

الفصل الاول

الاتزان الكيميائي

أولاً: أسئلة وأجوبتها

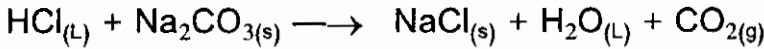
س- اذكر أنواع التفاعلات طبقاً لاتجاهها؟

ج- تقسم التفاعلات طبقاً لاتجاهها إلي نوعين، وهما: التفاعلات العكسية والتفاعلات غير العكسية.

س- عرف التفاعلات غير العكسية (غير الانعكاسية)، موضحاً إجابتك بأمثلة؟

ج- تعرف بأنها: "التفاعلات ذات الاتجاه الواحد. وهى تلك التفاعلات التى 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:



س- عرف التفاعلات العكسية (الانعكاسية)، موضحاً إجابتك بأمثلة؟

ج- تعرف بأنها التفاعلات ذات الاتجاهين أو التفاعلات المتزنة. وهى تلك التفاعلات التى 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 (\rightleftharpoons).
 ومن أمثلتها:



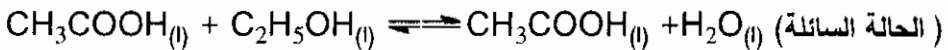
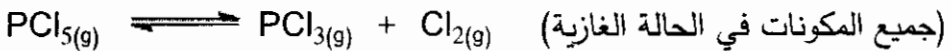
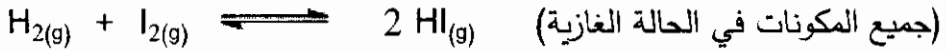
وعلى ذلك، نجد أن التفاعل العكسى مكون من تفاعلين، وهما : التفاعل الطردى
 (التفاعل الأمامى) والتفاعل العكسى (التفاعل الخلفى).
 وعندما تتساوى سرعة التفاعل الأمامى وسرعة التفاعل الخلفى تحدث حالة الاتزان
 الكيميائى.

س- اذكر أنواع التفاعلات (العكسية) الانعكاسية طبقا لحالة مكوناتها؟

ج- تقسم التفاعلات (العكسية) الانعكاسية طبقا لحالة مكوناتها إلى نوعين، وهما:
 التفاعلات الانعكاسية المتجانسة والتفاعلات الانعكاسية غير المتجانسة.

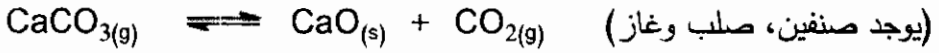
س- عرف التفاعلات العكسية (الانعكاسية) المتجانسة، موضعا إجابتك بأمثلة؟

ج- هي تلك التفاعلات التي تكون جميع مكوناتها موجودة في طور (صنفا) واحدا
 أو حالة فيزيائية واحدة.
 ومن أمثلتها:



س- عرف التفاعلات العكسية (الانعكاسية) غير المتجانسة، موضحا إجابتك بأمثلة؟

ج- هي تلك التفاعلات التي تكون جميع مكوناتها موجودة في طورين (صنفين) أو أكثر، أي هناك أكثر من حالة فيزيائية. ومن أمثلتها:



س- عرف حالة الاتزان الكيميائي؟

ج- هي حالة تتميز بها التفاعلات العكسية، وعندها تتساوى سرعة التفاعل الأمامي مع سرعة التفاعل الخلفي، حيث تصبح -عندها- تركيزات المواد المتفاعلة والمواد الناتجة ثابتة دون تغير. ويقال أن التفاعل قد إترن، ويبقى التفاعل على هذه الحالة ما لم يحدث أى تغير على الظروف التي يتم عندها التفاعل . وقد يبدو عند حالة الاتزان وكأن التفاعل قد توقف. (أى إن التفاعل استاتيكي، ساكن). ولكن هذا غير صحيح، فالتفاعل الكيميائي مستمر، ولكن نجد أن معدل التفاعل الأمامي يساوى معدل التفاعل الخلفي، أى إن معدل تكوين المواد الناتجة يساوى معدل اختفاء تلك المواد المتفاعلة (أى إن التفاعل ديناميكي).

س- وضع مدلولات حالة الاتزان الكيميائي؟

ج- يمكننا استخلاص ثلاثة تعميمات فيما يختص بحالة الاتزان الكيميائي، وهى:

1- الاتزان الكيميائي ديناميكي فى طبيعته

أى إنه مستمر، ويظل هكذا بسبب تساوى سرعتى التفاعلين الأمامي والخلفي.

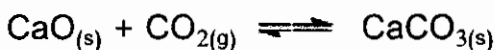
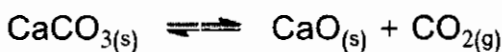
2- النظام الكيميائي يتجه نحو حالة الاتزان تلقائيا

بمعنى أنه يستمر بمعدل قد يكون كبيرا أو صغيرا، وأنه لا يبتعد عن حالة الاتزان

تلقائيا ولكن بتأثير خارجي، مثل: تغير في الضغط أو درجة الحرارة. وبمجرد ترك النظام الكيميائي لنفسه (وزوال المؤثر) يبدأ التفاعل في العودة إلى حالة إتزان كيميائي.

3- حالة الإتزان الكيميائي يمكن الوصول إليها من الناحيتين

أى من ناحية المتفاعلات أو من ناحية النواتج، ففي مثال التكسير الحرارى لكربونات 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:



س- وضع كيف يمكن الاستدلال علي اتجاه التفاعل؟

ج- بفرض أنه لدينا التفاعل المتزن التالي:



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

فإن: ثابت الاتزان لذلك التفاعل يمكن تمثيله بالعلاقة التالية:

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

وفي الحقيقة، فإن مقدار قيمة ثابت الاتزان " K_C " يعطي دلالة واضحة علي موقع الاتزان. فإذا كانت قيمة " K_C " كبيرة نسبيا، فإن ذلك يدل علي أن تركيز المواد الداخلة في التفاعل عند حالة الاتزان صغير جدا، ويبدو ذلك وكأن التفاعل يسير

في اجاه واحد تقريبا؛ وهو الاتجاه الأمامي. أما إذا كانت قيمة "K_C" صغيرة جدا، فإن هذا يعني أن تركيز المواد الناتجة صغير جدا عند حالة الاتزان، ويبدو التفاعل وكأنه يسير في اتجاه التفاعل الخلفي فقط تقريبا. وعندما تكون قيمة ثابت الاتزان تساوي الواحد الصحيح ، فإن هذا يعني أن تركيزات كل من المواد الداخلة في التفاعل والناتجة تكاد تكون متساوية، وهذا يعني أن التفاعل وصل لحالة الاتزان.

س- بفرض أنه لدينا التفاعل المتزن التالي (عند درجة 250°)



حيث إن ثابت الاتزان لهذا التفاعل هو: $K_C = 0.0415 \text{ mol/L}$ وبفرض أن خليطا مكونا من: 1.00 mol و 0.50 mol of $\text{PCl}_{5(g)}$ و $\text{PCl}_{3(g)}$ و 30 mol of $\text{Cl}_{2(g)}$ قد وضع في وعاء حجمه واحد لتر. والمطلوب: معرفة هل هذا النظام في حالة اتزان؟ أو هل سيحدث تفاعل؟ وفي أي اتجاه؟

الحل:

بدلالة القيم المعطاة لتركيزات المواد المتفاعلة والناتجة، وبالتعويض في معادلة ثابت الاتزان للتفاعل السابق، فإن:

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

حيث X تمثل ثابت اتزان التفاعل السابق عند التركيزات المعطاة، وبالتعويض عن القيم المعطاة، فإن:

$$\begin{aligned} X &= 0.05 \times 0.03 / 0.1 \\ &= 0.015 \text{ mol L}^{-1} \end{aligned}$$

وهكذا، نجد أن ثابت الاتزان (X) لهذا التفاعل عند تلك التركيزات المعطاة له القيمة 0.015 mol L^{-1} ، وهو أقل من ثابت الاتزان المعطى لهذا التفاعل وقيمه

: $K_C = 0.0415 \text{ mol L}^{-1}$. ولذلك، نقول إن هذا النظام لا يوجد في حالة اتزان؛ لأن $X < K_C$ (عند حالة الاتزان لابد من تساوي القيمتان). ولذلك، فإن هذا التفاعل لابد أن يسير من اليسار إلى اليمين. أي إن هذا التفاعل لم يصل إلى مرحلة الاتزان، وأن التفاعل يميل إلى السير في اتجاه التفاعل الأمامي.

س- عرف: قانون فعل الكتلة؟

ج- ينص قانون فعل الكتلة علي: "سرعة التفاعل الكيميائي تتناسب طرديا مع الكتل الفعالة للمواد المتفاعلة".

أي إن: سرعة التفاعل الكيميائي تتناسب طرديا مع حاصل ضرب تركيزات المواد المتفاعلة، مرفوعا لأس عدد جزئيات تلك المواد.

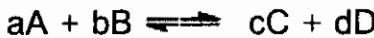
س- عرف: ثابت الاتزان؟

ج- 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 جزئياتها، مفسوما على حاصل ضرب تركيزات المواد المتفاعلة عند الإتزان مرفوعا لأس عدد جزئياتها.

س- عرف ثابت الاتزان بدلالة التركيزات " K_C ": (في حالة السوائل والجوامد)

ج- هو ثابت الاتزان مُعبّرًا عنه بالتركيزات.

فبالنسبة للتفاعل:



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

فإن: ثابت الاتزان لذلك التفاعل يمكن تمثيله بالعلاقة التالية:

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

س- عرف ثابت الإتزان 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
جزئياتها هي a, b, c, d، على الترتيب.

س- اذكر العلاقة التي تربط ثابتي الاتزان K_C و K_P ؟

ج- 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 جزئيات المواد الناتجة والمتفاعلة (بشرط أن تكون تلك المواد
في الحالة الغازية).

س- استنتج العلاقة التي تربط ثابتي الاتزان K_C و K_P ؟

ج- نفرض أنه لدينا التفاعل المتزن التالي:



حيث a, b, c, d هي أعداد جزيئات المواد: A, B, C, D ، وأن هذه المواد جميعها موجودة في الحالة الغازية.

يمكن التعبير عن ثابت الاتزان بدلالة الضغوط لهذا التفاعل، K_p ، بالعلاقة التالية:

$$K_p = P_C^c P_D^d / P_A^a P_B^b$$

حيث إن $P_A^a, P_B^b, P_C^c, P_D^d$ هي الضغوط الجزئية للمواد (الغازات) A, B, C, D .

وبفرض أن هذه الغازات تسلك مسلك الغاز المثالي، فإنه في هذه الحالة يمكن تطبيق المعادلة العامة للغازات علي النحو التالي:

$$PV = nRT$$

$$P = (n/V) RT$$

وحيث n/V تعبر عن التركيز (بالمول/ لتر)، فإنه يمكن التعبير عن التركيز بالقوس المربع []، حيث تأخذ المعادلة السابقة الشكل التالي:

$$P = [] RT$$

وبالتطبيق العلاقة السابقة علي غازات التفاعل السابق، فإن:

$$P_A = [A] RT, \quad P_B = [B] RT, \quad P_C = [C] RT, \quad P_D = [D] RT$$

وبرفع القيم السابقة لأعداد الجزيئات، نحصل علي القيم التالية:

$$P_A^a = [A]^a (RT)^a, \quad P_B^b = [B]^b (RT)^b,$$

$$P_C^c = [C]^c (RT)^c, \quad P_D^d = [D]^d (RT)^d$$

وبالتعويض عن القيم السابقة في معادلة ثابت الاتزان السابقة، نحصل علي:

$$K_p = [C]^c (RT)^c \cdot [D]^d (RT)^d / [A]^a (RT)^a \cdot [B]^b (RT)^b$$

وبإعادة ترتيب المعادلة السابقة، نحصل علي:

$$K_p = [C]^c [D]^d (RT)^c (RT)^d / [A]^a [B]^b (RT)^a (RT)^b$$

$$K_p = [C]^c [D]^d / [A]^a [B]^b \cdot (RT)^{a+b} / (RT)^{c+d}$$

ولكن:

$$[C]^c [D]^d / [A]^a [B]^b = K_C$$

$$K_p = K_C \cdot (RT)^{a+b} / (RT)^{c+d}$$

$$K_p = K_C \cdot (RT)^{(c+d) - (a+b)}$$

وبالتعويض عن:

$$(c+d) - (a+b) = \Delta n$$

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

حيث تمثل Δn التغير في أعداد الجزيئات، فهي تساوي الفرق بين أعداد جزيئات المواد الناتجة وجزيئات المواد المتفاعلة، بشرط أن تكون جميعها في الحالة الغازية.

س- وضح طبيعة العلاقة بين K_C , K_p ؟

ج- تتوقف طبيعة العلاقة بين K_C , K_p على نوعية التفاعل ، حيث يمكن تقسيم التفاعلات إلى ثلاثة أنواع :، وهى:

أ- تفاعلات يصاحبها زيادة فى أعداد الجزيئات:

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

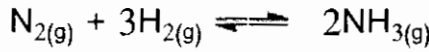


ففى هذا التفاعل تكون Δn موجبة، وتكون $K_p > K_C$

ب- تفاعلات يصاحبها نقص فى أعداد الجزيئات:

حيث تكون أعداد جزيئات المواد الناتجة أقل منها للمواد المتفاعلة.

مثال ذلك:



ففى هذا التفاعل تكون (Δn) سالبة، وتكون $K_p < K_c$

ج - تفاعلات لا يصاحبها تغير فى أعداد الجزيئات:

حيث تكون أعداد جزيئات المواد الناتجة مساوية لأعداد جزيئات المواد

المتفاعلة. مثال ذلك:



ففى هذا التفاعل تكون $(\Delta n = 0)$ وتكون $K_p = K_c$

س- اذكر نص مبدأ لوشاتيلية؟

ج- ينص علي: "إذا أثر مؤثر خارجى (مثل: الضغط أو التركيز أو درجة الحرارة)

على تفاعل ما فى حالة اتزان، فإن هذا التفاعل يسير فى الإتجاه الذى يقلل من

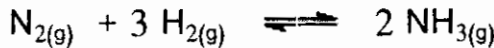
تأثير ذلك المؤثر، حيث يصل التفاعل إلى حالة إتزان جديدة".

أي أنه، عندما يتعرض نظام (تفاعل) فى حالة اتزان لمؤثر خارجي، فإن النظام

تحدث له إزاحة فى اتجاه يعاكس فعل ذلك المؤثر.

س- فى ضوء مبدأ لوشاتيليه، وضح أثر تغير التركيز علي التفاعل المتزن

التالى:



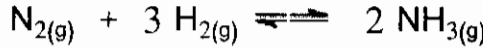
ج- عند زيادة تركيز إحدى المادتين المتفاعلتين (النيتروجين أو الهيدروجين) أو

كليهما، عن طريق إضافة بعض كميات منها إلى وسط التفاعل، فإنه يحدث خلل

فى الاتزان. وطبقا لمبدأ لوشاتيليه، فإن التفاعل يسير فى الاتجاه الذى يعاكس فعل

المؤثر؛ أي إن التفاعل يسير في الاتجاه الذي يقلل من تركيزات المواد المتفاعلة؛ أي إن التفاعل يسير في اتجاه التفاعل الأمامي (اتجاه تكوين الأمونيا). كذلك، وعندما تسحب النوشادر المتكونة من وسط التفاعل، فإن حالة الاتزان سوف تختل، وطبقاً لمبدأ لوشاتيليه فإن التفاعل يسير في الاتجاه الذي يعاكس فعل المؤثر؛ أي إن التفاعل يسير في الاتجاه الذي يزيد من تركيزات النوشادر؛ أي إن التفاعل يسير في اتجاه التفاعل الأمامي (اتجاه تكوين الأمونيا).

س- في ضوء مبدأ لوشاتيليه، وضح أثر تغير الضغط علي التفاعل المتزن التالي:

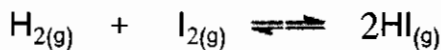


ج- قبل أن نوضح أثر الضغط علي التفاعل المتزن المذكور، فإنه تجدر الإشارة بأنه سوف نستدل علي الضغط من خلال عدد الجزيئات. فكما نعلم، فإن ضغط الغاز هو عبارة عن اصطدامات جزيئات الغاز مع جدار الإناء الموجود به الغاز. وعلي ذلك، فكلما زادت أعداد جزيئات الغاز زاد ضغطه، والعكس صحيح. فإنه عند زيادة الضغط علي هذا التفاعل، فإنه يحدث خلل في الاتزان. وطبقاً لمبدأ لوشاتيليه، فإن التفاعل يسير في الاتجاه الذي يعاكس فعل المؤثر؛ أي إن التفاعل يسير في الاتجاه الذي يقلل من الضغط؛ أي الاتجاه الذي يقل فيه عدد الجزيئات. وعلي ذلك نتوقع أن التفاعل يسير في الاتجاه الأمامي (حيث يصبح عدد الجزيئات 2 بدلا من 4). أي إن التفاعل يسير في اتجاه التفاعل الأمامي (اتجاه تكوين الأمونيا).

أما في حالة خفض الضغط علي هذا التفاعل، فإنه يحدث خلل في الاتزان. وطبقاً لمبدأ لوشاتيليه، فإن التفاعل يسير في الاتجاه الذي يعاكس فعل المؤثر؛ أي إن التفاعل يسير في الاتجاه الذي يزيد من الضغط؛ أي الاتجاه الذي يزيد فيه عدد

الجزيئات. وعلي ذلك نتوقع أن التفاعل يسير في الاتجاه الخلفي (حيث يصبح عدد الجزيئات 4 بدلا من 2). أي إن التفاعل يسير في اتجاه التفاعل الخلفي (اتجاه تفكك الأمونيا).

س- وضح أثر الضغط علي التفاعل المتزن التالي:



ج- في هذا التفاعل، نجد أن عدد جزيئات المواد المتفاعلة هو 2 وكذلك عدد جزيئات المواد الناتجة هو 2، وبالتالي فإن هذا التفاعل لا يصاحبه تغير في أعداد الجزيئات. وهكذا نجد أن الضغط في هذه الحالة ليس له تأثير علي حالة الاتزان الموجودة. ولذلك نقول إنه في الحالات التي تكون لها $\Delta n = 0$ ، فإن التغييرات في الضغط لا يكون لها تأثير علي موقع الاتزان.

س- وضح أثر الضغط علي التفاعلات المتزنة التي تشمل سوائل أو أجساما صلبة أو كليهما؟

ج- بالنسبة للتفاعلات المتزنة التي تشمل سوائل أو أجساما صلبة أو كليهما، يكون تأثير التغير في الضغط علي موقع الاتزان بسيطا جدا، ويمكن أهمله غالبا.

س- في ضوء مبدأ لوشاتيليه، وضح أثر تغير درجة الحرارة علي التفاعل المتزن؟

ج- لكي يمكن التنبؤ بتأثير التغير في درجة الحرارة علي تفاعل في حالة اتزان، فإنه يجب أن تكون طبيعة التأثير الحراري المصاحب للتفاعل معلومة؛ أي يجب معرفة ما إذا كان التفاعل يصاحبه امتصاص أم انبعاث للحرارة. ويمكن تقسيم التفاعلات الكيميائية، من حيث انبعاث او امتصاص حرارة، إلي نوعين، وهما: أ- تفاعلات طاردة للحرارة ب- تفاعلات ماصة للحرارة.

س- في ضوء مبدأ لوشاتيليه، وضح أثر تغير درجة الحرارة علي التفاعلات المتزنة الطاردة للحرارة؟

ج- التفاعلات الطاردة للحرارة هي تلك التفاعلات التي يصاحب حدوثها انبعاث للحرارة. ومن أمثلة تلك التفاعلات تفاعل تكون النوشادر الذي يتم طبقا للمعادلة التالية:



فإنه عند زيادة درجة الحرارة علي هذا التفاعل، فإن الاتزان سوف يختل. وطبقا لمبدأ لوشاتيليه، فإن التفاعل يسير في الاتجاه الذي يعاكس فعل المؤثر؛ أي إن التفاعل يسير في الاتجاه الذي يقلل من درجة الحرارة؛ أي الاتجاه الذي يحدث فيه امتصاص للحرارة. وعلي ذلك نتوقع أن التفاعل يسير في الاتجاه الخلفي (الاتجاه الذي تمتص فيه الحرارة بواسطة النوشادر المتكونة)، حيث تتفكك وتكون المواد المتفاعلة (غازي النتروجين والهيدروجين). أي إن التفاعل يسير في اتجاه التفاعل الخلفي (اتجاه تفكك الأمونيا).

أما في حالة خفض درجة الحرارة، فإن الاتزان سوف يختل. وطبقا لمبدأ لوشاتيليه، فإن التفاعل يسير في الاتجاه الذي يعاكس فعل المؤثر؛ أي إن التفاعل يسير في الاتجاه الذي يزيد من درجة الحرارة؛ أي الاتجاه الذي يحدث فيه انبعاث للحرارة. وعلي ذلك نتوقع أن التفاعل يسير في الاتجاه الامامي (الاتجاه الذي تتبعث فيه الحرارة)، حيث تتفاعل المواد المتفاعلة (غازي النتروجين والهيدروجين) وتكون النوشادر. أي إن التفاعل يسير في اتجاه تكون الأمونيا.

س- في ضوء مبدأ لوشاتيليه، وضح أثر تغير درجة الحرارة علي التفاعلات المتزنة الماصة للحرارة؟

ج- التفاعلات الماصة للحرارة هي تلك التفاعلات التي يصاحب حدوثها

امتصاص للحرارة. ومن أمثلة تلك التفاعلات تفاعل الانحلال الحراري لكريونات الكالسيوم والذي يتم طبقا للمعادلة التالية:



فإنه عند زيادة درجة الحرارة علي هذا التفاعل، فإن الاتزان سوف يختل. وطبقا لمبدأ لوشاتيليه، فإن التفاعل يسير في الاتجاه الذي يعاكس فعل المؤثر؛ أي إن التفاعل يسير في الاتجاه الذي يقلل من درجة الحرارة؛ أي الاتجاه الذي يحدث فيه امتصاص للحرارة. وعلي ذلك نتوقع أن التفاعل يسير في الاتجاه الامامي (الاتجاه الذي تمتص فيه الحرارة بواسطة كربيونات الكالسيوم)، حيث تتفكك وتكون المواد الناتجة. أي إن التفاعل يسير في اتجاه التفاعل الامامي (اتجاه تفكك كربيونات الكالسيوم).

أما في حالة خفض درجة الحرارة، فإن الاتزان سوف يختل. وطبقا لمبدأ لوشاتيليه، فإن التفاعل يسير في الاتجاه الذي يعاكس فعل المؤثر؛ أي إن التفاعل يسير في الاتجاه الذي يزيد من درجة الحرارة؛ أي الاتجاه الذي يحدث فيه انبعاث للحرارة. وعلي ذلك نتوقع أن التفاعل يسير في الاتجاه الخلفي (الاتجاه الذي تتبعث فيه الحرارة)، حيث تتفاعل المواد الناتجة وتكون كربيونات الكالسيوم.

س- وضح أثر إضافة العامل الحفاز إلي التفاعلات المتزنة؟

ج- عند إضافة العامل المساعد (الحفاز) إلي تفاعل ما بكميات قليلة نسبيا، فإن ذلك يؤدي إلي تغير في السرعة التي يصل بها النظام (التفاعل) إلي حالة الاتزان. فعند إضافة العامل الحفاز إلي نظام متزن؛ فإن ذلك لا يؤثر علي تركيزات المواد في النظام، ولكنه يؤثر فقط في السرعة التي يصل بها النظام إلي حالة الاتزان؛ فالعامل الحفاز يؤثر علي معدل سرعة التفاعلين الأمامي والخلفي بالدرجة نفسها. ولذلك، فإن إضافة العمل الحفاز ليس لها أي تأثير علي موضع الاتزان، ولكن يتم

الوصول إلى حالة الاتزان بسرعة أكبر في وجود العامل الحفاز عنها في عدم وجوده. وسنوضح ذلك من خلال المثال التالي:



إن هذا التفاعل قد يتطلب اسابيع قبل أن يصل إلى حالة اتزان، ولكن عند إضافة (HCl)، والذي يعمل كعامل حفاز، فإن هذا التفاعل يصل إلى حالة الاتزان في زمن أقل بكثير. وفي الوقت نفسه، تبقى تراكيزات المواد المتفاعلة والمواد الناتجة ثابتة، لا تتأثر ولا تتغير، كما يبقى موضع الاتزان دون تغيير.

ثانياً: مسائل وحلولها

1- أحسب ثابتى الاتزان K_p , K_c عند درجة 395° للتفاعل :



علما بأن تركيزات الاتزان، هي:

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

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

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

$\Delta n = \text{أعداد جزيئات المواد الناتجة (فى الحالة الغازية)} - \text{أعداد جزيئات المواد المتفاعلة (فى الحالة الغازية)}$.

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

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

$$K_p = K_c = 61.035 \text{ atm}$$

أى أن: ثابت الاتزان معبرا عنه بالتركيزات (K_c) = ثابت الاتزان معبرا عنه بالضغط (K_p).

2- ثابت الأتزان (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:

$$K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$$

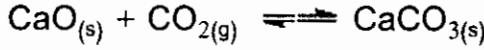
وبالتعويض عن القيم المعطاه، فى المعطاه، فى المعادلة السابقة:

$$K_p = 1.84 \times (RT)^0$$

$$= 1.84 \times 1$$

$$= 1.84 \quad K_p$$

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 الكلى.

ج - تضاف كمية من $\text{CaO}_{(s)}$

الحل:

أ- عندما تزال كمية من غاز (CO_2) من التفاعل ، فإن الاتزان يختل، وطبقاً لمبدأ لوشاتيلية، يسير التفاعل فى الاتجاه الذى يضاد فعل المؤثر، أى أن التفاعل يسير فى الاتجاه الذى يزداد فيه تركيز (CO_2)، حتى يعوض النقص نتيجة الإزالة.

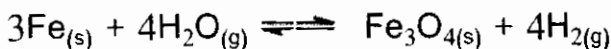
أى إن التفاعل يسير فى الاتجاه الأمامى، وهو اتجاه تفكك (CaCO_3) وبالتالي، نجد أن تركيز (CaCO_3) يقل فى هذه الحالة.

ب- عندما يزداد الضغط الكلى، فإن الاتزان يختل، وطبقاً لمبدأ لوشاتيلية، 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 $\text{CaO}_{(s)}$ إلى محتويات التفاعل المتزن، فإن الاتزان سوف يختل، وطبقاً لمبدأ لواتيلية، يسير التفاعل فى الاتجاه الذى يضاد فعل المؤثر. أى أن التفاعل يسير فى الاتجاه الذى تقل فيه تركيز $\text{CaO}_{(s)}$ 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 ان 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 أيضا 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°C) للتفاعل

المتزن التالى:



فإذا خلط 0.3 mol of $\text{PCl}_3(\text{g})$ و 1.0 mol of $\text{PCl}_5(\text{g})$ مع 0.50 mol of $\text{Cl}_2(\text{g})$

وذلك فى وعاء سعته لتر واحد عند 250°C ، وضح فى أى اتجاه يسير التفاعل؟

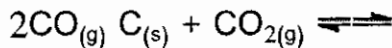
الحل:

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

$$= \frac{(0.5)(0.3)}{(0.1)} = 0.015 \text{ mol/L} \quad X = \frac{[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]}{\text{PCl}_5}$$

ولكن ثابت الاتزان لهذا التفاعل هو ($K_C = 0.041 \text{ mol/L}$)، وهكذا، نجد أن قيمة $K_C > X$ ، وهذا يدل على أن تركيز الأيونات فى الخلطة أقل مما يجب أن تكون عند الاتزان، ولذلك يسير التفاعل فى الاتجاه الأمامى (اتجاه تفكك PCl_5 حتى تصل تركيزات الأيونات إلى القيم التى تحقق $X = K_C = 0.041 \text{ mol/L}$). وهذا يدل على أن التفاعل يسير فى الاتجاه الأمامى، وهو اتجاه تفكك (PCl_5)

6- إذا كانت $K_P = 167.5 \text{ atm}$ عند 1000°C بالنسبة للتفاعل التالى:



أحسب ضغط غاز أول أكسيد الكربون الجزئى $P_{\text{CO}(\text{g})}$ فى نظام متزن يكون فيه الضغط الجزئى لغاز (CO_2) هو 0.1 atm .

الحل:

$$P_{\text{CO}_2(\text{g})} = 0.1 \text{ atm}, K_P = 167.5 \text{ atm}, P_{\text{CO}(\text{g})} = ?$$

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

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

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

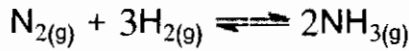
$$P_{\text{CO}_2(\text{g})}^2 = 167.5 \times 0.1$$

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

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

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

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:

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

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

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

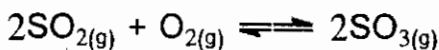
$$K_C = K_p \times (RT)^2$$

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

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

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

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



فإذا خلط 0.03 mol of $\text{O}_{2(g)}$ و 0.125 mol of $\text{SO}_{3(g)}$ مع 0.05 mol of $\text{SO}_{2(g)}$

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:

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

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

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

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

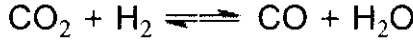
وهكذا، نجد أن قيمة $X < K_C$ قيمة

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

التي تحقق $K_C = 36.9$.

فالتفاعل يسير في اتجاه تفكك SO_3 .

9- عند درجة حرارة $850^\circ C$ ، وبالنسبة للتفاعل التالي:



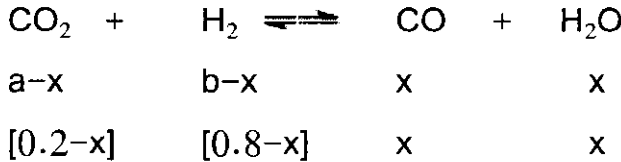
كان ثابت الاتزان K_C يساوى (1). فإذا كانت التركيزات الابتدائية للمواد المتفاعلة هي:

$$[H_2] = 0.8 \text{ mol/L}, \quad [CO_2] = 0.2 \text{ mol/L}$$

احسب تركيزات مكونات المخلوط الغازى عند حالة الاتزان.

الحل:

نفرض أن $(X \text{ mol/L})$ من ثانى أكسيد الكربون قد تفاعل عند حالة الاتزان، وطبقا لمعادلة التفاعل فإنه لابد أن يتفاعل أيضا $(X \text{ mol/L})$ من غاز الهيدروجين ليتكون $(X \text{ mol/L})$ من كل من بخار الماء وأول أكسيد الكربون. وبالتالي، تصبح التركيزات عند الاتزان كالتالى:



وبالتعويض فى معادلة ثابت الاتزان لهذا التفاعل، نجد أن:

$$K_C = \frac{[CO][H_2O]}{[CO_2][H_2]}$$

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

ومنها، نجد أن:

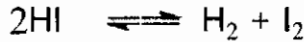
$$X = 0.16 \text{ mol/L}$$

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

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

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

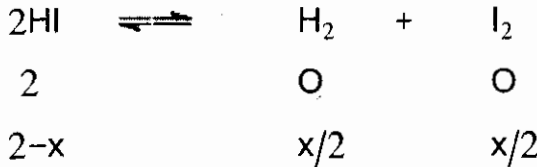
10- عند تسخين يوديد الهيدروجين فإنه يتحلل طبقا للمعادلة:



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 $(X \text{ mol/L})$ من يوديد الهيدروجين يتكون $(X/2 \text{ mol/L})$ من كل من اليود والهيدروجين وتكون التركيزات عند الاتزان ممثلة كالآتى:



وبالتعويض فى معادلة ثابت الاتزان لهذا التفاعل، نجد أن:

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

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

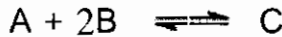
$$\therefore \frac{1}{8} = \frac{x/2}{2-x}$$

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

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

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

11- فى التفاعل التالى:



كانت تركيزات 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: التركيزات الابتدائية للمواد المتفاعلة

الحل:

من المعطيات، نجد أن:

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

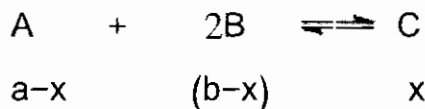
وبالتعويض عن القيم السابقة فى معادلة ثابت الاتزان لهذا التفاعل، نجد أن:

$$K_C = \frac{[C][H_2O]}{[A][B]^2} = \frac{2.16}{(0.6)(1.2)^2}$$

وهو المطلوب أولاً

$$K_C = 2.5$$

ثانياً: يمكن كتابة معادلة التفاعل على النحو التالي:



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.

وبالتالى تكون تركيزات المواد المتفاعلة هى عبارة عن التركيزات لهذه المواد عند الاتزان، مضافا إليه ذلك الجزء الذى تفاعل. وهكذا تكون التركيزات الابتدائية للمواد المتفاعلة، هى:

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

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

ثالثاً: أسئلة عامة

- 1- عرف كلا مما يأتي:
قانون فعل الكتلة - حالة الاتزان الكيميائي - العامل الحفاز
- 2- تكلم عن أنواع التفاعلات الكيميائية طبقاً لأتجاه التفاعل؟
- 3- وضح ما المقصود بالتفاعلات المتجانسة وغير المتجانسة؟
- 4- ما العلاقة بين K_p و K_c في التفاعلات الغازية؟
- 5- هل تكون K_p أصغر أم أكبر من K_c ، إذا كان عدد مولات المتفاعلات أصغر من عدد مولات النواتج؟
- 6- هل تكون K_p أصغر أم أكبر من K_c ، إذا كانت عدد مولات المتفاعلات أصغر من عدد مولات النواتج.
- 7- إذا كان مقسوم التفاعل عند نقطة معينة من التفاعل أصغر من ثابت الاتزان. ماذا يحدث للتفاعل؟
- 8- وضح كيف يمكن التنبؤ باتجاه سريان تفاعل ما متزن؟
- 9- ما العلاقة بين K_c , K_p في التفاعلات الغازية؟
- 10- إذا كان مقسوم التفاعل عند نقطة معينة من التفاعل أصغر من ثابت الاتزان. ماذا يحدث للتفاعل؟
- 11- اشرح تأثير إدخال كمية إضافية لأحد المتفاعلات علي تفاعل في حالة اتزان؟
- 12- اشرح تأثير إدخال كمية إضافية لأحد النواتج علي تفاعل في حالة اتزان؟
- 13- ما تأثير رفع الضغط الكلي علي حالة اتزان في كل من الحالات التالية:

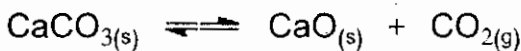
أ- تفاعل فيه عدد مولات الغاز المتكونة أصغر من عدد مولات الغازات المتفاعلة؟

ب- تفاعل فيه عدد مولات الغاز المتكونة أكبر من عدد مولات الغازات المتفاعلة؟

ت- تفاعل تتساوي فيه عدد مولات الغازات الناتجة والمتفاعلة؟

ث- تفاعل فيه كل المتفاعلات والنواتج سوائل أو جوامد؟

10- إذا أخذنا في الاعتبار التفاعل التالي:



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

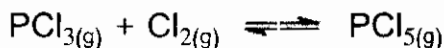
أ- تزال كمية من غاز CO_2 الناتجة من وسط التفاعل عند الاتزان.

ب- يزداد الضغط الكلي.

ت- تضاف كمية من $\text{CaO}(\text{s})$.

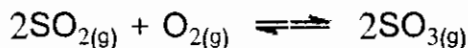
رابعاً: مسائل غير محلولة

(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_C , K_P و تحت ظروف
التجربة و $t = 27^\circ\text{C}$

(4) إذا علم أن K_C للتفاعل:



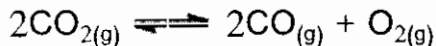
عند درجة حرارة 727°C تبلغ 4.17×10^{-2} . ما اتجاه التفاعل عند خلط
 0.40M من SO_3 و 0.1M من O_2 مع 0.02M من SO_2 ؟

(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.

(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، و الضغوط الجزئية:

