

الباب السابع

قاعدة الصنف والأنظمة ثلاثية المكون



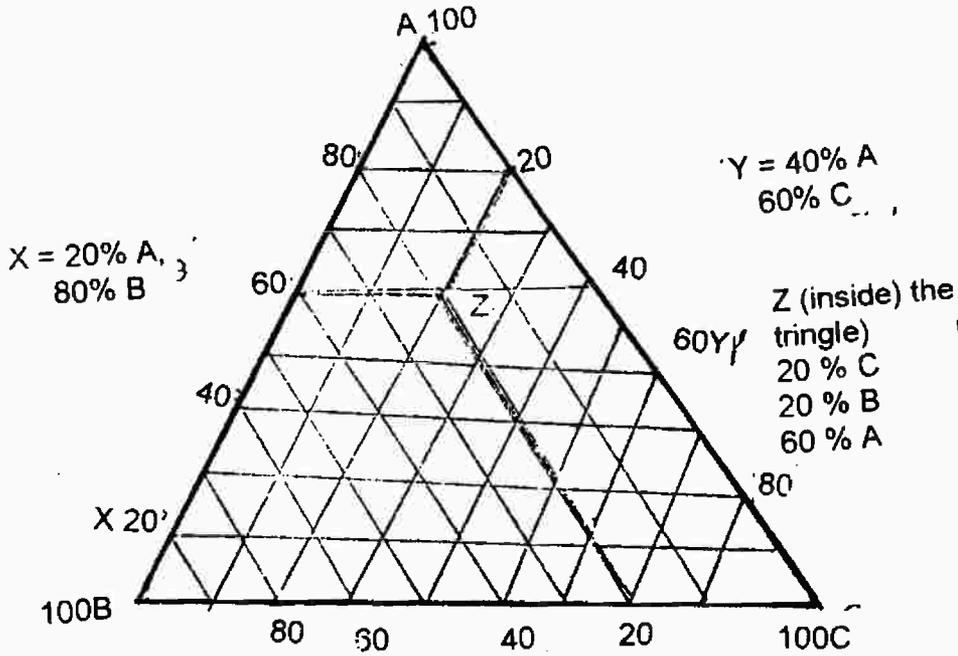
مقدمة:

طبقا لقاعدة الصنف تكون درجات الحرية لنظام ثلاثي المكون على النحو التالي:

$$\begin{aligned}F &= C - P + 2 \\ &= 3 - P + 2 \\ &= 5 - P\end{aligned}$$

وبما أن أقل عدد من الأصناف يمكن أن يتواجد في أى نظام هو الواحد، فيكون أقصى عدد من درجات الحرية هو 4، ولذا فلتحديد أى نقطة داخل النظام لا بد من معرفة أربعة متغيرات وهي: الضغط والحرارة وتركيز مكونين فقط من الثلاث مكونات. وبذا يتطلب الأمر رسم شكل بياني ذو ثلاثة أبعاد لتمثيل هذه الأنظمة بطريقة بيانية وهو ما لا يمكن تحقيقه على الورقة. لذا لزم الأمر تثبيت كل من درجة الحرارة والضغط وبذلك ينقص عدد درجات الطلاقة اثنان وتصبح العلاقة السابقة: $F = 3 - P$ وبذلك فإن النظام يكون له عدد من درجات الطلاقة بحد أقصى اثنان. وعند ثبوت الحرارة والضغط يكون المتغير الباقي هو التركيز ويعبر عن التركيز بالكسور الجزيئية وهي X_1, X_2, X_3 ، للمكونات الثلاثة وهذه الكسور مرتبطة ببعضها بالعلاقة ($X_1 + X_2 + X_3 = 1$) ويمكن فى هذه الحالة ان نرسم الشكل البياني على سطح مستوى. وإذا عرفت قيمة اثنان من التراكيز أمكن معرفة قيمة التركيز الثالث.

التمثيل البياني للأنظمة ثلاثية المكون:



شكل (12) منحنيات إيزان النظام ثلاث المكون

وتستخدم طريقة ستوكس وروزيوم لرسم منحنيات أيزان الأنظمة الثلاثية وهي شائعة الاستخدام. وفي هذه الطريقة يعبر عن التغيير في تراكيز مكونات المخلوط الثلاثة عند درجة حرارة وضغط ثابتين وذلك على مثلث متساوي الأضلاع كما هو موضح بالشكل (رقم 12).

فكل رأس من رؤوس المثلث ABC المتساوي الأضلاع تمثل مكون نقى (100%)، وكل ضلع من أضلاع المثلث مقسم إلى عشرة أقسام متساوية وخطوط موازية للأضلاع الثلاثة AB، BC، AC. والخطوط الداخلية تمثل نسب مختلفة للمكونات A، B، C. أي نقطة على الأضلاع الثلاثة تدل على نظام ثنائي المكون وتعطى نسب مختلفة لكل مكون في نظام ثنائي المكون أي نقطة داخل المثلث تمثل نظام ثلاثي المكون وتعطى نسب مختلفة لأي خليط مكون من A، B، C. النقطة X على سبيل المثال، وهي على الخط AB تمثل نظام ثنائي المكون عبارة عن 20% A، 80% B. النقطة Y على

الخط AC تمثل نظام ثنائي المكون وهو عبارة عن 40% A، 60% C وأى نقطة داخل المثلث ولتكن Z تمثل نظام ثلاثي المكون عبارة عن 20% C، 20% B، 60% A. ويمتاز هذا الشكل البياني بأنه عند أى نقطة ولتكن F على الخط AE فإنها تمثل خليطاً مكون من A، E بنسبة ممثلة بالعلاقة EF/AF بالوزن إذا كان التركيز معبراً عنه بالنسبة المئوية الوزنية أو بالنسبة بالمول عبرنا عن التغير في التركيز بالنسبة المئوية المولارية.

أنواع الأنظمة الثلاثية:

الأنظمة السائلة ثلاثية المكون محدودة الامتزاج هي أنظمة تتكون من ثلاثة سوائل

محدودة الامتزاج وتكون ضمن أحد الفئات الثلاث التالية:

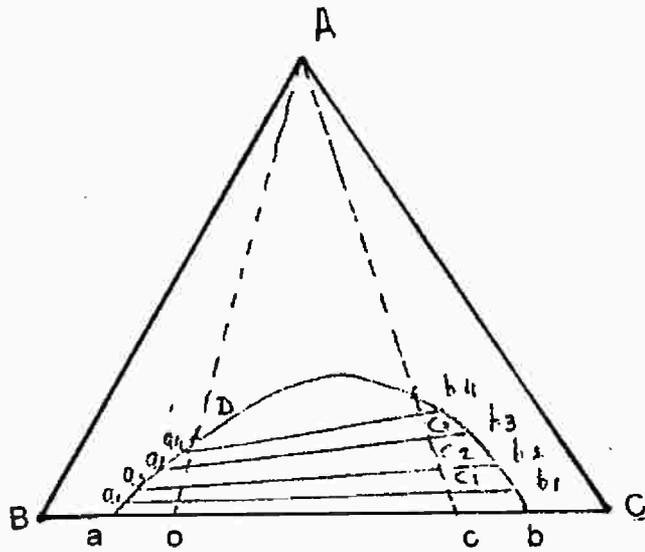
(I) : تنتج من تكوين زوج واحد من سائلين محدودى الامتزاج.

(II) : تنتج من تكوين زوجين لسوائل محدودة الامتزاج.

(III) : تنتج من تكوين ثلاثة أزواج لسوائل محدودة الامتزاج.

(I): الناتجة من تكوين زوج واحد من سائلين محدودى الامتزاج:

لنأخذ فى الاعتبار نظام يتكون من ثلاث مكونات هي: A، B، C وهي تحتوى على الأزواج (A-B)، (A-C) التي تمتزج مع بعضها امتزاجاً تاماً بينما يكون الزوج (B-C) محدود الامتزاج مع كل من الزوجين الأوليين عند درجة الحرارة والضغط المستخدمان فعند خلط نسب معينة من كل من B، C خلطاً تاماً يتكون بذلك طبقتان أحدهما عبارة عن محلول من C فى B، والثانية عبارة عن طبقة مكونة من B فى C. وإذا مثلنا تركيب الطبقتان بالنقطتين a، b على الترتيب والتركيب الكلى للنظام بالنقطة C. فعند إضافة كميات قليلة من المركبة A إلى الخليط المكون من طبقتين فإنها سوف توزع نفسها بين الطبقتين وبالتالي تزيد من ذوبانية المركبة B فى المركبة C. وتعتمد الزيادة الناتجة فى هذه الذوبانية على كمية (A) المضافة وكذا كمية كل من (B)، (C) وعند إضافة كميات كافية من (A) للنظام يتغير تركيب الطبقتين إلى a_1 ، b_1 والتركيب الكلى يتبع الخط (AC) إلى النقطة C_1 شكل رقم (13).



شكل (13)

الخط المستقيم a_1, b_1 مارا بالنقطة C_1 يصل بين تركيب الطبقتين الموجودتين في حالة أتران مع بعضهما البعض ويسمى خط الصلة. والاستمرار في اضافة المركبة (A) تؤدي إلى تحريك التركيب إلى الخط a_2b_2, a_3b_3 ويتغير التركيب الكلي إلى C_2, C_3 على طول الخط المنقطع. الطبقة الغنية بالمركبة (C) يزداد نموها بينما تضمحل الطبقة الغنية بالمركبة (B) إلى أن تختفي وفي النهاية عند النقطة b_4 توجد آثار من الطبقة الغنية في (B) وبذا يوجد محلول منفرد فقط.

وحيث أن خطوط الصلة ليست متوازية فإن النقطة التي تمثل تراكيب الطبقتين وهما متماثلتان ويتجمع عندها المحلول إلى صنف سائل واحد لاتقع هذه النقطة عند قمة المنحنى ولكن إلى ناحية احد الجانبين عند (D). النقطة (D) هي النقطة ثابتة الحرارة الحرجة للنظام. ويمكن أن نحصل عليها باضافة (A) إلى المخلول المفرد للمركبة B, C بتركيب كلي ممثل بالنقطة 0.

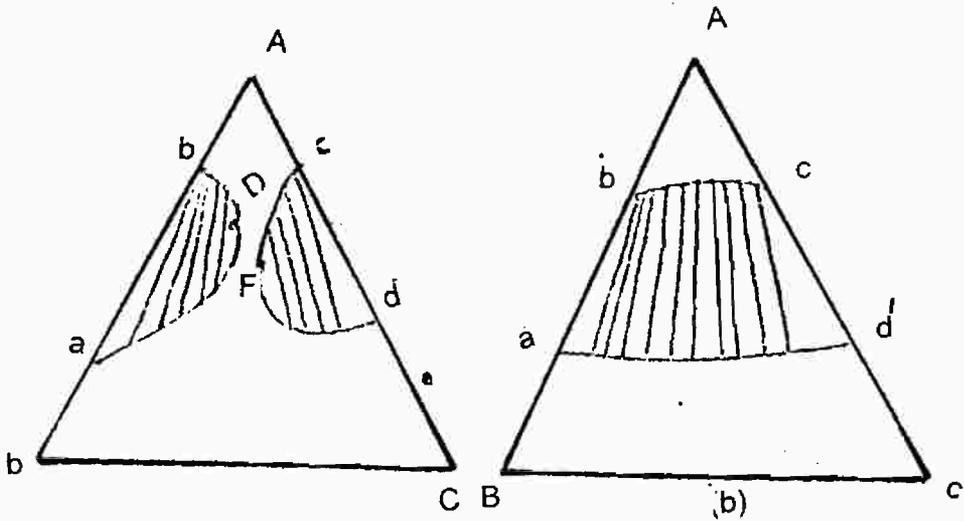
يتضح من هذه الدراسة أنه لأي خليط مكون من A, B, C عند تركيب كلي يقع خلال المساحة الدومية الشكل نحصل على طبقتين للسائلين بتركيب يعطى بخط الصلة المناسب عبر التركيب الكلي للخليط. وعلى جانب آخر فإن أي خليط خارج هذه المساحة يمثل محلولاً متجانساً للسوائل الثلاثة، ويسمى المنحنى aDb منحنى ثنائي العقدة. والأمثلة

على ذلك هي نظام: حمض الخليك - الكلوروفورم - الماء، وكذا نظام: الاسيتون - الماء - الفينول.

(II): الناتجة من تكوين زوجين لسوائل محدودة الامتزاج:

لنأخذ في الاعتبار نظام مكون من ثلاث سوائل A، B، C والذي فيه تكون السوائل في الزوجين A-B، A-C محدودى الامتزاج بينما السلانان B-C تامى الامتزاج.

وهذا النظام يعطى منحنيين ثنائى العقدة كما هو موضح فى الرسم (14a، 14b):



شكل (14b)

شكل (14a)

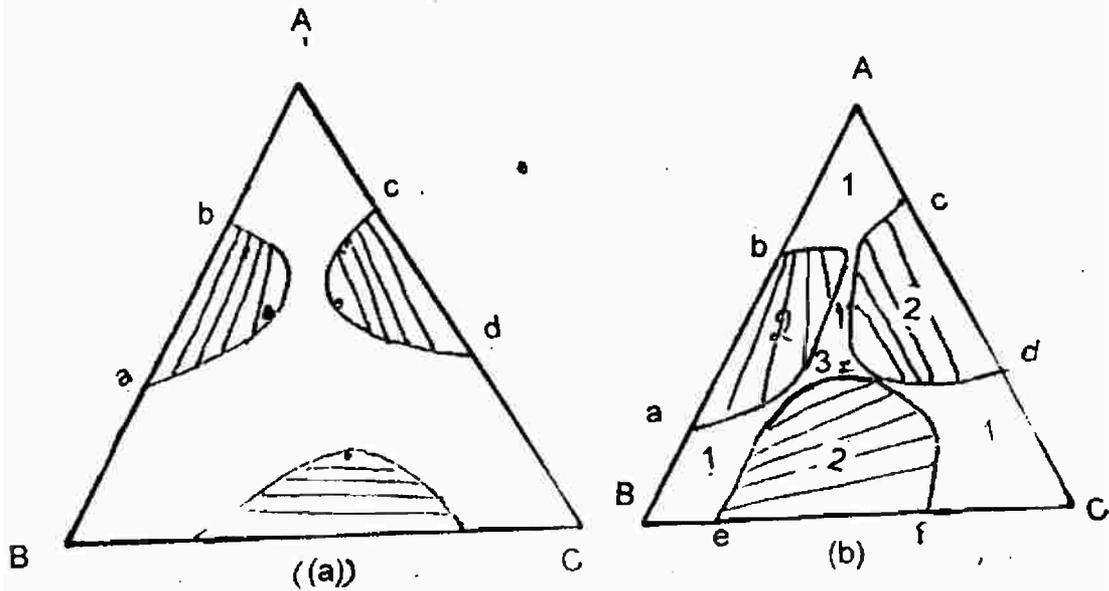
نظام يحتوى على زوجين محدودى الامتزاج

(1) المنحنى aDb يمثل مختلف التركيبات لخليط من A، B والمحتوى على C المحدود الامتزاج. (2) المنحنى cFd يعطى التركيب المختلفة لخليط من A، C والمحتوى على المركبة B وهو محدود الامتزاج. أى نقطة خارج هذه المنحنيات يمثل تركيب تام

الامتزاج. النقطتان D، F هما نقطتا البيليت للنظامين الغير متجانسين. خطوط الربط الموجودة داخل كل منحني توضح تركيبات مختلف الطبقات المترنة. أحيانا نجد أن المنحنيان يقاطعان بعضهما البعض عند خفض درجة حرارة النظام، وهذا يؤدي إلى ظهور الحزمة abcd خلال منطقة الوسطين كما هو واضح من الشكل السابق (b). ad، bc تعطي تراكيب الطبقتين وخطوط الربط العمودية تربط بين مختلف المحاليل المترنة. والأمثلة على ذلك هي: حمض بنزويل الساكسينيك - الماء - الكحول الايثيلي بين درجتى حرارة 18.5°C، 31°C تخص النوع (a) بينما النظام: الماء - الفينول - كحول البيوتيل العادى موضحة فى الشكل (b).

(III): الناتجة من تكوين ثلاثة أزواج لسوائل محدودة الامتزاج:

نفرض أن هناك نظاما يحتوى على ثلاثة سوائل محدودة الامتزاج، وهذا النظام سيحتوى على ثلاث منحنيات بينودال كما هو موضح فى الشكل التالى رقم (15).



شكل (15): أنظمة لسوائل تحتوى على ثلاثة أزواج محدودة الامتزاج

وعند درجات حرارة منخفضة تتقاطع هذه المنحنيات وتأخذ الشكل (b). في هذا الشكل أى خليط ممثل بتركيب فى أى مساحة رقم (1) تمثل منطقة بها صنف واحد. والمساحات التى لها رقم (2) تمثل مناطق بها صنفين، بينما تمثل المنطقة رقم (3) ثلاثة أصناف متزنة. وتبعاً لقاعدة الصنف عندما توجد الثلاثة أصناف فى حالة اتزان عند درجة حرارة وضغط ثابتين فإن درجة الحرية = صفر وهذا يعنى أن تركيب الثلاث طبقات لابد أن يكون ثابتاً ولا يعتمد على التركيب الكلى للمنطقة (3). النقاط x, y, z تمثل تركيب ثابت للثلاث طبقات من السائل الموجودة فى حالة اتزان.

والأمثلة على ذلك:

نظام ساكسينك-بنزينيل - الماء - الأثير. والشكل (a) نحصل عليه عند درجات الحرارة العالية. بينما عند درجة حرارة منخفضة يعطى الشكل (b).

أنظمة تحتوى على صلبين وسائل:

الأنظمة التى تشتمل على صلبين وسائل تقع فى أحد الأنواع الخمسة التالية والتى تتوقف على سلوك الأصناف الصلبة.

(1): تكوين بللورات للمركبات النقية فقط.

(2): تكوين مركب ثنائى.

(3): تكوين مركب ثلاثى.

(4): تكوين سلسلة كاملة من محاليل صلبة.

(5): تكوين أصناف صلبة محدودة الامتزاج.

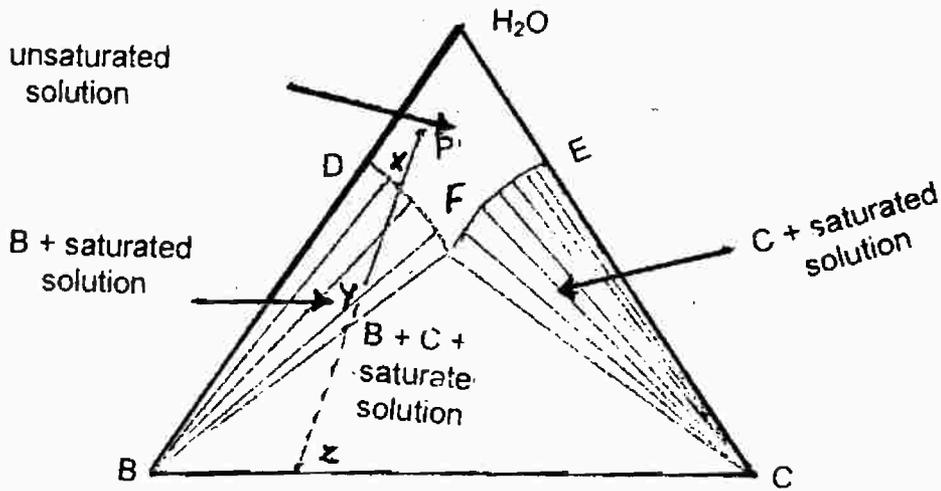
وفى كل هذه الأنواع يكون الماء هو السائل المستخدم لأن الماء يعتبر أحسن وسط

لتكوين البللورات.

(1): تكوين بللورات للمركبات النقية:

الشكل البيانى لنظام مكون من ماء وصنفين صلبين هما B، C حيث تتكون

بللورات للمركبة النقية موضحاً فى الشكل رقم (16):



شكل (16): (نظام ملحين وماء فيها يتم تكوين بلورات للمركبات)

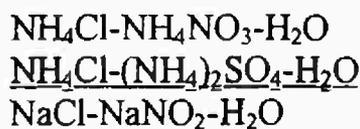
في هذا المخطط النقطة D المحلول المشبع للمركبة B في الماء في غياب C. النقط بين D، B تمثل الكميات المختلفة للمركبة B والموجودة في حالة أتران مع المحلول المشبع الممثل بالنقطة D. النقط بين D، الماء هي عبارة عن محلول غير مشبع للمركبة (B). وبالمثل النقطة E تمثل محلول مشبع للمركبة C في الماء في غياب B. النقط بين E، C تمثل الكميات المختلفة للمركبة C والموجودة في حالة أتران مع محلول مشبع ممثل بالنقطة E. النقط بين E والماء هي عبارة عن محلول غير مشبع للمركبة (C).

عند إضافة C إلى محلول مشبع بالمركبة B فإن ذوبانية المركبة B تتغير على طول الخط DF. وبالمثل عند إضافة B إلى محلول مشبع بالمركبة C فإن ذوبانية المركبة C تتغير على طول الخط EF. الخط DF هو منحنى الذوبانية المشبعة للمركبة B في الماء والمحتوى على C بينما الخط E F هو منحنى الذوبانية المشبعة للمركبة C في الماء والمحتوى على B. وعند النقطة F حيث يتقاطع منحنى الذوبانية فإن المحلول يكون مشبعاً بالنسبة للمركبتين B، C.

وعند هذه النقطة حيث يتواجد ثلاثة أصناف مترنة فإن درجات الطلاقة = صفر. وحيث أن F نقطة عديمة التغير عند ثابت الحرارة. فإن خطوط الاتصال في الشكل تربط

بين تركيزات المحاليل المشبعة بالأصناف الصلبة التي تتواجد في حالة أوزان معها. والسلوك الذي يحدث أثناء التبلور يمكن شرحه كما يلي:

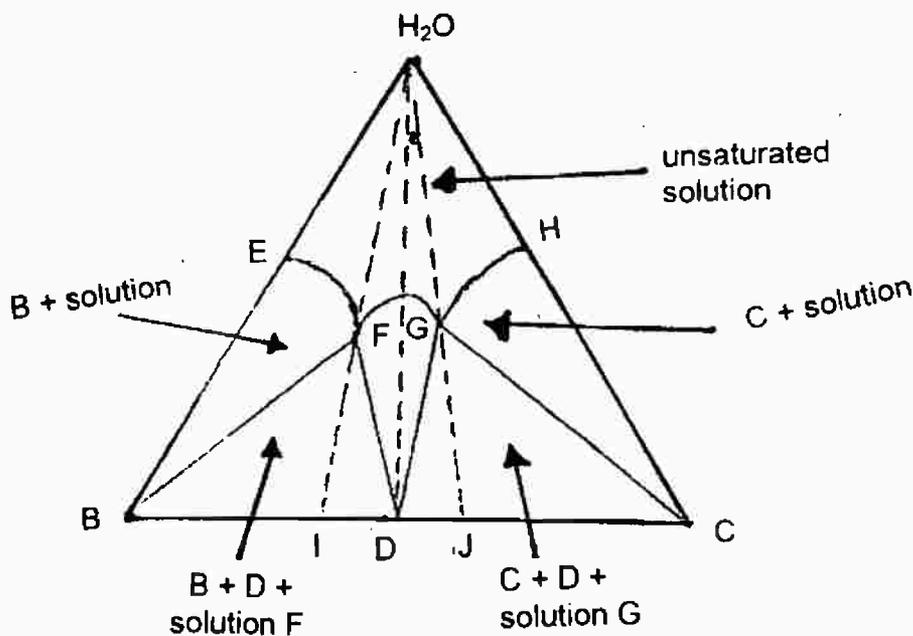
عند تبخير محلول غير مشبع ممثلاً بالنقطة P عند درجة حرارة ثابتة فإن النظام يمر بالنقطة PXYZ والمرسومة على امتداد القمة (الماء) عند X يبدأ B في التبلور ويتغير تركيب المحلول على طول الخط XF. عند Y فإن تركيب المحلول مازال ممثلاً بالنقطة F وتبدأ المركبة C في التبلور. إذا استمرت عملية التبخر يترسب كلا من B، C إلى أن تصل إلى النقطة Z حيث يختفي المحلول كلية. ويظهر ذلك في أنظمة تحتوي على ملحين بينهما أيون مشترك والماء. والأمثلة هي:



(2) تكوين مركب ثنائي:

يتحد الملحان لتكوين مركب (ملح مزدوج) له تركيبه العام هو B_xC_y ويتم تفسير

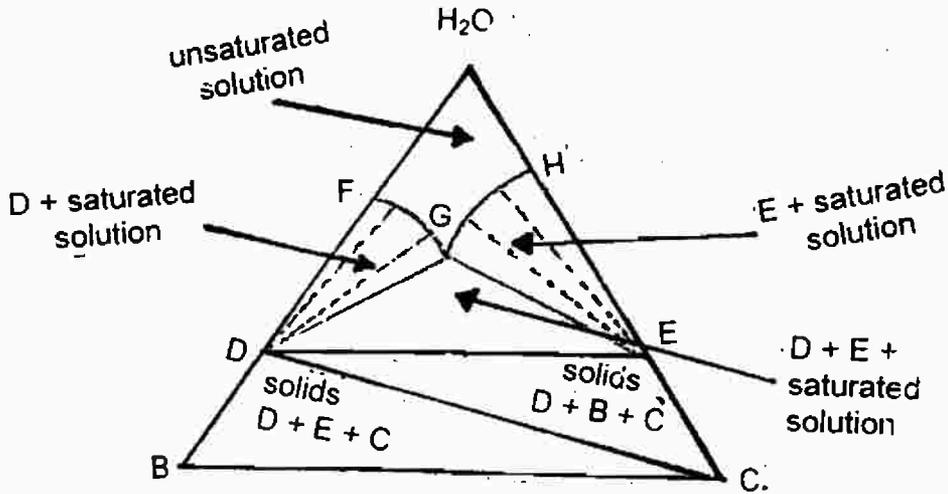
خطوط الأوزان كما يلي:



شكل (17): تكوين مركب ثنائي

فى هذا الشكل يكون المنحنى EF هو منحنى التشبع للهيدرات، FG هو منحنى التشبع للملح C، النقطتان F، G هما نقطتان عديمى المتغير.

وإذا اشتمل النظام على مركبات صلبة لديها القدرة على عمل هيدرات فإن الشكل البيانى الذى نحصل عليه رقم (20):

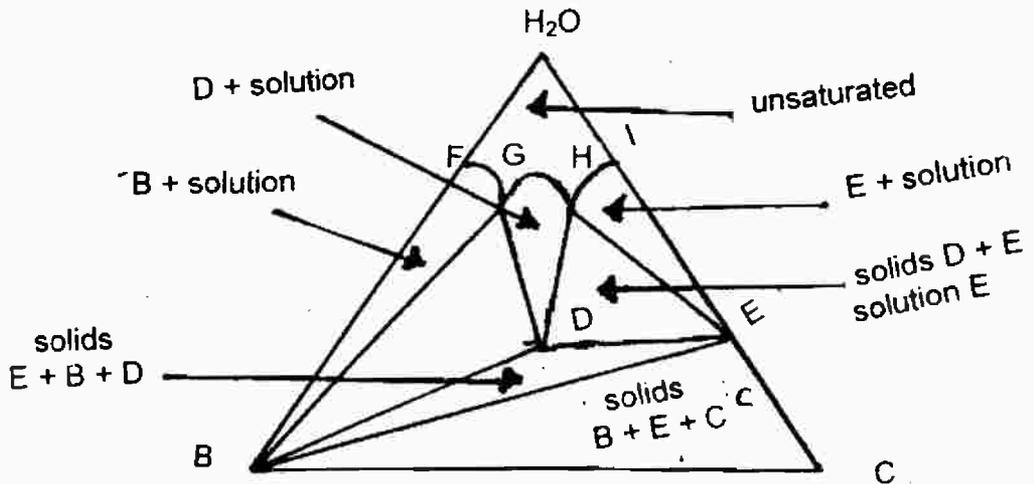


شكل (20) تكوين هيدرات للملحين

فى هذا الشكل النقط D، E تمثل تراكيب الهيدرات المتكونة من كل من B، C. النقطة G هي نقطة عديمة المتغير ثابتة الحرارة. فى خلال المنطقة المحددة بـ CDE يتواجد الصلب C، D، E معا بينما فى المنطقة BCD يتواجد الصلب B، C، D معا. المثال على ذلك هو نظام $MgCl_2-CaCl_2-H_2O$ عند صفر م حيث يتكون هيدرات من النوع $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ، $CaCl_2 \cdot 6H_2O$.

(3) تكوين مركبات ثلاثية:

في بعض الاحيان تتكون مركبات ثلاثية تتضمن الثلاث مكونات. الشكل البياني
للايزان بين الاصناف موضح في الرسم شكل رقم (21):



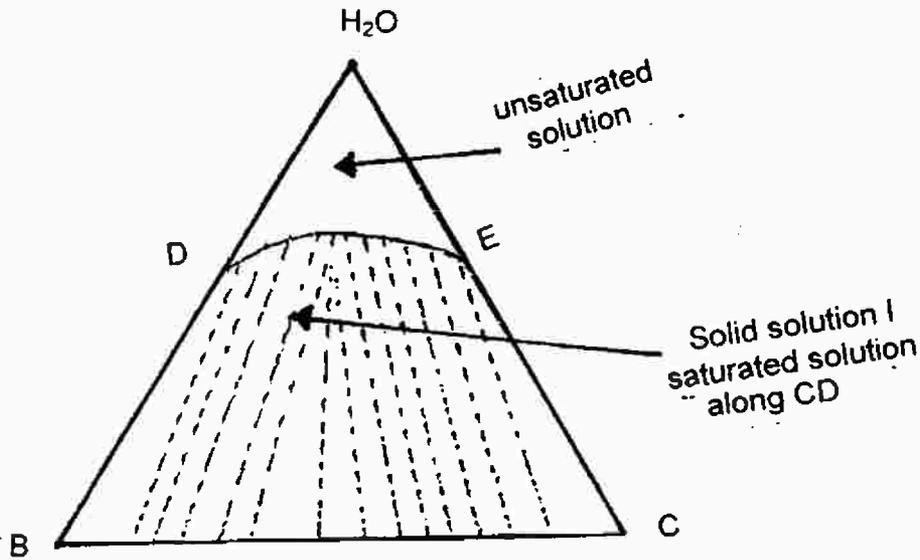
شكل (21) تكوين مركبات ثلاثية

النقطة E تمثل تركيب مركب ثنائي (هيدرات الملح C). والنقطة D تمثل تركيب
مركب ثلاثي يتكون نتيجة اتحاد B مع E والماء. النقطتان G, H هما نقطتان عديمتي
المتغير (ثابت الحرارة).

بمعنى أن هذا المركب الثلاثي الموضح هو من النوع غير المحدد من ناحية
تشبعه يمكن أن ينحل عند إضافته إلى الماء. النظام $\text{CaCl}_2\text{-MgCl}_2\text{-H}_2\text{O}$ عند 25°C
هو مثال لهذا النوع الذي يكون مركب ثلاثي غير محدد التشبع على النحو التالي:
 $\text{CaCl}_2\text{-MgCl}_2\text{-12H}_2\text{O}$ وهناك أنواع من الشبه مثل $\text{X}_2\text{SO}_4\text{-Y}_2(\text{SO}_4)_3\text{-24H}_2\text{O}$
حيث X = ترمز إلى المعدن أحادي التكافؤ، Y ترمز إلى المعدن ثلاثي التكافؤ، وهذا
النوع يكون مركب محدد من ناحية التشبع وهذه المركبات تكون مستقرة في وجود الماء.

(4): تكوين محاليل صلبة:

عندما يذوب كلا من الصلب B والصلب C في بعضهما البعض وهما في الحالة الصلبة فانهما سيكونان سلسلة من المحاليل الصلبة تتراوح في تركيبها من B نقية إلى C نقية في الماء. وهذا النظام لا يحتوى على نقط عديمة المتغير حيث أنهما صنفان فقط. وهما محلول صلب ومحلول مشبع في الصورة السائلة. والشكل البياني الممثل لهذا النوع من الأنظمة مبين في الرسم رقم (22):

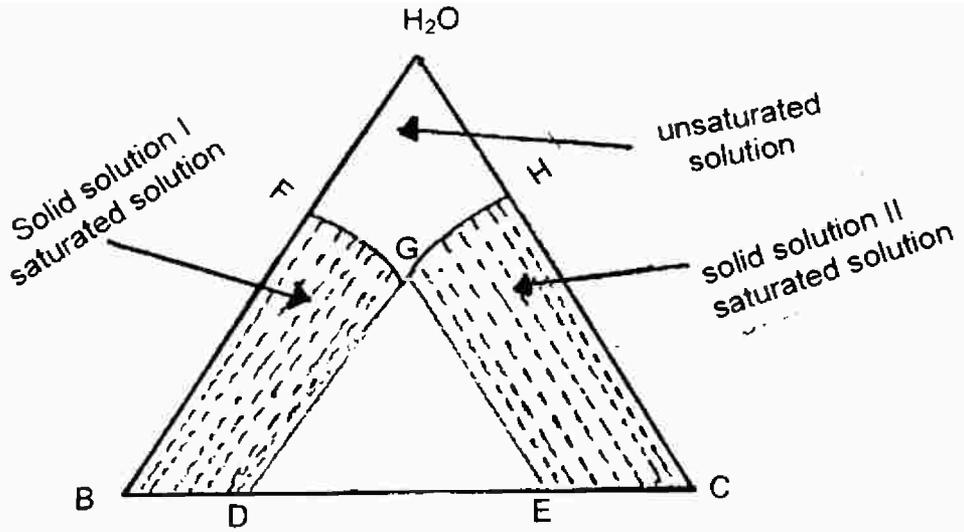


شكل (22): تكوين محاليل صلبة

الخط DE يمثل تراكيب المحاليل المشبعة الموجودة في حالة أتران مع محاليل صلبة للمكون B، C بتركيبات تعطي بخطوط الربط يتواجد في المساحة التي تعلو الخط DE محاليل غير مشبعة وأسفل الخط DE يوجد صنفان وهما محاليل صلبة في حالة أتران مع محاليل مشبعة.

(5): أصناف صلبة محدودة الامتزاج:

منحنى الأتران للنظام الذي يحتوى على صنفين صلب محدودي الامتزاج موضح في الشكل رقم (23):



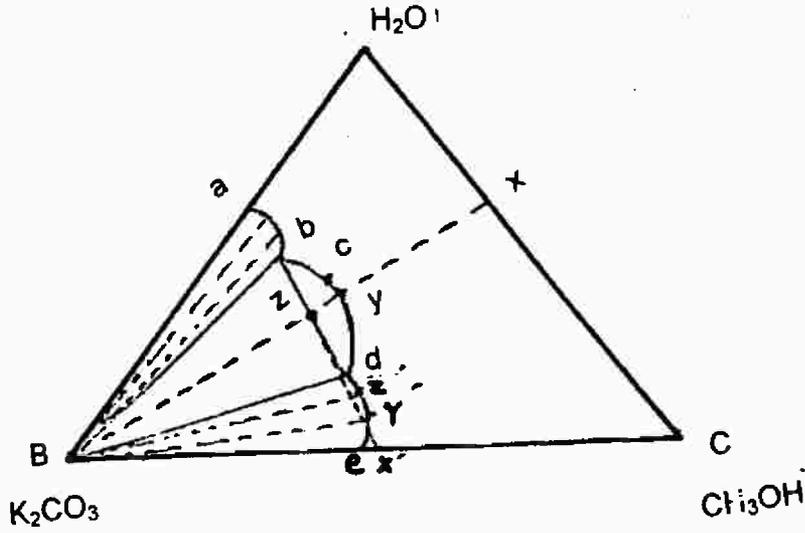
شكل (23) صنفين صليين محدودى الامتزاج

فى هذا النوع تتكون مجموعتان من المحاليل الصلبة أحدهما يتكون من C فى B يقع بين النقطتين B، D والمجموعة الثانية تتكون من B فى C تقع بين النقطتين E، C. الخط FG هو منحنى الذوبانية المشبع لمحاليل صلبة من C فى B (محلول صلب I). بينما الخط GH فهو منحنى الذوبانية المشبع للمركبة B فى C (محلول صلب II). بين النقطتين E، D يوجد خليط من B، C ليعطى صنفان من الصلب أحدهما له التركيب D والآخر له التركيب E. النقطة G هي نقطة ثابتة الحرارة عديمة المتغيرة المنطقة GDE تعطى تراكيب المحاليل فى حالة أتران مع محلولين صليين D، E.

التملح:

إذا قلت ذوبانية لا الكتروليت فى الماء نتيجة اضافة محلول الكتروليتى إليهما تسمى ظاهرة التملح. وعليه فعند اضافة كمية من الملح إلى نظام يحتوى على زوج من سائل عضوى وماء تامى الامتزاج تتكون طبقتان أحدهما غنية بالسائل العضوى والثانية غنية بالماء (شكل رقم 24).

فلنأخذ فى الاعتبار الرسم التالى لكاربونات البوتاسيوم - الماء - الميثانول مثالا لذلك: للملح - الماء - الكحول.



شكل (24) تأثير التملح

المنطقة Bab تمثل كربونات البوتاسيوم في حالة أتران مع محلول مشبع غنى بالماء بينما المنطقة Bed تمثل كربونات البوتاسيوم المتزنة مع محلول مشبع غنى بالكحول. bcd هي منطقة تواجد سائلين (b - غنى بالماء، d - غنى بالكحول) ترتبط بخط اتصال والمنطقة Bbd هي منطقة كربونات البوتاسيوم المتزنة مع سائلين b، d. نفرض أن كربونات البوتاسيوم الصلب أضيفت إلى خليط من الماء والكحول ممثلة بالنقطة X. يذوب الملح في السائل ويتحرك النظام على طول الخط (XYZB). وعند النقطة Y ينفصل طبقتان أما عند النقطة Z فيتوقف استمرار نوبان كربونات البوتاسيوم إلى حد يتواجد فيه كلا من كربونات البوتاسيوم الصلب والسائلين b، d مع بعضهم في وضع إتران. السائل الممثل بالنقطة d هو الطبقة الغنية بالكحول، ويمكن فصله من b التي هي الطبقة الغنية بالماء. وعند إضافة الماء إلى محلول غير مشبع من كربونات البوتاسيوم في الكحول بتركيب X. يأخذ النظام اتجاه الخط xyz. يترسب كربونات البوتاسيوم عند النقطة y وينوب مرة ثانية عند z وذلك باستمرار إضافة كميات أخرى من الماء.

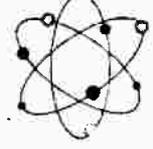
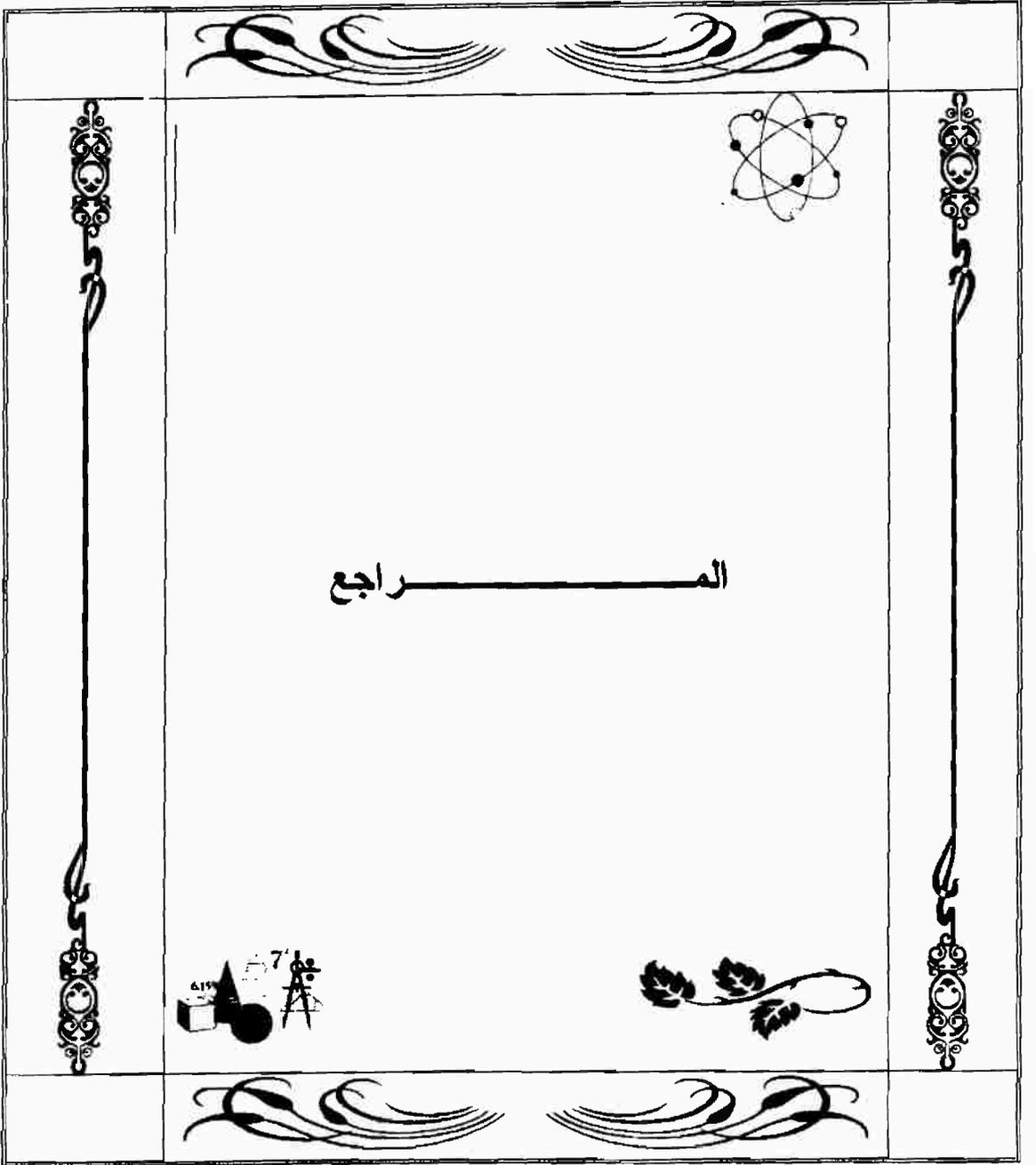
الثوابت الفيزيائية

الثابت	الرمز	القيمة	القيمة باللوغاريتم
سرعة الضوء في الفراغ	C	$2.9979 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$	8.4768
كتلة الإلكترون	m_e	$9.1091 \times 10^{-31} \text{ kg}$	31.9595
الشحنة	$e = F/N_A$	$1.6021 \times 10^{-19} \text{ C}$	19.2047
ثابت بولتزمان	$k = R/N_A$	$1.3805 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$	23.1400
ثابت بلانك	h	$6.6256 \times 10^{-34} \text{ JS}$	34.8212
ثابت أفوجادرو	N_A	$6.0225 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	23.7798
ثابت فاراداي	$F = N_A e$	$9.6487 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$	4.9845
الثابت العام للغازات	$R = N_A k$	$8.341 \text{ Jk}^{-1} \text{ mol}^{-1}$	0.9198
عجلة الجاذبية الأرضية القياسية	g	9.8066 mS^{-2}	0.9915

أسئلة ومساائل على القسم الثنى

- (١) عرف ما يلى:
- (أ) الصنف، (ب) المكون، (ج) درجة الحرية أو الطلاقة المستخدمة فى قاعدة الصنف لدراسة الأتزانات الغير متجانسة.
- (٢) عين عدد المكونات ودرجات الطلاقة للأنظمة التالية:
- (أ) محلول مائى للسكر.
- (ب) بروم ذائب فى رابع كلوريد الكربون.
- (ج) خليط من النيتروجين والهيدروجين والأمونيا.
- (د) $Fe(s) + H_2O(g) = FeO(s) + H_2(g)$
- (٣) ناقش تطبيق قاعدة الصنف لأتزان الأصناف المختلفة للماء. وضع بدقة الأجزاء المختلفة فى الشكل البيانى. ما هو المقصود بالنقطة الثلاثية؟
- (٤) ناقش تطبيق قاعدة الصنف لأتزان الأصناف فى نظام الكبريت.
- (٥) ناقش تطبيق قاعدة الصنف لنظام ثنائى المكون يحتوى على يوديد البوتاسيوم والماء.
- (٦) ارسم الشكل البيانى لنظام كلوريد الحديدك - الماء. كم عدد الهيدراتات المتكونة لكلوريد الحديدك؟
- (٧) انكر ماتعرفه عن معادلة قاعدة الصنف المختزلة. اشرح فى ضوء ذلك طريقة استخلاص الفضة من الرصاص.
- (٨) اشرح المقاطع التالية المستخدمة فى قاعدة الصنف للأتزانات الغير متجانسة:
- (أ) نقطة التحويل.
- (ب) نقطة الانصهار المتطابقة.
- (ج) النقطة الأيوكتكى.
- (د) نظام عديم المتغير.
- (٩) اكتب ماتعرفه عن:
- (أ) نظام كلوريد الصوديوم - الماء.
- (ب) نظام كبريتات الصوديوم - الماء.
- (ج) الأتزان غير المستقر.

- (١٠) اشرح باختصار تطبيق قاعدة الصنف لدراسة الأنظمة ثلاثية المكون.
- (١١) ارسم الشكل البياني للأنتزان الصنفي لمعدن الخارصين والماغنسيوم مستخدماً البيانات التالية:
- (أ) نقطة انصهار الماغنسيوم 655°C .
- (ب) نقطة انصهار الخارصين 500°C .
- (ج) نقطة أيوتكتي عند 350°C عند 20% مول خارصين وأخرى عند 430°C عند 92% مول خارصين.
- (د) مركب صلب MgZn_2 يتكون ويتعين عند درجة 540°C .
- (١٢) وضح ماذا يحدث عند تبريد مخلوط يحتوى على 40% مول خارصين و 60% من الماغنسيوم من 650°C إلى 200°C .
- (١٣) ارسم الشكل البياني للأنتزان الصنفي ثابت الحرارة للنظام ثلاثى المكون يحتوى على الماء وملحين بينهما أيون مشترك. (الملحين لا يكونان مركب). وضح كيف يستخدم هذا الشكل لعملية تكوين البلورات؟



المراجع



المراجع العربية:

- (1) الكيمياء الفيزيائية جوردن م. ياور الدار الدولية للنشر والتوزيع دار ماكجروهيل للنشر ١٩٩٠ ص ١٩٠-٣٤٧ (الديناميكا الحرارية) ص ٣٥١-٣٧٥ قاعدة الصنف.
- (2) الحرارة الديناميكا الحرارية تأليف مارك و. زيمانسكى وريتشارد هـ. ديتمان دار ماكجروهيل للنشر جمهورية مصر العربية - القاهرة ١٩٨١.
- (3) أسس الكيمياء العامة. د. عباس عباس العوضى وآخرون ١٩٨٨.
- (4) الكيمياء الفيزيائية د. حسن شحاتة، د. محمد فكرى الهادى، الدار المصرية اللبنانية (تحت الطبع).

المراجع الأجنبية:

- 1) J.T. Andrews and E.F. Westrum, J. Chem. Thermodynamics, 2, 245 (1970).
- 2) H. Reiss, Methods of thermodynamics, (New York : Blaisdell Publico., 1965), pp. 22, 71.
- 3) E.D. Eastman and W.C. McGavock, J. Am. Chem. Soc., 59, 145 (1937); E.D. West, J. Am. Chem. Soc., 81, 29 (1979).
- 4) R.H. Fowler and E.A. Guggenheim, Statistical thermodynamics, (London : Cambridge University) press, (1940), p. 224.
- 5) D. Deklerk, M.J. Steenland, and C.J. Gorter, Physica, 16, 571 (1950). J. Am. Chem. Soc. 49, 1870 (1927).
- 6) Basic Chemical Thermodynamics (2nd ed.) E.B. Smith; Oxford University press, 1977.

- 7) Elementary Chemical thermodynamics, B.H. Mahan; Benjamin, New York, 1963.
- 8) An introduction to chemical thermodynamics. E.F. Caldin, Darendon press, Oxford, 1961.
- 9) Chemical thermodynamics I. Klotz and R.M. Rosenberg; Benjamin, New York, 1972.
- 10) Thermodynamics G.N. Lewis and M. Randall, revised by K.S. Ditzer and L. Browner; McGraw-Hill, New York, 1961.
- 11) Chemical thermodynamics, M.L. McGlashan; Academic Press, London, 1979.
- 12) Thermodynamic, E.A. Guggenheim; North Holland, Amsterdam, 1967.
- 13) Introduction to phase transitions and critical phenomenon, H.E. Stanley; Clarendon Press, Oxford, 1971.
- 14) Textbook of physical chemistry-samuel Glasstone, published by Macmillan press Ltd 1972 pp. 181.
- 15) Applied physical chemistry, C. Heald and A.C.K. Smith English Language book Society and Macmillan 1982 pp. 17-51.
- 16) L.K. Sharma, Physical Chemistry 1990.
- 17) G.N. Alekseev, "Energy and Entropy", Mir Publishers, Moscow, 1986.
- 18) V.V Sychev, "The differential equations of thermodynamics", Mir Publishers, Moscow, 1983.
- 19) Gordon M. Barrow, "Physical Chemistry", Second Edition, Tosho printing Co., LTD, Tokyo, Japan.