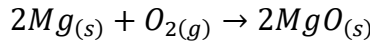


## الدرس الأول: الاتزان الكيميائي والعوامل المؤثرة فيه

### مفهوم الاتزان الكيميائي

- تنتهي كثير من التفاعلات باستهلاك إحدى المواد المتفاعلة أو جميعها كلياً، فمثلاً؛ يحترق شريط من المغنيسيوم  $Mg$  بوجود الأكسجين  $O_2$  وينتج أكسيد المغنيسيوم  $MgO$  وكمية من الحرارة، وينتهي التفاعل باحتراق شريط المغنيسيوم كلياً، ولا يمكن إعادة تكوين أي من المواد المتفاعلة مرةً أخرى في أثناء التفاعل؛ ما يعني أن التفاعل يسير باتجاه واحدٍ نحو تكوين المواد الناتجة ويُطلق على هذا النوع من التفاعلات اسم **التفاعلات غير المنعكسة** ويُعبّر عن التفاعل بمعادلة كيميائية على النحو الآتي:

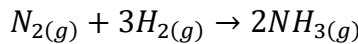


- وكثير من التفاعلات الكيميائية عندما تحدث في أوعية مغلقة لا تسمح بفقدان أي كمية من المواد المتفاعلة أو الناتجة من وعاء التفاعل، ممّا يتيح حدوث تفاعل بين المواد الناتجة، ويجعل التفاعل يحدث باتجاهين متعاكسين، ويطلق على هذا النوع من التفاعلات اسم **التفاعلات المنعكسة**.

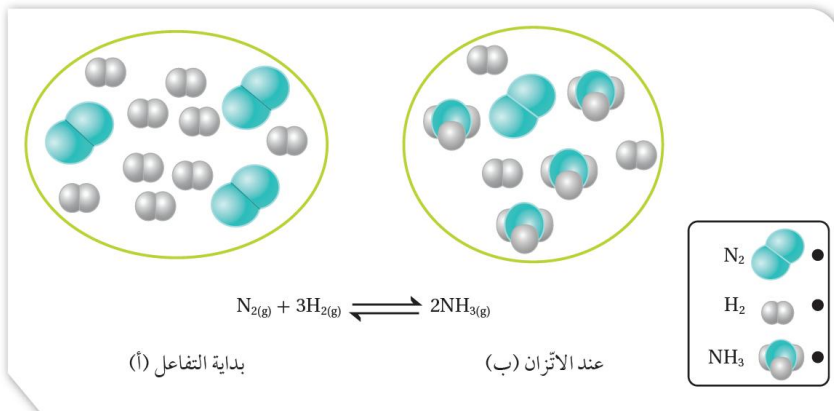
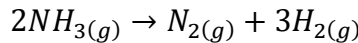
- فعند بداية التفاعل تتفاعل المواد المتفاعلة فيما بينها وتتكوّن المواد الناتجة، ويُطلق على هذا التفاعل اسم **التفاعل الأمامي**

- وبمجرد أن تتكوّن المواد الناتجة فإنّها تبدأ بالتفاعل معاً وتُعيد تكوين المواد المتفاعلة مرةً أخرى، ويسمى **التفاعل العكسي**

فمثلاً؛ يُحضّر غاز الأمونيا  $NH_3$  بطريقة هابر، بتفاعل غاز النيتروجين  $N_2$  مع غاز الهيدروجين  $H_2$  في وعاءٍ مغلق عند ظروفٍ مناسبة من الضغط ودرجة الحرارة، ويؤدّي ذلك إلى تكوين غاز الأمونيا  $NH_3$ ، فيما يُعرّف بالتفاعل الأمامي، كما يظهر في المعادلة الآتية:

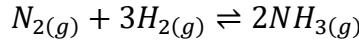


وعندما يتكوّن غاز الأمونيا  $NH_3$  في وعاء التفاعل؛ فإنّه يبدأ بالتفكك ويتكوّن كلٌّ من غاز النيتروجين  $N_2$  وغاز الهيدروجين  $H_2$  في ما يعرف بالتفاعل العكسي، كما يظهر في المعادلة الآتية:



### الخلاصة؟

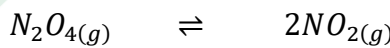
- وبهذا نجد أن وعاءَ التفاعل يحتوي على كميات مختلفة من المواد المتفاعلة والناجمة في الوقت نفسه عند الاتزان. أنظر الشكل (1/أ) بداية التفاعل، 1/ب عند الاتزان، ويشار إلى التفاعل الأمامي في المعادلة بسهم باتجاه اليمين، والعكسيّ ويشار إليه في المعادلة بسهم باتجاه اليسار، ويُعبّر عنها بمعادلة كيميائية؛ حيث يُكتب فيها سهمان باتجاهين متعاكسين ( $\rightleftharpoons$ ) كما في تفاعل تحضير الأمونيا:



- تشير التجارب الكيميائية إلى أنّ تراكيز المواد المتفاعلة تكون في البداية أكبر ما يُمكن؛ وتكون سرعة تفاعلها وتحولها إلى مواد ناتجة أعلى ما يمكن، وتسمى **سرعة التفاعل الأمامي**
- وبمرور الوقت تتناقص تراكيز المواد المتفاعلة، وتتناقص سرعة التفاعل الأمامي، أما المواد الناتجة فتكون تراكيزها عند بداية التفاعل صفرًا، وبمجرد تكونها تبدأ بالتفاعل والتحول إلى مواد متفاعلة، وبهذا يبدأ حدوث التفاعل العكسيّ، وبمرور الوقت تزداد تراكيز المواد الناتجة، وتزداد سرعة تفاعلها وتحولها إلى مواد متفاعلة، وتُسمى **سرعة التفاعل العكسي**
- وحين تصبح **سرعة التفاعل الأمامي مُساويةً لسرعة التفاعل العكسيّ** يوصفُ التفاعل بأنه في حالة **اتزان كيميائي**
- ويعد اتزان ديناميكيّ أي أنه يستمر حدوث التفاعل بالاتجاهين بالسرعة نفسها، وتثبت تراكيز المواد المتفاعلة والناجمة والخصائص المرتبطة بها، مثل الضغط، واللون، والحجم، ودرجة الحرارة.

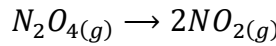
### تمكين؟

ولتعرف مفهوم الاتزان الكيميائي؛ يُمكن دراسة تفكك غاز رباعيّ أكسيد ثنائي النيتروجين  $N_2O_4$  عديم اللون إلى غاز ثاني أكسيد النيتروجين  $NO_2$  ذي اللون البني المُحمّر الذي يحدث كما في المعادلة الآتية:

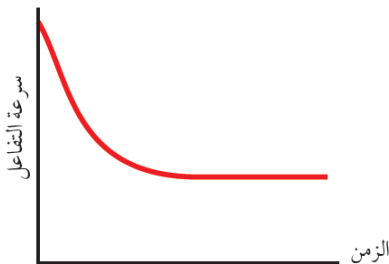


لون بني (محمّر) عديم اللون

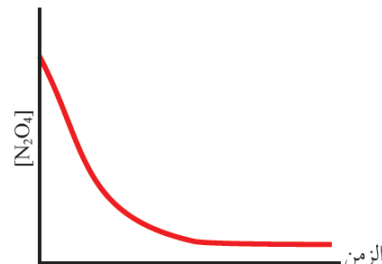
يبدأ التفاعل الأماميّ بتحول غاز رباعيّ أكسيد ثنائي النيتروجين  $N_2O_4$  إلى غاز ثاني أكسيد النيتروجين  $NO_2$  بسرعة عالية نسبيًا، ويُعبّر عن التفاعل بالمعادلة الآتية:



وبمرور الوقت، يتناقص تركيز غاز  $N_2O_4$  وبذلك تتناقص سرعة التفاعل الأماميّ، أنظر الشكل (2/أ، ب)

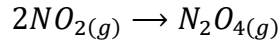


الشكل (2/ب): تغير سرعة التفاعل الأمامي مع الزمن.

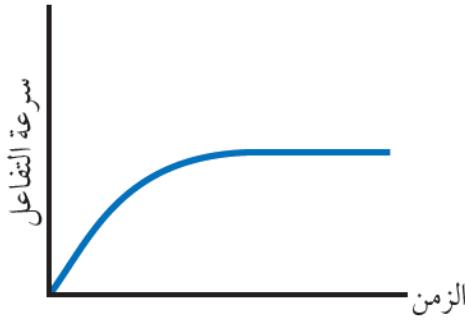


الشكل (2/أ): تغير تركيز  $N_2O_4$  مع الزمن.

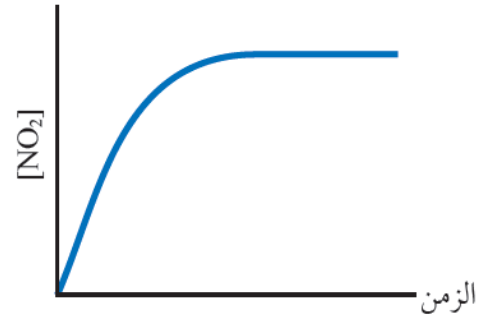
أمّا غاز  $NO_2$  ؛ فيكون تركيزه عند بداية التفاعل صفراً، وتكون سرعة التفاعل العكسيّ صفراً أيضاً، وبسبب تفكك غاز  $N_2O_4$  يبدأ تكون غاز  $NO_2$  وظهور اللون البنيّ في وعاء التفاعل، ويبدأ حدوث التفاعل العكسيّ وتحول غاز  $NO_2$  إلى الغاز  $N_2O_4$  بسرعة بطيئة نسبياً، ويُعبّر عن التفاعل كما في المعادلة الآتية:



وبزيادة تركيز  $NO_2$  في وعاء التفاعل، تتزايد سرعة التفاعل العكسي تدريجياً، وبعد مدّة من الزمن تثبت سرعة التفاعل وتثبت تراكيز المواد الناتجة، ويبيّن الشكل (3/أ، ب) تزايد تركيز  $NO_2$  وتزايد سرعة التفاعل العكسيّ بمرور الزمن.

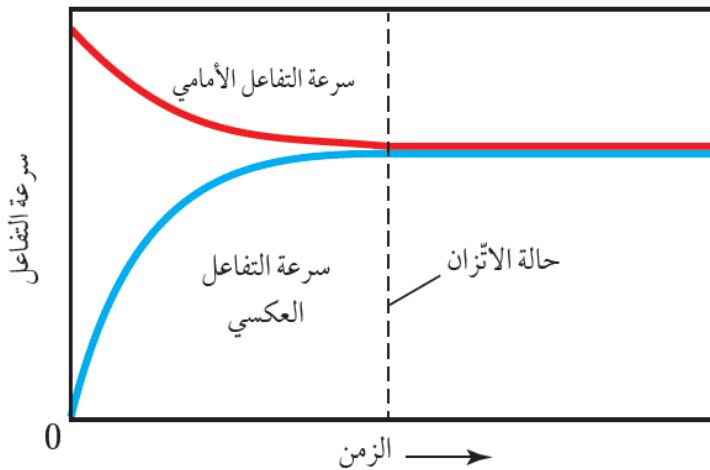


الشكل (3/ب): تغير سرعة التفاعل العكسي مع الزمن.



الشكل (3/أ): تغير تركيز  $NO_2$  مع الزمن.

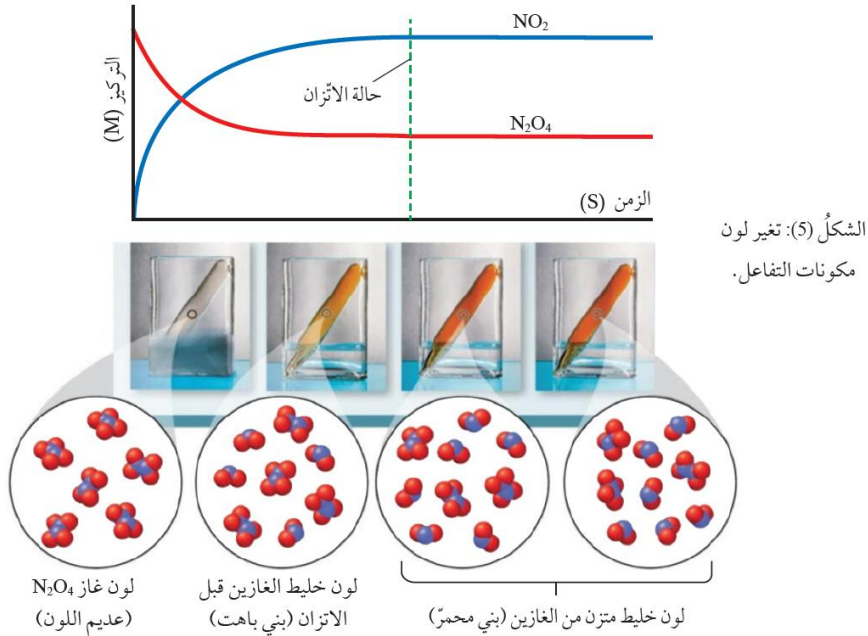
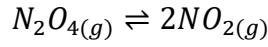
**يتّضح مما سبق؛** أن تراكيز المواد المتفاعلة وسرعة التفاعل الأمامي يتناقصان بمرور الزمن، وفي الوقت نفسه تتزايد تراكيز المواد الناتجة وتتزايد سرعة التفاعل العكسيّ، إلى أن يصل التفاعل إلى حالة الاتزان، حيث تصبح سرعة التفاعل الأماميّ مساويةً لسرعة التفاعل العكسي، أنظر الشكل (4)



الشكل (4): التغير في سرعة التفاعل  
أُقارن بين تراكيز الغازات في وعاء التفاعل عند حالة الاتزان.

وعند الاتزان تثبت تراكيز المواد المتفاعلة والناجمة ويحتوي وعاء التفاعل على خليط من الغازين بنسب ثابتة،  
ويصبح لون الخليط بُنيًا محمرًا، أنظر الشكل (5)

ويمكن التعبير عن التفاعل المتزن السابق كما في المعادلة الآتية:



### العوامل المؤثرة في الاتزان

توصلنا فيما سبق إلى أن التفاعلات المنعكسة تصل إلى حالة الاتزان، ويحتوي عندها وعاء التفاعل على تراكيز ثابتة من المواد المتفاعلة والناجمة.

يمكن للتفاعل أن يكون المواد الناجمة بنسبة أكبر من المواد المتفاعلة، ويكون الاتزان مُزاحًا جهة المواد الناجمة، أو يكون المواد المتفاعلة بنسبة أكبر من المواد الناجمة، ويكون الاتزان مُزاحًا نحو المواد المتفاعلة، وهو ما يُسمى **موضع الاتزان**

يمكن التحكم بموضع الاتزان بإزاحته نحو اليمين لزيادة كمية المواد الناجمة، أو إزاحته نحو اليسار لتقليل كمية المواد الناجمة وزيادة كمية المواد المتفاعلة، وذلك عن طريق التحكم بمجموعة من العوامل.

### مبدأ لوتشاتلييه

درس العالم الفرنسي هنري لوتشاتلييه التغيرات التي يمكن أن تؤثر في حالة الاتزان للتفاعل، وتوصل إلى أنه يمكن التحكم بموضع الاتزان للتفاعل عبر التحكم بظروف التفاعل من: **تركيز، أو ضغط، أو درجة حرارة**، وقد عُرف ذلك مبدأ لوتشاتلييه الذي ينص:

**" أنه إذا حدث تغيير في أحد العوامل المؤثرة في الاتزان لتفاعل كيميائي متزن؛ فإن التفاعل يعمل على تعديل موضع الاتزان للتقليل من أثر ذلك التغيير."**

اعتمادا على مبدأ لوتشاتلييه فإنه يمكن زيادة كميات المواد الناجمة من التفاعل بالتحكم في العوامل المؤثرة في الاتزان.

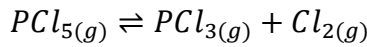


العوامل؟

1 التركيز

يتأثر موضع الاتزان بتغيير كميات المواد أو تراكيزها في وعاء التفاعل عند درجة الحرارة نفسها؛ إذ يؤدي تغيير تركيز مادة مُتفاعلة أو ناتجة إلى اضطراب في حالة الاتزان، ما يدفع التفاعل إلى تعديل وضعه للوصول إلى حالة الاتزان من جديد، ويحصل ذلك بتغيير موضع الاتزان بإزاحته جهة اليمين (نحو تكوين المواد الناتجة)، أو جهة اليسار (نحو تكوين المواد المُتفاعلة)؛ للتقليل من أثر ذلك التغيير، ثم يعود التفاعل إلى حالة الاتزان من جديد.

فمثلاً؛ يتفكك خماسي كلوريد الفسفور  $PCl_5$ ؛ في وعاء مغلق، وينتج غاز ثلاثي كلوريد الفسفور  $PCl_3$  وغاز الكلور  $Cl_2$  ويصل التفاعل إلى حالة الاتزان كما في المعادلة الآتية:



وعند إضافة كمية من غاز  $PCl_5$  فإنّ تركيزه يزداد في وعاء التفاعل ويختل الاتزان، ووفقاً لمبدأ لوتشاتلييه يعمل التفاعل على تعديل موضع الاتزان وإزاحته جهة اليمين التي تُقلل من أثر هذه الزيادة، ومن ثمّ سوف تزداد سرعة التفاعل الأمامي. وبهذا تُستهلك كمية من الغاز المضاف، وتتكون كميات جديدة من  $PCl_3$  و  $Cl_2$  وتزداد تراكيزها، وبمرور الوقت، ونتيجةً لذلك تبدأ سرعة التفاعل العكسي بالتزايد، وسرعة التفاعل الأمامي بالتناقص إلى أن تتساوى السرعتان فيعود التفاعل إلى حالة الاتزان من جديد، وتحدث التغيرات ذاتها إن جرت إزالة كمية من  $Cl_2$  أو  $PCl_3$  من وعاء التفاعل.

أمّا عند إضافة كمية من غاز  $Cl_2$  إلى وعاء التفاعل فيزداد تركيزه، ووفقاً لمبدأ لوتشاتلييه سوف تزداد سرعة التفاعل العكسي للتقليل من أثر هذه الزيادة، ويُزاح موضع الاتزان جهة اليسار.

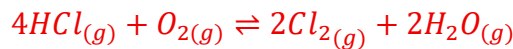
ونتيجةً لذلك؛ تنتج كمية جديدة من غاز  $PCl_5$  ويزداد تركيزه، وبمرور الوقت؛ تبدأ سرعة التفاعل العكسي بالتناقص وسرعة التفاعل الأمامي بالتزايد، إلى أن تصبح السرعتان متساويتين، فيعود التفاعل إلى حالة الاتزان من جديد.

ويكون تركيز كل من  $PCl_5$ ،  $PCl_3$ ،  $Cl_2$  مختلفاً عنه قبل الإضافة، ولكن النسبة بينهما تبقى ثابتة.

في التفاعل المتزن الآتي:  $Ag^+_{(aq)} + 2NH_{3(aq)} \rightleftharpoons Ag(NH_3)_2^+_{(aq)}$  ما أثر إضافة قطرات من محلول  $AgNO_3$  إلى وعاء التفاعل على تركيز كل من  $NH_3$  و  $Ag(NH_3)_2^+$



أوضح التغيرات التي تحدث لتراكيز المواد في وعاء التفاعل الآتي، عند إضافة كمية من غاز  $HCl$



يحترق غاز النيتروجين  $N_2$  بوجود الأكسجين  $O_2$  في وعاء مغلق؛ وينتج غاز أول أكسيد النيتروجين  $NO$  ويصل التفاعل إلى حالة الاتزان وفق المعادلة الآتية:  $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$  أوضّح التغيرات التي تحدث لتركيز كلٍّ من  $NO$  و  $N_2$

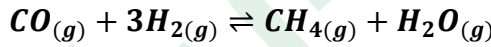


### 2 الضغط

يتأثر ضغط الغاز المحصور في وعاءٍ مغلقٍ بحجم ذلك الوعاء وعدد مولات الغاز فيه، حيث يتناسب ضغط الغاز عكسيًا مع حجم الوعاء عند ثبات درجة الحرارة، وطردّيًا مع عدد مولات الغاز؛ فيزداد ضغط الغاز بزيادة عدد المولات عند ثبات درجة الحرارة. في حين لا تتأثر المواد الصلبة والمواد السائلة بتغيرات الضغط في وعاء التفاعل.

### افهم هاي منيح

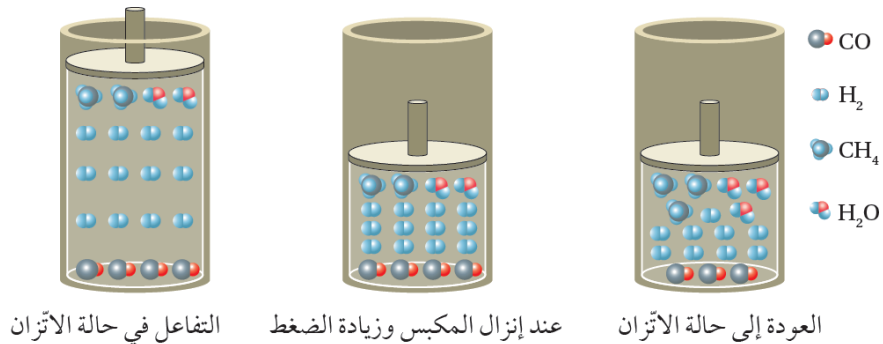
تُجرى التفاعلات التي تشتمل على الغازات في أوعية مغلقة لضمان عدم فقدانها أي كمية من الغازات المُتفاعلة أو الناتجة كي يصل التفاعل إلى حالة الاتزان. ويمكن تغيير ضغط الغاز في وعاء التفاعل بالتحكم في حجم الوعاء، فمثلًا؛ يُحصّر غاز الميثان  $CH_4$  صناعيًا بتفاعل غاز أول أكسيد الكربون  $CO$  مع غاز الهيدروجين  $H_2$  كما في التفاعل المُتزن الآتي:



يمكن التحكم في موضع الاتزان عن طريق تغيير ضغط الغازات في وعاء التفاعل؛ إذ يُلاحظ من معادلة التفاعل أن هناك أربع مولاتٍ من الغازات المُتفاعلة  $(CO_{(g)} + 3H_{2(g)})$  ومولين من المواد الناتجة  $(CH_{4(g)} + H_2O_{(g)})$ ، وعند إنزال المكبس للأسفل كما في الشكل (6) يقل حجم الوعاء ويزداد الضغط في وعاء التفاعل، وللتقليل من أثر زيادة الضغط؛ يعمل التفاعل على إزاحة موضع الاتزان إلى الجهة التي تحتوي على عدد مولاتٍ أقل من المواد الغازية؛ أي جهة المواد الناتجة، فتزداد سرعة التفاعل الأمامي. ويقل بذلك عدد المولات في وعاء التفاعل ويقل الضغط.

ومع زيادة تركيز غاز الميثان تزداد سرعة التفاعل العكسي في حين تتناقص سرعة التفاعل الأمامي إلى أن تتساوى السرعتان، ويعود التفاعل إلى حالة الاتزان من جديد، أنظر الشكل (6)

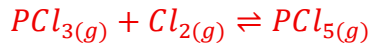
الشكل (6): شكل توضيحي  
لأثر تغير الضغط في موضع  
الاتزان.



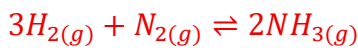
أوضح أثر زيادة حجم وعاء التفاعل في موضع الاتزان في التفاعل المتزن الآتي:



أحدد الجهة التي يزاح موضع الاتزان نحوها في التفاعل الآتي؛ عند زيادة الضغط الكلي لخليط الغازات:

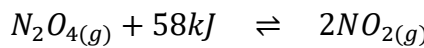


أوضح أثر زيادة حجم الوعاء في موضع الاتزان في التفاعل الآتي:



### 3 درجة الحرارة

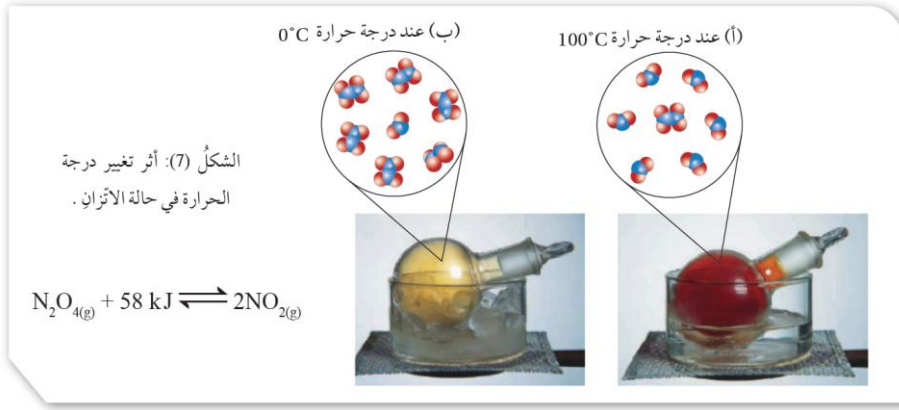
يختلف تأثير درجة الحرارة في الاتزان الكيميائي تبعاً لنوع التفاعل؛ إذا كان ماصاً للحرارة (  $\Delta H$  موجبة ) أم طارداً لها (  $\Delta H$  سالبة ) ولمعرفة ذلك؛ يُمكن دراسة أثر تغيير درجة الحرارة لتفاعل مُتزنٍ ماصٍ للحرارة مثل تفاعل تحلل رباعي أكسيد ثنائي النيتروجين  $N_2O_4$  كما في المعادلة الآتية:



عديم اللون

لون بني محمر

يكون التفاعل في حالة اتزان عند درجة حرارة الغرفة، ويكون لون خليط الغازات في وعاء التفاعل بُنيًا محمرًا، وعند تسخين خليط الغازات تزداد درجة حرارته، مما يدفع التفاعل إلى تعديل موضع الاتزان، ويتجه نحو الجهة التي تستهلك الحرارة الزائدة وفق مبدأ لوتشاتلييه؛ أي جهة إنتاج  $NO_2$  ويزداد تركيزه في وعاء التفاعل ويقل تركيز  $N_2O_4$  لذا يُلاحظ حدوث زيادة في شدة اللون البني المحمر، أنظر الشكل (أ/7) وتستقر شدته بعد مدة من الزمن، ويصل التفاعل إلى حالة اتزان جديدة ولا يعود إلى لونه السابق مرةً أخرى، ما يعني أن حالة الاتزان الجديدة وموضعها يختلفان عما كانا عليه قبل التسخين.



أمّا عند خفض درجة حرارة الخليط؛ فإنّ التفاعل يتّجه نحو الجهة التي تزيد من إنتاج الحرارة، ويندفع التفاعل بالاتجاه العكسي، أيّ جهة تكوين  $\text{N}_2\text{O}_4$  فيزداد تركيزه ويقل تركيز  $\text{NO}_2$  ، وبذلك يصبح لون المحلول مائلاً إلى اللون الأصفر، أنظر الشكل (7/ب)، ما يعني أن التفاعل وصل إلى حالة اتزان جديدة؛ أي أن الاتزان وموضعه أزيحاً نحو المواد المتفاعلة.

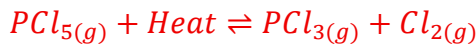
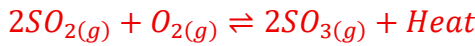
يتّضح مما سبق أن تغيير **درجة حرارة التفاعل المتّزن يؤدي إلى حالة اتزان جديدة، لا يعود فيها التفاعل إلى حالة الاتزان التي كان عليها.**

يُحضّر الميثانول صناعياً كما في المعادلة الآتية، حيث يصل التفاعل إلى حالة الاتزان:



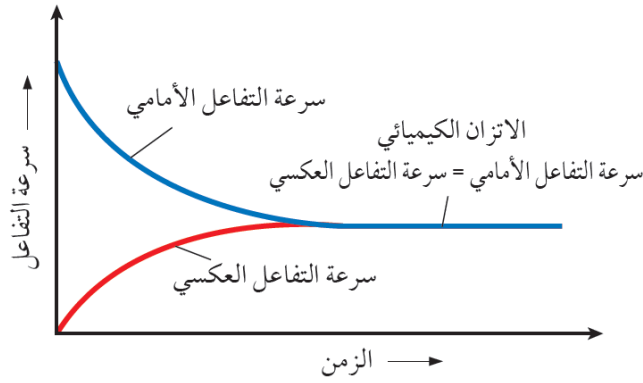
ما أثر زيادة درجة حرارة التفاعل على كمية الميثانول الناتج؟

أحدّد الجهة التي يُزاح نحوها الاتزان في التفاعل الآتي عند زيادة درجة الحرارة:

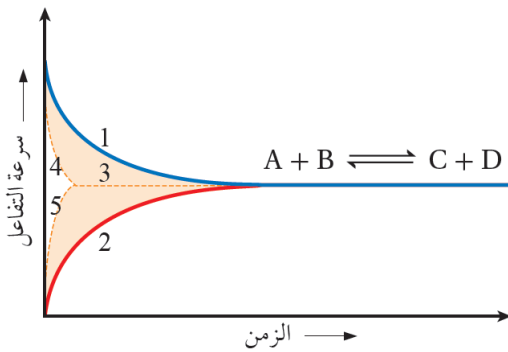


### 4 العامل المساعد (الحفاز)

تصل التفاعلات المنعكسة إلى حالة اتزان كيميائي، ويعني ذلك أن سرعة التفاعل الأمامي تساوي سرعة التفاعل العكسي، وتثبت تراكيز كل من المواد المتفاعلة والناجئة، ويستمر التفاعل بالحدوث في الاتجاهين الأمامي والعكسي. أنظر الشكل (8)، حيث يوضح تغير سرعة التفاعل مقابل الزمن.



- يؤثر العامل المساعد في سرعة كل من التفاعلين الأمامي والعكسي، ويعرف **العامل المساعد (الحفاز)** بأنه مادة تزيد من سرعة التفاعل الكيميائي دون أن تُستهلك أثناء التفاعل.
- وقد بينت التجارب أن العامل المساعد يمهد مسارًا بديلًا للتفاعل، مما يجعل حدوث التفاعل أسرع؛ أي في زمن أقل.
- وعند إضافة عامل مساعد إلى وعاء التفاعل؛ فإن موضع الاتزان لا يتأثر؛ إنما تزداد سرعة وصول التفاعل إلى حالة الاتزان، ويقلّ الزمن اللازم لذلك. أنظر الشكل (9) الذي يوضح أثر العامل المساعد في حالة الاتزان.



1. سرعة التفاعل الأمامي بدون عامل مساعد.
2. سرعة التفاعل العكسي بدون عامل مساعد.
3. حالة الاتزان الكيميائي.
4. سرعة التفاعل الأمامي بوجود عامل مساعد.
5. سرعة التفاعل العكسي بوجود عامل مساعد.

## مراجعةُ الدرس

1 . الفكرةُ الرئيسةُ: أصفُ الاتزانَ الكيميائي وأحدّدُ العواملَ المؤثرةَ فيه.

2 . أوضّحُ المقصودَ بكلٍّ من:

- التفاعلات المنعكسة
- مبدأ لوتشاتلييه.

3 . أوضّحُ التغيّرات التي تحدث لتركيز الأمونيا  $\text{NH}_3$  في التفاعلِ المُتزن في الحالات الآتية:

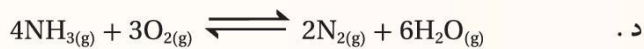
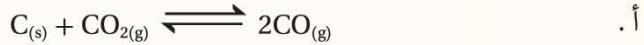


أ . زيادةُ تركيز  $\text{PCl}_3$ .

ب . سحب كمية من  $\text{HCl}$  من وعاء التفاعل.

جـ . إضافة كمية من  $\text{P}(\text{NH}_2)_3$  إلى وعاء التفاعل.

4 . أحدّدُ التفاعلات التي تؤدي زيادة الضغط الكلي لها إلى إنتاج كمية أكبر من المواد الناتجة:



5 . **أستنتجُ** أثر التغيّرات الآتية في موضع الاتزان للتفاعل الآتي:



أ . زيادة حجم وعاء التفاعل.

ب . زيادة درجة الحرارة.

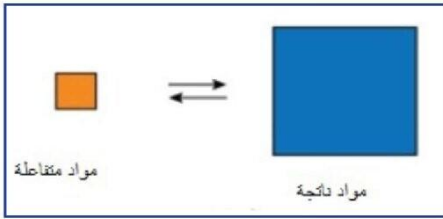
جـ . إضافة كمية من بخار الماء.



6. أختار الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:

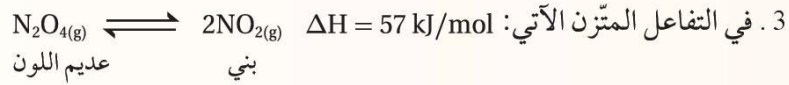
1. إحدى العبارات الآتية صحيحة دائماً في التفاعلات المتزنة:

- أ. يُزاح الاتزان دائماً نحو تكوين المواد الناتجة.
- ب. تكون سرعة التفاعل الأمامي أكبر من سرعة التفاعل العكسي.
- ج. تثبت كمية كل من المواد المتفاعلة والمواد الناتجة.
- د. يتوقف كل من التفاعل الأمامي والعكسي.

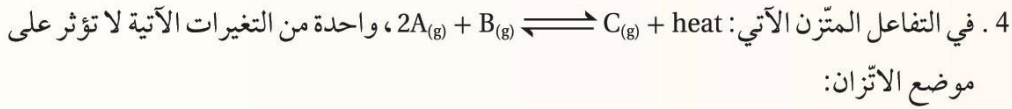


2. إحدى العبارات الآتية تصف الاتزان المبين في الشكل:

- أ. كمية المواد الناتجة أقل من كمية المواد المتفاعلة.
- ب. كمية المواد الناتجة أكبر من كمية المواد المتفاعلة.
- ج. سرعة التفاعل الأمامي أصغر من سرعة التفاعل العكسي.
- د. الاتزان مزاح نحو اليسار.



- أيُّ التغيرات الآتية يؤدي إلى ظهور لون بني غامق في وعاء التفاعل:
- أ. زيادة درجة الحرارة.
- ب. إضافة عامل مساعد.
- ج. زيادة الضغط.
- د. تخفيض درجة الحرارة.



- أ. سحب B من وعاء التفاعل.
- ب. تخفيض حجم وعاء التفاعل.
- ج. التسخين.
- د. إضافة عامل مساعد.



- التغيير في كل من الضغط ودرجة الحرارة الذي ينتج عنهما أكبر كمية من غاز أول أكسيد الكربون CO هو:
- أ. زيادة كل من الضغط ودرجة الحرارة.
  - ب. نقصان كل من الضغط ودرجة الحرارة.
  - ج. زيادة الضغط ونقصان درجة الحرارة.
  - د. نقصان الضغط وزيادة درجة الحرارة.

## السؤال الأول:

حالة الاتزان يستمر عندها حدوث التفاعل بالاتجاهين الأمامي والعكسي بالسرعة نفسها، وعندها لا يحدث تغيير على تراكيز المواد المتفاعلة والنتيجة أي تكون ثابتة.

العوامل المؤثرة في الاتزان: التركيز، الضغط، درجة الحرارة، في حين أن العامل المساعد يزيد من سرعة الوصول إلى حالة الاتزان ولا يغير من موضع الاتزان.

## السؤال الثاني:

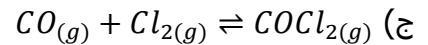
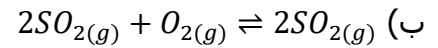
**التفاعلات المنعكسة:** تفاعلات تحدث بالاتجاهين الأمامي والعكسي، فالمواد المتفاعلة تتفاعل وتكون المواد الناتجة، والمواد الناتجة تتفاعل لتكوين المواد المتفاعلة.

**مبدأ لوتشاتلييه:** ينص أنه إذا حدث تغيير في أحد العوامل المؤثرة في الاتزان لتفاعل كيميائي مُتزنٍ مثل التركيز أو الضغط أو درجة الحرارة فإنّ التفاعل يعمل على تعديل موضع الاتزان للتقليل من أثر ذلك التغيير.

## السؤال الثالث:

(أ) يقل تركيزها (ب) يقل تركيزها (ج) يزداد تركيزها

## السؤال الرابع:



## السؤال الخامس:

(أ) يزاح جهة اليسار

(ب) يزاح جهة اليسار

(ج) يزاح جهة اليمين

## السؤال السادس:

5	4	3	2	1
د	د	أ	ب	ج

## الدرس الثاني: تعبيرات ثابت الاتزان والحسابات المتعلقة فيه

### ثابت الاتزان

عرفت في ما سبق أنه عند وصول التفاعل إلى حالة الاتزان يستمر حدوث التفاعل بالاتجاهين الأمامي والعكسي بالسرعة نفسها، وتبقى تراكيز المواد الناتجة والمتفاعلة ثابتة.

### هل يمكن التأثير على تركيز المواد المتفاعلة والناتجة؟

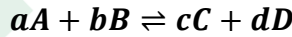
ويمكن التأثير عليها بإزاحة موضع الاتزان نحو اليسار أو اليمين بتغيير ظروف التفاعل من تركيز أو ضغط أو درجة حرارة، ثم يعود التفاعل إلى حالة الاتزان من جديد.

### تعبير ثابت الاتزان

توصلَ العالمان النرويجيان كاتو جولدبيرج وبيتر وييج إلى علاقة تصفُ حالة الاتزان سُميت **قانون فعل الكتلة** وينصُّ أنه عند درجة حرارة معينة يصل التفاعل إلى حالة تكون عندها نسبة تراكيز المواد الناتجة إلى تراكيز المواد المتفاعلة مرفوعًا كلُّ منها إلى قوّة تساوي معاملها في المعادلة الموزونة، قيمة ثابتة تُسمى **ثابت الاتزان**

### تمكين

فإذا كان لدينا التفاعل الافتراضي الآتي:



فإننا نجد أن ثابت الاتزان ويُرمز له ( $K_{eq}$ ) يُمثل حاصل ضرب تراكيز المواد الناتجة مقسومًا على حاصل ضرب تراكيز المواد المتفاعلة مرفوعًا كلُّ منها إلى قوّة تساوي معاملها ( $a, b, c, d$ ) في المعادلة الموزونة، ويُعبّر عنه على النحو الآتي:

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

عندما يعبر عن كميات المواد المتفاعلة والناتجة في التفاعل بدلالة التركيز المولاري يُرمز لثابت الاتزان في هذه الحالة  $K_c$  بدلًا من  $K_{eq}$ .

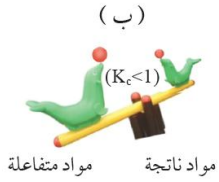
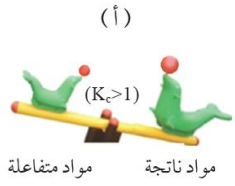
فمثلاً؛ في التفاعل:  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$  يعبر عن ثابت الاتزان للتفاعل على النحو الآتي:

$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N] \cdot [H_2]^3}$$

### أهمية ثابت الاتزان

- يستفاد من قيمة ثابت الاتزان في تحديد الجهة التي يُزاح إليها الاتزان، وحساب كميات المواد الناتجة والمُتفاعلة عند الاتزان، فإذا كانت قيمة ثابت الاتزان أكبر من واحد ( $K_c > 1$ ) يكون موضع الاتزان مُزاحًا إلى جهة المواد الناتجة، وتكون تراكيز المواد الناتجة أكبر من تراكيز المواد المُتفاعلة، وبهذا يكون مردودُ التفاعل أكبر.

- بينما إذا كانت قيمة ثابت الاتزان أقلّ من واحد ( $K_c < 1$ )؛ يكون موضع الاتزان مُزاحًا إلى جهة المواد المُتفاعلة، وتكون تراكيز المواد الناتجة أقلّ من تراكيز المواد المُتفاعلة ويكون مردود التفاعل قليلًا.



الشكل (10/أ، ب): الجهة التي يزاح إليها الاتزان.

### هل قيمة ثابت الاتزان بتتغير؟

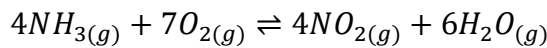
وتعتمد قيمة ثابت الاتزان على درجة الحرارة؛ فهناك قيم مختلفة لثابت الاتزان للتفاعل نفسه عند درجات حرارة مختلفة؛ فعند زيادة درجة الحرارة لتفاعل مُتزن ماصّ للطاقة يعدل الاتزان موضعه لتقليل أثر هذه الزيادة، وذلك بزيادة سرعة التفاعل الأمامي، فتزداد تراكيز المواد الناتجة وتقل تراكيز المواد المتفاعلة فتزداد قيمة ثابت الاتزان، ويحدث العكس إذا كان التفاعل طاردًا للطاقة.

### تصنيف الاتزان؟

كثير من التفاعلات الكيميائية تكون فيها المواد في حالات فيزيائية مختلفة؛ لذا يمكن تصنيف الاتزان تبعًا إلى الحالة الفيزيائية للمواد إلى نوعين هما: **اتزان متجانس**، و**آخر غير متجانس**.

### 1 الاتزان المتجانس

كثير من التفاعلات الكيميائية المُتزنة تكون فيها المواد المُتفاعلة والناتجة جميعها في الحالة الفيزيائية نفسها، وفي هذه الحالة يُوصف الاتزان بأنه **اتزان متجانس** ويُعبّر عن ثابت الاتزان لهذه التفاعلات بدلالة تراكيز المواد كلّها في التفاعل، فمثلاً؛ يتفاعل غاز الأمونيا مع غاز الأكسجين وينتج غاز ثاني أكسيد النيتروجين وبخار الماء كما في المعادلة الآتية:

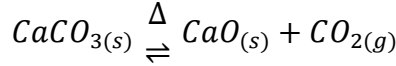


يُعبّر عن ثابت الاتزان لهذا التفاعل على النحو الآتي:

$$K_c = \frac{[NO_2]^4 [H_2O]^6}{[NH_3]^4 [O_2]^7}$$

2 الاتزان غير المتجانس

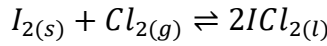
تختلف الحالة الفيزيائية للمواد المتفاعلة والناتجة (صلبة، وسائلة، وغازية) في بعض التفاعلات الكيميائية المتزنة، ويوصف الاتزان بأنه **اتزان غير متجانس** وقد وجد أن تراكيز المواد الصلبة في التفاعل تبقى ثابتة؛ إذ إن كمية المادة في وحدة الحجم منها تبقى ثابتة، لذلك تدمج مع قيمة ثابت الاتزان ولا تكتب في تعبير ثابت الاتزان، فمثلاً؛ تتحلل كربونات الكالسيوم  $CaCO_3$  بالحرارة في وعاء مغلق كما في المعادلة الآتية:



وقد وجد أن ثابت الاتزان يعتمد فقط على تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون  $CO_2$  ويُعبّر عنه على النحو الآتي:

$$K_c = [CO_2]^1$$

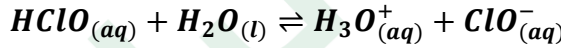
وكذلك بالنسبة للمادّة السائلة؛ فإنّ تركيزها يُمثّل كثافتها، وهي قيمة ثابتة مهما تغيرت كميتها، ومن ثمّ فإنّ تركيزها يبقى ثابتاً فيدمج مع قيمة ثابت الاتزان، فمثلاً؛ يتفاعل اليود الصلب مع غاز الكلور وفق المعادلة الآتية:



ألاحظ أن الحالة الفيزيائية لليود صلبة ولكلوريد اليود (l) سائلة، ومن ثم فإنّ تركيز كلّ منهما يبقى ثابتاً فيدمج في قيمة ثابت الاتزان، ولا يكتب في تعبير ثابت الاتزان ويعبر عنه كما يأتي:

$$K_c = \frac{1}{[Cl_2]}$$

وينطبق ذلك على الماء بوجه عام، وكذلك عندما يكون الماء مذيباً كما في المعادلة الآتية:

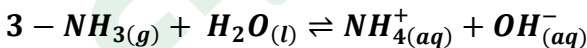
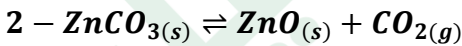


فإنّ تركيزه يبقى ثابتاً تقريباً فيدمج في قيمة ثابت الاتزان؛ ويُعبّر عن ثابت الاتزان كالآتي:

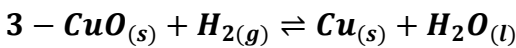
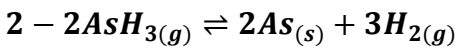
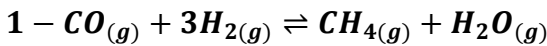
$$K_c = \frac{[H_3O^+][ClO^-]}{[HClO]}$$

حل أسئلة

1 - أكتب تعبير ثابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية للمواد لكلّ من التفاعلات الآتية:



2 - أكتب تعبير ثابت الاتزان بدلالة الضغط الجزئي للغازات في كلّ من التفاعلات الآتية:



3 - أفكر: أكتبُ معادلة التفاعل؛ إذا كان تعبير ثابت الاتزان لخليط من الغازات في وعاءٍ تفاعلٍ هو:  $K_c = \frac{[NO]^2[Cl_2]}{[NOCl]^2}$

(أ) أعطى  $(K_c)$  - اكتب المعادلة

$$1 - K_c = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]}$$

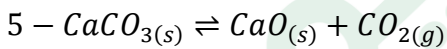
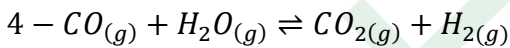
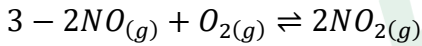
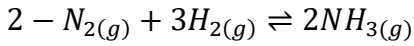
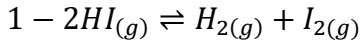
$$2 - K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$$

$$3 - K_c = \frac{[NOBr]^2}{[NO]^2[Br_2]}$$

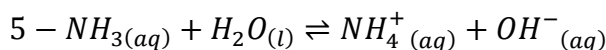
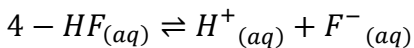
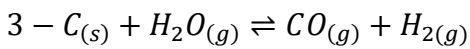
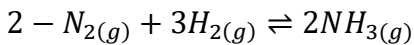
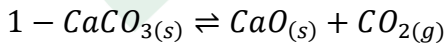
$$4 - K_c = \frac{[CO]^2[H_2O]^2}{[CO_2]^2[H_2]^2}$$

$$5 - K_c = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2}$$

(ب) أعطيت المعادلة - اكتب  $K_c$

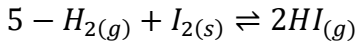
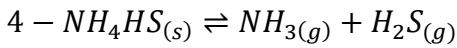
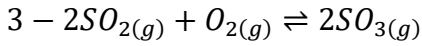
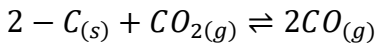
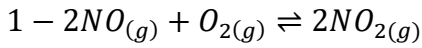


(ج) تمارين  $K_c$  بدلالة التراكيز





(د) تمارين  $K_c$  بدلالة الضغوط



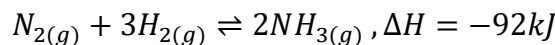
### الحسابات المتعلقة بثابت الاتزان

يستخدم قانون فعل الكتلة في تطبيقات صناعية واسعة لوصف حالة الاتزان في الأنظمة الكيميائية المتزنة؛ مهما كانت الحالات الفيزيائية للمواد الكيميائية فيها، وقد عرفنا في ما سبق أن نسبة تراكيز المواد الناتجة إلى تراكيز المواد المتفاعلة التي يُعبّر عنها ثابت الاتزان  $K_c$  عند درجة حرارة معينة تبقى ثابتة مهما اختلفت تراكيز المواد المستخدمة في التفاعل.

الجدول (1): قيم ثابت الاتزان لتفاعل الأمونيا في تجارب عدّة عند درجة حرارة  $500^\circ C$ .

ثابت الاتزان	التركيز عند الاتزان (بوحدة M)	التركيز الابتدائي (بوحدة M)	التجربة
$K_c = 6.02 \times 10^{-2}$	$[N_2] = 0.921$	$[N_2]_o = 1$	1
	$[H_2] = 0.763$	$[H_2]_o = 1$	
	$[NH_3] = 0.157$	$[NH_3]_o = 0$	
$K_c = 6.02 \times 10^{-2}$	$[N_2] = 0.399$	$[N_2]_o = 0$	2
	$[H_2] = 1.197$	$[H_2]_o = 0$	
	$[NH_3] = 0.203$	$[NH_3]_o = 1$	
$K_c = 6.02 \times 10^{-2}$	$[N_2] = 2.59$	$[N_2]_o = 2$	3
	$[H_2] = 2.77$	$[H_2]_o = 1$	
	$[NH_3] = 1.82$	$[NH_3]_o = 3$	

ويوضّح الجدول (1) قيم ثابت الاتزان لتفاعل إنتاج الأمونيا في تجارب عدّة أجريت عند درجة حرارة  $500^\circ C$  كما في المعادلة:



يتضح من الجدول أنّ قيمة ثابت الاتزان عند درجة حرارة معينة لا تتأثر بالتراكيز الابتدائية للمواد في التفاعل، لكنها تعتمد عملياً على تراكيز المواد في وعاء التفاعل عند الاتزان، وسوف نتعرف فيما يأتي كيفية حساب ثابت الاتزان، وحساب تراكيز المواد في التفاعل عند وصوله إلى حالة الاتزان.

حساب ثابت الاتزان



يُستخدم تعبير ثابت الاتزان  $K_c$  في حساب قيمة ثابت الاتزان للتفاعلات التي تحدث في أوعية مغلقة لا تسمح بخروج أي من المواد المتفاعلة أو الناتجة أو دخولها في أثناء التفاعل، ويستخدم في حساب تراكيز المواد عند وصول التفاعل إلى حالة الاتزان، والأمثلة الآتية توضح كيفية حساب ثابت الاتزان:

يصنع غاز الميثان وفق المعادلة الآتية:  $CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(g)}$  أحسب ثابت الاتزان عند حدوث التفاعل في وعاء مغلق حجمه  $2L$ ، وكان عدد مولات المواد المتفاعلة والناتجة على النحو الآتي:  $0.6 \text{ mol}$  من  $CO$ ، و  $0.2 \text{ mol}$  من  $H_2$  و  $0.12 \text{ mol}$  من  $CH_4$  و  $0.04 \text{ mol}$  من  $H_2O$  عند الاتزان، عند درجة حرارة معينة.



أحسب التركيز المولاري لكل غاز في وعاء التفاعل عند الاتزان كما يأتي:

$$M_{(CO)} = \frac{n}{V} = \frac{0.6}{2} = 0.3 \text{ M}$$

$$M_{(H_2)} = \frac{n}{V} = \frac{0.2}{2} = 0.1 \text{ M}$$

$$M_{(CH_4)} = \frac{n}{V} = \frac{0.12}{2} = 0.06 \text{ M}$$

$$M_{(H_2O)} = \frac{n}{V} = \frac{0.04}{2} = 0.02 \text{ M}$$

أحسب ثابت الاتزان:

$$K_c = \frac{[CH_4][H_2O]}{[CO][H_2]^3}$$

$$K_c = \frac{0.06 \times 0.02}{0.3 \times (0.1)^3} = 4$$

يتكون غاز كلوريد النيتروزيل  $NOCl$  من تفاعل أكسيد النيتروجين  $NO$  مع الكلور  $Cl_2$  كما في المعادلة:  $2NO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2NOCl_{(g)}$  أحسب ثابت الاتزان؛ إذا كانت الضغوط الجزئية للغازات في وعاء التفاعل عند الاتزان كما يأتي:  $p_{(NO)} = 0.05 \text{ atm}$ ،  $p_{(Cl_2)} = 0.3 \text{ atm}$ ،  $p_{(NOCl)} = 1.2 \text{ atm}$



أحسب ثابت الاتزان:

$$K_p = \frac{(P_{(NOCl)})^2}{(P_{(NO)})^2 (P_{(Cl_2)})}$$

$$K_p = \frac{(1.2)^2}{(0.05)^2 (0.3)} = \frac{1.44}{0.00075} = 1920$$

الاحظ أن قيمة  $K_p > 1$  ما يشير إلى أن موضع الإتزان مزاحاً جهة تكوين المواد الناتجة.

يتحلل غاز يوديد الهيدروجين  $HI$  ، وينتج خليطاً من غاز الهيدروجين  $H_2$  وبخار اليود  $I_2$  كما في المعادلة الآتية:  $2HI(g) \rightleftharpoons H_{2(g)} + I_{2(g)}$  وتشير شدة اللون البنفسجي لبخار اليود  $I_2$  الناتج إلى كميته في الخليط الغازي الناتج؛ فكلما زاد تركيز بخار اليود في الوعاء زادت شدة اللون، فإذا وضع  $4 \text{ mol}$  من يوديد الهيدروجين  $HI$  في وعاء مغلق حجمه  $5 \text{ L}$  عند درجة حرارة  $485^\circ\text{C}$  وُجد أنّ الوعاء عند الاتزان يحتوي  $0.442 \text{ mol}$  من بخار اليود  $I_2$ ، أحسب ثابت الاتزان للتفاعل عند درجة الحرارة نفسها



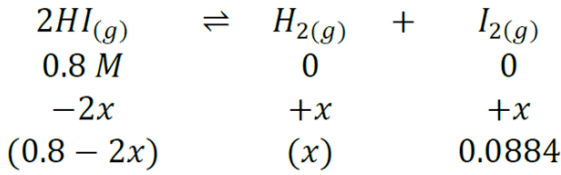
أحسب تركيز  $HI$  عند البداية:

$$[HI]_o = \frac{n_{HI}}{V} = \frac{4 \text{ mol}}{5 \text{ L}} = 0.8 \text{ M}$$

أحسب تركيز  $I_2$  عند الاتزان:

$$[I_2] = \frac{n_{I_2}}{V} = \frac{0.442 \text{ mol}}{5 \text{ L}} = 0.0884 \text{ M}$$

أحسب تركيز جميع المواد عند الاتزان كما يأتي:



التركيز عند بداية التفاعل:  
التغيرات التي تطرأ على التركيز:  
التركيز عند الاتزان:

يتضح من المعادلة أن:

$$[H_2] = [I_2] = 0.0884 \text{ M}$$

$$[HI] = 0.8 - 2x = 0.8 - 0.1768 = 0.623$$

الآن يمكنني حساب ثابت الاتزان كما يأتي:

$$K_C = \frac{[H_2][I_2]}{[HI]^2} = \frac{0.0884 \times 0.0884}{(0.623)^2} = \frac{0.0078}{0.338} = 0.02$$

ألاحظ أن قيمة  $K_C < 1$  ما يشير إلى أن موضع الاتزان مزاخاً جهة المواد المتفاعلة.

حساب تراكيز المواد عند الاتزان



يرافق حدوث التفاعلات الكيميائية تغيرات في تراكيز المواد المتفاعلة والناجمة إلى حين وصول التفاعل إلى حالة الاتزان، وتعتمد هذه التغيرات على النسب المولية للمواد في المعادلة الموزونة، ويمكن حساب تراكيز المواد في التفاعل عند الاتزان باستخدام ثابت الاتزان، والأمثلة الآتية توضح ذلك:

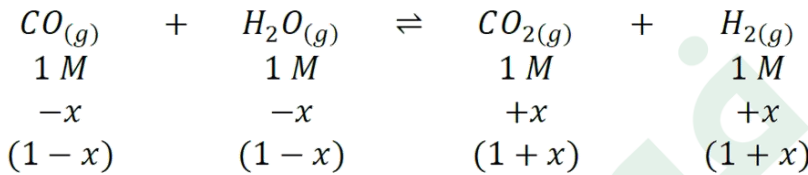
يتفاعل غاز أول أكسيد الكربون  $CO$  مع بخار الماء لإنتاج غازي ثاني أكسيد الكربون  $CO_2$  والهيدروجين  $H_2$  كما في المعادلة الآتية:  $CO_{(g)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + H_{2(g)}$  فإذا وضع  $1 \text{ mol}$  من كلٍّ من هذه الغازات في وعاءٍ حجمه  $1 \text{ L}$ ، وكان ثابت الاتزان عند  $700 \text{ K}$  يساوي  $5.10$ ؛ أحسب تركيز كلٍّ من هذه الغازات عند الاتزان.



أحسب التركيز الابتدائي لكل غاز:

$$[CO]_o = [H_2O]_o = [CO_2]_o = [H_2]_o = \frac{n}{V} = \frac{1}{1} = 1 \text{ M}$$

يمكن تنظيم التغيرات التي تطرأ على تراكيز المواد على النحو الآتي:



التركيز عند بداية التفاعل:  
التغيرات التي تطرأ على التركيز:  
التركيز عند الاتزان:

والآن؛ أكتب تعبير ثابت الاتزان ثم أعوض كما يأتي:

$$K_C = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} \rightarrow K_C = 5.1 = \frac{(1+x)(1+x)}{(1-x)(1-x)} = \frac{(1+x)^2}{(1-x)^2}$$

وبأخذ الجذر للطرفين أحصل على ما يأتي:

$$\sqrt{5.1} = 2.26 = \frac{1+x}{1-x} \rightarrow 2.26(1-x) = (1+x) \rightarrow x = 0.387$$

أحصل على تراكيز الغازات عند الاتزان بتعويض قيمة  $x$  كما يأتي:

$$[CO] = [H_2O] = 1 - x = 1 - 0.387 = 0.613 \text{ M}$$

$$[CO_2] = [H_2] = 1 + x = 1 + 0.387 = 1.387 \text{ M}$$



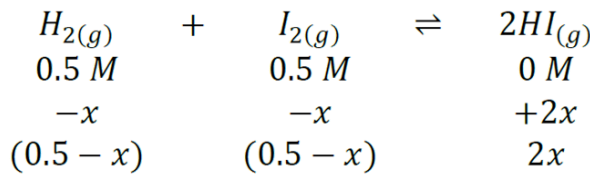
يتفاعل غاز الهيدروجين  $H_2$  مع بخار اليود  $I_2$  لتكوين غاز يوديد الهيدروجين  $HI$  كما في المعادلة:  
 $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$  خلط  $0.5 \text{ mol } H_2$  مع  $0.5 \text{ mol } I_2$  في وعاءٍ حجمه  $1 \text{ L}$ ، وسُخِّن الخليط إلى درجة حرارة  $458^\circ\text{C}$  حتى وصل إلى الاتزان؛ فكانت قيمة ثابت الاتزان عندها تساوي  $50$ ؛ أحسب تراكيز الغازات كلّها عند الاتزان.

أحسب التركيز الابتدائي لكل غاز:

$$[H_2]_0 = \frac{n}{V} = \frac{0.5}{1} = 0.5 \text{ M}$$

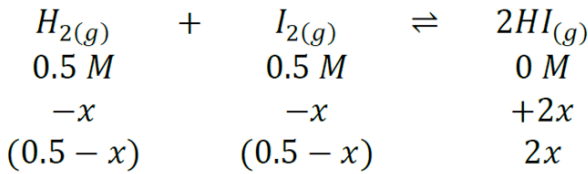
$$[I_2]_0 = \frac{n}{V} = \frac{0.5}{1} = 0.5 \text{ M}$$

يمكن تنظيم التغيرات التي تطرأ على تراكيز المواد على النحو الآتي:



التراكيز عند بداية التفاعل:  
 التغيرات التي تطرأ على التراكيز:  
 التراكيز عند الاتزان:

يمكن تنظيم التغيرات التي تطرأ على تراكيز المواد على النحو الآتي:



التراكيز عند بداية التفاعل:  
 التغيرات التي تطرأ على التراكيز:  
 التراكيز عند الاتزان:

أطبق قانون ثابت الاتزان ثم أعوّض عن ثابت الاتزان وتراكيز المواد عند الاتزان:

$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$$

$$50 = \frac{(2x)^2}{(0.5 - x)(0.5 - x)}$$

وبأخذ الجذر التربيعي للطرفين أحصل على ما يأتي:

$$7.07 = \frac{2x}{0.5 - x}$$

$$3.535 - 7.07x = 2x \rightarrow x = 0.39$$

أحصل على تراكيز الغازات عند الاتزان بتعويض قيمة  $x$  كما يأتي:

$$[H_2] = [I_2] = 0.5 - 0.39 = 0.11 \text{ M}$$

$$[HI] = 2x = 2 \times 0.39 = 0.78 \text{ M}$$

حل تمارين



يتفكّك غاز  $NO$  وفق المعادلة الآتية:  $2NO_{(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + O_{2(g)}$  إذا كان التركيز الابتدائي لـ  $NO$  يساوي  $0.2 M$  أحسب تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة عند الاتزان عند درجة حرارة  $1000^\circ C$  علماً بأن ثابت الاتزان  $K_c$  يساوي  $2.4 \times 10^3$



أجرى مجموعة من الطلبة تجربة لإنتاج فلوريد الهيدروجين  $HF$ ؛ إذ وضعوا  $3 mol H_2$  و  $3 mol F_2$  في وعاء حجمه  $3 L$ ، وتركوها لتتفاعل كما في المعادلة الآتية:  $H_{2(g)} + F_{2(g)} \rightleftharpoons 2HF_{(g)}$  أحسب تراكيز المواد عند الاتزان؛ علماً أن ثابت الاتزان  $K_c$  يساوي (115) عند درجة حرارة معينة.



أحسب ثابت الاتزان لتحلل غاز الفوسجين  $COCl_2$  في وعاء مغلق حجمه  $0.4 L$  كما في المعادلة الآتية:  $COCl_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + Cl_{2(g)}$  إذا كان عدد مولات الغازات في وعاء التفاعل عند الاتزان كما يأتي:



$$n_{CO} = 0.071 mol, n_{Cl_2} = 0.071 mol, n_{COCl_2} = 3 mol$$



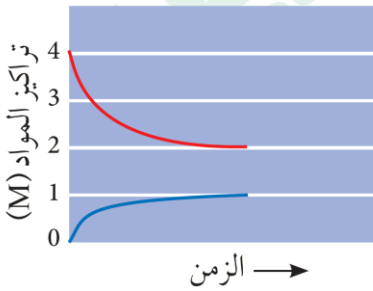
سخن خليط من غاز الهيدروجين  $0.7 \text{ mol } H_2$  مع غاز البروم  $0.44 \text{ mol } Br_2$  في وعاء حجمه  $2 \text{ L}$  إلى درجة حرارة  $700 \text{ K}$  وحدث التفاعل الآتي:  $H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$  وجد أن عدد مولات الهيدروجين  $H_2$  عند الاتزان يساوي  $0.28 \text{ mol}$  أحسب:



أ - تركيز كل من  $H_2$ ,  $Br_2$ ,  $HBr$  عند الاتزان

ب - ثابت الاتزان  $K_c$

يبين الشكل النتائج التجريبية لإحدى التجارب، ويمثل المنحنى الأحمر المادة  $A$ ، ويمثل المنحنى الأزرق المادة  $B$ ، أحسب ثابت الاتزان؟



• لكل سؤال اعتبر التفاعل نفسه  $COCl_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + Cl_{2(g)}$  وطبق  $K_c = \frac{[CO][Cl_2]}{[COCl_2]}$  مع  $\frac{n}{V}$  [ ]

1 - في وعاء حجمه  $0.40\text{ L}$  :  $n_{CO} = 0.071$  ,  $n_{Cl_2} = 0.071$  ,  $n_{COCl_2} = 3$  ما قيمة  $K_c$ :

(أ)  $1.6 \times 10^{-2}$  (ب)  $4.2 \times 10^{-3}$

(ج)  $2.4 \times 10^{-4}$  (د)  $7.5 \times 10^{-3}$

2 - وعاء حجمه  $2.00\text{ L}$  :  $n_{CO} = 0.12$  ,  $n_{Cl_2} = 0.12$  ,  $n_{COCl_2} = 1.5$  ما قيمة  $K_c$ :

(أ)  $3.6 \times 10^{-3}$  (ب)  $4.8 \times 10^{-3}$

(ج)  $7.5 \times 10^{-3}$  (د)  $1.2 \times 10^{-2}$

3 - وعاء حجمه  $1.00\text{ L}$  :  $n_{CO} = 0.20$  ,  $n_{Cl_2} = 0.20$  ,  $n_{COCl_2} = 0.80$  ما قيمة  $K_c$ :

(أ)  $0.020$  (ب)  $0.050$

(ج)  $0.080$  (د)  $0.125$

4 - وعاء حجمه  $0.50\text{ L}$  :  $n_{CO} = 0.05$  ,  $n_{Cl_2} = 0.05$  ,  $n_{COCl_2} = 0.45$  ما قيمة  $K_c$ :

(أ)  $1.11 \times 10^{-2}$  (ب)  $5.56 \times 10^{-3}$

(ج)  $2.50 \times 10^{-2}$  (د)  $9.00 \times 10^{-2}$

5 - وعاء حجمه  $0.25\text{ L}$  :  $n_{CO} = 0.020$  ,  $n_{Cl_2} = 0.020$  ,  $n_{COCl_2} = 0.230$  ما قيمة  $K_c$ :

(أ)  $4.35 \times 10^{-3}$  (ب)  $6.96 \times 10^{-3}$

(ج)  $8.70 \times 10^{-3}$  (د)  $1.20 \times 10^{-2}$

في التفاعل  $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$  في وعاء حجمه  $2.0\text{ L}$  عند الاتزان:  $n_{N_2} = 0.2$ ,  $n_{H_2} = 0.6$ ,  $n_{NH_3} = 0.4$  احسب قيمة  $K_c$



- (أ)  $2.2 \times 10^{-2}$  (ب)  $7.4 \times 10^{-2}$   
(ج)  $1.5 \times 10^{-3}$  (د)  $3.3 \times 10^{-4}$

في التفاعل  $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$  في حجم  $1.0\text{ L}$  عند الاتزان:  $[H_2] = 0.20\text{ M}$ ,  $[I_2] = 0.20\text{ M}$ ,  $[HI] = 1.20\text{ M}$  احسب  $K_c$



- (أ)  $18.0$  (ب)  $6.0$   
(ج)  $1.8$  (د)  $0.18$

تفاعل التحلل  $PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$  في وعاء حجمه  $0.50\text{ L}$  احسب  $K_c$   $n_{PCl_5} = 0.20$ ,  $n_{PCl_3} = 0.10$ ,  $n_{Cl_2} = 0.10$



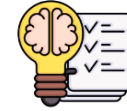
- (أ)  $0.10$  (ب)  $0.25$   
(ج)  $0.50$  (د)  $0.75$

في التفاعل  $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$  عند الاتزان ودرجة حرارة معينة  $[SO_2] = 0.20\text{ M}$ ,  $[O_2] = 0.10\text{ M}$ ,  $[SO_3] = 0.40\text{ M}$  احسب  $K_c$



- (أ)  $4.0$  (ب)  $2.0$   
(ج)  $1.0$  (د)  $0.5$

للتفاعل  $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + O_{2(g)}$  في وعاء حجمه  $1.0\text{ L}$  احسب  $K_c$   $[NO_2] = 0.40\text{ M}$ ,  $[NO] = 0.20\text{ M}$ ,  $[O_2] = 0.10\text{ M}$



- (أ)  $0.025$  (ب)  $0.10$   
(ج)  $0.50$  (د)  $1.0$

سخن خليط يحوي  $0.60 \text{ mol } H_2$  و  $0.30 \text{ mol } I_2$  في وعاء حجمه  $3.0 \text{ L}$  حتى حدث التفاعل الآتي:  
 $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$  وجد عند الاتزان أن عدد مولات  $H_2$  أصبح  $0.42 \text{ mol}$  احسب  $[HI]$  عند الاتزان:



- (أ)  $0.24 \text{ M}$   
 (ب)  $0.12 \text{ M}$   
 (ج)  $0.36 \text{ M}$   
 (د)  $0.16 \text{ M}$

في التفاعل  $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$  وضع  $0.8 \text{ mol } N_2$  و  $2.40 \text{ mol } H_2$  في وعاء  $4.0 \text{ L}$ ، عند الاتزان وجد أن عدد مولات  $NH_3 = 0.80 \text{ mol}$ ، قيمة  $K_c$  أقرب إلى:



- (أ)  $0.80$   
 (ب)  $1.6 \times 10^{-1}$   
 (ج)  $6.4 \times 10^{-2}$   
 (د)  $3.2$

لتفاعل  $SO_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightleftharpoons SO_{3(g)}$  أدخل في وعاء  $2.0 \text{ L}$ :  $0.50 \text{ mol } SO_2$  و  $0.30 \text{ mol } O_2$  فقط. عند الاتزان وجد  $SO_3 = 0.40 \text{ mol}$  احسب  $[SO_2]$  عند الاتزان:



- (أ)  $0.05 \text{ M}$   
 (ب)  $0.10 \text{ M}$   
 (ج)  $0.20 \text{ M}$   
 (د)  $0.25 \text{ M}$

في تفاعل:  $CO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons COCl_{2(g)}$ ، مُزج  $0.90 \text{ mol } CO$  و  $0.50 \text{ mol } Cl_2$ ، عند الاتزان تبقى  $0.30 \text{ mol } Cl_2$ ، احسب  $K_c$



- (أ)  $1.0$   
 (ب)  $2.0$   
 (ج)  $4.0$   
 (د)  $0.50$

في وعاء 1.5 L للتفاعل  $H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr_{2(g)}$  ، أضيف 0.30 mol  $H_2$  و 0.30 mol  $Br_2$  عند الاتزان كان  $[HBr] = 0.20 M$  ، احسب  $[H_2]$  عند الاتزان:



- (أ) 0.067 M  
(ب) 0.10 M  
(ج) 0.033 M  
(د) 0.13 M

تفاعل:  $PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$  ، وُضع 0.60 mol  $PCl_5$  في وعاء 3.0 L فقط. عند الاتزان وجد  $[Cl_2] = 0.10 M$  ، قيمة  $K_c$  أقرب إلى:



- (أ)  $1.1 \times 10^{-1}$   
(ب)  $2.5 \times 10^{-2}$   
(ج)  $4.0 \times 10^{-2}$   
(د)  $6.7 \times 10^{-3}$

في وعاء 2.5 L للتفاعل:  $NO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightleftharpoons NO_{2(g)}$  ابتدائياً  $NO = 0.50 mol$  ،  $O_2 = 0.25 mol$  عند الاتزان كان  $NO = 0.30 mol$  ، احسب  $[NO_2]$



- (أ) 0.08 M  
(ب) 0.16 M  
(ج) 0.10 M  
(د) 0.12 M

لتفاعل:  $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$  ، وُضع 1.20 mol  $NO_2$  في وعاء 4.0 L فقط. عند الاتزان كان  $[NO_2] = 0.20 M$  احسب  $K_c$



- (أ) 2.0  
(ب) 4.0  
(ج) 1.0  
(د) 0.50

تفاعل:  $H_2S_{(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)} + S_{(s)}$ . خلط  $0.80 \text{ mol } H_2S$  و  $0.40 \text{ mol } I_2$  في وعاء  $2.0 \text{ L}$ . عند الاتزان تبقى  $0.10 \text{ mol } I_2$  قيمة  $K_c$  أقرب إلى: (صلب الكبريت لا يدخل في التعبير)



(ب) 15

(أ) 7.5

(د) 60

(ج) 30

في وعاء  $1.0 \text{ L}$  للتفاعل:  $CO_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_2O_{(g)}$  ابتدائياً:  $[CO_2] = 0.50 \text{ M}$  ،  $[H_2] = 0.80 \text{ M}$  ولا توجد نواتج. عند الاتزان أصبح  $[CO] = 0.20 \text{ M}$ ، ما قيمة  $[H_2]$  عند الاتزان:



(ب)  $0.40 \text{ M}$

(أ)  $0.60 \text{ M}$

(د)  $0.80 \text{ M}$

(ج)  $0.20 \text{ M}$



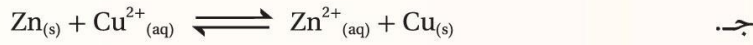
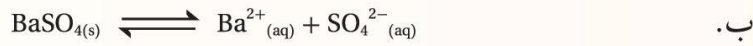
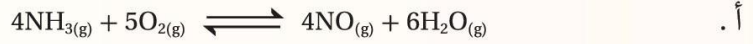
## مراجعة الدرس

1 . الفكرة الرئيسة: أفسّر دلالة ثابت الاتزان للتفاعل الكيميائي .

2 . أوضح المقصود بكل مما يأتي:

● قانون فعل الكتلة. ● الاتزان المتجانس.

3 . **أطبّق** أكتب تعبير ثابت الاتزان بدلالة تراكيز المواد لكل من التفاعلات الآتية:



4 . **استخدم الأرقام:** أدخل 0.65 mol من غاز  $\text{N}_2\text{O}_4$  إلى وعاء حجمه 0.5 L، وترك ليتفكك كما في المعادلة الآتية:



أحسب ثابت الاتزان، إذ وُجد أنّ الوعاء يحتوي على 0.5 mol من  $\text{NO}_2$  عند الاتزان.

5 . **استخدم الأرقام:** وضع 2 mol من كلّ من الأكسجين والنتروجين في وعاء حجمه 1 L لتتفاعل معاً وفق المعادلة الآتية:



وقد وُجد أن ثابت الاتزان للتفاعل عند درجة حرارة 150 K يُساوي  $1 \times 10^{-5}$ ؛ أحسب تراكيز المواد عند وصول التفاعل إلى حالة الاتزان.

6 . أختار الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:

1 . العبارة الصحيحة التي تصف الاتزان غير المتجانس، هي:

أ . تكون المواد المتفاعلة والنتيجة في الحالة الفيزيائية نفسها.

ب . تتنوع الحالة الفيزيائية للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة .

ج . تراكيز المواد الصلبة في التفاعل غير ثابتة.

د . يظهر تركيز السائل في قانون ثابت الاتزان.

2. قيمة ثابت الاتزان للتفاعل  $2\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(g)}$  تساوي  $K_c = 5 \times 10^{12}$  عند درجة حرارة

معينة فإن إحدى العبارات الآتية صحيحة:

- أ. يزاح موضع الاتزان جهة المواد الناتجة. ب. يتحلل  $\text{NO}_2$  بدرجة كبيرة.  
ج. يزاح موضع الاتزان جهة المواد المتفاعلة. د. يكون تركيز المواد المتفاعلة كبيراً عند الاتزان.

3. عند إذابة بروميد الفضة  $\text{AgBr}$  في الماء؛ فإن كمية قليلة منه تذوب في الماء عند درجة حرارة معينة، ويحدث

الاتزان الآتي:  $\text{AgBr}_{(s)} \rightleftharpoons \text{Ag}^+_{(aq)} + \text{Br}^-_{(aq)}$ ، ويُعبّر عن ثابت الاتزان بالمعادلة:  $K_c = [\text{Ag}^+][\text{Br}^-]$ ، فإذا أذيب في خليط التفاعل المتزن كمية قليلة من بروميد الصوديوم  $\text{NaBr}$ ؛ فإنه عند عودة التفاعل إلى حالة الاتزان:

- أ.  $[\text{Ag}^+]$  يزداد، و  $K_c$  يبقى ثابت. ب.  $[\text{Ag}^+]$  يقل، و  $K_c$  يبقى ثابت.  
ج.  $[\text{Ag}^+]$  لا يتغير و  $K_c$  يقل. د.  $[\text{Ag}^+]$  يقل، و  $K_c$  يزداد.

4. في التفاعل الآتي:  $2\text{A}_{(g)} \rightleftharpoons \text{C}_{(g)}$  إذا كانت  $K_c = 2$ .

أي الحالات الآتية صحيحة عند وصول التفاعل لحالة الاتزان عند درجة حرارة معينة:

- أ.  $2[\text{C}] = [\text{A}]^2$  ب.  $[\text{C}]^2 = 2[\text{A}]$   
ج.  $[\text{A}] = [\text{C}]$  د.  $2[\text{A}]^2 = [\text{C}]$

5. خلط  $0.1 \text{ mol}$  من غاز أول أكسيد النيتروجين  $\text{NO}$  مع  $0.1 \text{ mol}$  من غاز البروم  $\text{Br}_2$  في وعاء حجمه  $1\text{L}$ ،

وسُخّن الخليط إلى درجة حرارة  $350 \text{ K}$  وحدث التفاعل الآتي:  $2\text{NO}_{(g)} + \text{Br}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NOBr}_{(g)}$

عند الاتزان وجد أن تركيز  $\text{NOBr}$  يساوي  $0.08 \text{ M}$ ؛ لذلك فإن ثابت الاتزان  $K_c$  يساوي:

- أ. 1111 ب. 555.5  
ج. 266.7 د. 160.6

### السؤال الأول:

يدل ثابت الاتزان على نسب تراكيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة عند وصوله إلى حالة الاتزان ويستفاد من هذه النسب في تقدير الجدوى الاقتصادية للتفاعل

### السؤال الثاني:

**قانون فعل الكتلة:** ينص على أنه عند درجة حرارة معينة يصل التفاعل إلى حالة تكون عندها نسبة تراكيز المواد المتفاعلة إلى تراكيز المواد الناتجة قيمة ثابتة تسمى ثابت الاتزان

**الاتزان المتجانس:** حالة الاتزان التي تكون فيها المواد المتفاعلة والناتجة جميعها في الحالة الفيزيائية نفسها

### السؤال الثالث:

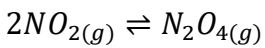
$$K_c = \frac{[NO]^4[H_2O]^6}{[NH_3]^4[O_2]^5} \quad (أ)$$

$$K_c = [Ba^{2+}][SO_4^{2-}] \quad (ب)$$

$$K_c = \frac{[Zn^{2+}]}{[Cu^{2+}]} \quad (ج)$$

$$K_c = \frac{[OH^-][CH_3NH_3^+]}{[CH_3NH_2]} \quad (د)$$

### السؤال الرابع:



التركيز عند البداية

$$\frac{0.65 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 1.3 \text{ M}$$

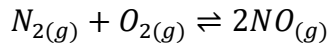
التراكيز عند الاتزان

$$\frac{0.5 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}}$$

$$1.3 - 1 = 0.3 \text{ M}$$

$$K_c = \frac{[NO]^2}{[N_2O_4]} = \frac{(1)^2}{0.3} = 3.33$$

السؤال الخامس:



$$2M \quad 2M \quad 0$$

$$-x \quad -x \quad +2x$$

$$2-x \quad 2-x \quad 2x$$

التراكيز عند البداية:

التغير في التركيز:

عند الاتزان :

$$K_c = \frac{[NO]^2}{[N_2][O_2]} = \frac{(2x)^2}{(2-x)^2} \Rightarrow \sqrt{1 \times 10^{-5}} = \sqrt{\frac{(2x)^2}{(2-x)^2}}$$

$$\Rightarrow 3.2 \times 10^{-3} = \frac{2x}{(2-x)}$$

$$3.2 \times 10^{-3}(2-x) = 2x$$

$$\Rightarrow 6.4 \times 10^{-3} - 3.2 \times 10^{-3}x = 2x$$

$$0.0064 = 2.0032x$$

$$x = 0.0032$$

أحسب التراكيز عند الاتزان

$$[N_2] = 2 - 0.0032 = 1.997 M$$

$$[O_2] = 2 - 0.0032 = 1.997 M$$

$$[NO] = 0.0064 M$$

السؤال السادس:

5	4	3	2	1
ج	د	ب	أ	ب

## مراجعة الوحدة

1. أَوْضِّحْ المقصود بكل مما يأتي:  
 • اتزان ديناميكي      • ثابت الاتزان.      • الاتزان غير المتجانس.
2. **أستج** يتفاعل ثاني أكسيد الكبريت  $SO_2$  مع الكلور  $Cl_2$  وفق المعادلة الآتية:  

$$SO_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons SO_2Cl_{2(g)} + \text{Heat}$$
 ما أثر التغيرات الآتية في موضع الاتزان؟  
 أ . زيادة تركيز  $Cl_2$ .  
 ب . سحب كمية من  $SO_2Cl_2$  من الوعاء.  
 جـ . تقليل كمية  $SO_2$  في وعاء التفاعل.
3. **أستج** أثر خفض درجة الحرارة في موضع الاتزان للتفاعلين المُتزنين الآتين:  

$$C_2H_4(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons C_2H_5OH(g) \quad \Delta H = -46 \text{ kJ}$$

$$N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO(g) \quad \Delta H = +90 \text{ kJ}$$
 أ .  
 ب .  
 جـ .
4. **أحد** التفاعل الذي ينتج عنه أكبر كمية من المواد عند زيادة الضغط الكلي المؤثر في وعاء التفاعل:  
 أ .  $PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$   
 ب .  $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$   
 جـ .  $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$   
 د .  $CH_{4(g)} + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + 3H_{2(g)}$
5. **أستج** موضع الاتزان عند تقليل حجم الوعاء في كل من التفاعلات الآتية مُبرَّرًا إيجابتي:  
 أ .  $SO_2Cl_{2(g)} \rightleftharpoons SO_{2(g)} + Cl_{2(g)}$   
 ب .  $CO(g) + 2H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_3OH(g)$   
 جـ .  $PCl_{3(g)} + 3NH_{3(g)} \rightleftharpoons P(NH_2)_{3(g)} + 3HCl(g)$
6. **أطبّق** أكتب تعبير ثابت الاتزان  $K_c$  لكل من التفاعلات الآتية:  
 أ .  $CaSO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO(s) + SO_{2(g)}$   
 ب .  $2N_2O_{5(g)} \rightleftharpoons 2N_2O_{4(g)} + O_{2(g)}$   
 جـ .  $Ag^+_{(aq)} + 2NH_{3(aq)} \rightleftharpoons Ag(NH_3)_2^+_{(aq)}$   
 د .  $HNO_{2(aq)} + H_2O(l) \rightleftharpoons NO_2^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$   
 هـ .  $C_5H_5N(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons C_5H_5NH^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$



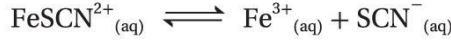
## مراجعة الوحدة

7. أفسّر:

أ. لا يتأثر موضع الاتزان عند تغيير الضغط الكلي في وعاء التفاعل عند الاتزان للتفاعل الآتي:



ب. في التفاعل المُتزن الآتي:



يمكن زيادة تركيز  $\text{SCN}^{-}$  بترسيب أيونات الحديد  $\text{Fe}^{3+}$  من المحلول بمفاعلتها مع مادة أخرى.

8. أَسْتَنْتَج: يُبين الجدول الآتي نتائج دراسة ثابت الاتزان لتفاعل ما عند درجات حرارة مختلفة، هل التفاعل ماصٌّ للحرارة أم طارد لها؟ أبرر إجابتي.

درجة الحرارة بوحدة الكلفن	ثابت الاتزان
208	$4.9 \times 10^{27}$
800	$1.38 \times 10^5$
1000	$2.54 \times 10^2$

9. أَسْتَخْدم الأرقام: تُحضّر الأمونيا  $\text{NH}_3$  بتسخين مزيج من غازي النيتروجين  $\text{N}_2$  والهيدروجين  $\text{H}_2$  عند ضغط مُعيّن،



كما في المعادلة الآتية: وضعت كميةً من غازي النيتروجين والهيدروجين في وعاء حجمه 10 L، وسُخِّنت إلى درجة حرارة  $350^\circ\text{C}$ ؛

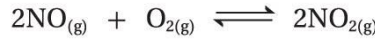
ليصل التفاعل إلى حالة الاتزان، وُجد عند الاتزان أن عدد مولات النيتروجين 4.25 mol والهيدروجين 5.75 mol

والأمونيا 1.5 mol، أجب عن الأسئلة الآتية:

أ - أحسب ثابت الاتزان للتفاعل عند  $350^\circ\text{C}$

ب - أقرّن هذه النتيجة بقيمة ثابت الاتزان في الجدول رقم (1)، وأبرر هذا الاختلاف.

10. أَسْتَخْدم الأرقام: وُجد أن ثابت الاتزان للتفاعل المُتزن الآتي يساوي  $K_c = 4 \times 10^{13}$  عند درجة  $25^\circ\text{C}$



أ - ما المواد المتوافرة بكمية أكبر في وعاء التفاعل عند الاتزان؟

ب - أحسب تركيز  $\text{NO}_2$  عندما يكون  $[\text{O}_2] = 2 \times 10^{-6} \text{ M}$ ،  $[\text{NO}] =$

11. أَسْتَخْدم الأرقام: يحدث التفاعل الآتي في وعاء مغلق حجمه 1 L.

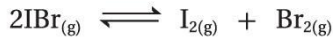


وضع 0.8 mol من كل من الغازات الأربعة إلى وعاء التفاعل عند درجة حرارة مُعيّنة فُوجِدَ أن ثابت الاتزان للتفاعل

عند درجة الحرارة نفسها يساوي 3.75، أحسب تراكيز هذه الغازات عند الاتزان.

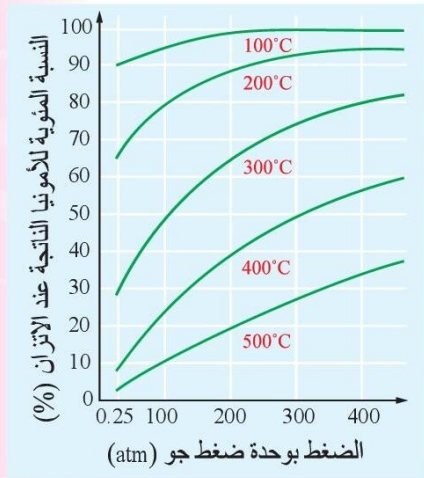
### مراجعة الوحدة

12. **أستخدم الأرقام:** يتحلل غاز بروميد اليود  $\text{IBr}$  وفق المعادلة الآتية:



تفكك 0.1 mol من بروميد اليود في وعاء حجمه 1 L عند درجة حرارة  $100^\circ\text{C}$ ، وكان ثابت الاتزان يساوي 0.026، أحسب تراكيز المواد عند وصول التفاعل إلى حالة الاتزان.

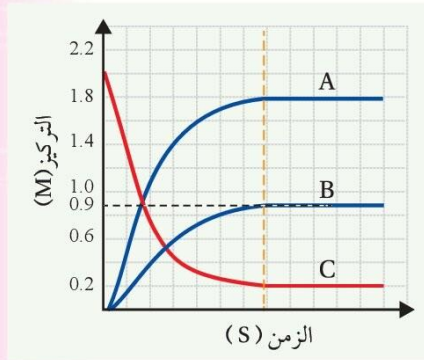
13. **أستنتج:** تُصنع الأمونيا بتسخين مزيج من غازي النيتروجين والهيدروجين بوجود عامل مساعد، كما في المعادلة الآتية:



ويُبين الشكل المجاور نسبة الأمونيا الناتجة عند ظروف مختلفة من الضغط ودرجة الحرارة، أدرس المنحنى ثم أجب عن الأسئلة الآتية:

- ما أثر تغيير درجة الحرارة والضغط على النسبة المئوية للأمونيا الناتجة عند الاتزان، أفسر ذلك.
- أكتب تعبير ثابت الاتزان للتفاعل.

14. **أستنتج:** يُبين الشكل المجاور النتائج التجريبية لخليط من الغازات ( $\text{SO}_3$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ) عند الاتزان، أدرس الشكل وأجب عن الأسئلة الآتية:



- أحدّد: أيّ المنحنيات التي أعطيت الرموز A، B، C، يُمثل المواد المتفاعلة وأيها يُمثل المواد الناتجة؟
- أكتب معادلة التفاعل الموزونة.
- أحسب ثابت الاتزان للتفاعل في ضوء هذه النتائج.

15. تغطي الأسنان طبقة من المعادن تُسمّى طبقة المينا؛ تعمل على حماية الأسنان من التآكل:

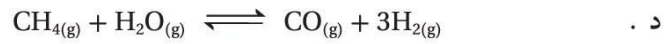
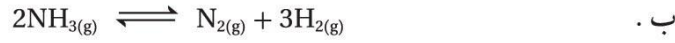
- أسمّي المعدن الأساسي التي تتكون منه هذه الطبقة.
- أوضح عملية إزالة المعدن وأكتب معادلة كيميائية تُبين ذلك.
- أسمّي المادة المستخدمة في إعادة بناء المعدن.
- أوضح كيفية بناء المعدن في الأسنان.



## مراجعة الوحدة

16. أختارُ الإجابة الصحيحة لكلِّ فقرة في ما يأتي:

1. أحرِّدُ التفاعل الذي ينتج عنه كمية أكبر من النواتج عند زيادة الضغط المؤثر في وعاء التفاعل:



2. في التفاعل الآتي:  $4NH_{3(g)} + 5O_{2(g)} \rightleftharpoons 4NO_{(g)} + 6H_2O_{(g)}$

يؤدي سحب كمية من غاز  $NH_3$  من وعاء التفاعل إلى:

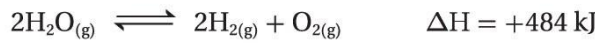
أ . زيادة سرعة التفاعل الأمامي.

ب . زيادة إنتاج غاز  $NO$ .

جـ . إزاحة موضع الاتزان نحو اليمين.

د . إزاحة موضع الاتزان نحو اليسار.

3. يُعدُّ تحليل الماء كهربائيًا إحدى طرائق تحضير غاز الهيدروجين كما في التفاعل الآتي:



أحرِّدُ أيَّ الإجراءات الآتية يؤدي إلى زيادة كمية غاز الهيدروجين الناتجة:

أ . زيادة درجة الحرارة

ب . خفض درجة الحرارة

جـ . زيادة الضغط المؤثر

د . إضافة كمية من غاز الأكسجين

4. العبارة الصحيحة في ما يتعلق بالتفاعل عند الاتزان؛ هي:

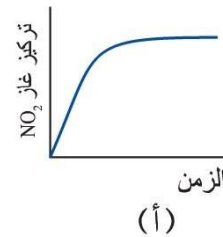
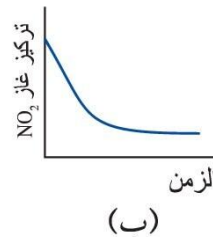
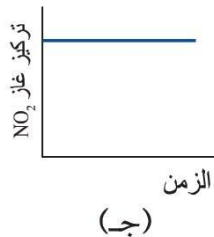
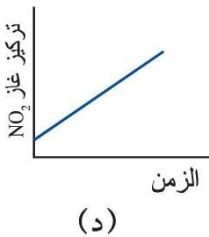
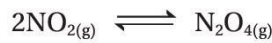
أ . تراكيز المواد الناتجة مساوٍ لتراكيز المواد المتفاعلة.

ب . موضع الاتزان مُزاح نحو تكوين المواد المتفاعلة.

جـ . سرعة التفاعل الأمامي مساوية لسرعة التفاعل العكسي.

د . تعتمد قيمة ثابت الاتزان على التراكيز الابتدائية للمواد في التفاعل.

5. الشكل الذي يُعبّر عن تغيّر تركيز  $NO_2$  في أثناء سير التفاعل والوصول إلى حالة الاتزان للتفاعل الآتي هو:



## مراجعة الوحدة

6. في التفاعل الكيميائي الآتي:  $\text{Ti(s)} + 2\text{Cl}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{TiCl}_{4(l)}$

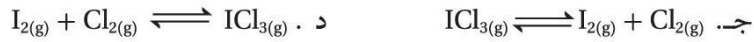
يُعبّر عن ثابت الاتزان للتفاعل بالمعادلة:

أ.  $K_c = \frac{[\text{TiCl}_4]}{[\text{Ti}][\text{Cl}_2]^2}$       ب.  $K_c = \frac{[\text{TiCl}_4]}{[\text{Ti}][\text{Cl}_2]}$

ج.  $K_c = \frac{1}{[\text{Cl}_2]^2}$       د.  $K_c = \frac{[\text{TiCl}_4]}{[\text{Cl}_2]^2}$

7. تعبير ثابت الاتزان لتفاعل ما:  $K_c = \frac{[\text{ICl}_3]^2}{[\text{I}_2][\text{Cl}_2]^3}$

فإن معادلة التفاعل الكيميائي الموزونة هي:



8. في التفاعل الآتي:  $2\text{SO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{SO}_{3(g)}$   $\Delta H = -200 \text{ kJ}$

تنتج أكبر كمية من  $\text{SO}_3$  عند:

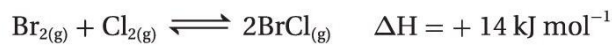
أ. ضغط منخفض ودرجة حرارة منخفضة.

ب. ضغط مرتفع ودرجة حرارة منخفضة.

ج. ضغط مرتفع ودرجة حرارة مرتفعة.

د. ضغط منخفض ودرجة حرارة مرتفعة.

9. عند زيادة درجة الحرارة للتفاعل الآتي فإنه:



أ. يقل ثابت الاتزان ويُزاح موضعه نحو المتفاعلات.

ب. يزداد ثابت الاتزان ويُزاح موضعه نحو المتفاعلات.

ج. يقل ثابت الاتزان ويُزاح موضعه نحو النواتج.

د. يزداد ثابت الاتزان ويُزاح موضعه نحو النواتج.

## مراجعة الوحدة

\* اعتمادًا على معادلة التفاعل الكيميائي الموزونة الآتية:  $\Delta H = -92 \text{ kJ mol}^{-1}$   $\text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)} \xrightleftharpoons{\text{عامل مساعد}} 2\text{NH}_{3(g)}$

أجيب عن الفقرتين 11 و 12:

10. ما التغير أو التغيرات من الآتية يُمكن أن تزيد من قيمة ثابت الاتزان؟

I. زيادة الضغط

II. خفض درجة الحرارة

III. زيادة تركيز  $\text{N}_2$

أ. I و II معا

ب. I فقط

ج. II و III معا

د. II فقط

11. عند استعمال العامل المساعد في تفاعل إنتاج الأمونيا:

أ. يزداد تركيز الأمونيا عند الاتزان.

ب. يقل تركيز الأمونيا عند الاتزان.

ج. لا يتغير تركيز الأمونيا عند الاتزان.

د. يزداد الزمن اللازم للوصول إلى موضع الاتزان.

12. بتحليل غاز الفوسجين  $\text{COCl}_2$  وفق المعادلة:  $\text{COCl}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_{(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$

فإذا كانت تراكيز المواد عند الاتزان كما يأتي  $[\text{CO}] = [\text{Cl}_2] = 0.18 \text{ M}$ ,  $[\text{COCl}_2] = 0.75 \text{ M}$ :

فإن ثابت الاتزان للتفاعل يساوي:

أ. 0.48

ب. 0.032

ج. 0.043

د. 2.34

13. وضع 0.625 mol من غاز رباعي أكسيد ثنائي النيتروجين  $\text{N}_2\text{O}_4$  في وعاء حجمه 5 L عند درجة حرارة معينة، فإذا

كان تركيز  $\text{N}_2\text{O}_4$  عند الاتزان يساوي 0.075 M؛ فإن ثابت الاتزان للتفاعل الآتي:  $\text{N}_2\text{O}_{4(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(g)}$  يساوي:

أ. 0.13

ب. 0.75

ج. 1.5

د. 7.5

س1

اتزان ديناميكي: حالة يصل إليها التفاعل ويستمر عندها حدوث التفاعل بالاتجاهين الأمامي والعكسي بالسرعة نفسها.

ثابت الاتزان: تعبير يُمثل نسبة تراكيز المواد الناتجة إلى تراكيز المواد المتفاعلة مرفوعاً كل منها إلى قوة تساوي معاملاتها في المعادلة الموزونة.

الاتزان غير المتجانس: حالة الاتزان التي تكون فيها المواد المتفاعلة والناتجة في حالة فيزيائية متنوعة (صلبة، أو سائلة، أو غازية).

س2 أ) يزاح موضع الاتزان نحو اليمين (المواد الناتجة)

ب) يزاح موضع الاتزان نحو اليمين (المواد الناتجة)

ج) يزاح موضع الاتزان نحو اليسار (المواد المتفاعلة)

س3 أ) يزاح موضع الاتزان نحو اليمين (المواد الناتجة)

ب) يزاح موضع الاتزان نحو اليسار (المواد المتفاعلة)

س4 التفاعل (ب)

س5 أ) جهة المواد المتفاعلة: لأن تقليل حجم الوعاء يزيد من الضغط وحسب مبدأ لوتشاتيليه يزاح موضع الاتزان نحو عدد المولات الأقل.

ب) جهة المواد الناتجة: لأنها تحتوي عدد مولات أقل.

ج) لا يتأثر لأن مجموع عدد مولات المواد المتفاعلة مساوي لمجموع عدد مولات المواد الناتجة.

س6 أ)  $K_c = [SO_2]$

ب)  $K_c = \frac{[N_2O_4]^2 [O_2]}{[N_2O_5]^2}$

ج)  $K_c = \frac{[Ag(NH_3)_2^+]}{[Ag^+] [NH_3]^2}$

د)  $K_c = \frac{[NO_2^-][H_3O^+]}{[HNO_2]}$

هـ)  $K_c = \frac{[C_5H_5NH^+][OH^-]}{[C_5H_5N]}$

س7 أ) لأن عدد مولات المواد المتفاعلة مساوي لعدد مولات المواد الناتجة حسب المعادلة الموزونة.

ب) لأن ترسيب أيونات  $Fe^{2+}$  يقلل من تركيزها في المواد الناتجة، ما يسبب إزاحة موضع الاتزان نحو المواد الناتجة تبعاً لمبدأ لوتشاتيليه، فيزداد تركيز أيونات  $SCN^-$ .

س8 يتضح من البيانات أن زيادة درجة الحرارة تقلل من ثابت الاتزان وحسب مبدأ لوتشاتيليه فان موضع الاتزان يزاح الى الجهة التي تقلل من أثر هذه الزيادة أي جهة المواد المتفاعلة فيزداد تركيزها وتقل تراكيز المواد الناتجة ما يشير الى أن التفاعل طارد للحرارة.



4.25 mol      5.75 mol      1.5

س9 أ) عدد المولات عند الاتزان:  
mol

0.425 M      0.575 M      0.15

تراكيز المواد عند الاتزان:  
M

$$K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3} = \frac{(0.15)^2}{(0.425)(0.575)^3} = 0.278 \text{ M}$$

ب) يتضح ان ثابت الاتزان الناتج عند  $325^\circ\text{C}$  أكبر من ثابت الاتزان في الجدول حيث درجة الحرارة  $500^\circ\text{C}$  ، وحيث ان التفاعل طارد للحرارة فان انخفاض درجة الحرارة يدفع موضع الاتزان نحو المواد الناتجة مما يزيد من تراكيز المواد الناتجة ويزيد من ثابت الاتزان.

س10 أ- حيث ان ثابت الاتزان كبير فان المواد المتوافرة بكمية أكبر هي المواد الناتجة  $\text{NO}_2$

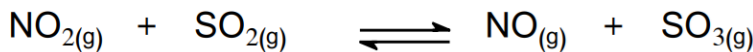
$$k_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{NO}]^2[\text{O}_2]}$$

ب-

$$[\text{NO}_2]^2 = k_c [\text{NO}]^2 [\text{O}_2]$$

$$[\text{NO}_2]^2 = 4 \times 10^{13} (2 \times 10^{-6})^2 \times 2 \times 10^{-6} = 3.2 \times 10^{-4}$$

$$[\text{NO}_2] = 1.78 \times 10^{-2} \text{ M}$$



س11

0.8 mol      0.8 mol      0.8 mol      0.8 mol

عدد المولات عند البداية:

0.8 M      0.8 M      0.8 M      0.8 M

تراكيز المواد عند البداية:

0.8-x      0.8 -x      0.8 +x      0.8 +x

تراكيز المواد عند الاتزان:



$$K_c = \frac{[\text{NO}][\text{SO}_3]}{[\text{NO}_2][\text{SO}_2]}$$

$$3.75 = \frac{(0.8 + x)^2}{(0.8 - x)^2}$$

وبأخذ جذر الطرفين أجد أن:

$$1.94 = \frac{0.8 + x}{0.8 - x}$$

$$1.94 (0.8 - x) = 0.8 + x$$

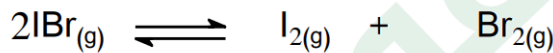
وبحل المعادلة أجد أن:

$$x = 0.255$$

وبتعويض قيم  $x$  في تراكيز المواد عند الاتزان أجد أن:

$$[\text{NO}_2] = [\text{SO}_2] = 0.545 \text{ M}$$

$$[\text{NO}] = [\text{SO}_3] = 1.055 \text{ M}$$



س12

$$0.1 \text{ M} \quad 0 \quad 0$$

تراكيز المواد عند البداية:

$$-2x \quad +x \quad +x$$

التغير في تراكيز المواد :

$$0.1 - 2x \quad x \quad x$$

تراكيز المواد عند الاتزان:

$$K_c = \frac{[\text{I}_2][\text{Br}_2]}{[\text{IBr}]^2}$$

$$0.026 = \frac{x^2}{(0.1 - 2x)^2}$$

وبأخذ جذر الطرفين أجد أن:

$$0.16 = \frac{x}{0.1 - 2x}$$

$$X = 0.012$$

وتكون تراكيز المواد عند الاتزان كما يلي:

$$[\text{IBr}] = 0.1 - 0.024 = 0.076 \text{ M}$$

$$[\text{I}_2] = [\text{Br}_2] = 0.012 \text{ M}$$

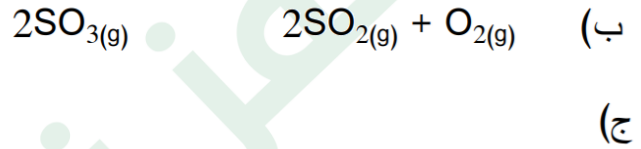
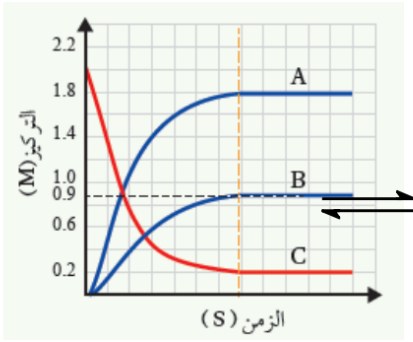
س13 أ) حيث ان التفاعل طارد للحرارة فان خفض درجة الحرارة يؤدي الى إزاحة موضع الاتزان نحو المواد الناتجة وفق مبدأ لوتشاتلييه، ويزيد تكوين الأمونيا، أما زيادة الضغط فتؤدي الى إزاحة موضع الاتزان نحو الجهة الأقل عدد مولات أي نحو تكوين الأمونيا.

$$K_p = \frac{(p_{NH_3})^2}{(p_{N_2})(p_{H_2})^3} \quad \text{ب)}$$

س14 أ)

يمثل المنحنى A:  $SO_2$  و يمثل المنحنى B:  $O_2$

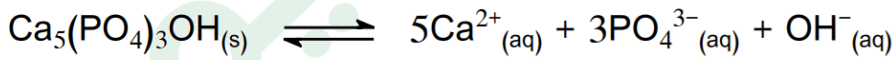
أما المنحنى C فيمثل:  $SO_3$ .



$$K_c = \frac{[SO_2]^2 [O_2]}{[SO_3]^2} = \frac{(1.8)^2 (0.9)}{(0.2)^2} = 72.9$$

س15 أ) هيدروكسي أباتيت

ب) تتآكل الأسنان وتصاب بالتسوس نتيجة ذوبان معدن هيدروكسي أباتيت المكون للمينا، ويزيد من تأكلها تخمر بواقي السكريات في الفم التي تؤدي الى انتاج ايونات  $H^+$  مما يزيد من تفكك الهيدروكسي أباتيت.



ج) تستخدم مركبات الفلور مثل فلوريد الصوديوم في إعادة تكوين المعدن.

د) تدخل مركبات الفلور في صناعة معجون الاسنان؛ إذ يحل الفلور محل مجموعة OH في

الهيدروكسي اباتيت ويتكون معدن الفلورو أباتيت  $Ca_5(PO_4)_3F$  الذي يدخل في تكوين مينا الأسنان ويعيد تكوينها.

س16

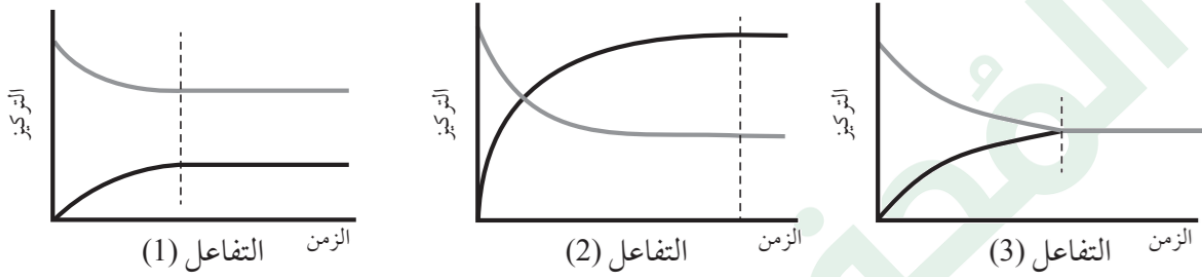
13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
أ	ج	ج	د	د	ب	ب	ج	ب	ج	أ	د	ج



## أسئلة تفكير

### السؤال الأول:

أجرى مجموعة من الطلبة تجارب لدراسة موضع الاتزان لثلاثة تفاعلات لمواد في الحالة الغازية، تُعبّر المنحنيات الثلاثة الآتية عن النتائج التي جرى التوصل إليها، أدرُس هذه المنحنيات، ثمّ أجيب عن الأسئلة التي تليها:



1. ما الجهة التي يُزاح نحوها الاتزان لكل من التفاعلين (2,1)؟

1- التفاعل الأول: المواد المتفاعلة، التفاعل الثاني: المواد الناتجة

2. ما القيم التقريبية لثابت الاتزان (أكبر من واحد، أقل من 1، تساوي 1) لكل من التفاعلات الثلاثة؟ أفسر إجابتي.

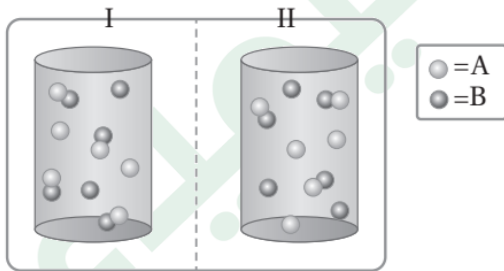
2- التفاعل الأول  $K_c < 1$  ، ودليل ذلك أن تراكيز المواد المتفاعلة أكبر من تراكيز المواد الناتجة.

التفاعل الثاني  $K_c > 1$  ، ودليل ذلك أن تراكيز المواد المتفاعلة أقل من تراكيز المواد الناتجة.

التفاعل الثالث  $K_c = 1$  ، ودليل ذلك أن تراكيز المواد المتفاعلة مساوٍ لتراكيز المواد الناتجة.

3. أذكر بعض الإجراءات لزيادة كمية المواد الناتجة في التفاعل (1).

3- سحب كمية من المادة الناتجة، أو زيادة كمية المادة المتفاعلة.



### السؤال الثاني:

يمثل الشكل المجاور مكونات التفاعل  $AB_{(g)} + \text{heat} \rightleftharpoons A_{(g)} + B_{(g)}$

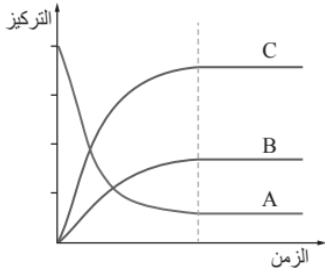
عند الإتزان عند درجتى حرارة مختلفتين، وفي وعائين منفصلين. أي

الوعائين يمثل مكونات التفاعل عند درجة الحرارة الأقل؟

التفاعل ماص للطاقة؛ لذلك فإن زيادة درجة الحرارة تزيد سرعة التفاعل الأمامي فيزداد تفكك AB

ويقل تركيزه ويزداد تركيز كل من A و B. لذلك الوعاء 1 يمثل مكونات التفاعل عند درجة الحرارة الأقل.

### السؤال الثالث:



يبيّن الشكل المجاور مُنحنياتٍ تُغيّر تراكيز الموادّ في تفاعل ما، حتى وصوله إلى حالة الاتزان، أدرُس المنحنيات ثم أجيب عن الأسئلة الآتية:

- أصف تغيّر تراكيز الموادّ من بداية التفاعل حتى وصول التفاعل إلى حالة الاتزان.
1. يقل تركيز المادة A بمرور الزمن إلى أن يصل التفاعل إلى حالة الاتزان، عندئذٍ يثبت تركيزها، أما المادتان B, C فإن تراكيزها تزداد بمرور الزمن إلى حين وصول التفاعل إلى حالة الاتزان تثبت تراكيزها.
2. أفسّر: بعد بدء التفاعل لا تصبح تراكيز أيّ من المواد في التفاعل تساوي صفرًا.
2. لأن التفاعل عند حالة الاتزان يستمر بالحدوث بالاتجاهين الأمامي والعكسي بالسرعة نفسها، أي أنه يُكوّن المواد المتفاعلة باستمرار، وفي الوقت نفسه يُكوّن المواد الناتجة، ولذلك نجد أن وعاء التفاعل يحتوي المواد الناتجة والمتفاعلة بنسب متفاوتة، أي أن تركيز أي منها لا يساوي صفرًا.
3. أكتب تعبير ثابت الاتزان للتفاعل؛ علما بأن المواد جميعها في الحالة الغازية.

$$K_c = \frac{[B][C]}{[A]}$$

### السؤال الرابع:

• في التفاعل الآتي:  $3\text{NO}_{(g)} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O} + \text{NO}_{2(g)} + 155.7 \text{ kJ}$

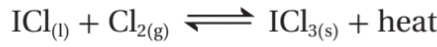
أستنتج أثر التغيرات الآتية على موضع الاتزان:

- زيادة الضغط.....
- زيادة درجة الحرارة.....
- زيادة تركيز غاز  $\text{N}_2\text{O}$ .....
- إضافة عامل مساعد.....

- زيادة الضغط تزيد سرعة التفاعل الأمامي أي أن موضع الاتزان يزاح نحو تكوين المواد الناتجة.
- بما أن التفاعل طارد للطاقة فإن زيادة درجة الحرارة تزيد سرعة التفاعل العكسي أي أن موضع الاتزان يزاح نحو تكوين المواد المتفاعلة.
- زيادة تركيز  $\text{N}_2\text{O}$  يزيد سرعة التفاعل العكسي أي أن موضع الاتزان يزاح نحو تكوين المواد المتفاعلة.
- إضافة عامل مساعد لا تؤثر في موضع الاتزان ولكن تزداد سرعة الوصول إلى موضع الاتزان.

### السؤال الخامس:

في التفاعل الآتي:

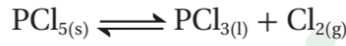


أ. أستنتج أثر خفض درجة الحرارة على تركيز  $\text{Cl}_2$  عند الاتزان. **يقل**

ب. أستنتج أثر زيادة درجة الحرارة على قيمة ثابت الاتزان  $K_c$ . **يقل**

### السؤال السادس:

التفاعل الآتي يحدث عند درجة حرارة معينة:



أ. أستنتج أثر زيادة الضغط على كتلة  $\text{PCl}_5$  عند الاتزان.

**زيادة الضغط تزيد سرعة التفاعل العكسي فتزداد كتلة  $\text{PCl}_5$ .**

ب. عند زيادة درجة الحرارة قلت كتلة  $\text{PCl}_5$  الصلبة، هل التفاعل طاردٌ للطاقة أم ماصٌّ لها؟ أبرر إجابتي.  
**زيادة درجة الحرارة قللت كتلة  $\text{PCl}_5$  أي زادت سرعة التفاعل الأمامي وزاد تفكك  $\text{PCl}_5$  أي أن التفاعل ماص للطاقة.**

### السؤال السابع:

أختار الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:

1. يمثل الشكل المجاور تفكك غاز رباعي أكسيد ثنائي النيتروجين  $\text{N}_2\text{O}_4$  إلى غاز ثاني أكسيد النيتروجين وفقاً لمعادلة التفاعل الآتي:



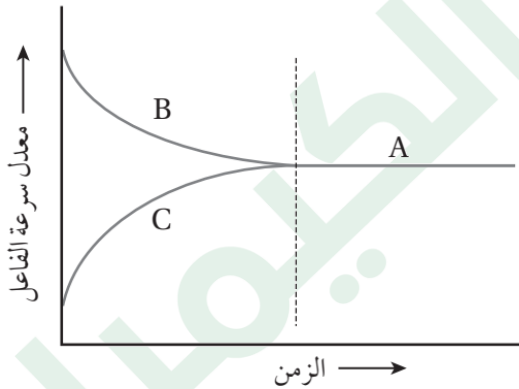
أستعينُ بالشكل لتحديد ما تشير إليه الرموز (C, B, A):

أ. حالة الاتزان، C سرعة التفاعل الأمامي، B سرعة التفاعل العكسي.

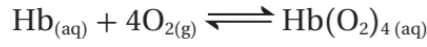
ب. A زمن انتهاء التفاعل، B سرعة التفاعل الأمامي، C سرعة التفاعل العكسي.

ج. A حالة الاتزان، B سرعة التفاعل الأمامي، C سرعة التفاعل العكسي.

د. A زمن انتهاء التفاعل، B سرعة التفاعل العكسي، C سرعة التفاعل الأمامي.



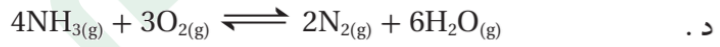
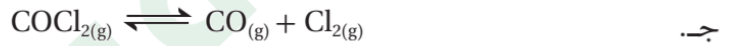
2. يرتبط الأكسجين الذي يدخل إلى الجسم في أثناء عملية التنفس بجزيئات الهيموجلوبين (Hb) في الدم، وينتج الهيموجلوبين المؤكسج  $(Hb(O_2)_4)$ ، حيث يُشكّل الهيموجلوبين والأكسجين نظامًا مُتزنًا كما في المعادلة:



ماذا يحدث عند نقصان تركيز الأكسجين في الدم؟

- يُزاح الاتزان نحو اليسار ويتحرّر الأكسجين المرتبط بالهيموجلوبين.
- يُزاح الاتزان نحو اليمين ويتحرّر الأكسجين المرتبط بالهيموجلوبين.
- يُزاح الاتزان نحو اليمين ويرتبط الأكسجين بالهيموجلوبين.
- يُزاح الاتزان نحو اليسار ويرتبط الأكسجين بالهيموجلوبين.

3. أي التفاعلات تؤدي زيادة الضغط الكلي لها إلى إنتاج كمية أكبر من المواد الناتجة:



4. يتفاعل غاز الأمونيا مع غاز الأكسجين وينتج غاز ثاني أكسيد النيتروجين وبخار الماء كما في المعادلة الموزونة:



أي من الآتي يمثل التعبير الصحيح لثابت الاتزان؟

ب.  $K_C = \frac{[NO_2]^4 [H_2O]^6}{[NH_3]^4 [O_2]^7}$

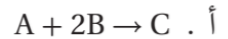
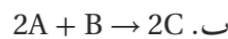
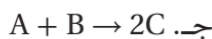
أ.  $K_C = \frac{[NO_2]^4 [H_2O]^6}{[NH_3]^4 [O_2]^7}$

د.  $K_C = \frac{[NO_2]^4 [H_2O]^6}{[NH_3]^2 [O_2]^2}$

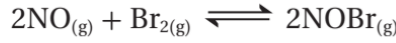
ج.  $K_C = \frac{[NH_3]^4 [O_2]^7}{[NO_2]^2 [H_2O]^3}$

5. تتفاعل المادة A مع المادة B لإنتاج المادة C. اعتمادًا على المعلومات الآتية:

- عندما ينقص عدد المولات من المادة A، يزداد عدد المولات من المادة C بالمقدار نفسه.
  - عندما ينقص عدد المولات من المادة B، يزداد عدد المولات من المادة C مثلي مقدار النقص.
- فإن المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل هي:



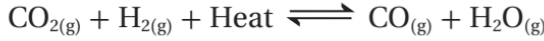
6. إذا علمت أن مقدار ثابت الاتزان يساوي 2.4، عند درجة حرارة 373 K للتفاعل المتزن الآتي:



وُجد عند الاتزان أن ضغط غاز NO يساوي ضغط غاز NOBr، فإن ضغط غاز  $\text{Br}_2(\text{atm})$  يساوي:

- أ . 0.645      ب . 1.55      جـ . 0.416      د . 2.4

7. يتفاعل غاز ثاني أكسيد الكربون مع غاز الهيدروجين وفق المعادلة الآتية:



فإن إحدى العبارات الآتية صحيحة عند الاتزان:

أ . زيادة درجة الحرارة يؤدي إلى زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون  $\text{CO}_2$ .

ب . خفض درجة الحرارة يؤدي إلى زيادة إنتاج الماء  $\text{H}_2\text{O}$ .

جـ . زيادة درجة الحرارة تؤدي إلى زيادة إنتاج أول أكسيد الكربون CO .

د . خفض درجة الحرارة يؤدي إلى نقصان تركيز الهيدروجين  $\text{H}_2$ .

8. في التفاعل الآتي  $2\text{NOBr}_{(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{(g)} + \text{Br}_{2(g)}$  عند  $38^\circ\text{C}$   $K_c = 4.08 \times 10^{-4}$ :

إحدى الآتية تمثل تراكيز المواد عند الاتزان :

أ .  $[\text{NOBr}] = 0.07 \text{ M}$ ,  $[\text{NO}] = 0.02 \text{ M}$ ,  $[\text{Br}_2] = 0.005 \text{ M}$

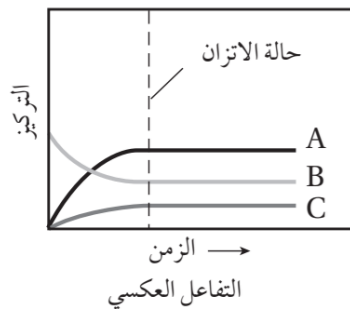
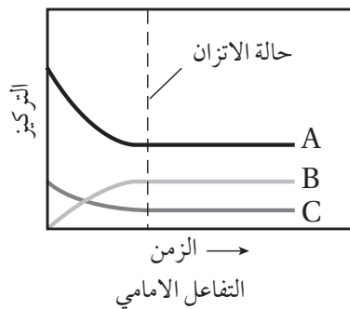
ب .  $[\text{NOBr}] = 0.005 \text{ M}$ ,  $[\text{NO}] = 0.02 \text{ M}$ ,  $[\text{Br}_2] = 0.07 \text{ M}$

جـ .  $[\text{NOBr}] = 0.02 \text{ M}$ ,  $[\text{NO}] = 0.005 \text{ M}$ ,  $[\text{Br}_2] = 0.02 \text{ M}$

د .  $[\text{NOBr}] = 0.005 \text{ M}$ ,  $[\text{NO}] = 0.07 \text{ M}$ ,  $[\text{Br}_2] = 0.005 \text{ M}$

9. تمثل المعادلة الموزونة الآتية:  $\text{N}_{2(g)} + 3 \text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NH}_{3(g)}$  تفاعل تحضير الأمونيا كما في الشكل؛ فالرموز

الصحيحة التي تمثل التفاعل هي:



أ .  $\text{C: NH}_3$ ,  $\text{B: N}_2$ ,  $\text{A: H}_2$

ب .  $\text{C: NH}_3$ ,  $\text{B: H}_2$ ,  $\text{A: N}_2$

جـ .  $\text{C: N}_2$ ,  $\text{B: H}_2$ ,  $\text{A: NH}_3$

د .  $\text{C: N}_2$ ,  $\text{B: NH}_3$ ,  $\text{A: H}_2$



10. يتواجد اليود الصلب واليود الغاز في حالة اتزان داخل وعاء مغلق:  $I_{2(s)} \rightleftharpoons I_{2(g)}$  لذلك فإن التغير الذي يؤدي إلى إزاحة موضع الاتزان نحو اليمين هي:

- أ. زيادة كتلة اليود الصلب.  
ب. إنقاص كتلة اليود الصلب.  
ج. زيادة حجم وعاء التفاعل.  
د. إنقاص حجم وعاء التفاعل.

11. أحد التغيرات الآتية يؤدي إلى إزاحة موضع الاتزان نحو تكوين النواتج في التفاعل الآتي:



- أ. تبريد وعاء التفاعل.  
ب. إضافة عامل مساعد.  
ج. إنقاص حجم وعاء التفاعل.  
د. سحب غاز الهيدروجين من وعاء التفاعل.

12. في التفاعل الآتي:  $A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons 2C_{(g)} + D_{(g)}$  وجد أن 1 L من خليط التفاعل يحوي 10 mol من المادة B عند الاتزان، فإذا أضيف إلى وعاء التفاعل 5 mol من المادة B؛ فإن تركيز المادة B (M) عند الاتزان:

- أ. يساوي 15  
ب. أكبر من 10 وأقل من 15  
ج. أكبر من 5 وأقل من 10  
د. يساوي 10

13. التفاعل الآتي يحدث عند درجة حرارة 500 K:  $PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$

ثابت الاتزان للتفاعل  $K_p = 0.497$ ، إذا كانت الضغوط الجزئية عند الاتزان لكل من  $P_{PCl_3} = 0.35 \text{ atm}$ ،  $P_{PCl_5} = 0.86 \text{ atm}$ ؛ فإن الضغط الجزئي  $P_{Cl_2}$  (atm) لـ  $Cl_2$  يساوي:

- أ. 0.427  
ب. 4.94  
ج. 1.22  
د. 0.20

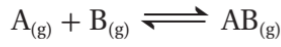
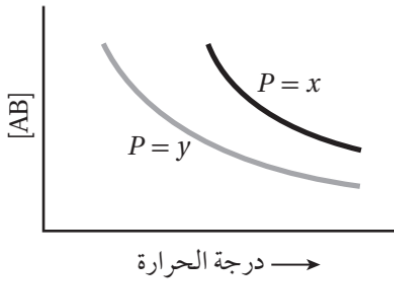
14. يجري التفاعل  $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$  في وعاء مغلق؛ فإذا احتوى الوعاء عند بدء التفاعل على  $1.00 \times 10^{-3} \text{ M } H_2$  و  $2.00 \times 10^{-3} \text{ M } I_2$  عند درجة حرارة  $448^\circ \text{C}$ ؛ ووجد عند الاتزان أن تركيز HI يساوي  $1.87 \times 10^{-3} \text{ M}$ ؛ فإن ثابت الاتزان  $K_c$  للتفاعل يساوي:

- أ. 50.5  
ب. 15.2  
ج. 36.4  
د. 63.1

15. اعتمادًا على التفاعل المتزن الآتي:  $N_{2O_{4(g)}} \rightleftharpoons 2 NO_{2(g)} \quad \Delta H = + 58.0 \text{ kJ}$ ، أي العبارات تمثل التغير الصحيح في اتجاه الاتزان:

- أ. عند إضافة  $N_2O_4$ ، يتجه الاتزان نحو تكوين المواد الناتجة.  
ب. عند إزالة  $NO_2$  يتجه الاتزان نحو تكوين المواد المتفاعلة.  
ج. خفض درجة الحرارة يؤدي إلى اتجاه الاتزان نحو تكوين المواد الناتجة.  
د. زيادة حجم وعاء التفاعل يؤدي إلى اتجاه الاتزان نحو تكوين المواد المتفاعلة.

16. يمثل الرسم البياني الآتي تغير تركيز المركب الناتج AB باختلاف درجة الحرارة للتفاعل المتزن الآتي تحت تأثير ضغطين مختلفين x و y.



فإن العبارة الصحيحة مما يأتي:

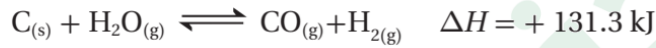
ب. التفاعل طارد و  $x > y$

أ. التفاعل ماص و  $x > y$

د. التفاعل طارد و  $x < y$

ج. التفاعل ماص و  $x < y$

17. لتكوين غازي  $H_2$  و  $CO$  يتم تمرير غاز بخار الماء فوق الفحم الساخن عند درجات حرارة مرتفعة حسب معادلة التفاعل الآتية:



فإن العبارة الصحيحة مما يأتي:

أ. زيادة الضغط تؤدي إلى زيادة تكوين  $H_2$  و  $CO$ .

ب. زيادة درجة الحرارة تؤدي إلى زيادة تكوين  $H_2$  و  $CO$ .

ج. زيادة كمية C يؤدي إلى زيادة تكوين  $H_2$  و  $CO$ .

د. زيادة درجة الحرارة تؤدي إلى زيادة تكوين  $H_2O$  و C.

رقم الفقرة	1	2	3	4	5	6
رمز الإجابة	ج	أ	ب	أ	ب	ج
رقم الفقرة	7	8	9	10	11	12
رمز الإجابة	ج	أ	د	د	د	ب
رقم الفقرة	13	14	15	16	17	-----
رمز الإجابة	ج	أ	أ	ب	ب	-----



## الإثراء والتوسع

## حماية الأسنان من التآكل

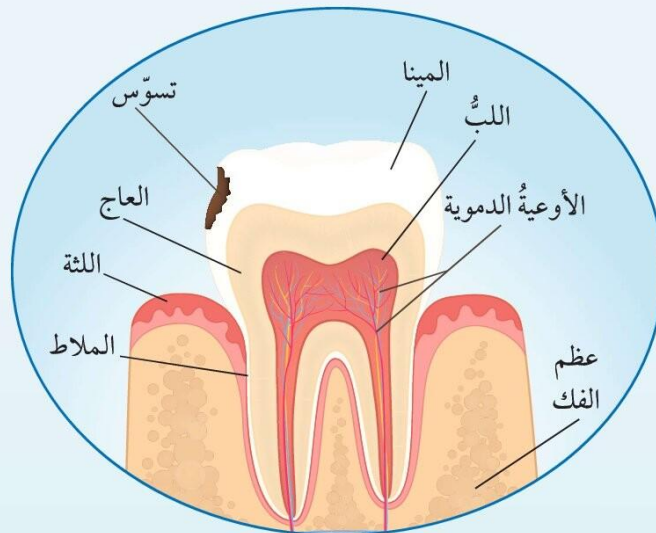
### Protecting Teeth from Erosion

يُغطّي السنُّ طبقةً خارجيّةً صلبةً تُسمى المينا، وتتكوّن من نسبة عالية من المعادن؛ إذ يُشكّل معدن هيدروكسي أباتيت Hydroxyapatite  $(Ca_5(PO_4)_3OH)$  النسبة الكبرى من هذه المعادن، وتمتازُ هذه المادة بأنها قليلة الذوبان، ورغم ذلك فهي عُرضة إلى الذوبان وإعادة التكوين اعتمادًا على حمضية السائل الموجود في الفم أو قاعديته، وتركيز المواد المختلفة فيه، وتُسمى عملية إذابة المعادن المكونة للأسنان إزالة المعدن Demineralization؛ بينما تُسمى إعادة تكوينها عملية بناء المعدن Remineralization. تتآكلُ الأسنان وتصاب بالتسوس نتيجة ذوبان معدن هيدروكسي أباتيت المُكوّن للمينا كما في المعادلة الآتية:



وعند تناول السكريات تتخمر بقاياها في الفم، وينتج حمض اللاكتيك  $C_2H_4OHCOOH$ ، ويتأين في الفم منتجًا أيونات الهيدروجين  $(H^+)$  التي تتفاعل مع أيونات  $(OH^-)$  وأيونات  $PO_4^{3-}$ ، وتستهلكهما ويقل تركيزهما، ما يسبب إزاحة موضع الاتزان جهة اليمين نحو تكوين المواد الناتجة؛ فيزيد من تفكك معدن هيدروكسي أباتيت، ويزداد معدل إزالة المعدن، وتآكل طبقة المينا.

وللتقليل من معدل تآكل الأسنان وحمايتها؛ تُستخدم مركّبات الفلور مثل فلوريد الصوديوم، وفلوريد الخارصين، وغيرها في صناعة معجون الأسنان التي تُنتج أيونات الفلوريد  $F^-$  التي تحل محل أيون الهيدروكسيد  $(OH^-)$  في معدن الهيدروكسي أباتيت، وينتج معدن الفلورو أباتيت  $Ca_5(PO_4)_3F$ ، ويدخل في تكوين مينا الأسنان.



## تجربة استهلاكية

### تسامي اليود

#### الخلفية العلمية:

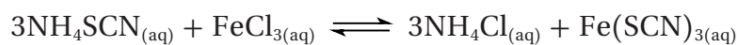
تتحوّل المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية دون المرور بالحالة السائلة؛ وذلك بعملية تُعرف بعملية التسامي Sublimation؛ وهي عملية ماصّة للحرارة، تحدث لعددٍ قليلٍ من المواد الصلبة، مثل الجليد، وثاني أكسيد الكربون، واليود، والزرنيخ، وغيرها، فمثلاً؛ عند تسخين بلّورات اليود في وعاءٍ مُغلقٍ؛ فإنّه يتحوّل إلى الحالة الغازية مباشرة، ويظهر بخارُ اليود باللّون البنفسجي في الوعاء، وبمرور الوقت يبردُ بخار اليود ويترسّب على جدران الوعاء الموجود فيه على شكل بلّورات صلبة، في عملية تُسمّى عملية التصعيد Deposition، وهي عملية تتحوّل فيها المادة من الحالة الغازية إلى الحالة الصلبة -أيضاً- دون المرور بالحالة السائلة، ويحدث اتزان بين عملية التسامي وعملية التصعيد، عندها تستقرّ كمية بخار اليود وتثبت شدّة لونه في الوعاء.

## التجربة 1

### أثر التركيز في موضع الاتزان

#### الخلفية العلمية:

يتأثر موضع الاتزان بتراكيز المواد المتفاعلة والناتجة في وعاء التفاعل، فعند تغيير تركيز إحدى المواد في التفاعل؛ فإنه وفقاً لمبدأ لوتشاتلييه؛ يعمل الاتزان على تغيير موضعه للتقليل من أثر هذا التغير، ويمكن التحكم في موضع الاتزان عن طريق تغيير تراكيز المواد في وعاء التفاعل، وذلك بإضافة كمية من إحدى المواد إلى وعاء التفاعل، أو سحب كمية من إحدى المواد من وعاء التفاعل. ولأتعرّف ذلك عملياً؛ يمكن دراسة تفاعل ثيوسينات الأمونيوم  $\text{NH}_4\text{SCN}$  مع محلول كلوريد الحديد  $\text{FeCl}_3$  الذي يحدث كما في المعادلة الآتية:



عديم اللون

بني باهت

عديم اللون

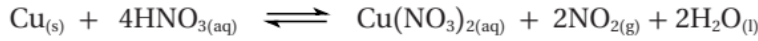
بني مُحمرّ

## أثر درجة الحرارة في الاتزان

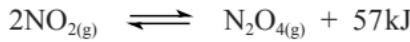
### التجربة 2

#### ال خلفية العلمية:

يتأثر كل من ثابت الاتزان وموضعه للتفاعل المُتزن بتغير درجة الحرارة، ويختلف هذا الأثر تبعاً لطبيعة التفاعل؛ إن كان ماصاً للحرارة أم طارداً لها، ولتسهيل دراسة أثر درجة الحرارة في موضع الاتزان؛ يمكنُ معاملة الطاقة الحرارية المرافقة للتفاعل كمادة متفاعلة في التفاعل الماص للحرارة، كمادة ناتجة في التفاعل الطارد لها، ولاستقصاء أثر تغيير درجة الحرارة عملياً على موضع الاتزان؛ سوف أدرسُ الاتزان في خليطٍ من غازي ثاني أكسيد النيتروجين ورباعي أكسيد ثنائي النيتروجين، حيث يُحضّر غاز ثنائي أكسيد النيتروجين من تفاعل النحاس مع محلول حمض النيتريك المُركّز  $\text{HNO}_3$ ، كما في المعادلة:



يتكاثفُ غاز ثاني أكسيد النيتروجين، وينتجُ غاز رباعي أكسيد ثنائي النيتروجين  $\text{N}_2\text{O}_4$ ، ويرافقُ ذلك انبعاثُ طاقةٍ حراريّة في كما في المعادلة:



يحتوي وعاء التفاعل على خليطٍ من غازي ثاني أكسيد النيتروجين ورباعي أكسيد ثنائي النيتروجين، ويصلُ التفاعل إلى حالة الاتزان ويستقرّ لون الغاز في وعاء التفاعل.

الربط بالصحة



#### اتزان (هيموجلوبين - أكسجين) في الجسم

يرتبطُ الأكسجينُ الذي يدخل إلى الجسم في أثناء عملية التنفس بجزيئات الهيموجلوبين  $\text{Hb}$  في الدم، وينتج الهيموجلوبين المؤكسج  $\text{Hb}(\text{O}_2)_4$  حيث يُشكّل الهيموجلوبين والأكسجين نظاماً مُتزنّاً كما في المعادلة:

$$\text{Hb}_{(aq)} + 4\text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{Hb}(\text{O}_2)_4$$

منخفضاً، فيُزاح الاتزان نحو اليسار ويتحرّرُ الأكسجين المرتبط بالهيموجلوبين، وتحدثُ العمليات الحيويّة اللازمة لإنتاج الطاقة في الجسم والمحافظة على حيويّته ونشاطه