التجربة السادسة

حرارة الذوبان أو المحلول

الـذوبان هـو عملية يتكـون من خـلالها محلول مكـون من أكثر من مـادة واحدة هي عبارة عن المواد المذابـة ، والمادة المذيبة . والذوبان عملية فيـزيائية لا يحدث نتيجة لها تغيرات كيميائية ، بل تحدث تغيرات في الطبيعـة الفيزيائية للمادة ، وتؤدي هذه التغيرات إلى حدوث امتصـاص أو طرد لكمية من الحرارة بمقـدار يعتمـد على درجـة الحرارة ونـوع المادة المذابـة والمذيبـة وعلى الكميـة النسبية لكل منهما . فلـو كانت كمية المذاب تساوي دائما مـولا واحدا وكمية المذيب تسـاوي دائما حجما كبيرا فإن كميـة الحرارة الممتصة أو المطـرودة عنـد ثبوت درجة الحرارة لنفس المواد ستكـون ثابتة وهذه تسمى بـانثالبي أو بحرارة الذوبان أو الإذابة أو المحلول عند التخفيف اللانهائي .

ومن ناحية أخرى فإنه يمكن الاستفادة من ظاهرة التشبع عند ثبوت درجة الحرارة لحساب انثـالبي المحلول عن التشبـع . فمن المعروف أنه عنـد التشبع تنشأ حالة توازن يمكن تمثيلها لمحلول مائي مثلا كما يلي :

$$\text{Solute (solid)} \rightleftharpoons \text{Solute (aq)}$$

وثابت التوازن هو:

$$K = \frac{[\text{ solute (aq) }]}{[\text{ solute (solid)}]}$$

وحيث إن تركيز المادة الصلبة ثابت فإن :

$$K_{sp} = [\text{ solute (aq) }]$$

وبما أن المولارية تتناسب طرديا مع المولالية فإن :

$$K_{sp} \propto m$$

$$K_{sp} = am$$

حيث (m) مولاليـة المحلول المشبع أي عـدد مولات المذاب في (1000g) من المذيب عند التشبع عند درجة حرارة معينة، و (a) ثابت التناسب. وحسب معادلة فانت هوف فإن:

$$\frac{d \ln K_{sp}}{dT} = \frac{\Delta H}{RT^2}$$

$$\frac{d \ln am}{dT} = \frac{\Delta H}{RT^2}$$

$$d \ln am = \frac{\Delta H}{RT^2} \, dT$$

وبإجراء التكامل وحيث إن (ln a) ثابت فإن:

$$\ln m = \text{constant} - \frac{\Delta H}{RT}$$

وهـذه عبارة عن معـادلة خط مستقيم، ممـا يعني أن قياس قيمـة(m) عند درجات حرارة مختلفة(T) يؤدي بعد رسم العلاقة بين(ln m) و $(\frac{1}{T})$ إلى الحصول على خط مستقيم له ميل(slope) هو:

$$\text{slope} = -\frac{\Delta H}{R}$$

وبهذا يمكن من الميل ومن معـــرفـة قيمـة(R) تحديد قيمـة (ΔH) أي حـرارة المحلول.

ولتحقيق ذلك سيتم في هذه التجربـة تحضير محلول مشبع لمادة معينة عند درجات حرارة مختلفة، وتقاس كميـة المادة المذابة في المحلول عند كل درجة. ويمكن تحقيق ذلك بطرق مختلفة مثل الطريقتين التاليتين.

الطريقة الأولى:

الأدوات والمواد المستخدمة:

حمام مائي، ثرمـومتر، دوارق مخروطية، ماصات، زجـاجات وزن، دوارق قياسية، مادة مذابة، مادة مذيبة، محلول لمادة معايرة معلوم التركيز.

طريقة العمل :

١ ـ ضع في دورق مخروطي نظيف نحو (70 ml) من المذيب (ماء مقطر)، ثم ضع الدورق في حمام مائي ساخن عند نحو (70°C) ثم اغمس الثرمومتر في المذيب .

٢ ـ أضف إلى المذيب كميات من المذاب (حمض الأكسال أو حمض البنزين) حتى يصبح المحلول مشبعا .

٣ ـ خذ زجاجة وزن وحدد كتلتها (W_1).

٤ ـ مستخدما الماصة انقل(10ml) من المحلول المشبع إلى زجاجة الوزن وفي نفس الوقت حدد درجة حرارة المحلول بوحدة الكالفن(T) * .

٥ ـ قس كتلة الزجاجة بمحتوياتها ولتكن الكتلة(W_2) .

٦ ـ انقل محتويات زجاجة الوزن كميا إلى دورق قياسي سعته(100ml) وأكمل الحجم إلى العلامة بالمذيب .

٧ ـ انقل إلى دورق مخروطي نظيف(10ml) من المحلول الأخير بواسطة ماصة نظيفة وعاير باستخدام محلول معلوم التركيز لمادة تتفاعل مع المادة المذابة (محلول قاعدي معلوم التركيز من هيدركسيد الصوديوم) وحدد حجم المحلول المعاير (V).

٨ ـ أعد الخطوات من (٣) إلى (٧) عند ثلاث درجات حرارة أخرى على الأقل .

---

* في هذه الخطوة يجب الحذر عند المص من تسرب بلورات صلبة إلى الماصة ، وكذلك فإنه بعد عملية المص سيحدث تبلور للمحلول داخل الماصة ولهذا يحسن تسخين الماصة قبل السحب وأخيرا يجب نقل كامل محتويات الماصة إلى زجاجة الوزن و يتحقق ذلك أكثر كلما تمت هذه العملية بسرعة .

المطلوب :

حدد قيمة انثالبي (حرارة) المحلول

إرشادات للحسابات :

١ ـ احسب كتلة المحلول عند كل درجة حرارة (W_3).

٢ ـ احسب مولارية المحلول الأخير عند كل درجة حرارة (M).

٣ ـ احسب كتلة المذاب في لتر من المحلول عند كل درجة حرارة وذلك من معرفة المولارية والوزن الجزيئي (W_4).

٤ ـ احسب كتلة المذاب في الـ (100ml) المحضرة عند كل درجة حرارة، وهو عبارة عن كتلته في الـ (10 ml) المسحوبة من المحلول المشبع عند كل درجة حرارة (W_5).

٥ ـ احسب عدد مولات المذاب في الـ (10 ml) المسحوبة من المحلول المشبع عند كل درجة حرارة (n).

٦ ـ احسب كتلة الماء في الـ (10 ml) المسحوبة من المحلول المشبع عند كل درجة حرارة (W_6).

٧ ـ احسب مولالية المحلول المشبع عند كل درجة حرارة(m).

٨ ـ أوجد قيم(ln m) و($\frac{1}{T}$) ثم ارسم العلاقة بين(ln m) و($\frac{1}{T}$) وحقق المطلوب.

تقرير التجربة

اسم الطالب : رقم الطالب :

المقرر : الشعبة :

الفصل الدراسي : التاريخ :

اسم التجربة :

هدف (أهداف) التجربة :

النتائج التجريبية

١ ـ كتلة زجاجة الوزن فارغة :

W_1 =

٢ ـ

t (°C)	T (K)	W_2 (g)	V (ml)

الحسابات :

أولا: لكل درجة حرارة :

١ ـ حساب (W_3):

1)

2)

3)

4)

5)

٢ ـ حساب (M):

1)

2)

3)

4)

5)

٣ـ حساب (W_4):

1)

2)

3)

4)

5)

٤ـ حساب (W_5):

1)

2)

3)

4)

5)

٥ ـ حساب(n):

1)

2)

3)

4)

5)

٦ ـ حساب(W_6):

1)

2)

3)

4)

5)

٧ ـ حساب(m):

1)

2)

3)

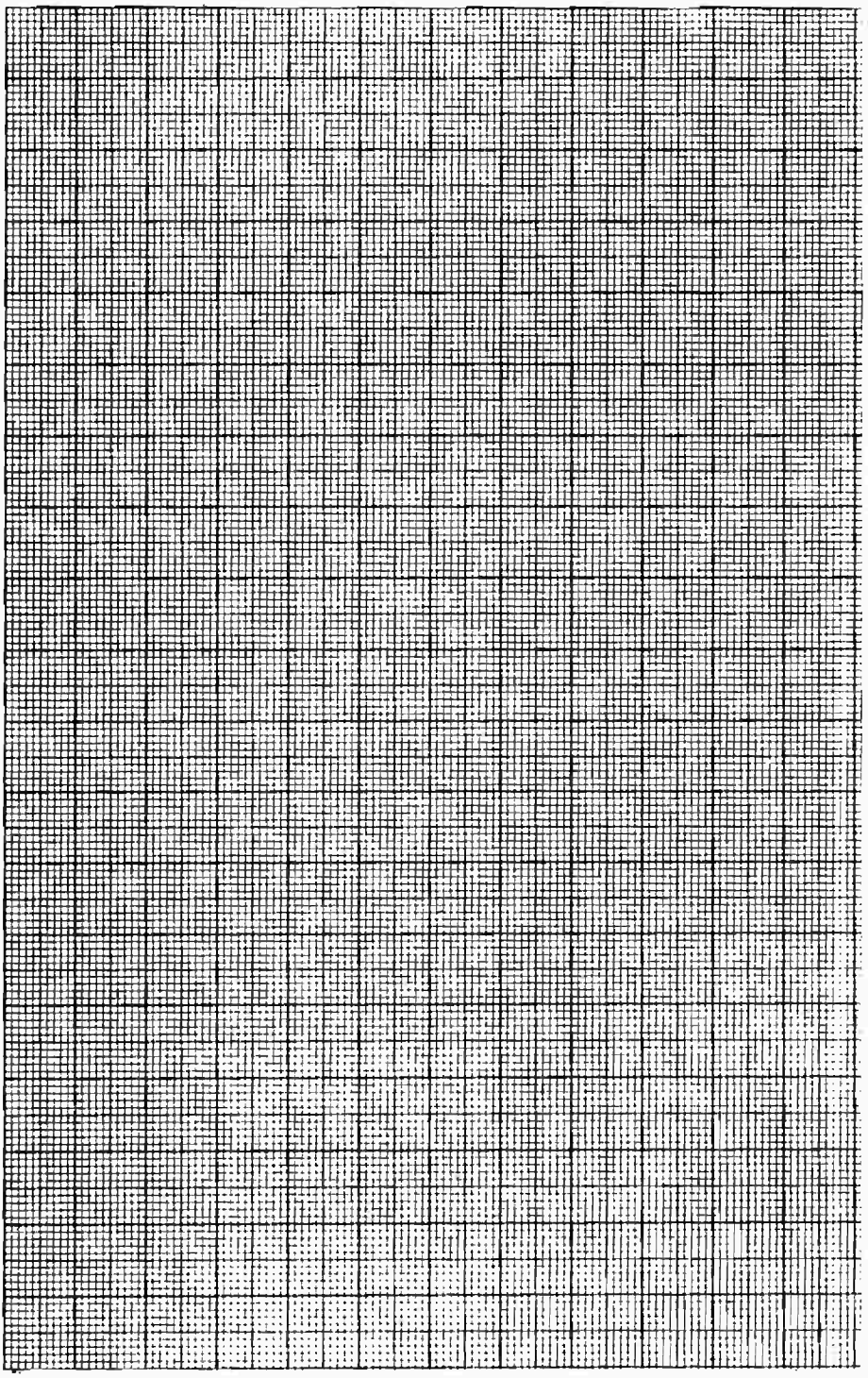
4)

5)

ثانيا : قيم (ln m) و ($\frac{1}{T}$) :

$\frac{1}{T}(K^{-1})$					
ln m					

ثالثا : حساب(ΔH) من الرسم البياني



الطريقة الثانية :

الأدوات والمواد المستخدمة :

حمام مائي ، ثـرمومتر، أطباق ، مـاصات ، زجـاجات وزن ، مادة مـذابة ، مادة مذيبة .

طريقة العمل :

١ ـ أذب المادة المذابـة في المذيب (كلـوريد البـوتاسيـوم في الماء) إلى درجة التشبع وذلك عند درجات حرارة مختلفة (لا تقل عن أربع درجات) .

٢ ـ قس كتلة زجاجة الوزن(W_1).

٣ ـ خذ (10ml) من المحلول المشبع عند كل درجة حـرارة وضعه في زجاجة الوزن ، ثم قس الكتلـة وذلك لتحديد كتلـة المحلول ذي الحجم(10ml) ولتكن (W_2)، وهـذا القياس مهم لحسـاب كثـافة المحلـول(d) عن كـل درجة حرارة .

٤ ـ قس كتلة الطبق(W_1).

٥ ـ خـذ (5ml) من المحلـول المشبع عند كل درجـة حرارة وضعـه في الطبق واتـركه حتى يتبخـر المذيب تماماً ، ثم قس الكتلـة(W_2) وذلك لتحـديد كتلة المذاب ولتكن(W).

المطلوب

حدد قيمة انثالبي (حرارة) المحلول .

إرشادات للحساب :

١ ـ من معرفة كتلة (10ml) من المحلول المشبع عند كـل درجة حرارة ، احسب الكثافة (d) .

٢ ـ من معرفة الكثافة(d)، احسب كتلة كل(5ml) مأخوذة من المحاليل المشبعة عند كل درجة حرارة (W_3) .

٣ ـ من معرفة كتلة المذاب في كل(5ml) وهي($\grave{W}$) ومن معرفة كتلة الحجم(5ml) وهي(W_3) ، احسب كتلة المذيب(W_4) .

٤ ـ من معرفة ($\grave{W}$) والكتلة المولية للمذاب احسب عدد مولات المذاب في كل(5ml) مأخوذة ولتكن(n) .

٥ ـ من معرفة عدد مولات المذاب(n) وكتلة المذيب (W_4)، احسب مولالية المحلول عند كل درجة حرارة ولتكن(m).

تقرير التجربة

اسم الطالب : رقم الطالب :

المقرر : الشعبة :

الفصل الدراسي : التاريخ :

اسم التجربة :

هدف (أهداف) التجربة :

النتائج التجريبية

١ - W_1 =

W_2 =

$\grave{W_1}$ =

٢ -

TK					
$\grave{W_2}$					

الحسابات :

أولاً: لكل درجة حرارة :

١ ـ حساب (W_2) أي كتلة الحجم(10ml):

1)

2)

3)

4)

5)

٢ ـ حساب(d) أي كثافة المحلول عند كل درجة :

1)

2)

3)

4)

5)

٣ ـ حساب (W_3) أي كتلة الحجم المأخوذ (5ml):

1)

2)

3)

4)

5)

٤ ـ حساب (W'_1) أي كتلة المذاب في(5ml):

1)

2)

3)

4)

5)

٥ ـ حساب(n) أي عدد مولات المذاب في(5ml):

1)

2)

3)

4)

5)

٦ ـ حساب (W_2) أي كتلة المذيب في(5ml):

1)

2)

3)

4)

5)

٧ ـ حساب(m) أي مولالية المحلول :

1)

2)

3)

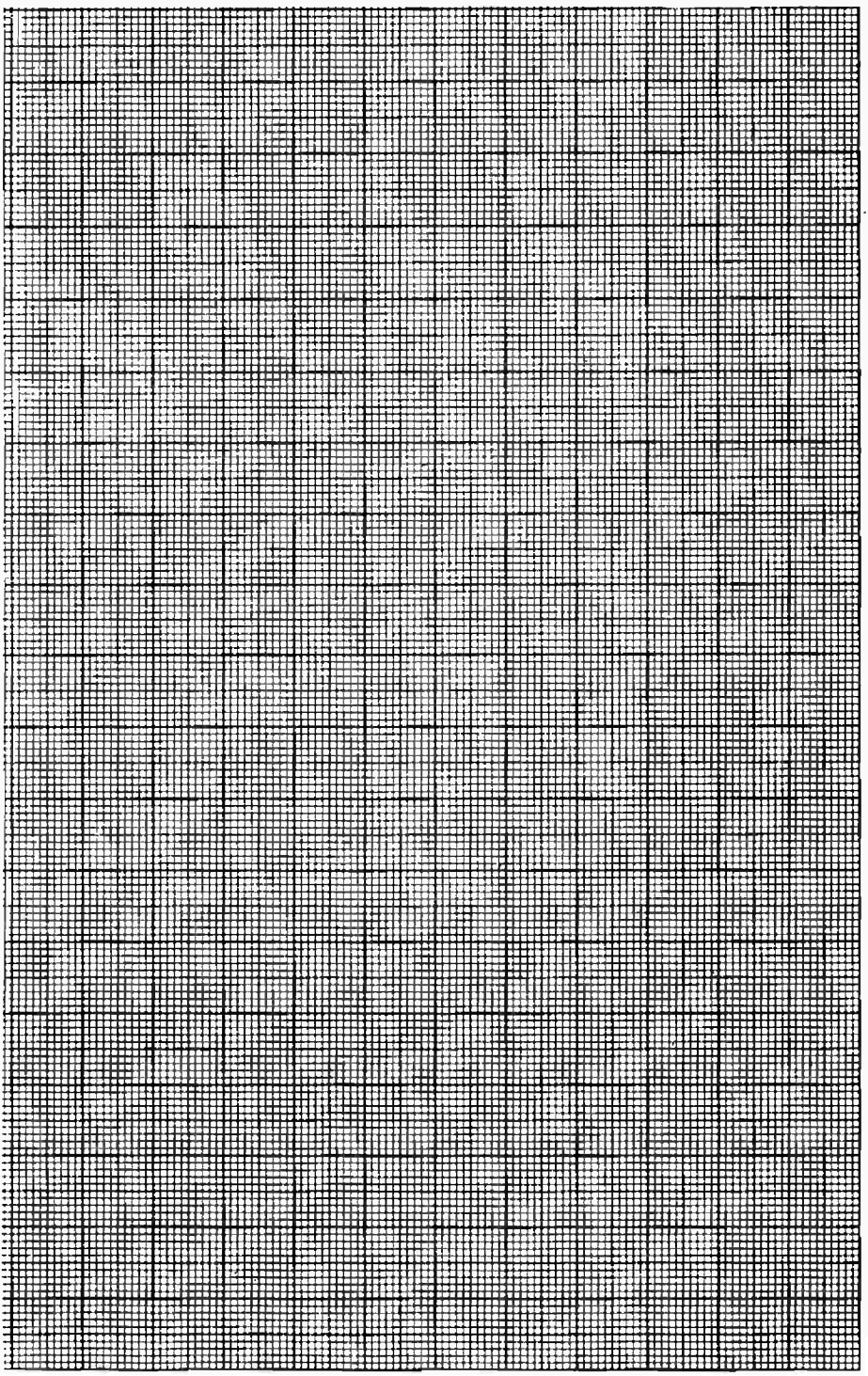
4)

5)

ثانيا : قيم(ln m) و $(\frac{1}{T})$

$\frac{1}{T}$ K^{-1}					
ln m					

ثالثاً : حساب (ΔH) من الرسم البياني :



التوازن الكيميائي

مقدمة نظرية

لكل من التجارب

السابعة والثامنة والتاسعة

ملاحظة : تعد قراءة واستيعاب هـذه المقدمة ضرورية قبل إجراء أية تجربة من تلك التجارب

التوازن الكيميائي

يعرف التوازن الثيرموديناميكي لنظام معين على أنه الحالة التي تكون عندها الخواص الحرارية والميكانيكية والكيميائية للنظام ثابتة . ولما كانت أكثر العمليات الكيميائية والفيزيائية تتم عند ثبوت درجة الحرارة والضغط فإنه أمكن استخدام طاقة جبس الحرة للدلالة على نشوء حالة التوازن حيث تكون :

$$(\Delta G)_{T,P} = 0 \text{ 'at equilibrium'}$$

ويقسم التوازن بطرق كثيرة ومختلفة ولعل أشهر هذه الطرق وأكثرها استخداما هي الطريقة التي تعتمد على وجود أو عدم وجود أيونات بين المواد المتوازنة ولهذا فهناك التوازن الأيوني وهناك التوازن غير الأيوني . وسواء كان التوازن أيونيا أو غير أيوني فإن هناك احتمالية لأن تكون جميع المواد المتوازنة موجودة في حالة فيزيائية واحدة فيوصف التوازن بأنه متجانس ، ولكن إن كانت الحالة الفيزيائية للمواد المتوازنة ليست واحدة أو أنها بحالة فيزيائية واحدة ولكن لا تكوّن طورا واحدا كأن تكون سوائل عديمة الامتزاج فيوصف بأنه غير متجانس . ومما هو جدير بالذكر أن التوازن يمكن أن يكون توازنا كيميائيا أو توازنا فيزيائيا . يحدث في النوع الأول من التوازن تغيرات في الطبيعة الكيميائية للمواد المتوازنة مثل الحالات التالية :

$$I_2 + I^- \rightleftharpoons I_3^-$$

$$H_2O + CH_3COOC_2H_5 \rightleftharpoons CH_3COOH + C_2H_5OH$$

أما في التوازن الفيزيائي فإن الطبيعة الكيميائية للمواد المتوازنة لا تتغير وإنما تحدث تغيرات في الطبيعة الفيزيائية لها مثل الحالات التالية :

$$H_2O(l) \rightleftharpoons H_2O(g)$$

$$Na_2SO_4(s) + 10H_2O(l) \rightleftharpoons Na_2SO_4.10H_2O(s)$$

ومن ناحيـة أخرى فإنـه عادة ما يعبر عن التـوازن الكيميائي أو الفيـزيائي بطريقـة كمية وذلك بـدلالة مـا يسمى بثابـت التوازن (Equilibrium Constant) ويرمز له بالرمز(K_e). أما طريقة قياس القيمـة العددية لثابت التوازن فإنها تتم من الناحية الثيرمـوديناميكية من معرفة فعـاليات مكونات النظام عنـد حالة التـوازن ولتوضيح ذلك لا بـد من التعبير عن حـالة تـوازن مكـونات النظـام بمعادلة كيميائية، فلو كانت حالة التوازن مثلا هي كما يلي :

$$A \rightleftharpoons B$$

حيث إذا افترض أن(A) و (B) عبارة عن مـادتين كيميائيتين مختلفتين يكون التوازن كيميائيا وإذا افترض أنهما عبـارة عن حالتين فيزيائيتين مختلفتين لنفس المادة أو تركيزين مختلفين لنفس المادة في مذيبين عديمي الامتزاج يكون التوازن فيزيـائيا . وفي الحالـة الأولى إذا كانت فعاليـة هذه المواد عنـد التوازن هي(a_A) و(a_B)فإن ثابت التوازن بدلالة الفعاليات يعطى الرمز (K_a) حيث :

$$K_a = \frac{a_B}{a_A}$$

وبما أن الفعالية ترتبط بالتركيز(C) حسب المعادلة التالية :

$$a = \gamma C$$

حيث (γ) هو معامل الفعالية فإن :

$$K_a = \frac{\gamma_B \; C_B}{\gamma_A \; C_A}$$

فإنه عند التعبير عن ثابت التوازن بدلالة تراكيز المواد المتوازنة فإن ثابت التوازن يعطي الرمز (K_c) حيث :

$$K_c = \frac{C_B}{C_A}$$

إلا أن قيمة(K_c) لن تكون ثابتة وبالتالي فإن (K_c) لا يمكن أن يكون ثـابت توازن إلا في حالـة واحدة فقط وهي الحالة التي تكـون فيها قيمة(٧) للمادة تسـاوي الوحـدة وهذا يتحقق كلما كـانت قوى التعـامل بين جسيمات المادة معدومة أو ضعيفة للغاية .

ونظرا لكون قياس قيمة (٧) تتطلب إجراء تجارب خاصة تقع خارج نطاق أهداف هذه التجـارب ، فإن قياس ثابت التوازن في التجـارب التالية سيعتبر أن قيمة (٧) لأي مادة ومهما كـانت حالتها تسـاوي الوحـدة . وبذلك فإن ثابت التوازن المقيس سيكون هو ثابت التوازن بدلالة التراكيز. حيث ستقاس وتحسب تـراكيز المواد الموجـودة بحـالة التـوازن ، ومن ثم يطبق عليهـا قانـون التوازن لإيجاد (K_c).

وفيما يلي عدد من التجارب التي ستقاس فيها قيمة ثابت التوازن لعدد من التغيرات .