળ (M_2) શોધી શકાય છે.

દાખલો 18 : 298 K તાપમાને 20 ગ્રામ અબાષ્પશીલ અજ્ઞાત પદાર્થને 360 ગ્રામ પાણીમાં ઓગાળવાથી પાણીનું બાષ્પદબાણ 0.0242 બારથી ઘટીને 0.0238 બાર થાય, તો અજ્ઞાત પદાર્થનું આણ્વિયદળ ગણો.

ઉકેલ : રાઉલ્ટના નિયમ મુજબ,

$$\frac{p_1^0 - p_1}{p_1^0} = \frac{w_2 \times M_1}{M_2 \times w_1}$$

જ્યાં, $p_1^0 = 0.0242$ બાર $\qquad p_1 = 0.0238$ બાર

$w_1 = 360$ ગ્રામ $\qquad M_1 = 18$ ગ્રામ મોલ$^{-1}$

$w_2 = 20$ ગ્રામ $\qquad M_2 = ?$

$$\frac{0.0242 - 0.0238}{0.0242} = \frac{20 \times 18}{M_2 \times 360}$$

$$\frac{0.0004}{0.0242} = \frac{1}{M_2}$$

$$M_2 = \frac{0.0242}{0.0004}$$

$= 60.5$ ગ્રામ મોલ$^{-1}$

∴ અજ્ઞાત પદાર્થનું આણ્વિયદળ 60.5 ગ્રામ મોલ$^{-1}$ હશે.

(2) મોલલ ઉન્નયન માપન પદ્ધતિ : શુદ્ધ બાષ્પશીલ દ્રાવકમાં, અબાષ્પશીલ દ્રાવ્ય ઓગળવાથી બનતા દ્રાવણ માટે અગાઉ મેળવેલા સમીકરણ (2.16)નો ઉપયોગ કરીને અબાષ્પશીલ દ્રાવ્યનું આણ્વિયદળ (M_2) નક્કી કરી શકાય છે. સમીકરણ (2.16) પ્રમાણે,

$$K_b = \frac{\Delta T_b \times w_1 \times M_2}{1000 \times w_2}$$

$$M_2 = \frac{K_b \times 1000 \times w_2}{\Delta T_b \times w_1} \qquad (2.27)$$

પ્રયોગ દ્વારા આપેલા તાપમાને K_b જેટલા મોલલ ઉન્નયન અચળાંક ધરાવતા w_1 ગ્રામ દ્રાવકમાં w_2 ગ્રામ દ્રાવ્ય ઓગળવાથી બનતા દ્રાવણ માટે મોલલ ઉન્નયન (ΔT_b) અવલોકનના અંતે મેળવી તેને સમીકરણમાં (2.27)માં મૂકવાથી દ્રાવ્યનું આણ્વિયદળ (M_2) શોધી શકાય છે.

દાખલો 19 : 200 ગ્રામ પાણીમાં 0.75 ગ્રામ અજ્ઞાત પદાર્થ ઓગળવાથી મળતા દ્રાવણના ઉત્કલનબિંદુમાં 0.15 કેલ્વિનનો વધારો થાય છે. જો દ્રાવણ માટે મોલલ ઉન્નયન અચળાંક 7.5 કે કિલોગ્રામ મોલ$^{-1}$ હોય, તો અજ્ઞાત પદાર્થનું આણ્વિયદળ શોધો.

ઉકેલ : અજ્ઞાત પદાર્થનું આણ્વિયદળ $M_2 = \dfrac{K_b \times 1000 \times w_2}{\Delta T_b \times w_1}$

K_b = 7.5 કે કિલોગ્રામ મોલ$^{-1}$ $\quad$ w_2 = 0.75 ગ્રામ

ΔT_b = 0.15 કે $\quad$ w_1 = 200 ગ્રામ

$$M_2 = \frac{7.5 \times 1000 \times 0.75}{0.15 \times 200}$$

= 187.5 ગ્રામ મોલ$^{-1}$

∴ અજ્ઞાત પદાર્થનું આણ્વિયદળ 187.5 ગ્રામ મોલ$^{-1}$ હશે.

(3) મોલલ અવનયન માપન પદ્ધતિ : શુદ્ધ બાષ્પશીલ દ્રાવકમાં, અબાષ્પશીલ દ્રાવ્ય ઓગળવાથી બનતા દ્રાવણ માટે અગાઉ મેળવેલા સમીકરણ (2.18)નો ઉપયોગ કરીને અબાષ્પશીલ દ્રાવ્યનું આણ્વિયદળ (M_2) નક્કી કરી શકાય છે. સમીકરણ (2.18) પ્રમાણે

$$K_f = \frac{\Delta T_f \times w_1 \times M_2}{1000 \times w_2}$$

$$M_2 = \frac{K_f \times 1000 \times w_2}{\Delta T_f \times w_1} \qquad (2.28)$$

પ્રયોગ કરીને આપેલા તાપમાને K_f જેટલો મોલલ અવનયન અચળાંક ધરાવતા w_1 ગ્રામ દ્રાવકમાં, w_2 ગ્રામ દ્રાવ્ય ઓગળવાથી બનતા દ્રાવણ માટે મોલલ અવનયન (ΔT_f) અવલોકનના અંતે મેળવી તેને સમીકરણ (2.28)માં મૂકી દ્રાવ્યનું આણ્વિયદળ (M_2) શોધી શકાય છે.

દાખલો 20 : 500 ગ્રામ પાણીમાં 2 ગ્રામ અજ્ઞાત પદાર્થ ઓગળવાથી બનતા દ્રાવણના ઠારબિંદુમાં 0.06 કેલ્વિનનો ઘટાડો થાય છે. જો દ્રાવકનો મોલલ અવનયન અચળાંક 5 કે કિલોગ્રામ મોલ$^{-1}$ હોય તો અજ્ઞાત પદાર્થનું આણ્વિયદળ શોધો.

ઉકેલ : અજ્ઞાત પદાર્થનું આણ્વિયદળ $M_2 = \dfrac{K_f \times 1000 \times w_2}{\Delta T_f \times w_1}$

K_f = 5 કે કિલોગ્રામ મોલ$^{-1}$ $\quad$ w_1 = 500 ગ્રામ

ΔT_f = 0.06 કેલ્વિન $\quad$ w_2 = 2 ગ્રામ

$$M_2 = \frac{5 \times 1000 \times 2}{0.06 \times 500}$$

= 333.3 ગ્રામ મોલ$^{-1}$

અજ્ઞાત પદાર્થનું આણ્વિયદળ 333.3 ગ્રામ મોલ$^{-1}$ હશે.

(4) અભિસરણ દબાણ માપન પદ્ધતિ : શુદ્ધ દ્રાવકના ચોક્કસ કદમાં દ્રાવ્ય પદાર્થના ચોક્કસ વજનને ઓગાળીને તૈયાર કરાતા દ્રાવણનું અભિસરણ દબાણ ચોક્કસ તાપમાને નોંધવાથી અજ્ઞાત પદાર્થનું આણ્વિયદળ નીચેના સૂત્ર દ્વારા ગણતરી કરી મેળવી શકાય છે.

$$\text{અજ્ઞાત પદાર્થનું આણ્વિયદળ (M)} = \frac{\text{અજ્ઞાત પદાર્થનું વજન} \times RT}{\text{અભિસરણ દબાણ} \times \text{દ્રાવણનું કદ}}$$

પ્રોટીન, પોલીમર અને વિરાટ અણુઓના આણ્વિયદળ નક્કી કરવા માટે આ પદ્ધતિ વધુ ઉપયોગી છે. કારણ કે આવા અણુઓના આણ્વિયદળ નક્કી કરવા માટે પ્રાયોગિક અવલોકનના અંતે પ્રાપ્ત થતો ઉત્કલનબિંદુમાં વધારો કે ઠારબિંદુમાં થતા ઘટાડાનું પ્રમાણ ખૂબ જ ઓછું (આશરે 10^{-5} K) હોવાથી તેમને ચોકસાઈપૂર્વક માપવા મુશ્કેલ બને છે જ્યારે અભિસરણ દબાણમાં થતા ફેરફારનું મૂલ્ય આશરે 10^{-3} બાર જેટલું હોય છે, જે મિમી એકમમાં માપી શકાય છે. વળી પ્રોટીન જેવા જૈવિક અણુઓ ઊંચા તાપમાને સ્થાયી ન હોવાથી તેનું આણ્વિયદળ મોલલ ઉન્નયન પદ્ધતિ દ્વારા મેળવી શકાય નહિ, પરંતુ ઓરડાના તાપમાને કાર્ય કરતી અભિસરણ દબાણ માપન પદ્ધતિ દ્વારા મેળવી શકાય છે. વળી પોલીમર પદાર્થોની દ્રાવ્યતા ઓછી હોવાથી તે મંદ દ્રાવણ બનાવે છે અને મંદ દ્રાવણ માટે અભિસરણ દબાણ માપન પદ્ધતિમાં પ્રાપ્ત થતાં અવલોકનો સરળતાથી નોંધી શકાય છે જ્યારે આણ્વિયદળ નક્કી કરવાની અન્ય પદ્ધતિમાં પ્રાપ્ત થતા અવલોકનના મૂલ્ય ખૂબ જ નાના હોવાથી ચોકસાઈપૂર્વક (સરળતાથી) માપવાં મુશ્કેલ બને છે. વળી,અભિસરણ દબાણ માપન પદ્ધતિમાં દ્રાવણની સાંદ્રતા મોલાલિટીને બદલે મોલારિટીમાં માપવામાં આવે છે. તેથી અભિસરણ દબાણ માપન પદ્ધતિ બીજી પદ્ધતિઓ કરતાં વધુ ઉપયોગી છે.

દાખલો 21 : 300 K તાપમાને 1.5 ગ્રામ અજ્ઞાત પદાર્થને દ્રાવકમાં ઓગાળી દ્રાવણનું કદ 1.5 લિટર કરવાથી મળતા દ્રાવણનું અભિસરણ દબાણ 0.2 બાર માલૂમ પડે છે, તો અજ્ઞાત પદાર્થનું આણ્વિયદળ ગણો.

ઉકેલ : $$\text{અજ્ઞાત પદાર્થનું આણ્વિયદળ (M)} = \frac{\text{અજ્ઞાત પદાર્થનું વજન} \times RT}{\text{અભિસરણ દબાણ} \times \text{દ્રાવણનું કદ}}$$

$$= \frac{1.5 \times 8.314 \times 10^{-2} \times 300}{0.2 \times 1.5}$$

$$= 124.71 \text{ ગ્રામ મોલ}^{-1}$$

∴ અજ્ઞાત પદાર્થનું આણ્વિયદળ 124.71 ગ્રામ મોલ$^{-1}$ હશે.

2.16 અસામાન્ય આણ્વિયદળ અને વૉન્ટ હૉફ અવયવ (Abnormal Molecular Mass and van't Hoff Factor)

દ્રાવણના વિવિધ સંખ્યાત્મક ગુણધર્મનો સંબંધ વિદ્યુત અવિભાજ્ય જલીય દ્રાવણને અથવા દ્રાવ્ય જ્યારે દ્રાવકમાં ઓગળીને દ્રાવણ બને ત્યારે દ્રાવ્યનું સુયોજન કે વિયોજન થતું ન હોય તેવા દ્રાવ્યનાં દ્રાવણોને જ લાગુ પડે છે. કારણ કે દ્રાવ્યનું સુયોજન કે વિયોજન થતાં તેમાં દ્રાવ્યના કણની સંખ્યા જે સાંદ્રતા દર્શાવે છે, તેમાં ઘટાડો કે વધારો થાય છે જ્યારે ધ્રુવીય દ્રાવકમાં ધ્રુવીય દ્રાવ્ય ઓગાળવામાં આવે છે ત્યારે દ્રાવ્ય ધ્રુવીય હોવાથી તેનું દ્રાવણમાં આયનીકરણ થાય છે અને દ્રાવણમાં દ્રાવ્યકણોની સંખ્યા વધે છે. દા.ત., પાણીમાં NaCl, K_2SO_4, $FeCl_3$ અને $Fe_2(SO_4)_3$ દ્રાવ્ય થઈને આયનીકરણ થતાં દ્રવ્યકણની સંખ્યા અનુક્રમે 2, 3, 4 અને 5 થાય છે. તેને વિયોજન (dissociation) થયું કહેવાય. દ્રવ્યકણની સંખ્યામાં વધારો થતાં, સંખ્યાત્મક ગુણધર્મનો ઉપયોગ કરીને દ્રાવ્યનું સાચું આણ્વિયદળ મેળવી શકાતું નથી. પ્રયોગના અંતે મળતા આણ્વિયદળને અસામાન્ય આણ્વિયદળ કહે છે. વળી, કેટલાક દ્રાવ્યના અણુઓ દ્રાવકમાં દ્રાવ્ય થાય ત્યારે બે કે તેથી વધુ અણુઓ ભેગા થઈને સંયોજિત અણુ ઉત્પન્ન કરે છે. આ ક્રિયાને સુયોજન કહે છે. દા.ત., ઍસિટિક ઍસિડ કે બેન્ઝોઇક ઍસિડ જ્યારે બેન્ઝિન દ્રાવકમાં દ્રાવ્ય થાય છે ત્યારે દ્રાવ્યના બે અણુઓનું સુયોજન થાય છે અને તેથી દ્રાવણમાં દ્રવ્યકણોની સંખ્યામાં ઘટાડો થાય છે. તેથી આવાં દ્રાવણો માટે સંખ્યાત્મક ગુણધર્મનો ઉપયોગ કરીને દ્રાવ્ય પદાર્થો માટે સાચું આણ્વિયદળ પ્રાપ્ત થતું નથી. સાચા આણ્વિયદળ કરતાં પ્રાપ્ત થતા પ્રાયોગિક આણ્વિયદળનું મૂલ્ય વધારે હોય છે અને આવા પ્રાપ્ત થતા પ્રાયોગિક આણ્વિયદળને પણ અસામાન્ય આણ્વિયદળ કહે છે. વળી, દ્રાવણના સંખ્યાત્મક

ગુણધર્મો માત્ર મંદ દ્રાવણને જ લાગુ પડે છે. કારણ કે સાંદ્ર દ્રાવણ એટલે કે દ્રાવણની સાંદ્રતા વધારે હોય તો દ્રાવ્યના અણુઓ એકબીજાથી નજીક હોય છે. તેથી તેમની વચ્ચે આણ્વિય આકર્ષણબળ ગણનાપાત્ર હોય છે, પરિણામે સંખ્યાત્મક ગુણધર્મોને આધારે સાચું આણ્વિયદળ મેળવી શકાતું નથી. તેથી અસામાન્ય આણ્વિયદળ પ્રાપ્ત થાય છે. તેથી આવા સંજોગોમાં સાચું આણ્વિયદળ મેળવવા માટે 1880માં વૈજ્ઞાનિક વૉન્ટ હૉફે એક અવયવ દાખલ કર્યો, જે વૉન્ટ હૉફ અવયવ (i) તરીકે ઓળખાય છે.

$$\text{વૉન્ટ હૉફ અવયવ (i)} = \frac{\text{દ્રાવ્યનું સામાન્ય આણ્વિયદળ}}{\text{દ્રાવ્યનું અસામાન્ય આણ્વિયદળ}} \quad \text{અથવા}$$

$$= \frac{\text{દ્રાવ્યનું સૈદ્ધાંતિક આણ્વિયદળ}}{\text{દ્રાવ્યનું પ્રાયોગિક આણ્વિયદળ}} \quad \text{અથવા}$$

$$\text{વૉન્ટ હૉફ અવયવ (i)} = \frac{\text{સંખ્યાત્મક ગુણધર્મોનું પ્રાયોગિક મૂલ્ય}}{\text{સંખ્યાત્મક ગુણધર્મોનું સૈદ્ધાંતિક મૂલ્ય}}$$

વૉન્ટ હૉફ અવયવ (i)ને દાખલ કરતાં સંખ્યાત્મક ગુણધર્મોનાં સૂત્રોને ગાણિતિક સ્વરૂપે નીચે પ્રમાણે લખી શકાય :

રાઉલ્ટનો નિયમ : $\frac{p_1^0 \quad p_1}{p_1^0} = i\,\frac{n_2}{n_1 + n_2} \simeq i\,\frac{n_2}{n_1}$

ઉત્કલનબિંદુ ઉન્નયન : $\Delta T_b = i\ K_b \cdot m$

ઠારબિંદુ અવનયન : $\Delta T_f = i\ K_f \cdot m$

દ્રાવણનું અભિસરણ દબાણ : $\pi = i\,\frac{nRT}{V}$

જ્યારે દ્રાવણમાં દ્રાવ્યનું સુયોજન થાય ત્યારે વૉન્ટ હૉફ અવયવ (i) નું મૂલ્ય એક કરતાં ઓછું અને વિયોજન થાય ત્યારે તે મૂલ્ય એક કરતાં વધુ હોય છે. પરંતુ સુયોજન કે વિયોજન ન થાય ત્યારે વૉન્ટ હૉફ અવયવ (i) નું મૂલ્ય એક થાય છે. કેટલાંક દ્રાવણો માટે વૉન્ટ હૉફ અવયવ (i) નાં મૂલ્યો કોષ્ટક 2.3માં દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક 2.3 NaCl, KCl, $MgSO_4$ અને K_2SO_4ની જુદી જુદી સાંદ્રતા માટે વૉન્ટ હૉફ અવયવ (i)

ક્ષાર	i નું મૂલ્ય			સંપૂર્ણ વિયોજિત દ્રાવ્ય માટે વૉન્ટ હૉફ અવયવ (i)
	0.1 m	0.01 m	0.001 m	
NaCl	1.87	1.94	1.97	2.00
KCl	1.85	1.94	1.98	2.00
$MgSO_4$	1.21	1.53	1.82	2.00
K_2SO_4	2.32	2.70	2.84	3.00

વિયોજન અંશ : દ્રાવણમાં દ્રાવ્યના આપેલા જથ્થાનો જેટલો ભાગ વિયોજન પામે તેને વિયોજન અંશ (α) કહે છે.

$$\text{વિયોજન અંશ } (\alpha) = \frac{i - 1}{n - 1}$$

જ્યાં, i = વૉન્ટ હૉફ અવયવ, n = વિયોજનથી છૂટા પડતા કુલ આયનની સંખ્યા

સુયોજન અંશ (X) : દ્રાવણમાં દ્રાવ્યના આપેલા જથ્થાનો જેટલો ભાગ સુયોજન પામે તેને તેનો સુયોજન અંશ (X) કહે છે.

$$\text{સુયોજનઅંશ (X)} = (1-i)\frac{n}{n-1}$$

જ્યાં, i = વૉન્ટ હૉફ અવયવ, n = સંયોજનથી જોડાતા અણુની સંખ્યા

દાખલો 22 : 1.0 ગ્રામ KCl ને 200 ગ્રામ પાણીમાં ઓગાળવાથી તેના ઠારબિંદુમાં થતો ઘટાડો 0.24 K હોય તો દ્રાવણ માટે વૉન્ટ હૉફ અવયવ (i) ગણો. પાણી માટે ઠારબિંદુ અવનયન અચળાંક 1.86 કે કિલોગ્રામ મોલ$^{-1}$ છે.

ઉકેલ : $$\text{દ્રાવ્યનું આણ્વિયદળ (KCl)} = \frac{1000 \times K_f \times \text{KClનું વજન}}{T_f \times \text{દ્રાવકનું વજન}}$$

$$= \frac{1000 \times 1.86 \times 1}{0.24 \times 200}$$

$$= 38.75 \text{ ગ્રામ મોલ}^{-1} = \text{પ્રાયોગિક મૂલ્ય}$$

હવે, $$\text{KClનું આણ્વિયદળ} = 39 + 35.5$$

$$= 74.5 \text{ ગ્રામ મોલ}^{-1}$$

$$\text{વૉન્ટ હૉફ અવયવ (i)} = \frac{\text{KClનું સૈદ્ધાંતિક આણ્વિયદળ}}{\text{KClનું પ્રાયોગિક આણ્વિયદળ}}$$

$$= \frac{74.5}{38.75}$$

$$= 1.92$$

∴ KClના વૉન્ટ હૉફ અવયવ (i)નું મૂલ્ય 1.92 હશે.

દાખલો 23 : 1.0 ગ્રામ બેન્ઝોઇક ઍસિડને 25 ગ્રામ બેન્ઝિનમાં દ્રાવ્ય કરતાં તેના ઠારબિંદુમાં થતું અવનયન 0.81 K હોય, તો તેનો સુયોજન અંશ (X) શોધો. દ્રાવકનો મોલલ અવનયન અચળાંક 4.9 કૅલ્વિન કિલોગ્રામ મોલ$^{-1}$ છે.

ઉકેલ : $$\text{બેન્ઝોઇક ઍસિડનું આણ્વિયદળ} = \frac{1000 \times K_f \times \text{બેન્ઝોઇક ઍસિડનું વજન}}{T_f \times \text{દ્રાવકનું વજન}}$$

$$= \frac{1000 \times 4.9 \times 1}{0.81 \times 25} = 242 \text{ ગ્રામ મોલ}^{-1}$$

= બેન્ઝોઇક ઍસિડનું અસામાન્ય (પ્રાયોગિક) આણ્વિયદળ

$$\text{વૉન્ટ હૉફ અવયવ (i)} = \frac{\text{બેન્ઝોઇક ઍસિડનું સૈદ્ધાંતિક આણ્વિયદળ}}{\text{બેન્ઝોઇક ઍસિડનું પ્રાયોગિક આણ્વિયદળ}}$$

$$= \frac{122}{242} \cong 0.5$$

∴ બેન્ઝોઇક ઍસિડનો વૉન્ટ હૉફ અવયવ (i)નું મૂલ્ય 0.5 હશે.

સુયોજન અંશ (X) = $(1-i)\dfrac{n}{n-1}$

$$= (1 - 0.5)\left(\frac{2}{2-1}\right)$$

$$= 0.5 \times 2 = 1$$

∴ બેન્ઝોઇક એસિડનો સુયોજન અંશ X = 1

દાખલો 24 : 0.01 m $K_3[Fe(CN)_6]$ના જલીય દ્રાવણના ઠારબિંદુમાં મળતો ઘટાડો 0.062 K હોય, તો દ્રાવ્યનો વિયોજન અંશ (α) ગણો. દ્રાવકનો મોલલ અવનયન અચળાંક (K_f) 1.86 કેલ્વિન કિલોગ્રામ મોલ$^{-1}$ છે.

ઉકેલ : દ્રાવણના ઠારબિંદુમાં મળતો ઘટાડો (સૈદ્ધાંતિક)

$$\Delta T_f = K_f \cdot m = 1.86 \times 0.01 = 0.0186 \text{ કેલ્વિન}$$

$$\text{વૉન્ટ હૉફ અવયવ (i)} = \frac{\text{દ્રાવણના ઠારબિંદુમાં મળતો પ્રાયોગિક ઘટાડો}}{\text{દ્રાવણના ઠારબિંદુમાં મળતો સૈદ્ધાંતિક ઘટાડો}}$$

$$= \frac{0.062}{0.0186} = 3.33$$

જ્યારે $K_3[Fe(CN)_6]$ પાણીમાં ઓગળી દ્રાવણ બનાવે ત્યારે તેના આયનીકરણથી મળતા કુલ આયનની સંખ્યા (n) = 3 + 1 = 4 થાય છે.

$$K_3[Fe(CN)_6](aq) \rightleftharpoons 3K^+(aq) + [Fe(CN)_6]^{3-}(aq)$$

∴ $K_3[Fe(CN)_6]$નો વિયોજન અંશ (α) $= \dfrac{i-1}{n-1} = \dfrac{3.33-1}{4-1} = 0.778$

∴ $K_3[Fe(CN)_6]$નો વિયોજન અંશ (α) = 0.778 હશે.

દાખલો 25 : 100 ગ્રામ બેન્ઝિનમાં 2 ગ્રામ ફિનૉલ ઓગાળવાથી તેના ઠારબિંદુમાં 0.69 Kનો ઘટાડો થાય છે. જો તેનું સુયોજન દ્વિઅણુક (dimeric) હોય તો તેનો સુયોજન અંશ (X) ગણો. દ્રાવક માટે મોલલ અવનયન અચળાંક (K_f) 5.12 કેલ્વિન કિલોગ્રામ મોલ$^{-1}$ છે.

ઉકેલ : ફિનૉલ (C_6H_5OH)નું સૈદ્ધાંતિક આણ્વિયદળ = 94 ગ્રામ મોલ$^{-1}$ છે.

$$\text{ફિનૉલનું પ્રાયોગિક આણ્વિયદળ} = \frac{1000 \times K_f \times \text{દ્રાવ્યનું વજન}}{\Delta T_f \times \text{દ્રાવકનું વજન}}$$

$$= \frac{1000 \times 5.12 \times 2}{0.69 \times 100}$$

= 148.4 ગ્રામ મોલ$^{-1}$ = ફિનૉલનું અસામાન્ય આણ્વિયદળ

$$\text{ફિનૉલ માટે વૉન્ટ હૉફ અવયવ (i)} = \frac{\text{ફિનૉલનું સૈદ્ધાંતિક આણ્વિયદળ}}{\text{ફિનૉલનું પ્રાયોગિક આણ્વિયદળ}}$$

$$= \frac{94}{148.4}$$

$$= 0.633$$

ફિનૉલ માટે સુયોજન અંશ $(X) = (1 - i)\ \frac{n}{n-1}$

$$= (1 - 0.633)\ \frac{2}{2-1}$$

$$= 0.367 \times 2 = 0.734$$

ફિનૉલ માટે સુયોજન અંશ (X)નું મૂલ્ય 0.734 હશે.

સારાંશ

- બે કે તેથી વધુ પદાર્થ મિશ્ર થઈને સમાંગ અથવા એકરૂપ મિશ્રણ બનાવે તો તેવા મિશ્રણને દ્રાવણ કહે છે.
- દ્રાવણમાં જે ઘટકનું પ્રમાણ સૌથી વધારે હોય તેને દ્રાવક અને જે ઘટક અથવા ઘટકોનું પ્રમાણ ઓછું હોય તેને દ્રાવ્ય કહે છે.
- દ્રાવણમાં એક દ્રાવક અને એક કે એક કરતાં વધુ દ્રાવ્ય ઘટકો હોઈ શકે.
- જે દ્રાવણમાં એક દ્રાવ્ય અને એક દ્રાવક હોય તેવા દ્રાવણને દ્વિઅંગી દ્રાવણ કહે છે.
- દ્રાવણોના ત્રણ પ્રકાર છે : ઘન દ્રાવણ, પ્રવાહી દ્રાવણ અને વાયુમય દ્રાવણ.
- આપેલા દ્રાવણમાં દ્રાવકની જે ભૌતિક અવસ્થા હોય તે દ્રાવણની ભૌતિક અવસ્થા બને છે.
- ધ્રુવીય દ્રાવકમાં ધ્રુવીય દ્રાવ્ય અને અધ્રુવીય દ્રાવકમાં અધ્રુવીય દ્રાવ્ય ઓગાળતાં સમાંગ મિશ્રણ (દ્રાવણ) બને છે.
- જો દ્રાવ્યમાં –OH સમૂહની સંખ્યામાં વધારો થતો હોય તો તે પાણીમાં વધુ દ્રાવ્ય હોય છે.
- મોટા ભાગના આયનીય પદાર્થો ધ્રુવીય દ્રાવકમાં દ્રાવ્ય હોય છે.
- દ્રાવક તરીકે પાણી હોય તો તેને જલીય દ્રાવણ કહે છે અને તે સિવાયના દ્રાવકોથી બનતા દ્રાવણને બિનજલીય દ્રાવણ કહે છે.
- **ફૉર્માલિટી :** 1 લિટર જલીય દ્રાવણમાં પદાર્થના 1 ગ્રામ સૂત્રદળ જેટલું વજન ઓગાળતાં મળતા દ્રાવણને 1 ફૉર્મલ (F) દ્રાવણ કહે છે.

  $$\text{ફૉર્માલિટી (F)} = \frac{1000 \times \text{દ્રાવ્યનું વજન (ગ્રામમાં)}}{\text{દ્રાવ્યનું પ્રમાણ સૂત્રદળ} \times \text{દ્રાવ્યનું કદ (મિલિ)}}$$

- **વજન-કદથી ટકાવારી (% W / V) :** 100 મિલિ દ્રાવણમાં દ્રાવ્ય થયેલા પદાર્થના વજનને તેના વજન-કદથી ટકા કહે છે.

  $$(\%\ W / V) = \frac{100 \times \text{દ્રાવ્યનું વજન}}{\text{દ્રાવણનું કદ}}$$

- **કદથી ટકાવારી (% V / V) :** 100 મિલિ દ્રાવણમાં દ્રાવ્ય થયેલા પદાર્થના કદને કદથી ટકા (% V / V) કહે છે.

$$(\% \text{ V / V}) = \frac{100 \times \text{દ્રાવ્યનું કદ (મિલિ)}}{\text{દ્રાવણનું કદ (મિલિ)}}$$

- **પાર્ટ્સ પર મિલિયન (ppm) :** કેટલીક વખત દ્રાવણમાં દ્રાવ્યની માત્રા ખૂબ જ અલ્પ પ્રમાણમાં હોય ત્યારે તેને પાર્ટ્સ પર મિલિયન (ppm) વડે દર્શાવાય છે. પાર્ટ્સ પર મિલિયન એકમ જુદી જુદી ત્રણ રીતે રજૂ શકાય :

  (1) વજન-વજનથી પાર્ટ્સ પર મિલિયન (2) વજન-કદથી પાર્ટ્સ પર મિલિયન (3) કદ-કદથી પાર્ટ્સ પર મિલિયન

- $$\text{વજન-કદથી પાર્ટ્સ પર મિલિયન} = \frac{\text{દ્રાવ્યનો જથ્થો (મિલિગ્રામ)}}{\text{દ્રાવણનો જથ્થો (લિટર)}}$$

  તેથી તેનો એકમ મિલિગ્રામ લિટર$^{-1}$ લખી શકાય.

- આપેલા તાપમાને અને દબાણે ચોક્કસ જથ્થાના દ્રાવકમાં ઓગળેલા પદાર્થના મહત્તમ જથ્થાને તે પદાર્થની દ્રાવ્યતા કહે છે.
- ઘન, પ્રવાહી અને વાયુની દ્રાવ્યતા પર તાપમાનની અસર થાય છે.
- **હેન્રીનો નિયમ :** 'અચળ તાપમાને વાયુમય દ્રાવ્યની દ્રાવ્યતા પ્રવાહી દ્રાવકમાં તે વાયુના દબાણના સમપ્રમાણમાં હોય છે.'
- વાયુમય દ્રાવ્યનું આંશિક દબાણ $p = K_H \cdot X$ જ્યાં, K_H હેન્રીનો અચળાંક છે, જે તાપમાન પર આધાર રાખે છે.
- હેન્રીના નિયમની મર્યાદાઓ અને ઉપયોગો એકમમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે છે.
- ઘન દ્રાવ્ય જ્યારે ઘન દ્રાવકમાં દ્રાવ્ય થાય ત્યારે વિસ્થાપિત ઘન દ્રાવણ (પિત્તળ, બ્રૉન્ઝ, સ્ટીલ મોનલ મૅટલ વગેરે) તેમજ આંતરાલીય ઘન દ્રાવણ (WC) બનાવે છે.
- ઘન દ્રાવ્યની દ્રાવ્યતાથી પ્રવાહી દ્રાવકમાં બનતા દ્રાવણ પર અસર કરતાં પરિબળો તાપમાન અને દબાણ છે.
- જો દ્રાવ્યને દ્રાવકમાં ઓગાળી દ્રાવણ બનાવવામાં આવે તો બાષ્પદબાણમાં ઘટાડો, ઉત્કલનબિંદુમાં વધારો અને ઠારબિંદુમાં ઘટાડો થાય છે. દ્રાવણના આ ગુણધર્મોને દ્રાવણના સંખ્યાત્મક ગુણધર્મો તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.
- **રાઉલ્ટનો નિયમ :** બાષ્પશીલ દ્રાવકમાં અબાષ્પશીલ દ્રાવ્ય ઓગાળવાથી બનતા દ્રાવણના બાષ્પદબાણમાં થતો સાપેક્ષ ઘટાડો દ્રાવ્યના મોલઅંશ બરાબર હોય છે.

  ગાણિતિક રીતે લખતાં, $X_2 = \dfrac{p_1^0 - p_1}{p_1^0}$

- રાઉલ્ટના નિયમની કેટલીક મર્યાદાઓ છે પરંતુ જે દ્રાવણો સાંદ્રતાની સંપૂર્ણ મર્યાદામાં રાઉલ્ટના નિયમને અનુસરે છે તેને આદર્શ દ્રાવણ કહે છે અને જે દ્રાવણો રાઉલ્ટના નિયમને અનુસરતા નથી તેમને બિનઆદર્શ દ્રાવણો અથવા સાચાં દ્રાવણો કહે છે.
- શુદ્ધ દ્રાવકમાં દ્રાવ્ય ઓગાળી બનાવાતા દ્રાવણના ઉત્કલનબિંદુમાં થતાં વધારાને ઉત્કલનબિંદુમાં ઉન્નયન કહે છે.

- **મોલલ ઉન્નયન અચળાંક :** 1 કિલોગ્રામ દ્રાવકમાં 1 ગ્રામ આણ્વિયદળ જેટલા વજનનો અબાષ્પશીલ દ્રાવ્ય ઓગાળીને દ્રાવણ બનાવતાં તેના ઉત્કલનબિંદુમાં થતા વધારાને મોલલ ઉન્નયન અચળાંક કહે છે.

$$K_b = \frac{\Delta T_b \times w_1 \times M_2}{1000 \times w_2}$$ થશે.

- **મોલલ અવનયન અચળાંક :** 1 કિલોગ્રામ દ્રાવકમાં 1 ગ્રામ આણ્વિયદળ જેટલા વજનનો અબાષ્પશીલ દ્રાવ્ય ઓગાળીને દ્રાવણ બનાવતાં તેના ઠારબિંદુમાં થતા ઘટાડાને મોલલ અવનયન અચળાંક (K_f) કહે છે.

$$K_f = \frac{\Delta T_f \times M_2 \times w_1}{1000 \times w_2}$$ થશે.

- **અભિસરણ :** જુદી જુદી સાંદ્રતા ધરાવતાં દ્રાવણોને અર્ધપારગમ્ય પડદા વડે અલગ કરતાં, ઓછી સાંદ્રતા ધરાવતાં દ્રાવણથી વધુ સાંદ્રતાં ધરાવતા દ્રાવણ તરફ દ્રાવકના સ્વયંભૂ પ્રવાહને અભિસરણ કહે છે.
- **અભિસરણ દબાણ :** જે દબાણ લગાડવાથી આ અભિસરણને અટકાવી શકાય તેને અભિસરણ દબાણ (π) કહે છે.
- **બૉઈલ-વૉન્ટ હૉફનો નિયમ :** નિયત તાપમાને દ્રાવણનું અભિસરણ દબાણ (π) દ્રાવણની મોલર સાંદ્રતાના સમપ્રમાણમાં હોય છે. $\pi \propto C$
- **ગેલ્યુસેક-વૉન્ટ હૉફ નિયમ :** જો દ્રાવણની સાંદ્રતા અચળ હોય તો દ્રાવણનું અભિસરણ દબાણ તેના નિરપેક્ષ તાપમાનના સમપ્રમાણમાં હોય છે. $\pi \propto T$
- **ઍવોગેડ્રો-વૉન્ટ હૉફનો નિયમ :** સરખા તાપમાને જેના અભિસરણ દબાણ એકસમાન હોય તેવાં વિવિધ દ્રાવણોના સરખા કદમાં દ્રાવ્ય અણુઓની સંખ્યા એકસમાન હોય છે. $\pi \propto n$

$$\pi = \frac{nRT}{V} = \frac{wRT}{MV}$$ થશે.

- **સમઅભિસારી (સમદાબી) દ્રાવણો :** જે દ્રાવણોના અભિસરણ દબાણ સમાન હોય તેવાં દ્રાવણોને સમઅભિસારી અથવા સમદાબી દ્રાવણો કહે છે.
- જે દ્રાવણમાં બીજા દ્રાવણની સરખામણીમાં અભિસરણ દબાણ ઓછું છે તેને હાઇપોટોનિક દ્રાવણ કહે છે.
- જે દ્રાવણમાં બીજા દ્રાવણની સરખામણીમાં અભિસરણ દબાણ વધુ છે તેને હાઇપરટોનિક દ્રાવણ કહે છે.
- **આણ્વિયદળ નક્કી કરવાની વિવિધ પદ્ધતિઓ :**

(i) રાઉલ્ટના નિયમનો ઉપયોગ : $\frac{p_1^0 - p_1}{p_1^0} = \frac{w_2 \times M_1}{M_2 \times w_1}$

(ii) મોલલ ઉન્નયન માપન પદ્ધતિ :

$$\text{દ્રાવ્ય પદાર્થનું આણ્વિયદળ} = \frac{K_b \times 1000 \times \text{દ્રાવ્ય પદાર્થનું વજન}}{\text{ઉત્કલનબિંદુમાં ઉન્નયન} \times \text{દ્રાવકનું વજન}}$$

(iii) મોલલ અવનયન માપન પદ્ધતિ :

$$\text{દ્રાવ્ય પદાર્થનું આણ્વિયદળ} = \frac{K_f \times 1000 \times \text{દ્રાવ્ય પદાર્થનું વજન}}{\text{ઠારબિંદુમાં અવનયન} \times \text{દ્રાવકનું વજન}}$$

(iv) અભિસરણ દબાણ માપન પદ્ધતિ :

$$\text{દ્રાવ્ય પદાર્થનું આણ્વિયદળ} = \frac{\text{દ્રાવ્ય પદાર્થનું વજન} \times RT}{\text{દ્રાવણનું અભિસરણ દબાણ} \times \text{દ્રાવણનું કદ}}$$

- દ્રાવણના સંખ્યાત્મક ગુણધર્મો એવાં દ્રાવણોને લાગુ પડે છે જેઓ સુયોજન કે વિયોજન પામતા નથી.
- વૉન્ટ હૉફ અવયવ (i) સામાન્ય વર્તણૂકથી થતા વિચલન માટે દાખલ કરવામાં આવ્યો.
- $$\text{વૉન્ટ હૉફ અવયવ (i)} = \frac{\text{દ્રાવ્યનું સૈદ્ધાંતિક આણ્વિયદળ}}{\text{દ્રાવ્યનું પ્રાયોગિક આણ્વિયદળ}}$$
- **રાઉલ્ટનો નિયમ :** $\frac{p_1^0 - p_1}{p_1^0} = i \frac{n_2}{n_1 + n_2} \simeq i \frac{n_2}{n_1}$
- **ઉત્કલનબિંદુ ઉન્નયન :** $\Delta T_b = i\ K_b \cdot m$
- **ઠારબિંદુ અવનયન :** $\Delta T_f = i\ K_f \cdot m$
- **દ્રાવણનું અભિસરણ દબાણ :** $\pi = i \frac{nRT}{V}$
- સુયોજન અંશ (X) $= (1 - i) \frac{n}{n-1}$
- વિયોજન અંશ (α) $= \frac{i-1}{n-1}$

સ્વાધ્યાય

1. આપેલા વિકલ્પોમાંથી યોગ્ય વિકલ્પ પસંદ કરો :

(1) તાપમાન બદલાતાં કઈ સાંદ્રતાના એકમના મૂલ્યમાં ફેરફાર થાય છે ?

(A) નૉર્માલિટી (B) મોલારિટી (C) % v/v (D) બધી જ

(2) પેટ્રોલ કયા પ્રકારનું દ્રાવણ છે ?

(A) ઘન-પ્રવાહી (B) પ્રવાહી-પ્રવાહી (C) વાયુ-પ્રવાહી (D) બધા જ

(3) 10 મિલિ દ્રાવણમાં 2×10^{-6} ગ્રામ CO_2 દ્રાવ્ય થયેલો હોય, તો તેની સાંદ્રતા ppmના એકમમાં કેટલી હશે ?

(A) 2 (B) 0.2 (C) 200 (D) 2×10^{-6}

(4) ઈથાઈલ આલ્કોહૉલમાં નીચેનામાંથી કયા વાયુની દ્રાવ્યતા સૌથી વધુ હશે ?

(A) H_2S (B) NH_3 (C) N_2 (D) CO_2

(5) નીચેનામાંથી કયો પદાર્થ પાણીમાં સૌથી વધુ દ્રાવ્ય હશે ?

(A) ઈથેનોલ (B) ઈથિલીન ગ્લાયકોલ

(C) ગ્લિસરીન (D) પ્રોપેનોલ

(6) તાપમાન વધતાં વાયુમય દ્રાવ્યની પ્રવાહીમાં દ્રાવ્યતાનું મૂલ્ય

(A) વધે છે. (B) ઘટે છે. (C) અચળ રહે છે. (D) કહી શકાય નહિ.

(7) તાપમાન વધતાં હેન્રી અચળાંકનું મૂલ્ય

(A) ઘટે છે. (B) વધે છે. (C) અચળ રહે છે. (D) કહી શકાય નહિ.

(8) કયા દ્રાવણના બાષ્પદબાણ પર તાપમાનની અસર સૌથી વધુ વર્તાય છે ?

(A) ખાંડનું દ્રાવણ (B) NaClનું દ્રાવણ (C) $BaCl_2$નું દ્રાવણ (D) જલીય H_2S

(9) 0.02 m સાંદ્રતા ધરાવતા નીચેનામાંથી કયા દ્રાવણનું ઉત્કલનબિંદુ સૌથી વધારે હશે ?

(A) યૂરિયા (B) NaCl (C) Na_2SO_4 (D) $K_4[Fe(CN)_6]$

(10) 0.5 M ગ્લુકોઝનું જલીય દ્રાવણ કયા દ્રાવણ સાથે સમઅભિસારી હશે ?

(A) 0.1 m NaCl (B) 0.05 m NaCl (C) 0.25 m NaCl (D) 1 m NaCl

(11) $FeCl_3$ના જલીય મંદ દ્રાવણ માટે વૉન્ટ હૉફ અવયવ (i)નું મૂલ્ય કેટલું હશે ?

(A) 1 (B) < 1 (C) > 1 (D) શૂન્ય

(12) ઍસિટિક ઍસિડને બેન્ઝિનમાં ઓગાળતાં બનતા દ્રાવણ માટે વૉન્ટ હૉફ અવયવ (i)નું મૂલ્ય કેટલું હશે?

(A) 0 (B) 1 (C) > 1 (D) < 1

(13) 10 % W / W NaOHના જલીય દ્રાવણની મોલાલિટીનું મૂલ્ય કેટલું હશે ?

(A) 2.778 (B) 2.5 (C) 10 (D) 5

(14) કયા દ્રવ્ય માટે તેના જલીય દ્રાવણનું વૉન્ટ હૉફ અવયવનું મૂલ્ય એક હશે ?

(A) મીઠું (B) સુરોખાર (C) ગ્લુકોઝ (D) વિનેગાર

(15) કયા દ્રાવ્યના જલીય દ્રાવણ માટે વૉન્ટ હૉફ અવયવ (i)નું મૂલ્ય 1 ન હોય ?

(A) ગ્લુકોઝ (B) ખાંડ (C) ફ્રુક્ટોઝ (D) સરકો

(16) બિનઆદર્શ દ્રાવણનું બાષ્પદબાણ રાઉલ્ટના નિયમથી મળેલા બાષ્પદબાણ કરતાં

(A) વધુ હોય. (B) ઓછું હોય. (C) સમાન હોય. (D) A અને B બંને

(17) કયું દ્રાવણ હાઇપોટૉનિક કહી શકાય ?

(A) 0.1 m NaCl (B) 0.1 m ખાંડ

(C) 0.1m Na_2SO_4 (D) 0.1 m $FeCl_3$

(18) બાષ્પશીલ ઘટક A અને Bના જલીય દ્રાવણનું સંતુલન સ્થિતિએ કુલ દબાણ 0.02 બાર છે. જો ઘટકAના મોલઅંશ 0.2 હોય, તો ઘટક Bનું આંશિક દબાણ કેટલું હશે ?

(A) 0.02 બાર (B) 0.04 બાર (C) 0.016 બાર (D) 0.2 બાર

(19) કયું દ્રાવણ હાઇપરટૉનિક કહી શકાય ?

(A) 0.01 M $FeCl_3$ (B) 0.01 M NaOH

(C) 0.1 M યૂરિયા (D) 0.1 M Na_2SO_4

2. નીચેના પ્રશ્નોના ટૂંકમાં જવાબ લખો :

(1) વ્યાખ્યા આપો : દ્રાવણ

(2) દ્રાવણમાં દ્રાવ્ય અને દ્રાવક કોને કહે છે ?

(3) દ્રાવણના પ્રકાર લખો.

(4) ભેજવાળી હવા, ઝિંક સંરસ અને સૂકી હવા કયા પ્રકારના દ્રાવણ છે ?

(5) વ્યાખ્યા આપો : ફૉર્માલિટી, દ્રાવ્યતા, ppm

(6) દ્રાવ્યની દ્રાવ્યતા પર તાપમાનની અસર વર્ણવો.

(7) વિસ્થાપિત ઘન દ્રાવણનાં ઉદાહરણ જણાવો.

(8) સંતૃપ્ત દ્રાવણ એટલે શું ?

(9) મોલલ ઉન્નયન એટલે શું ?

(10) મોલલ અવનયન એટલે શું ?

(11) બૉઇલ-વૉન્ટ હૉફનો નિયમ લખો.

(12) અભિસરણ એટલે શું ?

(13) અભિસરણ દબાણ એટલે શું ?

(14) અસામાન્ય આણ્વિયદળ એટલે શું ?

(15) સુયોજન અંશ (X)નું સૂત્ર લખો.

(16) દ્વિઅંગી દ્રાવણ કોને કહેવાય ?

(17) વૉન્ટ હૉફ અવયવનું મૂલ્ય એક કરતાં વધુ ક્યારે હશે ?

(18) સમઅભિસારી દ્રાવણ કોને કહેવાય ?

(19) પોલીમર માટે આણ્વિયદળ નક્કી કરવા કઈ પદ્ધતિ વધુ યોગ્ય છે ?

(20) ઠારબિંદુ એટલે શું ?

3. નીચેના પ્રશ્નોના ઉત્તર લખો :

(1) ઘન દ્રાવણના પ્રકાર, ઉદાહરણ સહિત લખો.

(2) વાયુ દ્રાવણના પ્રકાર, ઉદાહરણ સહિત લખો.

(3) % V / V ટૂંકમાં સમજાવો.

(4) ppm એકમ ઉદાહરણથી સમજાવો.

(5) જલીય H_2Sના દ્રાવણમાં દ્રાવ્યની દ્રાવ્યતા પર અસર કરતાં પરિબળો લખો.

(6) હેન્રીના નિયમની ઉપયોગિતા લખો.

(7) વિસ્થાપિત ઘન દ્રાવણ ટૂંકમાં સમજાવો.

(8) આંતરાલીય ઘન દ્રાવણ ટૂંકમાં સમજાવો.

(9) અભિસરણ દબાણના બે ઉપયોગો લખો.

(10) મોલલ ઉન્નયન માપન પદ્ધતિ સમજાવો.

(11) સુયોજન અને વિયોજન સમજાવો.

(12) દ્રાવણના સંખ્યાત્મક ગુણધર્મ એટલે શું ?

(13) વૉન્ટ હૉફ અવયવ (i) શાથી દાખલ કરવો પડ્યો ?

4. નીચેના પ્રશ્નોના વિગતવાર ઉત્તર લખો :

(1) હેન્રીનો નિયમ લખો, સૂત્ર તારવો અને મર્યાદા લખો.

(2) મોલલ ઉન્નયન અચળાંક એટલે શું ? સૂત્ર તારવો.

(3) રાઉલ્ટનો નિયમ લખી, સૂત્ર તારવો.

(4) વાયુમય દ્રાવ્ય અને પ્રવાહી દ્રાવકથી બનતા દ્રાવણની દ્રાવ્યતા પર અસર કરતાં પરિબળો લખી સમજાવો.

(5) બાષ્પશીલ દ્રાવ્ય અને દ્રાવક માટે રાઉલ્ટના નિયમનું સૂત્ર તારવો.

(6) મોલલ અવનયન અચળાંક એટલે શું ? સૂત્ર તારવો.

(7) આણ્વિયદળ નક્કી કરવાની જુદી જુદી રીત લખી સમજાવો.

(8) અભિસરણ દબાણના નિયમો લખી સૂત્ર તારવો.

(9) સમઅભિસારી દ્રાવણો સમજાવી, અભિસરણ દબાણના નિયમ લખો.

(10) અસામાન્ય આણ્વિયદળ સમજાવી, વૉન્ટ હૉફ અવયવ સમજાવો.

(11) વૉન્ટ હૉફ અવયવ (i) દાખલ કરવાથી મળતા સંખ્યાત્મક ગુણધર્મોનાં સૂત્ર સમજાવો.

(12) નીચેના દાખલા ગણો :

(1) 2 લિટર દ્રાવણમાં 4.78 ગ્રામ પોટાશ ઍલમ દ્રાવ્ય થાય તો દ્રાવણની ફૉર્માલિટી ગણો.

(2) 5 % V / V સાંદ્રતા ધરાવતું ઇથેનૉલનું 2 લિટર જલીય દ્રાવણ બનાવવા કેટલા મિલિ ઇથેનૉલની જરૂર પડે ?

(3) 0.2 M NaOHના દ્રાવણની વજન-કદથી ટકાવારી શોધો.

(4) 2 લિટર દ્રાવણમાં 2×10^{-7} કિલોગ્રામ કેલ્શિયમ બાયકાર્બોનેટ દ્રાવ્ય થયેલો હોય તો દ્રાવણના ppm ગણો.

(5) 300 K તાપમાને Cl_2 વાયુનું આંશિક દબાણ 2.5×10^{-8} બાર હોય તો તેની પાણીમાં દ્રાવ્યતા મોલઅંશમાં ગણો. વાયુ માટે K_Hનું મૂલ્ય 7.1×10^{-4} બાર છે.

(6) 300 K તાપમાને H_2S વાયુ 1 લિટર પાણીમાંથી પસાર કરતાં કેટલા મિલિમોલ દ્રાવ્ય થશે ? K_Hનું મૂલ્ય 5.6×10^{-4} બાર છે અને વાયુનું આંશિક દબાણ 3×10^{-8} બાર છે.

(7) 0.1 m ગ્લુકોઝના જલીય દ્રાવણનું 300 K તાપમાને બાષ્પદબાણ ગણો. 300 K તાપમાને પાણીનું બાષ્પદબાણ 0.03 બાર છે.

(8) બેન્ઝિન અને ટૉલ્યુઇનના બાષ્પદબાણ અનુક્રમે 0.9 બાર અને 0.85 બાર છે. 7.8 ગ્રામ બેન્ઝિનને 180 ગ્રામ ટૉલ્યુઇનમાં મિશ્ર કરતાં બનતા દ્રાવણનું બાષ્પદબાણ ગણો.

(9) 2.5 % W / W સાંદ્રતા ધરાવતા ખાંડના દ્રાવણનું ઉત્કલનબિંદુ શોધો. દ્રાવકના મોલલ ઉન્નયન અચળાંકનું મૂલ્ય 4 કે કિલોગ્રામ મોલ$^{-1}$ છે.

(10) 500 ગ્રામ પાણીમાં કેટલા ગ્રામ યૂરિયા ઓગાળવાથી મળતા દ્રાવણના ઠારબિંદુમાં 0.2 કેલ્વિનનો ઘટાડો થાય છે ? દ્રાવકના K_f નું મૂલ્ય 3.2 કે કિલોગ્રામ મોલ$^{-1}$ છે.

(11) 298 K તાપમાને 2 લિટર જલીય દ્રાવણમાં કેટલા ગ્રામ ગ્લુકોઝ ઓગાળવાથી દ્રાવણનું અભિસરણ દબાણ 0.5 બાર થાય ?

(12) 2 % W / V યૂરિયાના જલીય દ્રાવણનું 300 K તાપમાન અભિસરણ દબાણ ગણો. આ દ્રાવણ NaOHના જલીય દ્રાવણના કેટલા % W / V સાથે સમઅભિસારી હશે ?

(13) 298 K તાપમાને 10 ગ્રામ અબાષ્પશીલ અજ્ઞાત પદાર્થને 540 ગ્રામ પાણીમાં ઓગાળવાથી પાણીનું બાષ્પદબાણ 0.0335 બારથી ઘટીને 0.033 બાર માલૂમ પડે, તો અજ્ઞાત પદાર્થનું આણ્વિયદળ શોધો.

(14) 500 ગ્રામ પાણીમાં 1.5 ગ્રામ અજ્ઞાત પદાર્થ દ્રાવ્ય કરતાં તેના ઉત્કલનબિંદુમાં 0.2 Kનો વધારો થાય છે, તો અજ્ઞાત પદાર્થનું આણ્વિયદળ શોધો. દ્રાવકનો મોલલ ઉન્નયન અચળાંક 3 કે કિલોગ્રામ મોલ$^{-1}$ છે.

(15) 1 કિલોગ્રામ પાણીમાં 2 ગ્રામ અજ્ઞાત પદાર્થ દ્રાવ્ય કરતાં તેના ઠારબિંદુમાં 0.4 Kનો ઘટાડો થાય છે. જો દ્રાવકનો મોલલ અવનયન અચળાંક 4.5 કે કિલોગ્રામ મોલ$^{-1}$ હોય, તો દ્રાવ્યનું આણ્વિયદળ શોધો.

(16) 10 લિટર દ્રાવણમાં 300 K તાપમાને 5 ગ્રામ અજ્ઞાત પદાર્થ ઓગાળવાથી દ્રાવણનું અભિસરણ દબાણ 0.2 બાર માલૂમ પડે, તો અજ્ઞાત પદાર્થનું આણ્વિયદળ ગણો.

(17) 2 ગ્રામ $FeCl_3$ને 250 મિલિ પાણીમાં દ્રાવ્ય કરતાં તેના ઠારબિંદુમાં થતો ઘટાડો 0.3 K માલૂમ પડે છે. દ્રાવણ માટે વૉન્ટ હૉફ અવયવ (i) ગણો. દ્રાવક માટે મોલલ અવનયન અચળાંક 1.5 કે કિલોગ્રામ મોલ$^{-1}$ છે.

(18) 0.02 m $Al_2(SO_4)_3$ના જલીય દ્રાવણના ઉત્કલનબિંદુમાં 0.04 Kનો વધારો થતો હોય, તો દ્રાવ્યનો વિયોજન અંશ ગણો. દ્રાવકનો મોલલ ઉન્નયન અચળાંક 1.9 કે કિલોગ્રામ મોલ$^{-1}$ છે.

(19) 100 ગ્રામ ટૉલ્યુઇનમાં 1.5 ગ્રામ ફિનૉલ ઓગાળવાથી તેના ઠારબિંદુમાં 0.56 Kનો ઘટાડો થાય છે. જો તેનું સુયોજન દ્વિઅણુક હોય, તો તેનો સુયોજન અંશ ગણો. દ્રાવક માટે મોલલ અવનયન અચળાંક 4 કે. કિલોગ્રામ મોલ$^{-1}$ છે.