

দ্বীয়া আখ্য PHASE EQUILIBRIUM

Phases, components and degree of freedom of a system, criteria of phase equilibrium; Gibbs Phase Rule and its thermodynamic derivation; Derivation of Clausius - Clapeyron equation and its importance in phase equilibria; Phase diagrams of one-component systems (water and sulphur) & two component system involving eutectics, congruent and incongruent melting points (lead-silver, $\text{FeCl}_3\text{-H}_2\text{O}$ and Na-K only)

১. দ্বীয়া (Phase): দ্বীয়া হ'ল কোনো সিস্টেমৰ অৱস্থাটো অক্ষয় আৰু আৰু আ সিস্টেমৰ অন্যান্য আৰু (ভৌত স্থিতিৰ ভিন্ন) হৈছে নিৰ্দিষ্ট সীমানা নিৰ্দ্ধাৰণৰ তল দ্বাৰা সীমানা নিৰ্দ্ধাৰণৰ তল দ্বাৰা সুস্পষ্টভাৱে পৃথক থাকে পৃথক থাকে আৰু সিস্টেম হৈছে পৃথক কৰা যায়।

উদাহৰণ: ① একটা আৱদ্ধ পাত্ৰে যদি জলৰ আংশিক জলীয় বাষ্প থাকে তৰে বলা যায় যে, সিস্টেমৰ দ্বীয়া আংশিক ২ (তৰল দ্বীয়া + গ্যাসীয় দ্বীয়া);

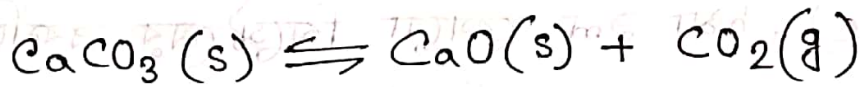
② দুটি কঠিন পদাৰ্থৰ মিশ্ৰণ অৱদাই ২ দ্বীয়া সঞ্চল হ'ব কাৰণ, কঠিন পদাৰ্থৰ মৰ্চে সুস্পষ্ট ভৌতিক পাৰ্থক্য বৰ্তমান।

III) দুই বা অভৌমিক তরল পদার্থ যদি সমমাত্রাধারে মিশ্রিত
 যায় তবে এই মিশ্রণে দ্রব্যের আংশ্য হবে 1, যেমন -
 ইথানল ও জলের মিশ্রণ।

IV) দুই বা অভৌমিক গ্যাস যে-কোনো অনুপাতে মিশ্রিত
 গিয়ে সমমাত্র মিশ্রণ উপস্থাপন করে, সুতরাং, কোনো মিশ্রণে
 যতগুলিই গ্যাস উপস্থিত থাকে না কেন এই মিশ্রণের দ্রব্য
 আংশ্য হবে 1।

V) পরস্পর মিশ্রিত হয় না, এরূপ দুটি তরল - বেনজিন ও
 জলকে একই পাত্রে রাখলে মিশ্রণের দ্রব্য আংশ্য হবে 2।

VI) CaCO_3 - কে আবদ্ধ পাত্রে উত্তপ্ত করলে একটি সমমাত্র
 সাম্যাবস্থার সৃষ্টি হয়।

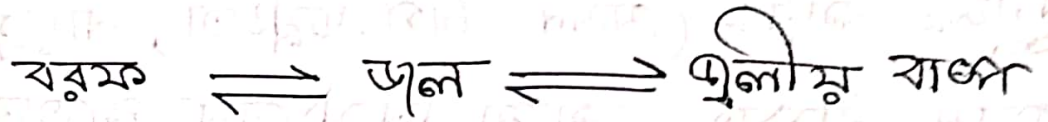


এই মিশ্রণে মোট দ্রব্য আংশ্য = 3 (২টি কঠিন দ্রব্য + 1টি
 গ্যাসীয় দ্রব্য)

৭. **অবয়ব বা উপাদান (Component):** নূন্যতম যে কয়টি
 স্থানান্তর বা নিরূপেক্ষ

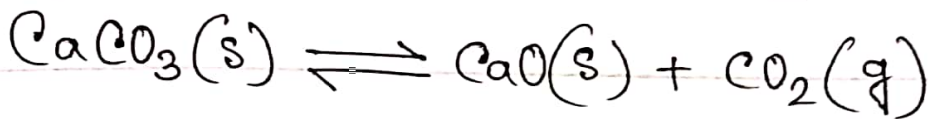
উপাদানের সাহায্যে মিশ্রণের প্রতিটি দ্রব্য আংশ্য গঠন
 বা কোনো সাম্যাবস্থার সীমাবদ্ধতার আকারে প্রকাশ করা যায়
 সেই আংশ্যকে এই মিশ্রণের অবয়ব আংশ্য বা উপাদান
 আংশ্য (Number of components) বা অবয়ব বলে।

উদাহরণ: যদি কোনো সিস্টেমে বরফ, জল ও দ্রবীভূত বাষ্প পরস্পর সাম্যাবস্থায় থাকে, তবে সিস্টেমের দক্ষা আংশীয় হবে ৩।



কিন্তু, প্রতিটি দক্ষায় আংশিক বা উপাদানগত গঠন H_2O হওয়ায় সিস্টেমের উপাদান আংশীয় হবে 1।

⑩ কোনো আবহাওয়ায় $CaCO_3$ বিয়োজিত হলে যদি সাম্যাবস্থায় স্থিতি বজায় থাকে তবে সিস্টেমের দক্ষা আংশীয় হবে ৩।



| দক্ষা | আংশিক |
|----------|----------------------|
| $CaCO_3$ | $CaO + CO_2$ |
| CaO | $CaO + 0 \cdot CO_2$ |
| CO_2 | $0 \cdot CaO + CO_2$ |

৪. স্বাধীনতা মাত্রা (Degree of freedom): বৃহত্তম যে কমেওকি

নিয়ন্ত্রক বস্তুক (যেমন - চাপ, উষ্ণতা, ঘাতু ইত্যাদি) দ্বারা সাম্যাবস্থায় রাখিত কোনো সিস্টেমের প্রত্যেক দিকের তৎস্বয় সম্ভবরূপে প্রকাশ করা যায় সেই আংশিক সিস্টেমটির স্বাধীনতা মাত্রা বলা হয়।

সিস্টেমের স্বাধীনতা মাত্রা 1, 2 বা 3 হলে এগুলিকে বলা হয় এক স্বাধীনতা, দ্বিস্বাধীনতা এবং ত্রিস্বাধীনতা সিস্টেম।

৫. দশা সাম্যের মর্ভ (Criteria for Phase Equilibrium):

কোনো সিস্টেমে দুটি দশার মর্ভে সাম্যাবস্থা তৈরি হওয়ার জন্য যে যে মর্ভগুলির প্রয়োজন সেগুলি হল —

① ২টি দশার উষ্ণতা সমান হতে হবে।

② ২টি দশার চাপ সমান হতে হবে।

③ ২টি দশার রাসায়নিক বিভব একই হতে হবে।

① উষ্ণতার মর্ভ: ধরা মাক,

একটি বিচ্ছিন্ন সিস্টেমে ২টি দশা (দশা-I ও দশা-II)

সাম্যাবস্থায় আছে (মর্ভ ও আয়তন নির্দিষ্ট)।

দশা-I \rightleftharpoons দশা-II

অপগতিবিদ্যা অনুসারে,

$$(dS)_{V,u} = 0$$

$$\text{বা, } dS_1 + dS_2 = 0 \quad \text{--- (1)}$$

যদি, দক্ষা-I অন্তর্ভুক্ত কক্ষ পরিমার্জন তাপ দক্ষা-II থেকে ছোঁসন করে তাহলে

$$dS_1 = \frac{\delta Q}{T_1} \text{ এবং } dS_2 = -\frac{\delta Q}{T_2}$$

(1) নং সমীকরণ থেকে পাই,

$$\frac{\delta Q}{T_1} - \frac{\delta Q}{T_2} = 0$$

$$\text{বা, } T_1 = T_2$$

∴ সাম্যাবস্থায় তৈরির জন্য ২ টি দক্ষার উষ্ণতা সমান হওয়া অবশ্যই প্রয়োজন।

(2) চাপের ক্ষত: যদি উপলব্ধ সাম্যাবস্থাটি (দক্ষা-I \rightleftharpoons দক্ষা-II)

একটি নির্দিষ্ট সমগ্র আয়তন ও উষ্ণতায় রূপান্তর করা হয় এবং যদি দক্ষা-I এর খুব কক্ষ পরিমার্জন আয়তন (dV) বৃদ্ধি হয় এবং এর ফলে যদি দক্ষা-II এর আয়তন হ্রাস পায় তবে বলা যায় যে,

$$(dA)_{T,V} = 0$$

$$\text{বা, } dA_1 + dA_2 = 0 \quad \text{--- (2)}$$

যেহেতু, প্রক্রিয়াটি সম্বন্ধে তাই এক্ষেত্রে কৃতকার্যের পরিমাণ
 চাপ আয়তনিক কার্যের সাপেক্ষে সমান হবে।

$$\therefore (dA)_T = -W_{rev}$$

$$\text{বা, } dA_1 = -P_1 dV$$

$$\text{একং } dA_2 = +P_2 dV \quad \text{--- (3)}$$

(2) নং একং (3) নং সমীকরণ থেকে পাই,

$$-P_1 dV + P_2 dV = 0$$

$$\text{বা, } P_1 = P_2$$

\therefore সাম্যাবস্থায় দুটি দক্ষার চাপ অবশ্যই সমান হবে।

③ সাম্যাবস্থায় বিভবের মতঃ ষ্ট্রা মাক, সাম্যাবস্থায় (দক্ষা-I =
 দক্ষা-II)

অত্যন্ত কম পরিমাণ পদার্থ (dn)

দক্ষা-I থেকে দক্ষা-II-তে স্থানান্তরিত করে সিস্টেমের

চাপ ও উষ্ণতা স্থির রাখা হলে, যদি দক্ষা-I এর সাম্যাবস্থায়

বিভব μ_1 এবং দক্ষা-II এর সাম্যাবস্থায় বিভব μ_2 হয় তবে

দক্ষা-I এর মুক্ত এন্ট্রপির পরিবর্তন = $\mu_1 (-dn)$ একং দক্ষা-II

এর মুক্ত এন্ট্রপির পরিবর্তন = $\mu_2 (dn)$,

\therefore সিস্টেমের মোট মুক্ত এন্ট্রপির পরিবর্তন হবে $(dG)_{T,P} = -\mu_1 dn + \mu_2 dn$

যেহেতু, সিস্টেমটি সাম্যাবস্থায় আছে উপস্থিতির স্থানান্তরণে

ত্রিভঙ্গ স্তর স্তরের পরিবর্তন $(dn)_{T.P.} = 0$ হবে।

$$\therefore -\mu_1 dn + \mu_2 dn = 0$$

বা, $\mu_1 = \mu_2$

অর্থাৎ, সাম্যাবস্থায় দুটি দশার সামান্যিক বিত্তে অবস্থাই একই হবে।

৪. ত্রিভঙ্গের দশা সূত্র (Gibbs Phase Rule):

☐ দশা সূত্র (Phase Rule):

কোনো অসমজন্তু সিস্টেমের সাম্যাবস্থা যদি কেবল উষ্ণতা, চাপ ও গাঢ়ত্বের ওপর নির্ভরশীল হয় তবে ওই সিস্টেমের ক্ষেত্রে: দ্রাভন্য মাত্রা ও দশা সংখ্যার মোগফল অবদাই উপাদান সংখ্যা অপেক্ষা দুই বেশি হবে।

$$F + P = C + 2$$

বা, $F = C - P + 2$ (i)

যেখানে,

F = দ্রাভন্য মাত্রা

P = দশা সংখ্যা

C = উপাদান সংখ্যা

(i) না. সমীকরণটি দশা সূত্র বা দশা নীতি নামে পরিচিত।

1876 খ্রীষ্টাব্দে ত্রিভঙ্গ (J. W. Gibbs) তাপগতিবিদ্যার মাধ্যমে এই দশা সূত্রটি প্রতিপন্ন করেন, তাই এটি ত্রিভঙ্গের দশা সূত্র নামে পরিচিত।

▶ এক উপাদান সিস্টেমের দশা দুই হলে (সেমন → জল

ও বাষ্প) $F = C - P + 2$
 $= (1 - 2 + 2)$
 $= 1$

▶ এক উপাদান সিস্টেমের দশা তিন হলে (সেমন → বরফ, জল - বাষ্প)

$F = 1 - 3 + 2$
 $= 0$

উদাহরণ : ① $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g}) + \text{HCl}(\text{g})$

যখন, $P_{\text{NH}_3} \neq P_{\text{HCl}}$ তখন, $F = 2 - 2 + 2$
 $= 2$

(সেখানে, $P = \text{আংক গণ}$)

যখন, $P_{\text{NH}_3} = P_{\text{HCl}}$; $F = 1 - 2 + 2$

$= 1$

② H_2SO_4 - এর জলীয় দ্রবণের ক্ষেত্রে;

$P = 1$, $C = 2$; $\therefore F = 2 - 1 + 2$
 $= 3$

③ $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ - এর ক্ষেত্রে

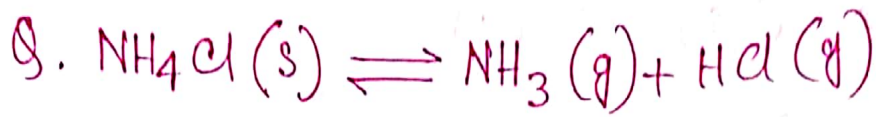
$C = 2$, $P = 1$; $\therefore F = 2 - 1 + 2$

$= 3$

④ আর্ক পাথ্রে CaCO_3 - এর বিয়োজন সময়ে -

$F = 2 - 3 + 2$

$= 1$



(i) **দক্ষা স্যাংখ্যা নিৰ্ণয়**: প্রদত্ত সিস্টেমটি একটি অসমসত্ত্ব সিস্টেম।
 (P) সিস্টেমটিতে NH_4Cl পদার্থটি কঠিন (s) এবং NH_3 ও HCl গ্যাসীয় পদার্থ (g) হওয়ায়; সিস্টেমটির মোট দক্ষা স্যাংখ্যা = 2।

(ii) **উপাদান স্যাংখ্যা নিৰ্ণয়**: প্রদত্ত সিস্টেমটিতে সাতটি উপাদান (NH_4Cl , NH_3 , HCl) বর্তমান। গ্যাসীয় দক্ষা উপাদানগুলিকে (NH_3 ও HCl) NH_4Cl -এর সাথে দক্ষা হিসেবে গণ্য করা যেতে পারে, কারণেই কঠিন ও গ্যাসীয় উভয় দক্ষা স্যাংখ্যিকি NH_4Cl স্যাংখ্যিকের সমান্যে প্রকাশ করা যায়।
 তাই সিস্টেমটির উপাদান স্যাংখ্যা হবে 1।

(iii) **স্বাভাব্য-মাত্রা নিৰ্ণয়**: দক্ষা সূত্র থেকে পাঠে,

যেখানে,

F = স্বাভাব্য মাত্রা

P = দক্ষা স্যাংখ্যা

C = উপাদান স্যাংখ্যা

$$F = C - P + 2$$

$$F = 1 - 2 + 2$$

$$= -1 + 2$$

$$= 1$$

$$F = 1$$

∴ সিস্টেমটির স্বাভাব্য মাত্রা 1।

$$2 - 1 = 1$$

$$= 1$$

৫. ইট্টেবর্ষিক মিশ্রণ : কোনো তরল মিশ্রণের অণুসংখ্যা
প্রায়ের ক্ষেত্রে মিশ্রণটি তার

স্বাংযুতি (composition) অপরিবর্তিত রেখে সামগ্রিকভাবে
কঠিনীভূত হওয়ার ক্ষেত্রে প্রাপ্ত কঠিন দ্রবণটিকে ইট্টেবর্ষিক
মিশ্রণ বলে।

৫. ইট্টেবর্ষিক অপমাণা : নিম্নতম যে অপমাণায় কোনো
দ্রব তার স্বাংযুতি অপরিবর্তিত
রেখে সামগ্রিকভাবে কঠিনীভূত হয়, সেই অপমাণাকে
ইট্টেবর্ষিক অপমাণা বলে।

যেমন → লেড-সিলভার মিশ্রণের ইট্টেবর্ষিক অপমাণা
হল 303°C বক. ইট্টেবর্ষিক মিশ্রণ 97.4%
লেড 3.2.6% সিলভার থাকে।

৫. ক্রায়োশাইট্রিক মিশ্রণ : ইট্টেবর্ষিক মিশ্রণের প্রকৃতি উপস্থাপন
ডাল ও অপরিষ্কৃত কোনো লবণ জাতীয়
দ্রবণ হলে এই বিশেষ ধরনের ইট্টেবর্ষিক মিশ্রণকে
ক্রায়োশাইট্রিক মিশ্রণ বলে।

৫. ক্রায়োশাইট্রিক উষ্ণতা : যে উষ্ণতায় কোনো লবণের
দ্রবণ থেকে ক্রায়োশাইট্রিক
মিশ্রণ কঠিনীভূত হয়, তাকে ক্রায়োশাইট্রিক উষ্ণতা বলে।

উদা → $\text{NaCl} - \text{H}_2\text{O}$ মিশ্রণের ক্রায়োশাইট্রিক উষ্ণতা
= -22°C বক. এই ক্রায়োশাইট্রিক মিশ্রণ 25%
 NaCl ও 75% H_2O থাকে।