Chapter eight

**اتزانات الاطوار** Phase Equilibrium

المقدمة :-introduction

يعرف ذلك الطور بانه ذلك الجزء من النظام الذي يتصف بالتجانس كيميائيا وفيزيائيا ويفصل عن باقية الأجزاء المتجانسة الأخرى من النظام بواسطة حدود سطحية واضحة .

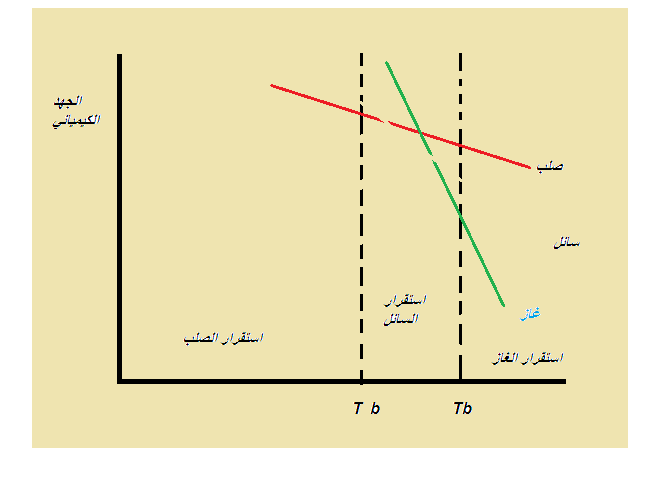
لغرض التعرف على حالة النظام فمن الضروري تعين قيم بعض متغيرات الحالة وفي الأقل يجب ان نعرف الحد الأدنى من متغيرات الحالة التي بحاجة الى تعين كي يمكن تحديد النظام وهذا يعتمد على طبيعة النظام . مثلا اذا اخذنا 1000سم3 من الماء النقي في وعاء وكانت درجة حرارته 298 كلفن وتحت ضغط 1 جو نلاحظ ان الشد السطحي والحجم النوعي ومعامل الانكسار لنماذج مختلفة منه تحمل القيمة نفسها تحت شروط معينة أي ان كل الخصائص الكيميائية المختلفة ( متغيرات الحالة الأخرى ) تبقى غير متغيرة واذا اخذنا الكمية نفسها من الماء وكانت بتماس مع بخار الماء عند درجة حرارة 298 كلفن فان الضغط البخاري يأخذ قيمة الثابتة مقدارها 23.8 ملم زئبق وتبقى هذه القيمة ثابتة ما دام الطورين موجودين معا عند ثبوت درجة الحرارة . وان بالإمكان تغير حالتي الطورين او حالة النظام بصورة تامة عند تغير قيمة متغير واحد فقط هو درجة الحرارة . اما كيفية تحديد الحد الأدنى من المتغيرات المطلوبة فهذا سوف يتم النظر اليه خلال هذا الفصل مع شرح مفصل لأنواع من الاطوار

**8-2 استقرارية الاطوار stability of phases**

عندما تكون المادة في حالة اتزان فان الجهد الكيميائي بعينة من هذه المادة يكون متشابها لجميع الأجزاء. لكي نتأكد من ذلك دعنا نفترض العكس فعندئذ يكون الجهد الكيميائي في نقطة مساويا الى وفي نقطة ثابتة مساويا الى وعند انتقال كمية معينة من المادة مقدارها dn من النقطة الأولى الى نقطة الثانية عند ثبوت درجة الحرارة والضغط فان التغير في داله كبيس (dG ) سيكون مساويا الى ( -d) في النقطة الأولى و (d+) في النقطة الثانية وعليه سيكون التغير الكلي

وتأسيسا على ذلك فانه في حالة كون الجهد الكيميائي اكبر من الجهد الكيميائي فان الانتقال من النقطة ( 1) الى النقطة ( 2) سيكون تلقائيا ( لوجود نقصان في دالة كيبس ) وهذا يعني ان المادة ليست في حالة اتزان . وعليه فانه في حالة اتزان يجب ان يكون

وفي الشكل 8-1 والذي يعبر عن التغير بالجهد الكيميائي بتغير درجة حرارة. نلاحظ ان الطور الذي يكون فيه التغير بالجهد الكيميائي فيه اقل هو الأكثر استقرارا في درجة حرارة معينة اذا كان جهد الكيميائي للطور السائل عند درجة حرارة وضغط معينين مثلا اقل من الجهد الكيميائي للطور الصلب والطور الغازي ( البخاري ) ليكون بذلك الطور السائل هو الأكثر استقرارا وعند انخفاض درجة الحرارة سيرتفع فوق ( لاحظ الشكل 8-1 ) وبذلك يكون الطور الصلب هو الأكثر استقرارا والعملية الطبيعية لذلك هي عملية التجمد ويحصل العكس عند ارتفاع درجة يتحول الطور السائل الى طور الغازي ( البخاري ) بصورة تلقائية .



درجة الحرارة / T

الشكل 8-1 تغير الجهد الكيميائي مع درجة الحرارة للطور الغازي والسائل والصلب

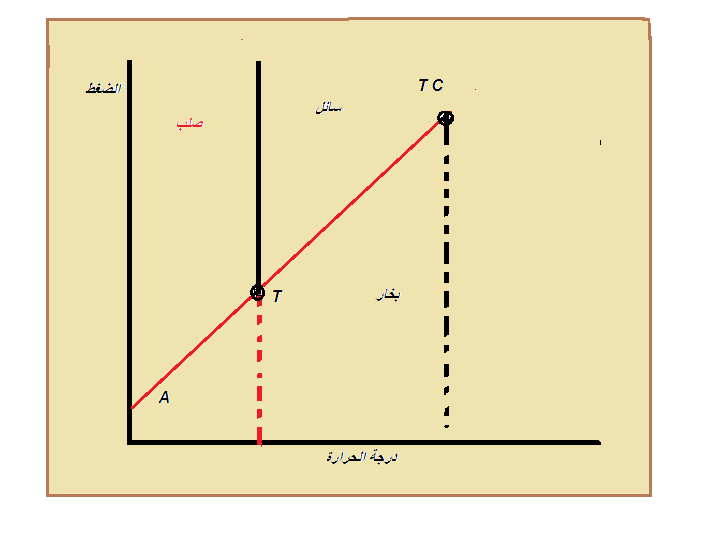
من النتائج التي تم الحصول عليها من القانون الثاني للثرموديناميك هو انه عند الاتزان فان الجهد الكيميائي للمادة هو نفسه في جميع الأجزاء المادة وبغض النظر عن عدد الاطوار الموجودة . لذا فان الجهد الكيميائي للطور السائل والجهد الكيميائي للطور الصلب متساويان عند الاتزان بين الطورين وكذا في مناطق الطور المختلفة.

8-**3 التوازن في الاطوار Equilibrium** in phases

يعني المفهوم العام للاتزان عدم حصول تغير في النظام وفي لغة الثرمويناميك يعني عدم تغير خصائص المادة مع الزمن علما بان وجود حالة الاتزان العام لا يمكن التوصل اليه بسبب التغيرات المستمرة سواء في النظام او في المحيط ولغرض فهم التوازن في الاطوار.

دعنا نقوم بدراسة حالة التوازن في نظام بسيط يتكون من مكون واحد.

يمثل الشكل 8-3 رسما لبيان الاطوار السائل والصلب والبخار وتمثل النقطة (T) النقطة الثلاثية أي وجود الاطوار الثلاثة في حالة اتزان.



شكل 8-3 رسم بياني بالأطوار

يمثل الخط ( TC,T) الاتزان بين الطورين الغازي والسائل والخط TC يمثل خط الاتزان بين الطورين السائل والصلب ويمثل الخط TA خط الاتزان بين الطورين الغازي والصلب .

**8-4 حدود الطور** **Phase boundaries**

ان رسم الطور Phase diagram لأي مادة يوضح مناطق الضغط ودرجة الحرارة التي يمكن ان تتواجد عندها الاطوار المختلفة في حالة اتزان ان الخطوط والمنحنيات الموضحة بالشكل 8-3 تفصل الاطوار بعضها عن البعض الاخر وتسمى حدود الطور Phase boundaries وان هذه الطور او المنحنيات تمثل قيم الضغط ودرجة الحرارة التي يمكن ان تتواجد بها كل طورين في حالة اتزان هنالك عده خطوط او منحنيات بالشكل 8-3 وهي TC,TA,TTC

الخط او المنحنى TTC هو الحدالفاصل ما بين الطورين السائل والبخار حيث يتواجد الطوران وعلى طول الخط بحاله اتزان فيما بينهما. و لنقطه من نقاط هذا الخط او المنحنى تمثل ضغطا معينا ودرجة حرارة محددة يتواجد عندهما الطوران في حالة اتزان يسمى هذا المنحنى او الخط بمنحى او خط الضغط البخاري .

الخط او المنحنى TA يمثل الخط او المنحنى التالي وهو الخط او المنحنى الفاصل ما بين الطورين الصلب والبخار. وعلى طول الخط او المنحنى يتواجد الطوران في حالة اتزان .

الخط او المنحنى TA يمثل خط او منحنى الاتزان ما بين الطورين الصلب والسائل . هنالك أهمية خاصه لميل المستقيم TC فاذا كان الميل سالبا ( كما هو الحال في رسم الطور لنظام الماء ) فهذا يعني ان نقطة انصهار الثلج تنخفض عند زيادة الضغط . وهذا ما يعرف بالنسبة للماء حيث انه ويتمدد عند التجميد اما اذا كان الميل موجبا ( كما هو الحال في رسم الطور لنظام ثاني أوكسيد الكاربون ) فهذا يعني ان زيادة الضغط تؤدي الى زيادة ارتفاع درجة الانصهار وهذه هي الخاصية العامة لجميع السوائل ( عدا الماء ) حيث ان حجمها يتقلص عندما تتجمد .

لا يمكن باي حال من الأحوال الوصول الى درجة الغليان عندما يتم تسخين السائل في اناء محكم اغلاق لذلك فان الضغط البخاري يرتفع كلما ارتفعت درجه الحرارة ونتيجة لذلك فان كثافة البخار المتكون تزداد كلما ازداد الضغط البخاري. كثافة السائل تقل في نفس الوقت نتيجة لتمدد السائل زيادة ارتفاع درجة الحرارة ويستمر (ازياد كثافة البخار ونقصان كثافة السائل) الى ان يتم تساوي الكثافتين. حيث يزال الفاصل ما بين السوائل والبخار وبذلك لا يمكن التميز ما بين بخار والسائل . ويحصل ذلك عند درجة الحرارة الحرجة Temperature critical تتمثل النقطة الحرجة بالنقطة TC الموضحة بالشكل 8-3 . ان الضغط الناتج عند النقطة الحرجة يسمى بالضغط الحرج critical pressure ويرمز له pc عند الدرجة الحرجة وفوقها يتكون طور واحد ومتماثل يسمى السائل الحرج الخارق super- critical ويملا الاناء حيث لا يبقى أي وجود للطور السائل .

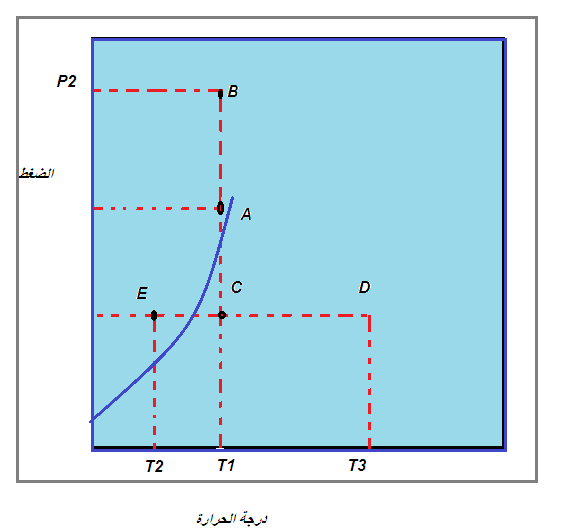
الخطوط او المنحنيات الثلاثة التي تم ذكرها وهي TTC وTAو TC تتقاطع بالنقطة

T وهذه النقطة تسمى النقطة الثلاثية Triple point في هذه النقطة تكون الاطوار الثلاثة. الصلب والسائل والبخار في حالة اتزان تكون هنالك قيمة محددة للضغط ودرجة الحرارة ولا يمكن تغيير أي منهما ولو بمقدار صغير جدا وفي حالة حصول التغير فان أحد هذه الاطوار سيختفي.

**8-5 مخططات اتزان الاطوار Phase equilibrium diagram**

الشكل 8-4 يمثل مخطط اتزان طورين افتراضي حيث يوجد فيه السائل باتزان مع بخاره يكون عدد الاطوار في هذا النظام يساوي اثنان ( p=2) وعدد المكونات يساوي واحد ( c=1) من تطبيق قاعدة الاطوار نستنتج بان عدد درجات الحرية يساوي واحد f=1) الشكل 8-4 يمثل منحنى بسيط للضغط البخاري المشبع للسائل . اذا اخذنا النقطة A على المنحنى وهي نقطة يتواجد فيها السائل والبخار معا في حالة اتزان وفيها درجة الحرارة تساوي T1 وضغطه البخاري P1 ان زيادة الضغط البخاري من P1 الى P2 مع بقاء درجة حرارة ثابتة عند T1 ( النقطة B) يؤدي الى تكثف البخار وبذلك يتحول النظام الى النظام ذي طور واحد وهو الطور السائل .تحصل العملية نفسها لو ابقينا الضغط ثابتا عند P1 وقمنا بخفض درجة الحرارة من T1 الى T2 ( النقطة E ) اما اذا تم خفض الضغط البخاري الى النقطة C حيث تغير الضغط من P1 الى P3 مع بقاء درجة الحرارة ثابتة T1 فان السائل سوف يغلي ويتحول النظام الى طور واحد وهو الطور البخاري .تحصل الظاهرة نفسها اذا تم زيادة درجة الحرارة من T1 الى T3 ( النقطة D ) مع إبقاء الضغط ثابتاً عند P1 .

نستنتج من ذلك ان يقاء الطورين في حالة اتزان مع بعضهما يحصل فقط عندما تكون هنالك درجة حرارية معينة مقابل ضغط محد وفي بقاء أي من هذين المتغيرين وتغير لمتغير الاخر يعني اختفاء أحد الطورين.



شكل 8-4 مخطط اتزان طورين افتراضي

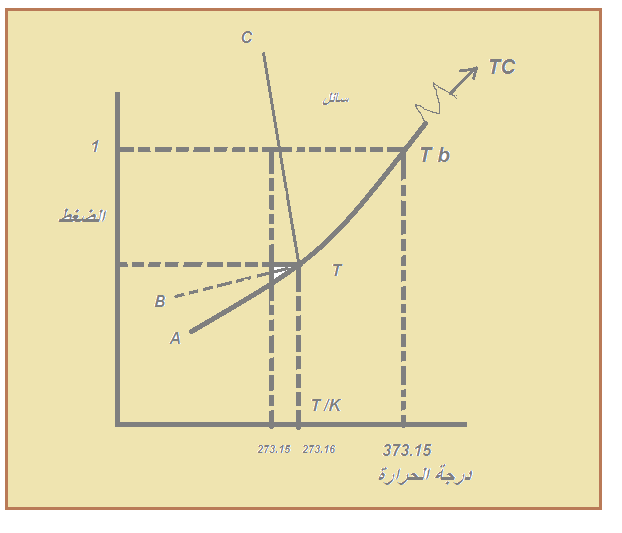
**8-6 مخطط الاطوار لنظام الماء Phase diagram OF Water system**

الشكل 8-5 يمثل مخطط الاطوار لنظام الماء ( لم يتم الالتزام بالمقياس في الرسم وذلك لتوضيح بعض النقاط المهمة والتي تقع بعيدة عن بعضها البعض )

هنالك مساحات واضحة ومعلمة تخص البخار والسائل والصلب وهي تمثل مناطق وجود هذه الاطوار لوحدها ( p=1) هنالك منحنيات تفصل هذه الاطوار عن بعضها البعض وهي تمثل حدود الطور ( الخطوط الصلدة ) وهي تمثل طورين في حالة اتزان فيما بينهما (p=2).

المنحنى TTC يمثل الخط البخاري للماء ويمثل الحد ما بين الطورين السائل والبخار وفي نهاية يصل الى درجة الحرارة الحرجة TC . الدرجة الحرجة للماء تكون عند 647.30 كلفن وتحت ضغط 218.3 جو حيث يوجد عندها طور واحد ومتماثل ويسمى السائل الحرج الخارق super critical حيث لا توجد أي حدود ما بين الطورين السائل والبخار .

المنحنى TA يمثل منحنى تسامي الثلج وهو بفصل ما بين الطور الصلب والطور البخاري



شكل 8-5 مخطط الاطوار لنظام الماء

يمثل امتداد المنحنى TTC الى النقطة B (المنحنى TB ) منحنى الحالة شبة المستقرة Metastable بين الماء فوق المبرد ( المبرد الخارق ) super cooled water وبخاره وهو اقل استقرارا من المنحنى TA حيث ان الماء السائل يوجد بدرجة حرارية 271.15 كلفن (-2) . واذا ما تم القاء بلورات ثلج صغيرة في هذا النظام فان السائل فائق التبريد ستجمد وينخفض ضغطه البخاري الى حد المنحنى TA ( يتحول من الحالة الأقل استقرار الى الحالة الأكثر استقرارا ) في عملية التبريد الخارق وينخفض ضغطه super cooling process يتم تبريد الماء الى درجة حرارة تصل الى 9.4 كلفن بدون ان يتجمد . اكتشفت هذه العملية لأول مرة من قبل العالم فهرنهايت ( 1686-1736) وذلك عام 1624.

المنحنى TC يمثل منحنى اتزان صلب – سائل ويوضح كيفية نقطة انصهار الصلب يتغير الضغط. ان ميل هذا المنحنى سالبا في نظام الماء وهذا يوضح بان نقطة الانصهار للثلج تنخفض بزيادة الضغط وهذا ما تفسره حقيقية ان الماء السائل يشغل حجما اقل من الثلج الصلب. ان مثل هذا الحالة غير شائعه بالنسبة للسوائل الأخرى وتعد شاذه وهنالك القليل من المواد لكي يكون ميل المنحنى TC فيها سالبا مثل البزموث والكاليوم .

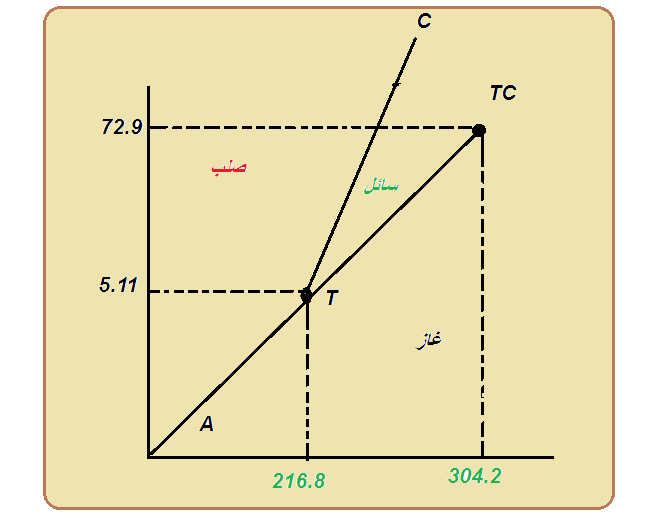
عند امتداد المستقيم TC الى الأعلى وعن الضغوط العالية جدا يتكون الثلج بأشكال بلورية مختلفة وتسمى بظاهره الاشكال المتعددة Polymorphism ( وهي مشتقة من الكلمة الاغريقية حيث ان poy تعني عدة morphism تعني شكل وبذلك فان الكلمة تعني عدة اشكال ) تتكون عند الضغوط العالية ستة أنواع من الثلج حيث يتكون النوع الأول عند 218.3 جو في حين ان النوع الثاني والثالث يتكون عند ضغط ما بين 3000- اكثر من 6000 جو والشكل الخامس يتكون عن ضغط اعلى من ذلك . تمتاز هذه الأنواع من الثلج بدرجة انصهارها العالية حيث ان درجة انصهار الثلج من النوع السادس تنصهر عند 373.15 كلفن ولكنه لا يتواجد الا عند ضغط عالي جدا ( اكثر من 8000جو ).

**8-7 منحنى الاطوار لنظام ثاني أوكسيد الكاربون**

**Phase diagram for carbon Dioxide system**

عندما نتفحص الشكل 8-6 الذي يمثل رسم الطور لثاني أوكسيد الكاربون بصورة دقيقة نلاحظ واضحا بينه وبين الشكل 8-5 ونقاط الاختلاف

1. ان النقطة الثلاثية ( T ) تقع في منطقة ضغط مرتفع عن تلك الموجودة في رسم الطور لنظام ( ثلج – ماء – بخار ) حيث انها تكون في ضغط 5.11 جو ودرجة حرارة 216.16 كلفن وهذا يعني ان ثاني أوكسيد الكاربون الصلب يتحول مباشرة الى الحالة الغازية دون المرور بالحالة السائلة ( يتسامى ) وفي حالة واحدة فقط يمكنه المرور بالحالة السائلة الا وهي . عندما يكون الضغط اكثر من 5.11 جو .
2. المنحنى الذي يكون فيه الطور الصلب مع الطور السائل في حالة اتزان ( TC) يميل نحو اليمين أي ان ميل المنحنى موجبا . وهذ يعني ان الزيادة في الضغط ترفع درجة انصهار ثاني أوكسيد الكاربون الصلب .



شكل 8-6 مخطط الاطوار لنظام ثاني أوكسيد الكاربون

**8-9 قاعدة الاطوار phase Rule**

اكتشفت معادلة قاعدة الاطوار اول مرة من قبل العالم جوزيف ويلارد كيبس عام 1878 ونظرا لنشرها في مجلة غير مشهورة فقد بقيت هذه المعادلة قيد النسيان حوالي عشرين سنه . ان هذه المعادلة تعطي العلاقات بين عدد درجات الحرية (f) Degree of freedom لنظام يحتوي على مجموعة متزنة من المكونات C)(C0Mponents)) مع عدد اطوار p)(phases)) الموجودة في النظام

تنص قاعدة الاطوار phase Rule على ان :

( عدد درجات الحرية Number of freedom وعدد الاطوار ( p) Number of phases وعدد المكونات (c) Number of components في نظام موجود في حالة اتزان تام ترتبط فيما بينها بالعلاقة الاتية :-

**F=C-P+2 8-3**

ولأجل الايضاح لابد من القيام بتعرف بعض التعابير التي ورد ذكرها قبل الدخول في تفصيلات هذه القاعدة.

**8-9-1 عدد درجات الحرية:** **Degree of freedom**

لقد ذكرنا في الفصول السابقة بان هنالك نوعين من الخصائص يمكن بواسطتها وصف الطور في النظام (أي نظام ) واحدى هذه الخصائص تسمى بالخصائص الشاملة Extensive properties)) هذا النوع من الخصاص يعتمد على كمية الطور مثل وزن الطور وحجمه . اما النوع الثاني من الخصائص فيسمى بالخصائص المكثفة او المركزة ( intensive properties ) وهذا النوع من الخصائص لا يعتمد على كمية الطور وتكون قيمة الخاصية متساوية للطور بكامله او لأي جزء منه ودرجة الحرارة ومعامل الانكسار . وهذا النوع من الخصائص لا يعتمد على كمية الطور وتكون قيمة الخاصية متساوية سواء للطور بكامله او لاي جزء منه مثل الكثافة ودرجة الحرارة ومعامل الانكسار وهذا انواع الأخير هو الذي يهمنا عند توضيح درجات الحرية حيث ان عدد درجات الحرية يعني عدد المتغيرات المكثفة التي يمكنها اختبارها بصورة مستقلة لكي نتمكن بوساطاتها تعريف النظام تعريفا كاملا . ومن ثم تصبح قيم المتغيرات المكثفة الأخرى ثابتة . فمثلا بإمكاننا تحديد حالة نظام يتكون من سائل الماء فقط عند قيم محددة لدرجة حرارة الماء وضغطه لأنه في درجة حرارة وضغط معينين سوف تكون لسائل الماء قيم ثابتة لخصائصه المركزة مثل الشد السطحي ومعامل الانكسار والكثافة. او بمعنى اخر انه بالإمكان وصف العينة وصفا كاملا عندما نحدد اية خاصيتين من الخواص المكثفة لسائل الماء .

نستنتج من ذلك ان عدد درجات الحرية للنظام يعني اقل عدد من المتغيرات المكثفة التي يمكن تغييرها بصورة مستقله دون ان يحصل تغير في عدد اطوار هذا النظام.

8-9-2 عدد المكونات Number of component

يمكن تعريف عدد المكونات بانه اقل عدد من المواد الكيميائية القابلة للتعبير بصورة مستقلة والموجودة في اطوار النظام المختلفة . فمثلا في النظام السائل وبخاره والذي يوجد فيه طوران هما الطور السائل والطور البخاري فان هذا النظام يحتوي على مكون واحد بينما في حاله المحلول الذ يحتوي على المذاب وبخار المذيب فان النظام له طوران وكذلك وهنالك معادلة يمكن بواسطتها عدد المكونات وهي :-

C= N-R 8-4

حيث ان Nيمثل العدد الكلي للمواد الكيمياوية الموجودة في النظام و R تمثل عدد التوازنات الكيمياوية والنسب المتكافئة بين بعض الأصناف التركيبية في النظام امل في حالة المحاليل الايونية فان المعادلة 8-4 ستحور الى الشكل الاتي :

C= N-R- 1 8-5

**8-9-3 عدد الاطوار Phases Number**

لقد تطرقنا في مقدمة هذا الفصل الى تعريف الطور واوضحنا بانه يمثل ذلك الجزء من النظام المتجانس فيزيائيا وكيمائيا في كل جزء من اجزائه وتفاصله عن الاطوار الأخرى حدود واضحه ومتميزة سميت بحدود الطور Phases boundaries مثلا وجود قطعه من الثلج في قدح من الماء تكون معالم القطعة واضحه حدودها التي تفصلها عن الماء وهي تمثل الطور الصلب الذي توجد لدية حدود تفصله عن الطور السائل .

يوصف النظام بانه متجانس Homogenous system اذا كان النظام نظام غير متجانس Heterogeneous system ولتوضيح كيفية التعرف وبصورة صحيحة على عدد الاطوار دعنا نتفحص الأمثلة التوضيحية الاتية ::

1. الثلج يمثل طورا واحد اذا كان على شكل قطع صغيرة او كبيرة ولكن في حالة وجود عدد من الاشكال البلورية المختلفة من الثلج لا يمكن عدها طورا واحدا ولكن كل شكل بلوري منها يمثل طورا واحد ا.
2. وجود ملح الطعام في الماء يمثل طورا واحد متجانسا بالرغم من احتوائه على ايون الصوديوم وايون الكلور والماء .
3. وجود خليط من الغازات التامة الامتزاج تعد طورا غازيا واحد.
4. خليط السوائل تامة الامتزاج يعد طورا واحدا.
5. خليط السوائل عديمة الامتزاج تكون اكثر طور وعدد الاطوار فيها يساوي عدد الحدود الفاصلة بين الاطوار زائد واحد.
6. المحاليل المتجانسة للمواد الصلبة المختلفة تكون طورا واحد بغض النظر عن المركبات الكيميائية التي تكونها.
7. كل شكل بلوري خاص من المواد الصلبة ويشكل طورا واحدا في حالة تشابه التركيب الكيميائي او اختلافه. فمثلا كل صورة بلورية من صور الكبريت تكون طورا مستقلا عن الشكل البلوري الاخر.

ان عملية تحديد عدد المكونات يتطلب معرفه عدد الأنواع الكيميائية

( عدد المركبات الكيميائية ) الموجودة بالنظام وهو في حالة اتزان أولا ثم بعدها يجب معرفه عدد المعادلات الكيميائية التي تربط بين هذه المكونات وكذلك يتطلب معرفة العلاقة بين تراكيز المكونات الكيميائية . لغرض التعرف على كيفية حساب ذلك نتفحص الأمثلة الاتية :-

1. عند اذابه الملح الطعام في الماء تكون لدينا اربعه مركبات كيميائية وهي

H2O.NaCl.Na + Cl-

توجد همالك حالة اتزان ما بين كمية NaCl المتفككة وكذلك عدد الايونات المتكونة من .Na + . Cl- وهنالك توازن اخر وهو ان عدد ايونات .Na + يجب ان تساوي دائما عدد ايونات Cl- وبذلك فان العدد الكلي للمكونات في هذا النظام يساوي

C= 4-1-1= 2 8-6

هنالك راي علمي يقول بان الماء الموجود في هذا النظام يمكن ان يكون ايونات الهيدرونيوم ( H3O+) وكذلك ايونات الهيدروكسيل ( OH-) لكن بالطريقة نفسها يمكن اختزال عدد اثنين منها لان هنالك اتزانا ما بين تفكك جزيئات الماء وتكوينها لهذين المركبين الكيميائيين وكذلك هنالك تساوي فيما بين تركيزهما

[ H3O+]=[OH-] 8-7

وبذلك فان اضافه العدد ا ثنين نتيجة لوجود H3O+ و OH-في النظام يحتم اختزال اثنين كذلك وبذلك تكون النتيجة النهائية صفرا.

ب- عند خلط كميات من غازات لا تتفاعل مع بعضها البعض الهيليوم والهيدروجين والاركون . فان هذا الخليط يكون بحالة اتزات دائما بغض النظر عن تركيز أي مكون من مكونات هذا النظام لذا فان العدد للمكونات في هذا النظام يساوي ثلاثة .

ج- عند خلط كمية من الغازات مع بعضها البعض وكانت هذه الغازات تتفاعل نع بعضها البعض مثل خلط كمية مع غاز الهيدروجين وغاز اليود وغاز يوديد الهيدروجين . ان هذا النظام يحتوي على ثلاثة مركبات كيميائية وهي H2و I1 و HI ولكن هذه المركبات ترتبط فيما بينها بالمعادلة الكيميائية الاتية

H2(g ) + HI2(g )  2HI(g ) 8-8

وهذا يعني ان ثابت الاتزان k يساوي :

K=

وكذلك فان

] 8-10

أي ان تركيز الغازين متساوين وبذلك فان العدد الكلي لمكونات مثل هذا النظام متساوي

C=3-1-1=1 8-11

د- في النظامين المتوازنين الآتيين

8-12 HCl(g)+ NH3 NH4 Cl4(s) 

CaCO3(S) CaO(S)+CO2(g)

يعبرعن ثابت الاتزان للتفاعل المعادلة 8-12 كما يأتي

K=[NH3][HCl] 8-14

كما ان NH3وHCl متساويان بالتركيز :-

[NH3]=[HCl] 8-15

وبذلك فان العدد الكلي للمكونات يساوي

C=3-1-1=1 8-16

اما النظام المذكور بالمعادلة الثانية المعادلة 8-13 فان ثابت الاتزان يعبرعنه بالاتي:-

K=[co2] 8-17

لا يمكن لهذا النظام ان يعامل مثل معامله النظام الأول ( نظام كلوريد الامونيوم ) لانه بالرغم من ان عدد مولات cao يساوي عدد مولات co2 ولكن تركيزهما غير متساو . وبذلك فان العدد الكلي لمكونات هذا النظام يساوي

C=3-1=2 8-18

**8-11 تطبيقات قاعدة الطور Applications of phase rule**

ان وصف نظام يتكون من غاز نقي يتطلب تحديد متغيرين وهما درجة الحرارة والضغط او درجة الحرارة والتركيز او الضغط ومن تحديد المتغيرين يمكن حساب المتغير الاخر من معادلة الحالة . وهذا يعني بان عدد درجات الحرية يساوي اثنين وعند حساب ذلك من تطبيق قاعدة الطور نرى بانها تساوي اثنين:

F=C-P+2=1-1+2=2 8-25

ويسمى مثل هذا النظام بنظام ثنائي المتغيرBivariate system

اذا كان لدينا نظام ذي مكون واحد وبطورين وبحالة اتزان ( اتزان طور سائل مع طور البخار) فهنالك حاجة الى تحديد متغير واحد فقط لوصف النظام مثل درجة الحرارة او الضغط وذلك لان تحديد احد المتغيرين يجعل من تحديد المتغير الثاني تلقائيا وذلك لوجود ضغط ذو كمية محددة مقابل كل درجة حرارية . وهذا يعني بان عدد درجات الحرية يساوي واحد عند تطبيق قاعدة الطور على مثل هذا النظام يعطي قيمة F وتساوي واحد

F=C-P+2=1-2+2=1 8-26

ويسمى مثل هذا النظام بنظام احادي المتغير unInvariant system

عند نقطة الثلاثية لنظام يتكون من مكون واحد فهذا يعني وجود ثلاثة اطوار في حالة اتزان وبهذه الحالة لا يمكن تغير أي متغير واذا ما تم ذلك فان حالة الاتزان بين الاطوار الثلاثة ستختفي ويختفي معها احد الاطوار . هذا يعني ان درجات الحرية يساوي صفرا عند تطبيق قاعدة الطور نرى بان F تساوي صفر

F=C-P+2=1-3+2=0 8-27

ويسمى مثل هذا النظام بنظام غير المتغير Invariant system

نستنتج من الأمثلة أعلاه بانه كلما زاد عدد الاطوار في النظام كلما قل عدد درجات الحرية كما نستنتج بان عدد درجات الحرية للنظام ذي المكون واحد تتراوح ما بين صفر واثنين .

الجدول 8-1 يمثل عدد المكونات والقيمة الصغرى والقيمة العظمى لعدد الاطوار وعدد درجات الحرية.

جدول 8-1 العلاقة بين عدد المكونات وعدد الاطوار وعدد درجات الحرية

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| عدد المكونات c | القيمة الصغرى لعدد الاطوار pmin | القيمة العظمى لعدد الاطوار  pmax | القيمة الصغرى لعدد درجات الحرية  fmax | القيمة العظمى لعدد درجات الحرية  fmax |
| 1  2  3  4 | 1  1  1  1 | 3  4  5  6 | 0  0  0  0 | 2  3  4  5 |