

الفصل الثامن:

الاتزان الكيميائي

أولاً: بعض التعريفات والقوانين المهمة

- التفاعلات غير الانعكاسية
- التفاعلات العكسية -
- حالة الاتزان الكيميائي -
- مدلولات حالة الاتزان الكيميائي
- قانون فعل الكتلة
- ثابت الإتزان
- مبدأ لوشاتيليه

ثانياً: بعض العلاقات المهمة

- ثابت الاتزان بدلالة التركيزات " K_C "
- ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزئية " K_P "
- العلاقة بين K_C , K_P
- طبيعة العلاقة بين K_C , K_P

ثالثاً مسائل وحلولها

رابعاً مسائل غير محلولة

أولاً: بعض التعريفات والقوانين المهمة

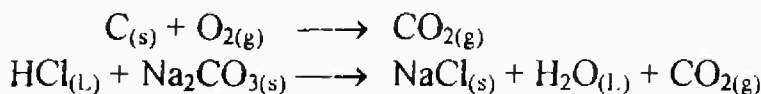
التفاعلات غير الانعكاسية:

وتعرف بالتفاعلات ذات الاتجاه الواحد.

وهي تلك التفاعلات التي تتم بين المواد المتفاعلة عند ظروف معينة، حيث تختفى هذه المواد وتتكون مواد جديدة تسمى بالمواد الناتجة، حيث لا يكون لهذه المواد الناتجة - وعند ظروف التفاعل - القدرة على أن تتفاعل مع بعضها (أو تتحلل) لتكون المواد الأصلية (المتفاعلة) مرة أخرى.

أى إن التفاعل يسير فى اتجاه واحد، وهو اتجاه المواد الناتجة. ويرمز لهذه التفاعلات بسهم ذى اتجاه واحد، تشير رأسه إلى المواد الناتجة (→).

ومن أمثلتها:

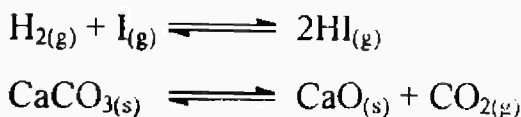


التفاعلات العكسية:

وتعرف بالتفاعلات ذات الاتجاهين أو التفاعلات المتزنة.

وهي تلك التفاعلات التي تتم، حيث يكون للمواد الناتجة - عند ظروف التفاعل نفسها - المقدرة على أن تتفاعل مع بعضها (أو تتحلل)، لتكون المواد الأصلية (المتفاعلة) مرة أخرى.

أى إن التفاعل يسير فى اتجاهين (أمامى وخلفى). ويرمز لهذه التفاعلات بسهمين لهما رأسان متضادان (⇌). ومن أمثلتها:



وعلى ذلك، نجد أن التفاعل العكسى مكون من تفاعلين، وهما : التفاعل الطردى (التفاعل الأمامى) والتفاعل العكسى (التفاعل الخلفى).

وعندما تتساوى سرعة التفاعل الأمامى وسرعة التفاعل الخلفى تحدث حالة الاتزان الكيميائى.

حالة الاتزان الكيميائى:

هى حالة تتميز بها التفاعلات العكسية، وعندها تتساوى سرعة التفاعل الأمامى مع سرعة التفاعل الخلفى، حيث تصبح -عندها- تراكيزات المواد المتفاعلة والمواد الناتجة ثابتة دون تغير. ويقال أن التفاعل قد إتزن، ويبقى التفاعل على هذه الحالة ما لم يحدث أى تغير على الظروف التى يتم عندها التفاعل .

وقد يبدو عند حالة الاتزان وكأن التفاعل قد توقف. (أى إن التفاعل استتائى، ساكن). ولكن هذا غير صحيح، فالتفاعل الكيميائى مستمر، ولكن نجد أن معدل التفاعل الأمامى يساوى معدل التفاعل الخلفى، أى إن معدل تكوين المواد الناتجة يساوى معدل اختفاء تلك المواد المتفاعلة (أى إن التفاعل ديناميكى).

مدلولات حالة الاتزان الكيميائى:

يمكننا استخلاص ثلاثة تعميمات فيما يختص بحالة الاتزان الكيميائى، وهى:

1- الاتزان الكيميائى ديناميكى فى طبيعته:

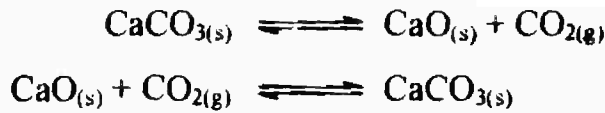
أى إنه مستمر، ويظل هكذا بسبب تساوى سرعتى التفاعلين الأمامى والخلفى.

2- النظام الكيميائى يتجه نحو حالة الاتزان تلقائياً:

بمعنى أنه يستمر بمعدل قد يكون كبيراً أو صغيراً، وأنه لا يبتعد عن حالة الاتزان تلقائياً ولكن بتأثير خارجى، مثل: تغير فى الضغط أو درجة الحرارة. وبمجرد ترك النظام الكيميائى لنفسه (وزوال المؤثر) يبدأ التفاعل فى العودة إلى حالة إتزان كيميائى.

3- حالة الإتزان الكيميائى يمكن الوصول إليها من الناحيتين:

أى من ناحية المتفاعلات أو من ناحية النواتج، ففى مثال التكسير الحرارى لكاربونات الكالسيوم، فإننا نجد عند كل درجة حرارة معينة كمية محددة من ثانى أكسيد الكربون فى إتزان مع $\text{CaO}_{(s)}$ و $\text{CaCO}_{3(s)}$ وهذه الكمية ثابتة سواء بدأنا بتكسير $\text{CaCO}_{3(s)}$ أو بتفاعل $\text{CO}_{2(g)}$ مع $\text{CaO}_{(s)}$ كما يأتى:



قانون فعل الكتلة:

"سرعة التفاعل الكيميائي تتناسب طرديا مع الكتل الفعالة للمواد المتفاعلة".
 أى إن: سرعة التفاعل الكيميائي تتناسب طرديا مع حاصل ضرب تركيزات
 المواد المتفاعلة، مرفوعا لأس عدد جزيئات تلك المواد.

ثابت الإتزان:

هو النسبة بين ثابت تناسب سرعة التفاعل الأمامي وثابت تناسب سرعة التفاعل
 الخلفي. أو هو حاصل ضرب تركيزات المواد الناتجة عند الإتزان مرفوعا لأس عدد
 جزيئاتها، مقسوما على حاصل ضرب تركيزات المواد المتفاعلة عند الإتزان مرفوعا
 لأس عدد جزيئاتها.

مبدأ لوشاتيليه:

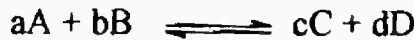
إذا أثر مؤثر خارجي (مثل: الضغط أو التركيز أو سرعة الحرارة) على تفاعل
 مافي حالة اتزان، فإن هذا التفاعل يسير في الإتجاه الذي يقلل من تأثير ذلك المؤثر،
 حيث يصل التفاعل إلى حالة إتزان جديدة.

ثانيا: بعض العلاقات المهمة

ثابت الاتزان بدلالة التركيزات " K_c ": (في حالة السوائل والجوامد)

هو ثابت الاتزان معبرا عنه بالتركيزات.

فبالنسبة للتفاعل:



فإن:

$$K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

حيث a, b, c, d هي أعداد جزيئات المواد A, B, C, D و $[]$ (تدل على تركيز المادة).

ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزئية "K_p": (في حالة الغازات)

هو ثابت الاتزان معبرا عنه بالضغوط الجزئية للغازات، ويعبر عنه بالعلاقة

التالية:

$$K_p = \frac{P_C^c \cdot P_D^d}{P_A^a \cdot P_B^b}$$

حيث P_D, P_C, P_B, P_A هي الضغوط الجزئية للغازات A, B, C, D، والتي أعداد جزيئاتها هي a, b, c, d، على الترتيب.

العلاقة بين K_p و K_c

يرتبط ثابتي الاتزان K_C, K_P بالعلاقة الآتية:

$$K_P = K_C \cdot (RT)^{\Delta n}$$

حيث R : هو الثابت العام للغازات

T درجة الحرارة المطلقة

Δn الفرق بين أعداد جزيئات المواد الناتجة والمتفاعلة (بشرط أن تكون تلك المواد في الحالة الغازية).

طبيعة العلاقة بين K_p و K_c

توقف طبيعة العلاقة بين K_C, K_P على نوعية التفاعل ، حيث يمكن تقسيم التفاعلات إلى ثلاثة أنواع :، وهي:

أ- تفاعلات يصاحبها زيادة في أعداد الجزيئات:

حيث تكون أعداد جزيئات المواد الناتجة أكبر من أعداد جزيئات المواد المتفاعلة. مثال ذلك:



ففي هذا التفاعل تكون Δn موجبة، وتكون $K_P > K_C$

ب- تفاعلات يصاحبها نقص في أعداد الجزيئات:

حيث تكون أعداد جزيئات المواد الناتجة أقل منها للمواد المتفاعلة.

مثال ذلك:



ففي هذا التفاعل تكون (Δn) سالبة، وتكون $K_P < K_C$

ج - تفاعلات لا يصاحبها تغير في أعداد الجزيئات:

حيث تكون أعداد جزيئات المواد الناتجة مساوية لأعداد جزيئات المواد

المتفاعلة. مثال ذلك:



ففي هذا التفاعل تكون $(\Delta n = 0)$ وتكون $K_P = K_C$

ثالثا: مسائل وحلولها

(1) أحسب ثابتى الاتزان K_P , K_C عند درجة 395° للتفاعل :



علما بأن تركيزات الاتزان، هى:

$$[\text{H}_2] = 6.4 \times 10^{-3} \text{ M}, [\text{I}_2] = 1.60 \times 10^{-3} \text{ M}, [\text{HI}] = 2.5 \times 10^{-3} \text{ M}$$

الحل:

يمكن حساب ثابت الاتزان $[K_C]$ ، باستخدام التركيزات المعطاة، بالتعويض فى

معادلة ثابت الاتزان التالية:

$$K_C = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]}$$

$$K_C = \frac{(2.5 \times 10^{-2})^2}{(6.4 \times 10^{-3})(1.6 \times 10^{-3})}$$

$$K_C = 61.035$$

$$K_C = 61.035$$

ولكن

$$K_P = K_C RT^{\Delta n}$$

Δn = أعداد جزيئات المواد الناتجة (فى الحالة الغازية) - أعداد جزيئات المسواد المتفاعلة (فى الحالة الغازية).

$$\Delta n = 2 - 2 = 0$$

$$RT^{\Delta n} = (RT)^0 = 1$$

$$K_P = K_C = 61.035 \text{ atm}$$

أى أن: ثابت الاتزان معبرا عنه بالتركيزات (K_C) - ثابت الاتزان معبرا عنه بالضغط (K_P)

(2) ثابت الاتزان (K_C) للتفاعل:



عند درجة حرارة 425°C بلغ 1.84. أحسب K_P للتفاعل السابق.

الحل:

من المعطيات ، نجد أن :

$$K_P = 1.84, K_C = ?, \quad T = 425 + 273 = 698^\circ\text{K}$$

$$\Delta n = 2 - 2 = 0$$

يمكن حساب K_P ، باستخدام العلاقة:

$$K_P = K_C(RT)^{\Delta n}$$

وبالتعويض عن القيم المعطاة، في المعطاة، في المعادلة السابقة:

$$K_P = 1.84 \times (RT)^\circ$$

$$= 1.84 \times 1$$

$$K_P = 1.84$$

(3) إذا أخذنا في الاعتبار التفاعل التالي عند الاتزان:



هل تزداد كمية CaCO_3 أم تقل أم تظل كما هي، عندما:

أ- تزال كمية من غاز (CO_2) من التفاعل .

ب- يزداد الضغط الكلي. جـ - تضاف كمية من $\text{CaO}_{(s)}$

الحل:

أ- عندما تزال كمية من غاز (CO_2) من التفاعل ، فإن الاتزان يختل، وطبقا لمبدأ

لوشاتيليه، يسير التفاعل في الاتجاه الذى يضاد فعل المؤثر، أى أن التفاعل يسير

في الاتجاه الذى يزداد فيه تركيز (CO_2)، حتى يعوض النقص نتيجة الإزالة.

أى إن التفاعل يسير في الاتجاه الأمامى، وهو اتجاه تفكك (CaCO_3) وبالتالي،

نجد أن تركيز CaCO_3 يقل في هذه الحالة.

ب- عندما يزداد الضغط الكلى، فإن الاتزان يختل، وطبقاً لمبدأ لو شاتيليه، يسير التفاعل فى الاتجاه الذى يضاد فعل المؤثر. أى إن التفاعل يسير فى الاتجاه الذى يقلل الضغط، وهو الاتجاه الذى تقل فيه أعداد الجزيئات (فى الحالة الغازية). أى إن التفاعل يسير فى الاتجاه الخلفى. وهو اتجاه تكون $(CaCO_3)$ وهكذا، نجد أن تركيز $(CaCO_3)$ يزداد فى هذه الحالة.

ج - عندما تضاف كمية من $CaO_{(s)}$ إلى محتويات للتفاعل المتزن، فإن الاتزان سوف يختل، وطبقاً لمبدأ لو شاتيليه، يسير التفاعل فى الاتجاه الذى يضاد فعل المؤثر. أى أن التفاعل يسير فى الاتجاه الذى تقل فيه تركيز $CaO_{(s)}$ وهو الاتجاه الخلفى، حيث تتحد كمية منه مع CO_2 لتكوين كمية جديدة من $CaCO_3$ أى أن التفاعل يسير فى الاتجاه الخلفى (اتجاه تكون $(CaCO_3)$ ، وهكذا نجد أن تركيز $(CaCO_3)$ يزداد فى هذه الحالة.

(4) ادرس أثر زيادة الضغط على التفاعل المتزن التالى:



الحل:

عند دراسة هذا التفاعل لمعرفة تأثير الضغط عليه، فإننا نعرف أن هناك علاقة بين عدد جزيئات الغاز وضغطه، وهكذا، كلما زاد عدد الجزيئات زاد الضغط، والعكس صحيح. أما إذا بقيت أعداد الجزيئات (للغاز) ثابتة، فإن الضغط أيضاً لايعتريه أى تغير، ويصبح الضغط ليس له أى تأثير فى هذه الحالة. وبالنسبة للتفاعل المذكور، نجد أن:

$$n_1 = \text{عدد جزيئات المواد المتفاعلة (فى الحالة الغازية)} = 4$$

$$n_2 = \text{عدد جزيئات المواد الناتجة (فى الحالة الغازية)} = 4$$

وبالتالى، فإن: عدد جزيئات المواد الناتجة يساوى عدد جزيئات المواد المتفاعلة، وبالتالي تبقى أعداد الجزيئات (فى الحالة الغازية) دون تغير.

ونقول أنه فى هذه الحالة فإن الضغط لا يؤثر على مثل هذه التفاعلات.

(5) إذا كانت $K_c = 0.0415 \text{ mol/L}$ عند درجة حرارة $(250^\circ C)$ للتفاعل المتزن

التالى:



فإذا خلط 0.3 mol of $\text{Cl}_{2(g)}$ مع 0.50 mol of $\text{PCl}_{3(g)}$ و 1.0 mol of $\text{PCl}_{5(g)}$

وذلك في وعاء سعته لتر واحد عند 250°C

وضح في أى اتجاه يسير التفاعل

الحل:

باستخدام التركيزات المعطاة، فإنه يمكن حساب ثابت الاتزان (X) عند هذه

التركيزات، وهو:

$$X = \frac{[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]}$$

$$X = \frac{(0.5)(0.3)}{(0.1)} = 0.015 \text{ mol/L}$$

ولكن ثابت الاتزان لهذا التفاعل هو ($K_C = 0.0415 \text{ mol/L}$)

وهكذا، نجد أن قيمة $K_C > X$

وهذا يدل على أن تركيز الأيونات في الخلطة أقل مما يجب أن تكون عند

الاتزان، ولذلك يسير التفاعل في الاتجاه الأمامي (اتجاه تفكك PCl_5 حتى تصل

تركيزات الأيونات إلى القيم التي تحقق ($X = K_C = 0.041 \text{ mol/L}$)

وهذا يدل على أن التفاعل يسير في الاتجاه الأمامي، وهو اتجاه تفكك (PCl_5)

(6) إذا كانت $K_P = 167.5 \text{ atm}$ عند 1000°C بالنسبة للتفاعل التالي:



أحسب ضغط غاز أول أكسيد الكربون الجزئي $P_{\text{CO}_{(g)}}$ في نظام مترن يكون فيه الضغط

الجزئي لغاز (CO_2) هو 0.1 atm .

الحل:

$$P_{\text{CO}_{2(g)}} = 0.1 \text{ atm}, K_P = 167.5 \text{ atm}$$

$$P_{\text{CO}_{(g)}} = ?$$

وبالنسبة للتفاعل السابق، فإن ثابت الاتزان له يغير عنه بالمعادلة:

$$K_P = P_{\text{CO}_{(g)}}^2 / P_{\text{CO}_{2(g)}}$$

$$P_{\text{CO}_2}^2 = K_p \cdot P_{\text{CO}_2(\text{g})}$$

$$P_{\text{CO}_2}^2 = 167.5 \times 0.1$$

$$P_{\text{CO}_2}^2 = 16.75$$

$$P_{\text{CO}_2(\text{g})} = \sqrt{16.75}$$

$$P_{\text{CO}_2(\text{g})} = 4.09 \text{ atm.}$$

(7) احسب قيمة "K_C" بالنسبة للتفاعل المتزن التالي عند 500°C:



إذا كانت $K_p = 1.5 \times 10^{-5}$ عند نفس درجة الحرارة.

الحل:

من المعطيات ، نجد أن:

$$K_p = 1.5 \times 10^{-5}, T = 500 + 273 = 773^\circ\text{K}$$

$$R = 0.0821 \text{ L.atm/}^\circ\text{K.mol}, \Delta n = 2-4 = -2$$

وترتبط K_p مع K_C ، طبقا للعلاقة:

$$K_p = K_C RT^{\Delta n}$$

$$K_C = K_p / RT^{\Delta n}$$

$$K_C = K_p / (RT)^{-2}$$

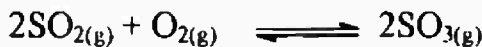
$$K_C = K_p \times (RT)^2$$

$$K_C = 1.5 \times 10^{-5} \times (0.0821 \times 773)^2$$

$$K_C = 6041.38 \times 10^{-5}$$

$$K_C = 60.41 \times 10^{-3}$$

(8) إذا كانت $K_C = 36.9 \text{ mol/L}$ عند درجة حرارة 227°C للتفاعل المتزن التالي:



فإذا خلط 0.05 mol of SO_{2(g)} مع 0.125 mol of SO_{3(g)} و 0.03 mol of O_{2(g)}

وذلك في وعاء سعته لتر واحد عند 227°C وضع في أى اتجاه يسير التفاعل.

الحل:

باستخدام التركيزات المعطاة، فإنه يمكن حساب ثابت الاتزان (X) عند هذه التركيزات، وهو:

$$X = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 [\text{O}_2]^2}$$

$$X = \frac{(0.125)^2}{(0.05)^2 (0.03)}$$

$$X = 208 \text{ mol/L}$$

ولكن ثابت الاتزان لهذا التفاعل: $K_C = 36.9 \text{ mol/L}$

وهكذا، نجد أن قيمة $X > K_C$ قيمة

وهذا يدل على أن تركيز الأيونات في الخلطة أكبر مما يجب لها عند الاتزان، ولذلك يسير التفاعل في الاتجاه الخلفى حتى تصل تركيزات الأيونات إلى القيم التى تحقق $K_C = 36.9$.

فالتفاعل يسير فى اتجاه تفكك SO_3 .

(9) عند درجة حرارة 850°C ، وبالنسبة للتفاعل التالى:



كان ثابت الاتزان K_C يساوى (1). فإذا كانت التركيزات الابتدائية للمواد المتفاعلة هى:

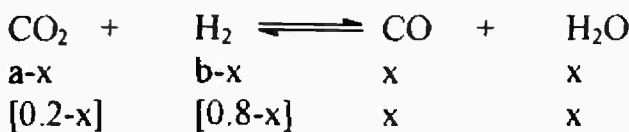
$$[\text{H}_2] = 0.8 \text{ mol/L}, \quad [\text{CO}_2] = 0.2 \text{ mol/L}$$

احسب تركيزات مكونات المخلوط الغازى عند حالة الاتزان.

الحل:

نفرض أن (X mol/L) من ثانى أكسيد الكربون قد تفاعل عند حالة الاتزان، وطبقا لمعادلة التفاعل فإنه لا بد أن يتفاعل أيضا (X mol/L) من غاز الهيدروجين لينتكون (X mol/L) من كل من بخار الماء وأول أكسيد الكربون.

وبالتالى تصبح التركيزات عند الاتزان كالتالى:



وبالتعويض في معادلة ثابت الاتزان لهذا التفاعل، نجد أن:

$$K_c = \frac{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}_2][\text{H}_2]}$$

$$K_c = \frac{X^2}{(0.2 - X)(0.8 - X)} = 1$$

ومنهما، نجد أن:

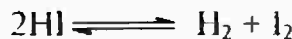
$$X = 0.16 \text{ mol/L}$$

$$X = [\text{CO}] = [\text{H}_2\text{O}] = 0.16 \text{ mol/L}$$

$$[\text{H}_2] = 0.8 - x = 0.80 - 0.16 = 0.64 \text{ mol/L}$$

$$[\text{CO}_2] = 0.2 - x = 0.20 - 0.16 = 0.04 \text{ mol/L}$$

(10) عند تسخين يوديد الهيدروجين فإنه يتحلل طبقا للمعادلة:



فإذا كان ثابت الاتزان الكيميائي للتفاعل K_c يساوى 1/64 احسب نسبة يوديد الهيدروجين المتفكك عند حالة الاتزان.

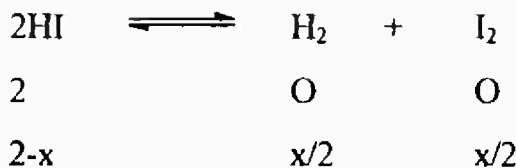
الحل:

نفرض ان التركيز الابتدائي ليوديد الهيدروجين هو (2 mol/L).

ومن معادلة التفاعل، فإنه عندما يتفكك (X mol/L) من يوديد الهيدروجين

يتكون (X/2 mol/L) من كل من اليود والهيدروجين وتكون التركيزات عند الاتزان

ممثلة كالآتى:



وبالتعويض في معادلة ثابت الاتزان لهذا التفاعل، نجد أن:

$$K_c = \frac{[\text{H}_2][\text{I}_2]}{[\text{HI}]^2}$$

$$\frac{1}{64} = \frac{x/2 \cdot x/2}{(2-x)^2} = \frac{(x/2)^2}{(2-x)^2}$$

$$\therefore \frac{1}{8} = \frac{x/2}{2-x}$$

$$X = 0.4 \text{ mol/L}$$

أى إنه عند لحظة الاتزان يكون قد تحلل (0.4 mol/L) من يوديد الهيدروجين، وتكون النسبة المئوية للتحلل هي:

$$\% \text{ نسبة التحلل} = \frac{0.4 \times 100}{2} = 20\%$$

(II) فى التفاعل التالى:



كانت تراكيزات المواد المتفاعلة والناجمة عند حالة الاتزان، هي:

$$[A] = 0.6 \text{ mol/L}, [B] = 1.2 \text{ mol/L}, [C] = 2.16 \text{ mol/L}$$

احسب: أولاً : ثابت الاتزان $[K_C]$

ثانياً: التراكيزات الابتدائية للمواد المتفاعلة

الحل:

من المعطيات، نجد أن:

$$[A] = 0.6 \text{ mol/L}, [B] = 1.2 \text{ mol/L}, [C] = 2.16 \text{ mol/L}$$

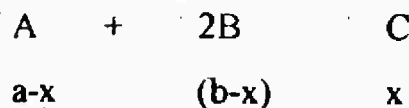
وبالتعويض عن القيم السابقة فى معادلة ثابت الاتزان لهذا التفاعل ، نجد أن:

$$K_C = \frac{[C]}{[A][B]^2} = \frac{2.16}{(0.6)(1.2)^2}$$

وهو المطلوب أولاً

$$K_C = 2.5$$

ثانياً: يمكن كتابة معادلة التفاعل على النحو التالى:



نلاحظ من معادلة التفاعل أنه يلزم جزئ من المادة A ليتفاعل مع جزئين من المادة B ليتكون جزئ من المادة C.

وهكذا، فإنه عندما يتفاعل 2.16 مول من المادة C، فإن هذا يعنى أن 2.16 مول من المادة "A" قد تفاعلت مع (2 x 2.16) مول من المادة B. وبالتالي تكون تركيزات المواد المتفاعلة هي عبارة عن التركيزات لهذه المواد عند الاتزان، مضافا إليه ذلك الجزء الذى تفاعل. وهكذا تكون التركيزات الابتدائية للمواد المتفاعلة، هي:

$$[A] = 0.6 + 2.16 = 2.76 \text{ mol/L}$$

$$[B] = 1.2 + 2(2.16) = 1.2 + 4.32 = 5.52 \text{ mol/L}$$

رابعاً: مسائل غير محلولة

(1) هل تكون K_p أصغر أم أكبر من K_c إذا كانت عدد مولات المتفاعلات أصغر من عدد مولات النواتج.

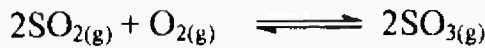
(2) إذا كان مقسوم التفاعل عند نقطة معينة من التفاعل أصغر من ثابت الاتزان. ماذا يحدث للتفاعل؟

(3) عند حدوث الاتزان الكيميائي في التفاعل التالي:



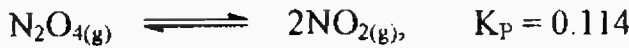
وجد أن تركيزات PCl_5 , Cl_2 , PCl_3 كانت على التوالي، هي: (1.0), (0.90), (0.12) مول في اللتر. احسب K_p , K_c و تحت ظروف التجربة و $t = 27^\circ\text{C}$

(4) إذا علم أن K_c للتفاعل:



عند درجة حرارة 727°C تبلغ 4.17×10^{-2} . ما اتجاه التفاعل عند خلط 0.40M من SO_3 و 0.1M من O_2 مع 0.02M من SO_2 ؟

(5) وضع 0.5 gm من غاز N_2O_4 في وعاء حجمه 2L عند درجة حرارة 25°C وترك في الوعاء حتى تم الاتزان الكيميائي حسب المعادلة:



احسب الضغط الجزئي لغاز N_2O_4 عند الاتزان.

(6) ما لعلاقة بين K_c , K_p في التفاعلات الغازية.

(7) احسب ثابت الاتزان باستخدام التركيز (K_c) للتفاعل:



إذا علم أن ثابت الاتزان باستخدام الضغط (K_p) هو 1.24×10^{-12} عند درجة الحرارة 1400°C .

(8) أوجد ثابت الاتزان للتفاعل التالي بدلالة التركيزات K_c ، وبدلالة الضغوط الجزئية K_p (يفرض أن جميع المواد في الحالة الغازية):

