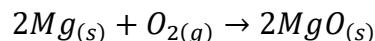


**الدرس الأول: الاتزان الكيميائي والعوامل المؤثرة فيه**

**مفهوم الاتزان الكيميائي**

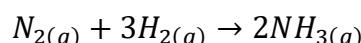
- تنتهي كثيًر من التفاعلات باستهلاك إحدى المواد المُتفاعلة أو جميعها كُلًّياً، فمثلاً: يحترق شريط من المغنيسيوم  $Mg$  بوجود الأكسجين  $O_2$  وينتج أكسيد المغنيسيوم  $MgO$  وكمية من الحرارة، وينتهي التفاعل باحتراق شريط المغنيسيوم كُلًّياً، ولا يمكن إعادة تكوين أيٍ من المواد المُتفاعلة مرةً أخرى في أثناء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



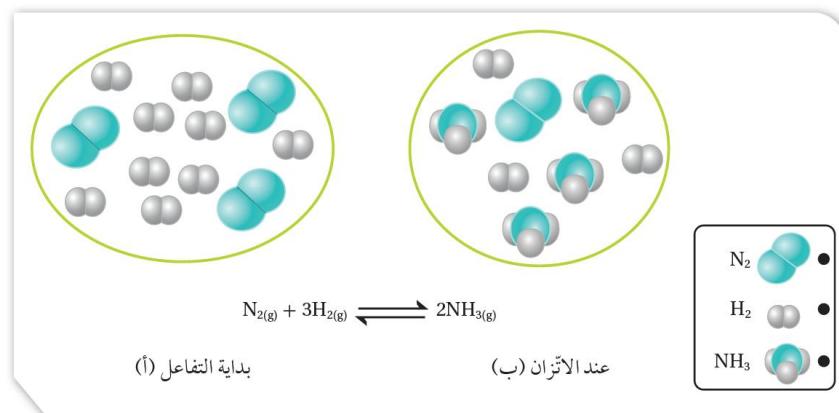
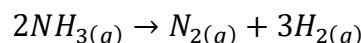
- وكثير من التفاعلات الكيميائية عندما تحدث في أوعية مغلقة لا تسمح بفقدان أي كمية من المواد المُتفاعلة أو الناتجة من وعاء التفاعل، مما يتيح حدوث تفاعل بين المواد الناتجة، ويجعل التفاعل يحدث باتجاهين متعاكسين، ويطلق على هذا النوع من التفاعلات اسم **التفاعلات المتعاكسة**.

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

- وبمجرد أن تتكونُ المواد الناتجة فإنّها تبدأ بالتفاعل معًا وتُعيد تكوين المواد المُتفاعلة مرةً أخرى، ويسمى الأمامي، كما يظهرُ في المعادلة الآتية:



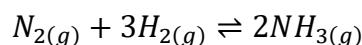
وعندما يتكون غاز الأمونيا  $NH_3$  بطريقة هابر، بتفاعل غاز النيتروجين  $N_2$  مع غاز الهيدروجين  $H_2$  في وعاء مغلق عند ظروفٍ مناسبة من الضغط ودرجة الحرارة، ويؤدي ذلك إلى تكوين غاز الأمونيا  $NH_3$ ، فيما يُعرف بالتفاعل الأمامي، كما يظهرُ في المعادلة الآتية:



الخلاصة؟



- وبهذا نجد أن وعاء التفاعل يحتوي على كميات مختلفة من المواد المُتفاعلية والناجدة في الوقت نفسه عند الاتزان. أنظر الشكل (1/أ) بداية التفاعل، 1/ب عند الاتزان ، ويشار إلى التفاعل الأمامي في المعادلة بـ **بـ لهم** باتجاه اليمين، والعكسي ويشار إليه في المعادلة بـ **بـ لهم** باتجاه اليسار، ويعبر عنها بمعادلة كيميائية؛ حيث يُكتب فيها سهمان باتجاهين متعاكسين ( $\rightleftharpoons$ ) كما في تفاعل تحضير الأمونيا:



- تشير التجارب الكيميائية إلى أن تراكيز المواد المُتفاعلية تكون في البداية أكبر ما يمكن؛ وتكون سرعة تفاعلها وتحولها إلى مواد ناجدة أعلى ما يمكن، وتسمى **سرعة التفاعل الأمامي**

- وبمرور الوقت تتناقص تراكيز المواد المُتفاعلية، وتتناقص سرعة التفاعل الأمامي، أما المواد الناجدة فتكون تراكيزها عند بداية التفاعل صفرًا، وبمجرد تكونها تبدأ بالتفاعل والتحول إلى مواد مُتفاعلية، وبهذا يبدأ حدوث التفاعل العكسي، وبمرور الوقت تزداد تراكيز المواد الناجدة، وتزداد سرعة تفاعلها وتحولها إلى مواد مُتفاعلية، وتسمى **سرعة التفاعل العكسي**

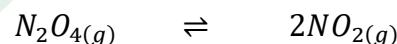
- وحين تصبح **سرعة التفاعل الأمامي مُساوية لسرعة التفاعل العكسي** يوصف التفاعل بأنه في حالة **اتزان كيميائي**

- ويعد اتزان ديناميكي أي أنه يستمر حدوث التفاعل بالاتجاهين بالسرعة نفسها، وتبث تراكيز المواد المُتفاعلية والنجدة والخصائص المرتبطة بها، مثل الضغط، واللون، والحجم، ودرجة الحرارة.

تمكين؟

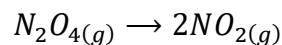


ولتعرف مفهوم الاتزان الكيميائي؛ يمكن دراسة تفكك غاز رباعي أكسيد ثاني النيتروجين  $N_2O_4$  عديم اللون إلى غاز ثاني أكسيد النيتروجين  $NO_2$  ذي اللون البنّي المُحمر الذي يحدث كما في المعادلة الآتية:

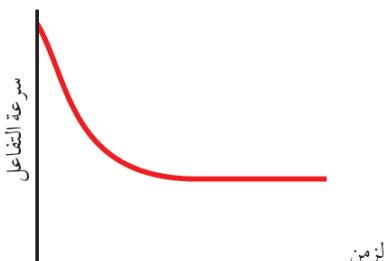


عديم اللون      لون بنّي (محمر)

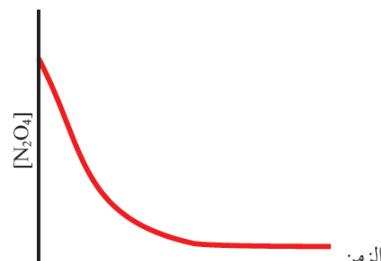
يبدأ التفاعل الأمامي بتحول غاز رباعي أكسيد ثاني النيتروجين  $N_2O_4$  إلى غاز ثاني أكسيد النيتروجين  $NO_2$  بسرعة عالية نسبياً، ويعبر عن التفاعل بالمعادلة الآتية:



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



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



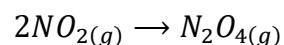
الشكل (2/أ): تغير تركيز NO2 مع الزمن.

# الوحدة الثالثة: الاتزان الكيميائي

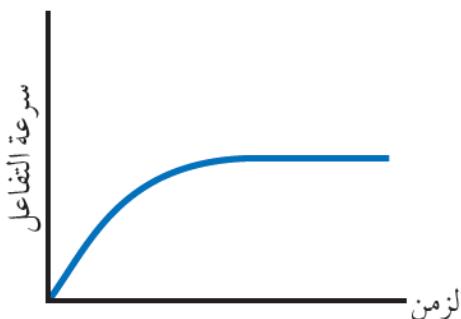
## المُحَفَّز

في الكيمياء

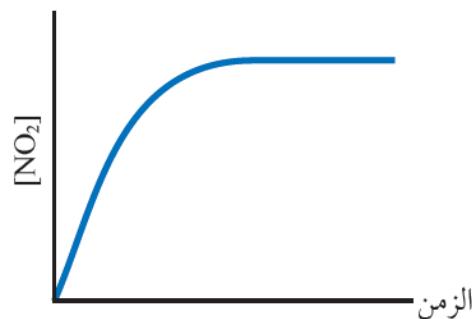
أمّا غاز  $N_2O_4$ ؛ فيكون تركيزه عند بداية التفاعل صفرًا، وتكون سرعة التفاعل العكسي صفرًا أيضًا، وبسبب تفكك غاز  $N_2O_4$  يبدأ تكون غاز  $N_2O_2$  وظهور اللون البنّي في وعاء التفاعل، ويبدأ حدوث التفاعل العكسي وتحول غاز  $N_2O_2$  إلى الغاز  $N_2O_4$  بسرعة بطئّة نسبيّاً، ويُعبر عن التفاعل كما في المعادلة الآتية:



وبزيادة تركيز  $N_2O_2$  في وعاء التفاعل، تتزايد سرعة التفاعل العكسي تدريجيًّا، وبعد مدة من الزمن ثبتت سرعة التفاعل وثبتت تراكيز المواد الناتجة، ويُبيّن الشكل (3/أ، ب) تزايد تركيز  $N_2O_2$  وتزايد سرعة التفاعل العكسي بمرور الزمن.



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

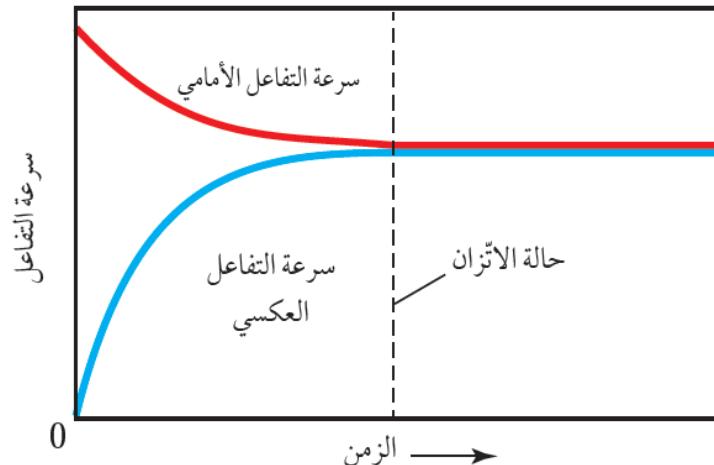


الشكل (3/أ): تغير تركيز  $NO_2$  مع الزمن.

يُوضّح مما سبق؛ أن تراكيز المواد المتفاعلة وسرعة التفاعل الأمامي يتناقصان بمرور الزمن، وفي الوقت نفسه تتزايد تراكيز المواد الناتجة وتتزايـد سرعة التفاعل العكسي، إلى أن يصل التفاعل إلى حالة الاتزان، حيث تصبح سرعة التفاعل الأمامي مُساويةً لسرعة التفاعل العكسي، أنظر الشكل (4)

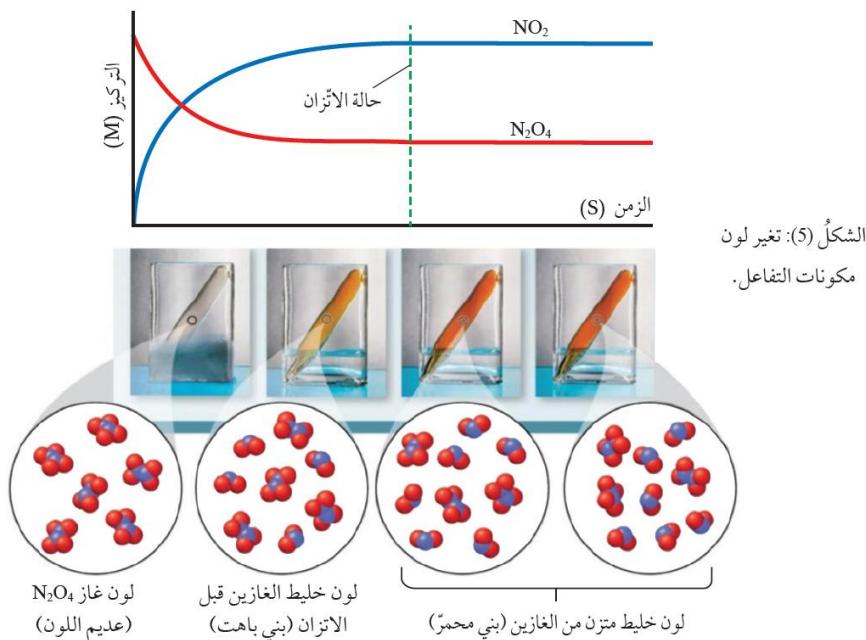
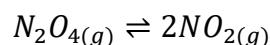
الشكل (4): التغير في سرعة التفاعل

أقارن بين تراكيز الغازات في وعاء التفاعل عند حالة الاتزان.



وعند الاتزان تثبت تركيز المواد المتفاعلة والناتجة ويحتوي وعاء التفاعل على خليط من الغازين بنسبي ثابتة، ويصبح لون الخليط بُنياً محمرة، انظر الشكل (5)

ويمكن التعبير عن التفاعل المترن السابق كما في المعادلة الآتية:



## العوامل المؤثرة في الاتزان

توصّلنا فيما سبق إلى أن التفاعلات الممعكسة تصل إلى حالة الاتزان، ويحتوي عندها وعاء التفاعل على تركيز ثابتة من المواد المتفاعلة والناتجة.

يمكن للتفاعل أن يكوّن المواد الناتجة بنسبة أكبر من المواد المتفاعلة، ويكون الاتزان مُراحاً جهة المواد الناتجة، أو يكوّن المواد المتفاعلة بنسبة أكبر من المواد الناتجة، ويكون الاتزان مُراحاً نحو المواد المتفاعلة، وهو ما يسمى **موضع الاتزان**

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

### مبدأ لوتشاتليه

درس العالم الفرنسي هنري لوتشاتليه التغييرات التي يمكن أن تؤثّر في حالة الاتزان للتفاعل، وتوصّل إلى أنه يمكن التحكّم بموضع الاتزان للتفاعل عبر التحكّم بظروف التفاعل من: تركيز، أو ضغط، أو درجة حرارة، وقد عرف ذلك مبدأ لوتشاتليه الذي ينصُّ:

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

اعتماداً على مبدأ لوتشاتليه فإنه يمكن زيادة كميات المواد الناتجة من التفاعل بالتحكّم في العوامل المؤثرة في الاتزان.

العوامل؟

## 1 الترکیز

يتأثر موضع الاتزان بتغيير كميات المواد أو تركيزها في وعاء التفاعل عند درجة الحرارة نفسها؛ إذ يؤدى تغيير تركيز مادة مُتفاعلٍ أو ناتجة إلى اضطرابٍ 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: يتفكّك 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 تُقلّل من أثر هذه الزيادة، ومن ثم سوف تزداد سرعة التفاعل الأمامي. وبهذا تُستهلك كمية من الغاز المضاف، وت تكون كميات جديدة من  $PCl_3$  و  $Cl_2$  وتزداد تركيزها، وبمرور الوقت، ونتيجةً لذلك تبدأ سرعة التفاعل العكسي بالتزاييد، وسرعة التفاعل الأمامي بالتناقص إلى أن تتساوى السرعتان فيعود التفاعل إلى حالة الاتزان من جديد، وتحدث التغييرات 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، ويزاح موضع الاتزان جهة اليسار.

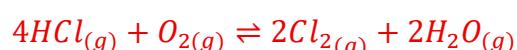
ونتيجةً لذلك؛ تنتج كمية جديدة من غاز  $PCl_5$  ويزداد تركيزه، وبمرور الوقت؛ تبدأ سرعة التفاعل العكسي بالتناقص وسرعة التفاعل الأمامي بالتزاييد، إلى أن تصبح السرعتان متساوietين، فيعود التفاعل إلى حالة الاتزان من جديد.

ويكون تركيز كل من  $Cl_2$  ،  $PCl_3$  ،  $PCl_5$  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  $Ag^+$ ؟



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



يحرق 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:  $2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)}$  أوضح التغييرات التي تحدث لتركيز كل من  $NO$  و  $N_2$

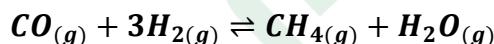


## الضغط 2

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

### افهم هاي مني

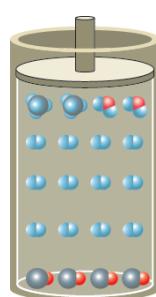
تُجرى التفاعلات التي تشتمل على الغازات في أوعية مغلقة لضمان عدم فقدانها أي كمية من الغازات المُمتفاعلة أو الناتجة كي يصل التفاعل إلى حالة الاتزان. ويمكن تغيير ضغط الغاز في وعاء التفاعل بالتحكم في حجم الوعاء، فمثلًا: يحضر غاز الميثان  $CH_4$  صناعيًّا بتفاعل غاز أول أكسيد الكربون  $CO$  مع غاز الهيدروجين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



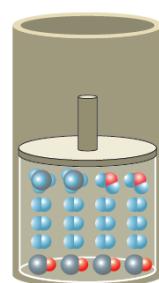
يمكن التحكم في موضع الاتزان عن طريق تغيير ضغط الغازات في وعاء التفاعل؛ إذ يلاحظ من معادلة التفاعل أن هناك أربع مولاتٍ من الغازات المُمتفاعلة ( $CO_{(g)} + 3H_{2(g)}$ ) ومولينٍ من المواد الناتجة ( $CH_{4(g)} + H_2O_{(g)}$ )، وعند إزالة المكبس للأسفل كما في الشكل (6) يقل حجم الوعاء ويزداد الضغط في وعاء التفاعل، وللتقليل من أثر زيادة الضغط؛ يعمل التفاعل على إزاحة موضع الاتزان إلى الجهة التي تحتوي على عدد مولات 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)

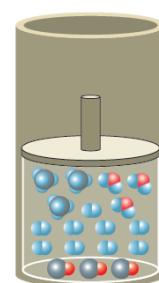
الشكل (6): شكل توضيحي لأثر تغيير الضغط في موضع الاتزان.



التفاعل في حالة الاتزان

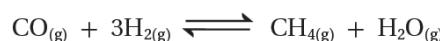


عند إزالة المكبس وزيادة الضغط

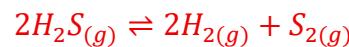


العودة إلى حالة الاتزان

- CO
- H<sub>2</sub>
- CH<sub>4</sub>
- H<sub>2</sub>O



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



أحدّد الجهة التي يُزاح موضع الاتزان نحوها في التفاعل الآتي؛ عند زيادة الضغط الكلي لخلط الغازات:



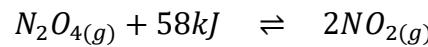
أوضح أثر زيادة حجم الوعاء في موضع الاتزان في التفاعل الآتي:  $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$



## درجة الحرارة

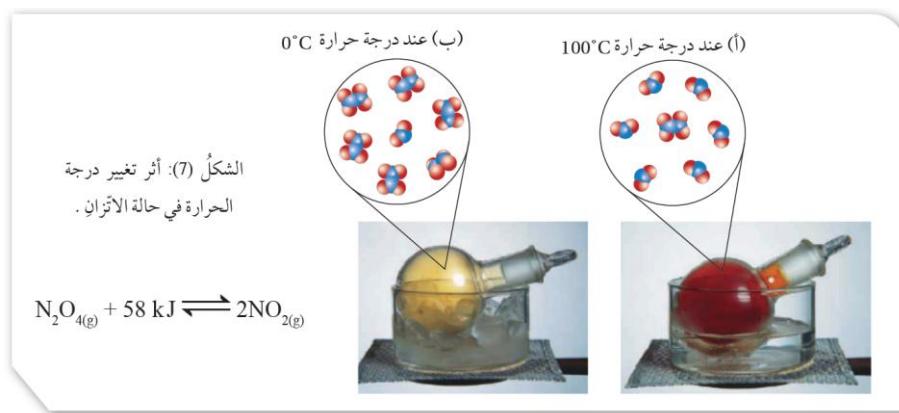
3

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؛ يمكن دراسة أثر تغيير درجة الحرارة لتفاعل متزن ماصٍ للحرارة مثل تفاعل تحلل رباعي أكسيد ثنائي النيتروجين  $N_2O_4$  كما في المعادلة الآتية:



لونبني محمر      عديم اللون

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



أمّا عند خفض درجة حرارة الخليط؛ فإن التفاعل يتّجّه نحو الجهة التي تزيد من إنتاج الحرارة، ويندفع التفاعل بالاتجاه العكسي، أي جهة تكوين  $\text{N}_2\text{O}_4$  فيزداد تركيزه ويقل تركيز  $\text{NO}_2$  ، وبذلك يصبح لون محلول مائلاً إلى اللّون الأصفر، أنظر الشكل (7/ب)، ما يعني أن التفاعل وصل إلى حالة اتّزان جديدة؛ أي أن الاتّزان وموضعه أزيحـا نحو المواد المُتفااعلة.

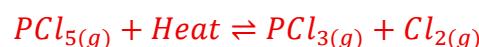
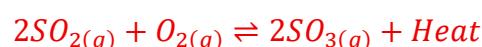
يتّضح مما سبق أن تغيير درجة حرارة التفاعل المُتنّزن يؤدي إلى حالة اتّزان جديدة، لا يعود فيها التفاعل إلى حالة الاتّزان التي كان عليها.

يُحضر الميثanol صناعيًّا كما في المعادلة الآتية، حيث يصل التفاعل إلى حالة الاتّزان:



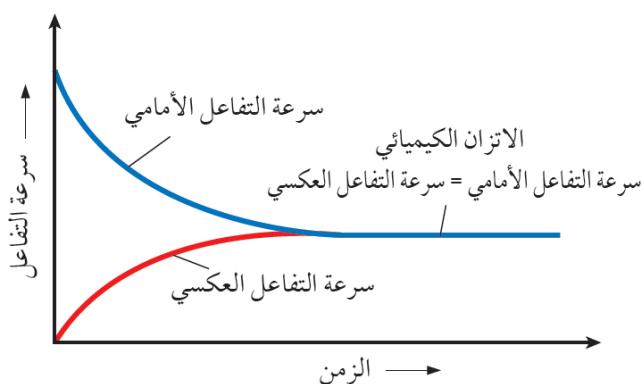
ما أثر زيادة درجة حرارة التفاعل على كمية الميثanol الناتج؟

أحدّد الجهة التي يُزاحـ نحوها الاتّزان في التفاعل الآتي عند زيادة درجة الحرارة:



## العامل المساعد (الحفاز) 4

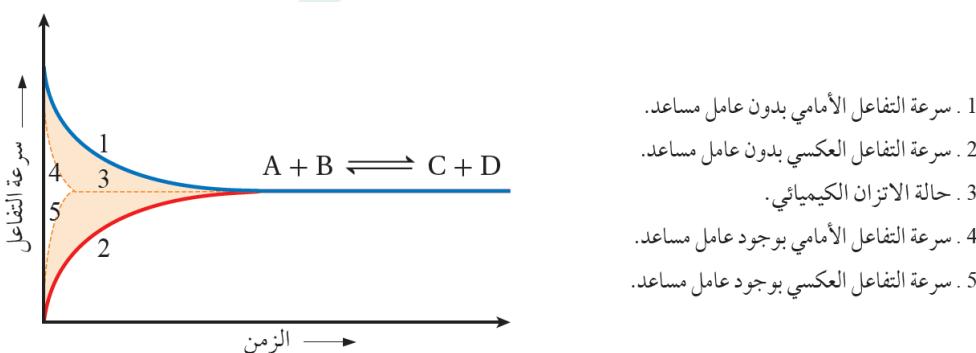
تصل التفاعلات المنشورة إلى حالة اتزان كيميائي، ويعني ذلك أن سرعة التفاعل الأمامي تساوي سرعة التفاعل العكسي، وتثبت تراكيز كل من المواد المتفاعلة والنتاجة، ويستمر التفاعل بالحدوث في الاتجاهين الأمامي والعكسي. انظر الشكل (8)، حيث يوضح تغير سرعة التفاعل مقابل الزمن.



- يؤثر العامل المساعد في سرعة كل من التفاعلين الأمامي والعكسي، ويعرف **العامل المساعد (الحفاز)** بأنه مادة تزيد من سرعة التفاعل الكيميائي دون أن تستهلك أثناء التفاعل.

- وقد بيّنت التجارب أن العامل المساعد يمهد مساراً بديلاً للتفاعل، مما يجعل حدوث التفاعل أسرع؛ أي في زمن أقلّ.

- وعند إضافة عامل مساعد إلى وعاء التفاعل؛ فإن موضع الاتزان لا يتأثر؛ إنما تزداد سرعة وصول التفاعل إلى حالة الاتزان، ويقلّ الزمن اللازم لذلك. انظر الشكل (9) الذي يوضح أثر العامل المساعد في حالة الاتزان.



## مراجعة الدرس

1. الفكرة الرئيسية: أصفُ الاتزان الكيميائي وأحدِدُ العوامل المُؤثرة فيه.

2. أوضح المقصود بكل من:

● مبدأ لوتشاتلييه.

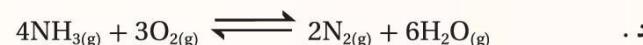
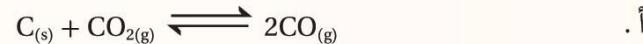
● التفاعلات المتعكسة

3. أوضح التغييرات التي تحدث لتركيز الأمونيا  $\text{NH}_3$  في التفاعل المُتنزن في الحالات الآتية:



- أ. زيادة تركيز  $\text{PCl}_3$ .
- ب. سحب كمية من  $\text{HCl}$  من وعاء التفاعل.
- ج. إضافة كمية من  $\text{P}(\text{NH}_2)_3$  إلى وعاء التفاعل.

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



5. أستخرج أثر التغييرات الآتية في موضع الاتزان للتفاعل الآتي:



- أ. زيادة حجم وعاء التفاعل.
- ب. زيادة درجة الحرارة.
- ج. إضافة كمية من بخار الماء.

٦. اختيار الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:

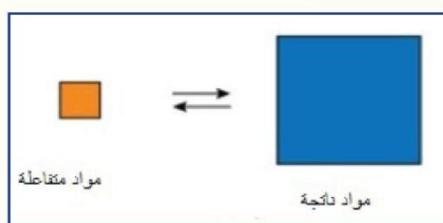
١. إحدى العبارات الآتية صحيحة دائمًا في التفاعلات المُتنّنة:

- أ . يُزاح الاتّزان دائمًا 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 الازان 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.

3. في التفاعل المتنزن الآتي:  $\text{N}_2\text{O}_{4(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(g)}$   $\Delta H = 57 \text{ kJ/mol}$   
 عديم اللون بنبي

أي التغيرات الآتية يؤدي إلى ظهور لونبني غامق في وعاء التفاعل:

- أ . زيادة درجة الحرارة.
  - ب . إضافة عامل مساعد
  - ج. زيادة الضغط .
  - د . تخفيض درجة الحرارة

4. في التفاعل المتنزن الآتي:  $2A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons C_{(g)} + \text{heat}$  ، واحدة من التغيرات الآتية لا تؤثر على

## موضع الاتزان:

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

$$2\text{CO}_{2(\text{g})} \rightleftharpoons 2\text{CO}_{(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})} \quad \Delta H = 566 \text{ kJ}$$

٥. في التفاعل الآتي:

التغير في كل من الضغط ودرجة الحرارة الذي ينتج عنهما أكبر كمية من غاز أول أكسيد الكربون  $\text{CO}$  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.

# الوحدة الثالثة: الاتزان الكيميائي

## السؤال الأول:

حالة الاتزان يستمر عندها حدوث التفاعل بالاتجاهين الأمامي والعكسي بالسرعة نفسها، وعندما لا يحدث تغيير على تركيز المواد المتفاعلة والناتجة 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 المتعكسة:** تفاعلات تحدث بالاتجاهين الأمامي والعكسي، فالمواد المتفاعلة تتفاعل وتكون المواد الناتجة، والمواد الناتجة تتفاعل لتكون المواد المتفاعلة.

**مبدأ لوتشاتلييه:** ينصُّ أنه إذا حدث تغييرٌ في أحد العوامل المؤثرة في الاتزان لتفاعل كيميائي مُتنزِّل مثل التركيز أو الضغط أو درجة الحرارة فإنَّ التفاعل يعملُ على تعديل موضع الاتزان للتقليل من أثر ذلك التغيير.

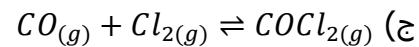
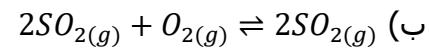
## السؤال الثالث:

ج) يزداد تركيزها

ب) يقل تركيزها

أ) يقل 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 تركيز المواد الناتجة والمتفاعلة ثابتةً.

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

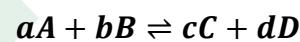
ويمكن التأثير عليها بإزاحة موضع الاتزان نحو اليسار أو اليمين بتغيير ظروف التفاعل من تركيز أو ضغط أو درجة حرارة، ثم يعود التفاعل إلى حالة الاتزان من جديد.

**تعبير ثابت الاتزان**

توصل العالمان النرويجيان كاتو جولديبرج وبيتري وييج إلى علاقة تصف حالة الاتزان سُمِّيَت **قانون فعل الكتلة** وبينصُ أنَّه عند درجة حرارة معينة يصل التفاعل إلى حالة تكون عندها نسبة تركيز المواد الناتجة إلى تركيز المواد المتفاعلة مرفوعًا كلًّى منها إلى قوَّة تساوي معاملها في المعادلة الموزونة، قيمة ثابتة سُمِّيَت **ثابت الاتزان**

**تمكين**

إذا كان لدينا التفاعل الافتراضي الآتي:



فإنَّا نجدُ أنَّ ثابت الاتزان ويُرمز له ( $K_{eq}$ ) يُمثِّل حاصل ضرب تركيز المواد الناتجة مقسومًا على حاصل ضرب تركيز المواد المتفاعلة مرفوعًا كلًّى منها إلى قوَّة تساوي معاملها ( $a, b, c, d$ ) في المعادلة الموزونة، ويُعبر عنه على النحو الآتي:

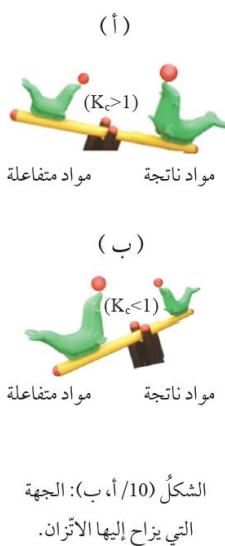
$$K_{eq} = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

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

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

## أهمية ثابت الاتزان



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

- بينما إذا كانت قيمة ثابت الاتزان أقل من واحد ( $K_c < 1$ )؛ يكون موضع الاتزان مُزاًحاً إلى جهة المواد المُمُتَفَاعِلَة، وتكون تراكيز المواد الناتجة أقل من تراكيز المواد المُمُتَفَاعِلَة ويكون مردود التفاعل قليلاً.

## هل قيمة ثابت الاتزان تتغير؟

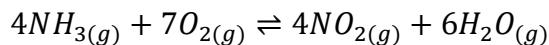
وتعتمد قيمة ثابت الاتزان على درجة الحرارة؛ فهناك قيم مختلفة لثابت الاتزان للتفاعل نفسه عند درجات حرارة مختلفة؛ فعند زيادة درجة الحرارة لتفاعل متزن ماص للطاقة يعدل الاتزان موضعه لتقليل أثر هذه الزيادة، وذلك بزيادة سرعة التفاعل الأمامي، فتزداد تراكيز المواد الناتجة وتقل تراكيز المواد المُمُتَفَاعِلَة فتزداد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

## تصنيف الاتزان؟

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

## 1 الاتزان المتجانس

كثير من التفاعلات الكيميائية المُمُتَنَرَّنة تكون فيها المواد المُمُتَفَاعِلَة والناتجة جميعها في الحالة الفيزيائية نفسها، وفي هذه الحالة يُوصَف الاتزان بأنه **اتزان متجانس** ويعُبَّر 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:



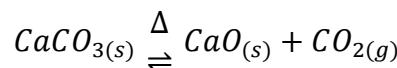
يعُبَّر عن ثابت الاتزان لهذا التفاعل على النحو الآتي:

$$K_c = \frac{[\text{NO}_2]^4 [\text{H}_2\text{O}]^6}{[\text{NH}_3]^4 [\text{O}_2]^7}$$

## الاتزان غير المتجانس

2

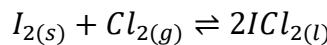
تحتفل الحالة الفيزيائية للمواد المُتفاعلة والناتجة (صلبة، وسائلة، وغازية) في بعض التفاعلات الكيميائية المُتنزنة، ويوصف الاتزان بأنه **اتزان غير متجانس** وقد وجد أن تراكيز المواد الصلبة في التفاعل تبقى ثابتة؛ إذ إن كمية المادة في وحدة الحجم منها تبقى ثابتة، لذلك تدمج مع قيمة ثابت الاتزان ولا تكتب في تعبير 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  $CO_2$  ويعبر عنه على النحو الآتي:

$$K_c = [CO_2]^1$$

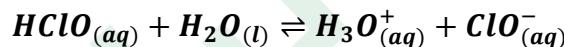
وكذلك بالنسبة للمادة السائلة؛ فإن تركيزها يمثل كثافتها، وهي قيمة ثابتة مهما تغيرت كميتها، ومن ثم فإن تركيزها يبقى ثابتاً فيدمج مع قيمة ثابت الاتزان، فمثلاً: يتفاعل اليود الصلب مع غاز الكلور وفق المعادلة الآتية:



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

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

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



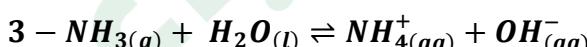
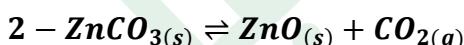
فإن تركيزه يبقى ثابتاً تقريباً فيدمج في قيمة ثابت الاتزان؛ ويعبر عن ثابت الاتزان كالتالي:

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

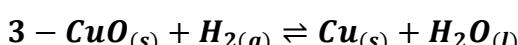
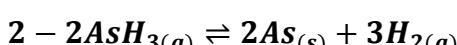
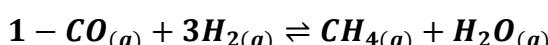
## حل أسئلة



1 - أكتب تعبير ثابت الاتزان بدالة التراكيز المولارية للمواد لكل من التفاعلات الآتية:



2 - أكتب تعبير ثابت الاتزان بدالة الضغط الجزئي للغازات في كل من التفاعلات الآتية:



3 - أفكِرْ: أكتب معاَدة التفاعُل؛ إذا كان تعبيِر ثابت الاتزان لخلط من الغازات في وعاء تفاعُلٍ هو:

(أ) أعطى ( $K_c$ ) - اكتب المعاَدة

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

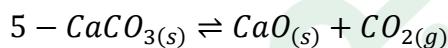
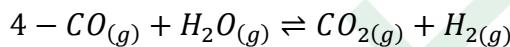
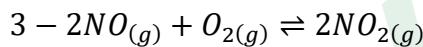
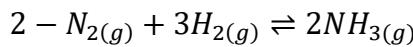
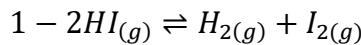
$$2 - K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] [H_2]^3}$$

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

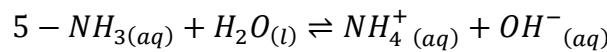
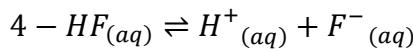
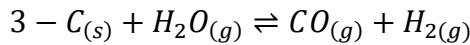
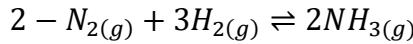
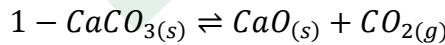
$$4 - K_c = \frac{[CO]^2 [H_2O]^2}{[CO_2]^2 [H_2]^2}$$

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

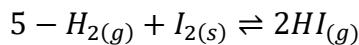
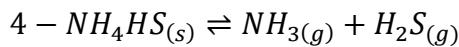
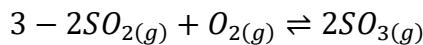
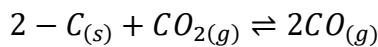
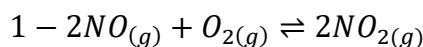
(ب) أعطِيَت المعاَدة - اكتب  $K_c$



(ج) تمارين  $K_c$  بدلالة التراكيز



(د) تمارين  $K_c$  بدلالة الضغوط



### الحسابات المتعلقة بثابت الاتزان

يستخدم قانون فعـل الكتلة في تطبيقات صناعية واسعة لوصف حالة الاتزان في الأنظمة الكيميائية المُتّرّنة؛ مـهما كانت الحالات الفيزيائية للمواد الكيميائية فيها، وقد عـرفنا في ما سبق أن نسبة تراكيـز المواد الناتـجة إلى تراكيـز المواد المـتفاـعـلة التـي يـعـبـرـ عنـها ثـابـتـ الـاتـزانـ  $K_c$  عـند درـجـة حرـارـة  $500^\circ C$ . مـهما اخـتـلـفـ تـراـكـيـزـ المـوـادـ المـسـتـخـدـمـةـ فيـ التـفـاعـلـ.

الجدول (1): قيم ثابت الاتزان لتفاعل الأمونيا في تجارب عـدةـ عـند درـجـة حرـارـة  $500^\circ C$ .

التجربة	التركيز الابتدائي (بوحدة M)	التركيز عند الاتزان (بوحدة M)	ثابت الاتزان
1	$[N_2]_0 = 1$ $[H_2]_0 = 1$ $[NH_3]_0 = 0$	$[N_2] = 0.921$ $[H_2] = 0.763$ $[NH_3] = 0.157$	$K_c = 6.02 \times 10^{-2}$
2	$[N_2]_0 = 0$ $[H_2]_0 = 0$ $[NH_3]_0 = 1$	$[N_2] = 0.399$ $[H_2] = 1.197$ $[NH_3] = 0.203$	$K_c = 6.02 \times 10^{-2}$
3	$[N_2]_0 = 2$ $[H_2]_0 = 1$ $[NH_3]_0 = 3$	$[N_2] = 2.59$ $[H_2] = 2.77$ $[NH_3] = 1.82$	$K_c = 6.02 \times 10^{-2}$

ويوضح الجدول (1) قيم ثابت الاتزان لتفاعل إنتاج الأمونيا في تجارب عـدةـ أـجـريـتـ عـند درـجـة حرـارـة  $500^\circ C$  كما في المعادلة:



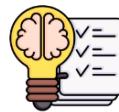
يتضح من الجدول أن قيمة ثابت الاتزان عند درجة حرارة معينة لا تتأثر بالتراكيـزـ الـابـتـدـائـيـ للمـوـادـ فيـ التـفـاعـلـ، لكنـهاـ تعـتمـدـ عـمـلـيـاـ عـلـىـ تـراـكـيـزـ المـوـادـ فيـ وـعـاءـ التـفـاعـلـ عـنـدـ الـاتـزانـ. وـسـوـفـ أـتـعـرـفـ فـيـماـ يـأـتـيـ كـيـفـيـةـ حـسـابـ ثـابـتـ الـاتـزانـ، وـحـسـابـ تـراـكـيـزـ المـوـادـ فـيـ التـفـاعـلـ عـنـدـ وـصـوـلـهـ إـلـىـ حـالـةـ الـاتـزانـ.

## 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 المُمُتَفَاعِلَة 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 المُمُتَفَاعِلَة والناتجة على النحو الآتي:  $CO$  من  $0.6\ mol$  و  $H_2$  من  $0.2\ mol$  و  $CH_4$  من  $0.12\ mol$  و  $H_2O$  من  $0.04\ mol$  عند الاتزان، عند درجة حرارة معينة.



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

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

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

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

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

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:  $p_{(NO)} = 0.05\ atm$  ،  $p_{(Cl_2)} = 0.3\ atm$  ،  $p_{(NOCl)} = 1.2\ atm$



أحسب ثابت الاتزان:

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

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

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

# الوحدة الثالثة: الاتزان الكيميائي

## المُحَفَّز

في الكيمياء

يتخلل غاز يوديد الهيدروجين  $HI$  ، وينتج خليط 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 mol من يوديد الهيدروجين  $HI$  في وعاء مغلق حجمه 5 L عند درجة حرارة  $485^\circ\text{C}$  وجد أن الوعاء عند الاتزان يحتوي 0.442 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:

$2HI_{(g)}$	$\rightleftharpoons$	$H_{2(g)}$	+	$I_{2(g)}$
$0.8 \text{ M}$		$0$		$0$
$-2x$		$+x$		$+x$
$(0.8 - 2x)$		$(x)$		$0.0884$

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:

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

لاحظ أن قيمة  $K_C < 1$  ما يشير إلى أن موضع الإتزان مزاحاً جهة المواد المتفاعلة.

### حساب تراكيز المواد عند الاتزان



يرافق حدوث التفاعلات الكيميائية تغيرات في تراكيز المواد المُتفاعلة والنتاج 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:

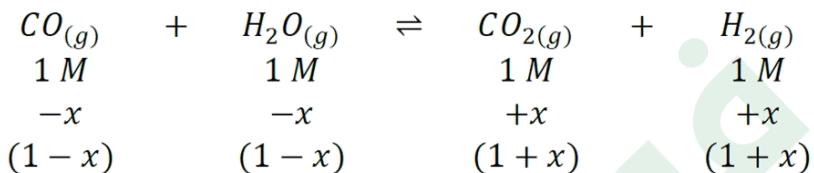
يتفاعل غاز أول أكسيد الكربون  $CO$  مع بخار الماء لإنتاج غازي ثاني أكسيد الكربون  $CO_2$  والهيدروجين  $H_2$  كما في المعادلة الآتية:  $CO_{(g)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + H_2$  فإذا وضع  $1\ mol$  من كل من هذه الغازات في وعاءٍ حجمه  $L$  ، وكان ثابت الاتزان عند  $K = 700$  يساوي  $5.10$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



أحسب التركيز الابتدائي لكل غاز:

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

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



التراكيز عند بداية التفاعل:

التغيرات التي تطرأ على التراكيز:

التراكيز 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:

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

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

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  $0.5\ mol H_2$  مع  $0.5\ mol I_2$  في وعاء حجمه  $L$ ، وسخن 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.

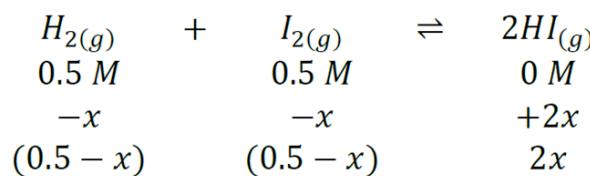


أحسب التركيز الابتدائي لكل غاز:

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

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

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

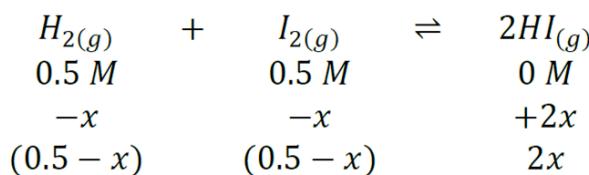


التراكيز عند بداية التفاعل:

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:

طبق قانون ثابت الاتزان ثم أعوّض عن ثابت الاتزان وترسيخ المقادير 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:

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

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

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

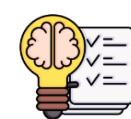
$$[H_2] = [I_2] = 0.5 - 0.39 = 0.11\ M$$

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

## حل تمارين



يتفكّك غاز  $NO$  وفق المعادلة الآتية:  $2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{(g)}$  إذا كان التركيز الإبتدائي ل  $NO$  يساوي  $0.2\text{ M}$  أحسب تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة عند الاتزان عند درجة حرارة  $1000^\circ\text{C}$  علماً بأن ثابت الاتزان  $K_c$  يساوي  $2.4 \times 10^3$

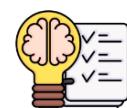


أجرى مجموعة من الطلبة تجربة لإنتاج فلوريد الهيدروجين  $HF$ ؛ إذ وضعوا  $3\text{ mol } H_2$  و  $3\text{ mol } F_2$  في وعاء حجمه  $3\text{ L}$ ، وتركوها لتتفاعل كما في المعادلة الآتية:  $H_{2(g)} + F_{2(g)} \rightleftharpoons 2HF_{(g)}$  أحسب تراكيز المواد عند الاتزان؛ علماً أن ثابت الاتزان  $K_c$  يساوي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

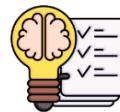


أحسب ثابت الاتزان لتحلل غاز الفوسجين  $COCl_2$  في وعاء مغلق حجمه  $0.4\text{ L}$  كما في المعادلة الآتية:  $COCl_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + Cl_{2(g)}$  إذا كان عدد مولات الغازات في وعاء التفاعل عند الاتزان كما يأتي:

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



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

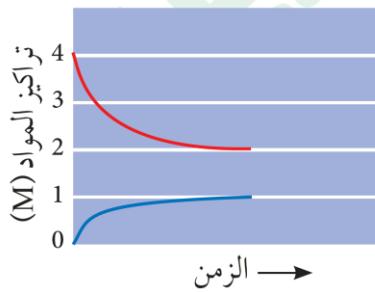


أ - تركيز كل من  $H_2$ ,  $Br_2$ ,  $HBr$  عند الاتزان

ب - ثابت الاتزان  $K_c$



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



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

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

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

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

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

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

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

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

(أ)  $0.020$  (ب)  $0.050$

(ج)  $0.080$  (د)  $0.125$

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

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

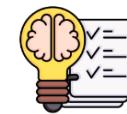
(ج)  $2.50 \times 10^{-2}$  (د)  $9.00 \times 10^{-2}$

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

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

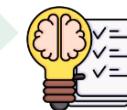
(ج)  $8.70 \times 10^{-3}$  (د)  $1.20 \times 10^{-2}$

في التفاعل  $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$  في وعاء حجمه 2.0 L عند الاتزان: احسب قيمة  $K_c$



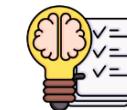
- |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| أ) $7.4 \times 10^{-2}$ | ج) $1.5 \times 10^{-3}$ |
| ب) $3.3 \times 10^{-4}$ | د) $2.2 \times 10^{-2}$ |

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



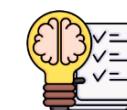
- |         |         |
|---------|---------|
| أ) 18.0 | ج) 1.8  |
| ب) 6.0  | د) 0.18 |

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



- |         |         |
|---------|---------|
| أ) 0.10 | ج) 0.50 |
| ب) 0.25 | د) 0.75 |

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



- |        |        |
|--------|--------|
| أ) 4.0 | ج) 1.0 |
| ب) 2.0 | د) 0.5 |

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



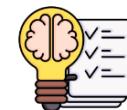
- |          |         |
|----------|---------|
| أ) 0.025 | ج) 0.50 |
| ب) 0.10  | د) 1.0  |

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



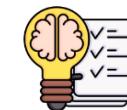
- |                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| ب) $0.12 \text{ M}$ | ج) $0.24 \text{ M}$  |
| د) $0.16 \text{ M}$ | هـ) $0.36 \text{ M}$ |

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  $NH_3$  أقرب إلى:  $K_c = 0.80 \text{ mol}$



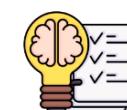
- |                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| ب) $1.6 \times 10^{-1}$ | ج) $0.80$                |
| د) $3.2$                | هـ) $6.4 \times 10^{-2}$ |

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



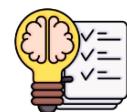
- |                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| ب) $0.10 \text{ M}$ | ج) $0.05 \text{ M}$  |
| د) $0.25 \text{ M}$ | هـ) $0.20 \text{ M}$ |

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  
 $K_c = 0.30 \text{ mol } Cl_2$  احسب



- |           |           |
|-----------|-----------|
| ب) $2.0$  | ج) $1.0$  |
| د) $0.50$ | هـ) $4.0$ |

في وعاء  $1.5\text{ L}$  للتفاعل  $\text{H}_{2(g)} + \text{Br}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{HBr}_{2(g)}$  ، أضيف  $0.30\text{ mol Br}_2$  و  $0.30\text{ mol H}_2$  ، الاتزان كان  $M$  احسب  $[\text{HBr}] = 0.20\text{ M}$  عند الاتزان:



- |                    |                      |
|--------------------|----------------------|
| ب) $0.10\text{ M}$ | $0.067\text{ M}$ (أ) |
| د) $0.13\text{ M}$ | $0.033\text{ M}$ (ج) |

تفاعل:  $\text{PCl}_{5(g)} \rightleftharpoons \text{PCl}_{3(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$  ، قيمه  $K_c$  أقرب إلى: في وعاء  $3.0\text{ L}$  وضع  $0.60\text{ mol PCl}_5$  وجد  $[\text{Cl}_2] = 0.10\text{ M}$



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

في وعاء  $2.5\text{ L}$  للتفاعل:  $\text{NO}_{(g)} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{NO}_{2(g)}$  ابتدائياً  $\text{NO} = 0.50\text{ mol}$  عند  $\text{O}_2 = 0.25\text{ mol}$  ، الاتزان كان  $\text{NO} = 0.30\text{ mol}$  احسب  $[\text{NO}_2]$

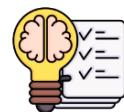


- |                    |                     |
|--------------------|---------------------|
| ب) $0.16\text{ M}$ | $0.08\text{ M}$ (أ) |
| د) $0.12\text{ M}$ | $0.10\text{ M}$ (ج) |

تفاعل:  $2\text{NO}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_{4(g)}$  ، وضع  $1.20\text{ mol NO}_2$  في وعاء  $4.0\text{ L}$  فقط. عند الاتزان كان  $= [\text{NO}_2] = 0.20\text{ M}$



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



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

- |       |       |         |
|-------|-------|---------|
| ب) 15 | ج) 30 | 7.5 (أ) |
| د) 60 |       |         |



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

- |           |           |            |
|-----------|-----------|------------|
| ب) 0.40 M | ج) 0.20 M | 0.60 M (أ) |
| د) 0.80 M |           |            |

### مراجعة الدرس

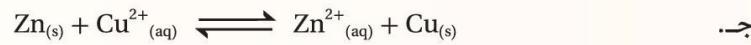
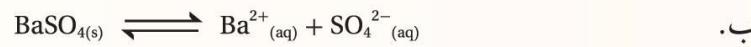
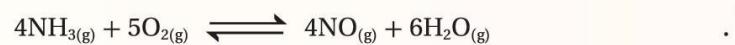
1. الفكرة الرئيسية: أفسر دلالة ثابت الاتزان لتفاعل الكيميائي.

2. أوضح المقصود بكل مما يأتي:

● الاتزان المتجانس.

● قانون فعل الكتلة.

3. **أطبق** أكتب تعبير ثابت الاتزان بدلاً من تفاعلات الآتية:

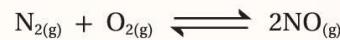


4. **استخدم الأرقام**: أدخل 0.65 mol من غاز  $\text{N}_2\text{O}_4$  إلى وعاء حجمه L، وترك ليتفكك كما في المعادلة الآتية:



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

5. **استخدم الأرقام**: وضع 2 mol من كل من الأكسجين والنيتروجين في وعاء حجمه L لتفاعل معًا وفق المعادلة الآتية:



وقد وجد أن ثابت الاتزان للتفاعل عند درجة حرارة K 150 يساوي  $10^{-5} \times 1$ ; أحسب تركيز المواد عند وصول التفاعل إلى حالة الاتزان.

6. اختار الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:

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

A. تكون المواد المتفاعلة والنتاجة في الحالة الفيزيائية نفسها.

B. تتبع الحالة الفيزيائية للمواد المتفاعلة والمواد الناجة.

C. تركيز المواد الصلبة في التفاعل غير ثابتة.

D. يظهر تركيز السائل في قانون ثابت الاتزان.

2. قيمة ثابت الاتزان لتفاعل  $2\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(g)}$  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:  $\text{AgBr}_{(s)} \rightleftharpoons \text{Ag}^+_{(aq)} + \text{Br}^-_{(aq)}$ ، ويعبر عن ثابت الاتزان بالمعادلة:  $K_c = [\text{Ag}^+][\text{Br}^-]$

إذاً أذيب في خليط التفاعل المتبطن 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:

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

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

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

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

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

## السؤال الأول:

يدل ثابت الاتزان على نسب تراكيز المواد المتفاعلة والممواد 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:

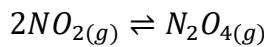
$$K_c = \frac{[NO]^4[H_2O]^6}{[NH_3]^4[O_2]^5} \quad (أ)$$

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

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

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

## السؤال الرابع:



التركيز عند البداية

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

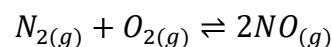
التركيز عند الاتزان

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

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

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

**السؤال الخامس:**



2M      2M      0

-x      -x      + 2x

2 - x      2 - x      2x

التركيز 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 التركيز 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. أوضح المقصود بكل مما يأتي:

• الاتزان غير المتجانس. • ثابت الاتزان.

2. **استنتج** يتفاعل ثاني أكسيد الكبريت  $\text{SO}_2$  مع الكلور  $\text{Cl}_2$  وفق المعادلة الآتية:



ما أثر التغيرات الآتية في موضع الاتزان؟

أ. زيادة تركيز  $\text{Cl}_2$ .

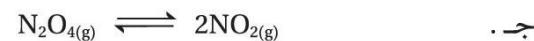
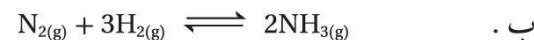
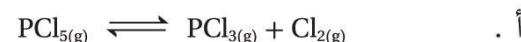
ب. سحب كمية من  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$  من الوعاء.

ج. تقليل كمية  $\text{SO}_2$  في وعاء التفاعل.

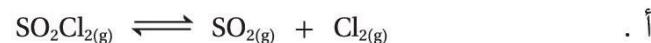
3. **استنتاج** أثر خفض درجة الحرارة في موضع الاتزان للتفاععين المذكورين الآتيين:



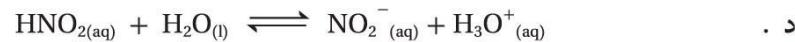
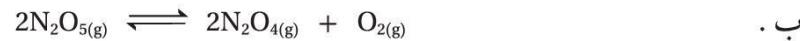
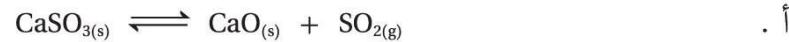
4. **أحدد** التفاعل الذي يتبع عنه أكبر كمية من المواد عند زيادة الضغط الكلي المؤثر في وعاء التفاعل:



5. **استنتاج** موضع الاتزان عند تقليل حجم الوعاء في كل من التفاعلات الآتية مبرراً إجابتي:



6. **اطبق** أكتب تعبيراً ثابتاً لـ  $K$  لكل من التفاعلات الآتية:



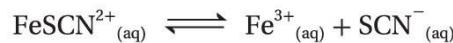
مراجعة الوحدة

۷ . أَفْسَرٌ :

- أ . لا يتأثر موضع الاتزان عند تغيير الضغط الكلّي في وعاء التفافُل عند الاتزان للتفاعل الآتي:



بـ. في التفاعل المُتّزن الآتي:



يمكن زيادة تركيز  $\text{SCN}^-$  بتسريب أيونات الحديد  $\text{Fe}^{3+}$  من محلول بتفاعلاتها مع مادة أخرى.

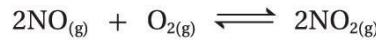
٨. **أُستَنْجِي:** يُبيّن الجدول الآتي نتائج دراسة ثابت الانزام لتفاعلٍ ما عند درجات حرارة مختلفة، هل التفاعل ماضٌ للحرارة أم طارد لها؟ أبْرِر إجابتي.

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

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

**ب - أقارن هذه النتيجة بقيم ثابت الاتزان في الجدول رقم (1)، وأبرر هذا الاختلاف.**

- 10. استخدم الأرقام:** وجد أن ثابت الاتزان للتفاعل المُترن الآتي يساوي  $K = 4 \times 10^{13}$  عند درجة  $25^\circ\text{C}$



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

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

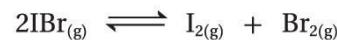
11. **استخدم الأرقام:** يحدث التفاعل الآتي في وعاء مغلق حجمه L.



- وضع 0.8 mol من كل من الغازات الأربع إلى وعاء التفاعل عند درجة حرارة معينة فُوجِدَ أن ثابت الاتزان للتفاعل عند درجة الحرارة نفسها يساوي 3.75، أحسب تراكيز هذه الغازات عند الاتزان.

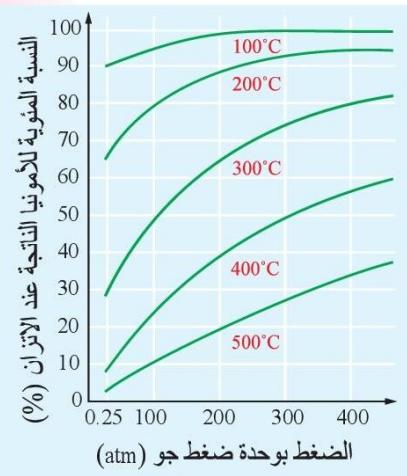
## مراجعة الوحدة

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



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

13. **استنتج:** تُصنَّع الأمونيا بتتسخين مزيج من غازي النيتروجين والهيدروجين بوجود عامل مساعد، كما في المعادلة الآتية:

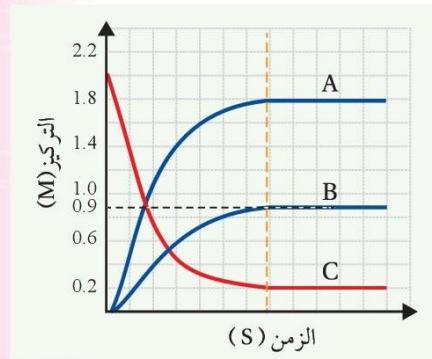


ويُبيّن الشكل المجاور نسبة الأمونيا الناتجة عند ظروف مختلفة من الضغط ودرجة الحرارة، أدرس المنهجي ثم أجب عن الأسئلة الآتية:

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

14. **استنتاج:** يُبيّن الشكل المجاور النتائج التجريبية لخلط من الغازات  $(\text{SO}_3, \text{SO}_2, \text{O}_2)$  عند الاتزان، أدرس الشكل وأجيب عن الأسئلة الآتية:

- أ . أحدد: أي المنهجيات التي أعطيت الرموز A ، B ، C يُمثل الماء المُتفاعل و أيها يُمثل الماء الناتجة؟
- ب . أكتب معادلة التفاعل الموزونة.
- ج . أحسب ثابت الاتزان للتفاعل في ضوء هذه النتائج.



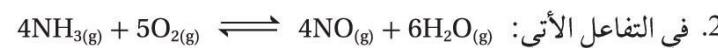
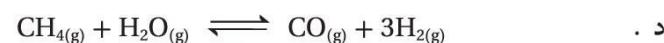
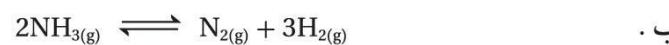
15. تغطي الأسنان طبقةً من المعادن تُسمى طبقة المينا؛ تعمل على حماية الأسنان من التآكل:

- أ . أسمى المعادن الأساسية التي تتكون منه هذه الطبقة.
- ب . أوضح عملية إزالة المعادن وأكتب معادلة كيميائية تُبيّن ذلك.
- ج . أسمى المادة المستخدمة في إعادة بناء المعادن.
- د . أوضح كيفية بناء المعادن في الأسنان.

## مراجعة الوحدة

16. أختار الإجابة الصحيحة لكل فقرة في ما يأتي:

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

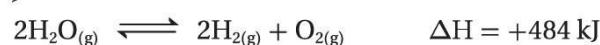


يؤدي سحب كمية من غاز  $NH_3$  من وعاء التفاعل إلى:

أ. زيادة سرعة التفاعل الأمامي.  
ب. زيادة إنتاج غاز  $NO$ .

ج. إزاحة موضع الاتزان نحو اليمين.  
د. إزاحة موضع الاتزان نحو اليسار.

3. يُعد تحليل الماء كهربائياً إحدى طرائق تحضير غاز الهيدروجين كما في التفاعل الآتي:



أحدد أي الإجراءات الآتية يؤدي إلى زيادة كمية غاز الهيدروجين الناتجة:

أ. زيادة درجة الحرارة  
ب. خفض درجة الحرارة

ج. زيادة الضغط المؤثر  
د. إضافة كمية من غاز الأكسجين

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

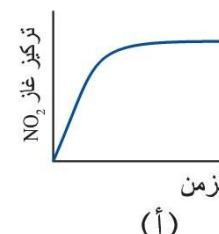
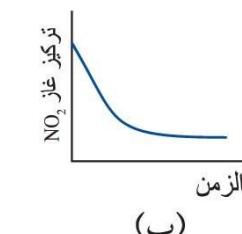
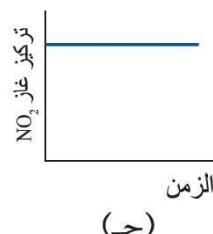
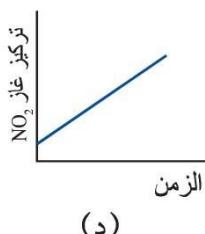
أ. تراكيز المواد الناتجة مساوٍ لتركيز المواد المتفاعلة.

ب. موضع الاتزان مُزاحٌ نحو تكوين المواد المتفاعلة.

ج. سرعة التفاعل الأمامي مساوية لسرعة التفاعل العكسي.

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

5. الشكل الذي يعبر عن تغير تركيز  $NO$  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:

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

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

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

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

7. تعبير ثابت الاتزان لتفاعل ما:

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 لتفاعل الآتي فإن:



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



\* اعتماداً على معادلة التفاعل الكيميائي الموزونة الآتية:

أجب عن الفقرتين 11 و 12:

10. ما التغير أو التغييرات من الآتية يمكن أن تزيد من قيمة ثابت الاتزان؟

- I. زيادة الضغط
- II. خفض درجة الحرارة
- III. زيادة تركيز  $N_2$
- A. I و II معاً
- B. I فقط
- C. II فقط
- D. III معاً

11. عند استعمال العامل المساعد في تفاعل انتاج الأمونيا:

- A. يزداد تركيز الأمونيا عند الإتزان.
- B. يقل تركيز الأمونيا عند الإتزان.
- C. لا يتغير تركيز الأمونيا عند الإتزان.
- D. يزداد الزمن اللازم للوصول إلى موضع الاتزان.

12. بتحلل غاز الفوسجين  $COCl_{2(g)}$  وفق المعادلة:

$COCl_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + Cl_{2(g)}$   
إذا كانت تركيز المواد عند الاتزان كما يأتي  $[CO] = [Cl_2] = 0.18 \text{ M}$ ,  $[COCl_2] = 0.75 \text{ M}$   
فإن ثابت الاتزان للتفاعل يساوي:

- A. 0.48
- B. 0.032
- C. 2.34
- D. 0.043

13. وضع 0.625 mol من غاز رباعي أكسيد ثنائي النيتروجين  $N_2O_4$  في وعاء حجمه 5 L عند درجة حرارة معينة، فإذا كان تركيز  $N_2O_4$  عند الاتزان يساوي 0.075 M؛ فإن ثابت الاتزان للتفاعل الآتي:  $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$  يساوي:

- A. 0.13
- B. 0.75
- C. 7.5
- D. 1.5

س 1

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

**ثابت الاتزان:** تعبير يمثل نسبة تركيز المواد الناتجة إلى تركيز 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 متعددة (صلبة، أو سائلة، أو غازية).

س 2 أ) يزاح موضع الاتزان نحو اليمين (المواد الناتجة)

ب) يزاح موضع الاتزان نحو اليمين (المواد الناتجة)

ج) يزاح موضع الاتزان نحو اليسار (المواد المتفاعلة)

س 3 أ) يزاح موضع الاتزان نحو اليمين (المواد الناتجة)

ب) يزاح موضع الاتزان نحو اليسار (المواد المتفاعلة)

س 4 التفاعل (ب)

س 5 أ) جهة المواد المتفاعلة: لأن تقليل حجم الوعاء يزيد من الضغط وحسب مبدأ لوتشاتيلييه يزاح موضع الاتزان نحو عدد المولات الأقل.

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

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

$$س 6 \quad K_c = [SO_2]$$

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

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

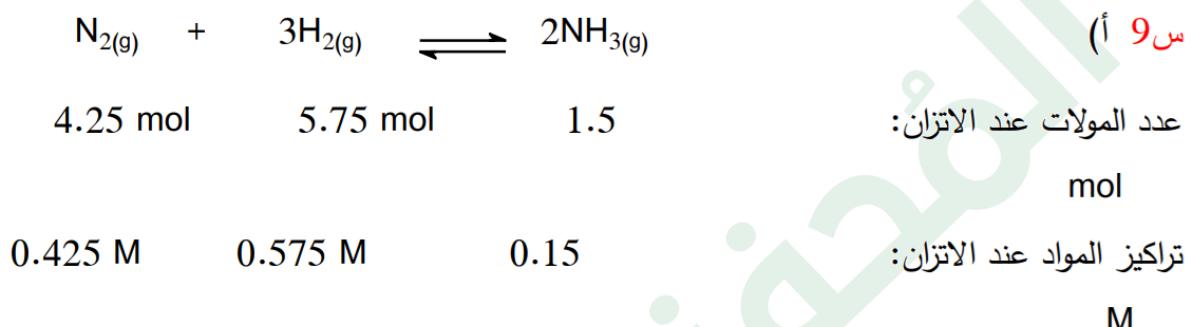
$$د) \quad K_c = \frac{[NO_2^-] [H_3O^+]}{[HNO_2]}$$

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

س 7 أ) لأن عدد مولات المواد المتفاعلة متساوياً 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 لوتشاتيلييه، فيزداد تركيز أيونات  $SCN^-$ .

س 8 يتضح من البيانات أن زيادة درجة الحرارة تقلل من ثابت الاتزان وحسب مبدأ لوتشاتيليه فان موضع الاتزان يزاح إلى الجهة التي تقلل من أثر هذه الزيادة أي جهة المواد المتفاعلة فيزداد تركيزها وتقل تركيز المواد الناتجة ما يشير إلى أن التفاعل طارد للحرارة.



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

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 تركيز المواد الناتجة ويزيد من ثابت الاتزان.

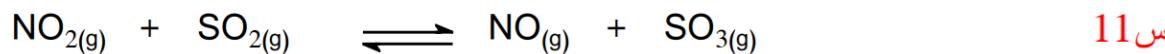
س 10 أ- حيث ان ثابت الاتزان كبير فان المواد المتوفرة بكمية أكبر هي المواد الناتجة  $\text{NO}_2$

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

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

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

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



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	تركيز المواد عند البداية:
0.8-x	0.8 -x	0.8 +x	0.8 +x	تركيز المواد عند الاتزان:

$$K_c = \frac{[NO][SO_3]}{[NO_2][SO_2]}$$

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

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:

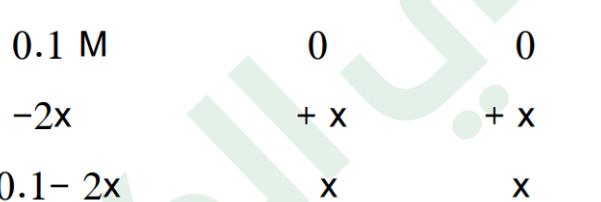
$$x = 0.255$$

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

$$[NO_2] = [SO_2] = 0.545 \text{ M}$$

$$[NO] = [SO_3] = 1.055 \text{ M}$$

س 12



تراكيز المواد عند البداية:

التغير في تراكيز المواد :

تراكيز المواد عند الاتزان:

$$K_c = \frac{[I_2][Br_2]}{[IBr]^2}$$

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

وبأخذ جذر الطرفين أجد أن:

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

$$X = 0.012$$

وتكون تراكيز المواد عند الاتزان كما يلي:

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

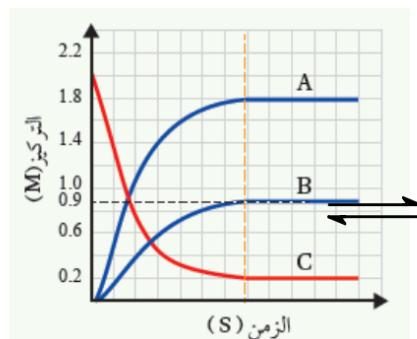
$$[I_2] = [Br_2] = 0.012 \text{ M}$$

س 13 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.

$$K_p = \frac{(p_{\text{NH}_3})^2}{(p_{\text{N}_2})(p_{\text{H}_2})^3} \quad (\text{ب})$$

س 14 أ)

يمثل المنحنى A:  $\text{SO}_2$  و يمثل المنحنى B:  $\text{O}_2$  أما المنحنى C فيمثل:  $\text{SO}_3$ .

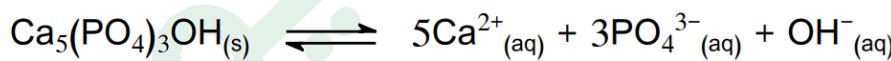


(ج)

$$K_c = \frac{[\text{SO}_2]^2 [\text{O}_2]}{[\text{SO}_3]^2} = \frac{(1.8)^2 (0.9)}{(0.2)^2} = 72.9$$

س 15 أ) هيدروكسي أباتيت

ب) تآكل الأسنان وتصاب بالتسوس نتيجة ذوبان معدن هيدروكسي أباتيت المكون للمينا، ويزيد من تآكلها تixer بواقي السكريات في الفم التي تؤدي الى انتاج ايونات  $\text{H}^+$  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  $\text{OH}$  في الهيدروكسي أباتيت ويتكوين معدن الفلورو أباتيت  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$  الذي يدخل في تكوين مينا الأسنان ويعيد تكوينها.

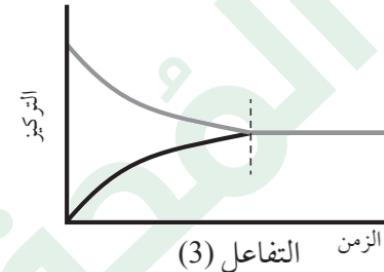
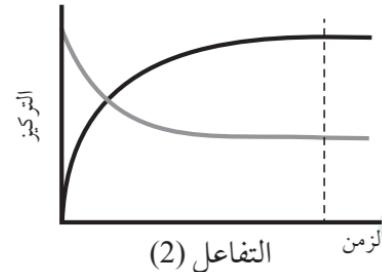
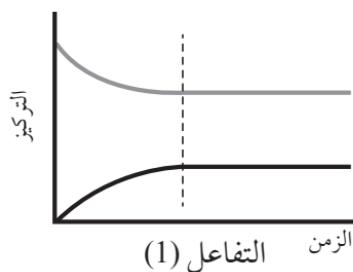
س 16

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

## أسئلة تفكير

### السؤال الأول:

أُجْرِي مجموَعَةٌ من الْطَّلَبَةِ تجَارِبٌ لِدِرَاسَةِ مَوْضِعِ الْإِتَّرَازِ لِثَلَاثَةِ تِفَاعُلَاتٍ لِمَوَادٍ فِي الْحَالَةِ الغَازِيَّةِ، تُعبِّرُ الْمَنْحِنِيَّاتُ الْثَلَاثَةُ الآتِيَّةُ عَنِ النَّتَائِجِ الَّتِي جَرِيَ التَّوَصِيلُ إِلَيْهَا، أَدْرُسُ هَذِهِ الْمَنْحِنِيَّاتَ، ثُمَّ أَجِيبُ عَنِ الْأَسْئَلَةِ الَّتِي تَلِيهَا:



1. ما الجهة التي يُزاح نحوها الإتزان لكُلٌّ من التفاعلين (1,2,3)؟

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

2. ما القيمة التقريرية لثابت الإتزان (أكبر من واحد، أقل من 1، تساوي 1) لكُلٌّ من التفاعلات الثلاثة؟ أفسر إجابتي.

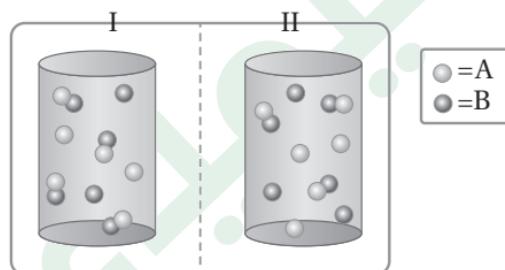
- التفاعل الأول  $K_c < 1$  : ، ودليل ذلك أن تراكيز المواد المتفاعلة أكبر من تراكيز المواد الناتجة.

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 مساوي لتراكيز المواد الناتجة.

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

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



### السؤال الثاني:

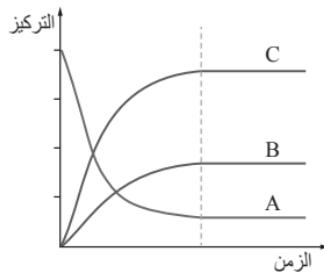
يمثل الشكل المجاور مكونات التفاعل  $AB_{(g)} + \text{heat} \rightleftharpoons A_{(g)} + B_{(g)}$

عند الإتزان عند درجتي 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:



يبين الشكل المجاور مُنحنياتٍ تغيير تراكيز المُواد في تفاعل ما، حتى وصوله إلى حالة الاتزان، أدرس المُنحنيات ثم أجب عن الأسئلة الآتية:

1. أصف تغيير تراكيز المُواد من بداية التفاعل حتى وصول التفاعل إلى حالة الاتزان.

1. يقل تركيز المادة A بمرور الزمن إلى أن يصل التفاعل إلى حالة الاتزان، عندئذ يثبت ترکیزها، أما المادتان B,C فإن تراکیزها تزداد بمرور الزمن إلى حين وصول التفاعل إلى حالة الاتزان ثبت تراکیزها.

2. أفسّر: بعد بدء التفاعل لا تصبح تراکیز أيٌ من المُواد في التفاعل تساوي صفرًا.

2. لأن التفاعل عند حالة الاتزان يستمر بالحدوث بالاتجاهين الأمامي والعكسي بالسرعة نفسها، أي أنه يُكوّن المُواد المتفاعلة باستمرار، وفي الوقت نفسه يُكوّن المُواد الناتجة، ولذلك نجد أن وعاء التفاعل يحتوي المُواد الناتجة والمُمُقاولة بنسب متقاوّة، أي أن تركيز أي منها لا يساوي صفرًا.

3. أكتب تعبير ثابت الاتزان للتفاعل؛ علما بأن المُواد 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:

أ . زيادة الضغط.....

ب . زيادة درجة الحرارة.....

ج . زيادة تركيز غاز O<sub>2</sub>.....

د . إضافة عامل مساعد.....

أ- زيادة الضغط تزيد سرعة التفاعل الأمامي أي أن موضع الاتزان يزاح نحو تكوين المُواد الناتجة.

ب- بما أن التفاعل طارد للطاقة فإن زيادة درجة الحرارة تزيد سرعة التفاعل العكسي أي أن موضع الاتزان يزاح نحو تكوين المُواد المُمُقاولة.

ج- زيادة تركيز O<sub>2</sub> يزيد سرعة التفاعل العكسي أي أن موضع الاتزان يزاح نحو تكوين المُواد المُمُقاولة.

د- إضافة عامل مساعد لا تؤثر في موضع الاتزان ولكن تزداد سرعة الوصول إلى موضع الاتزان.

## السؤال الخامس:

في التفاعل الآتي:



يقل

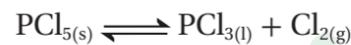
أ . أستنتج أثر خفض درجة الحرارة على تركيز  $\text{Cl}_2$  عند الاتزان.

يقل

ب . أستنتاج أثر زيادة درجة الحرارة على قيمة ثابت الاتزان  $K_c$ .

## السؤال السادس:

التفاعل الآتي يحدث عند درجة حرارة معينة:

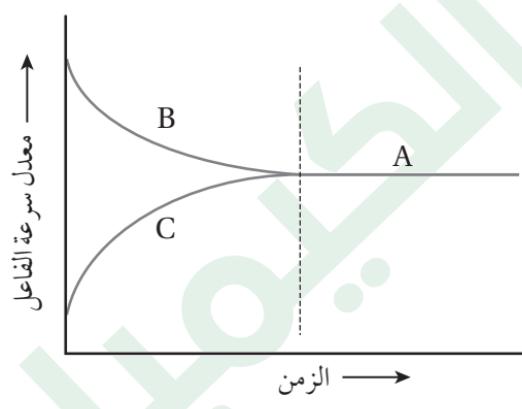


أ . أستنتاج أثر زيادة الضغط على كتلة  $\text{PCl}_5$  عند الاتزان.

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

ب . عند زيادة درجة الحرارة قلت كتلة  $\text{PCl}_5$  الصلبة، هل التفاعل طارد للطاقة أم ماص 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:

اختار الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:

1. يمثل الشكل المجاور تفكك غاز رباعي أكسيد ثاني النيتروجين إلى غاز ثاني أكسيد النيتروجين وفقاً لمعادلة التفاعل الآتي:



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

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

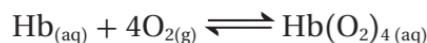
العكسى.

ب . 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.

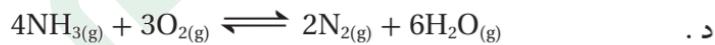
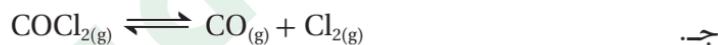
2. يرتبط الأكسجين الذي يدخل إلى الجسم في أثناء عملية التنفس بجزئيات الهيموجلوبين (Hb) في الدم، وينتج الهيموجلوبين المؤكسج (Hb(O<sub>2</sub>)<sub>4</sub>)، حيث يُشكّل الهيموجلوبين والأكسجين نظاماً مُتنّاً كما في المعادلة:



ماذا يحدث عند نقصان تركيز الأكسجين في الدم؟

- أ. يُزاح الاتزان نحو اليسار ويتحرّر الأكسجين المرتبط بالهيموجلوبين.
- ب. يُزاح الاتزان نحو اليمين ويتحرّر الأكسجين المرتبط بالهيموجلوبين.
- ج. يُزاح الاتزان نحو اليمين ويرتبط الأكسجين بالهيموجلوبين.
- د. يُزاح الاتزان نحو اليسار ويرتبط الأكسجين بالهيموجلوبين.

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



4. يتفاعل غاز الأمونيا مع غاز الأكسجين ويُنتج غاز ثانـي أكسـيد الـنيـتروـجيـن وبـخار المـاء كـما فـي المعـادـلـة المـوزـونـة:



أيٌ من الآتـية يـمثل التـعبـير الصـحيـح لـثـابـت الـاتـزان؟

$$K_C = \frac{[\text{NO}_2]^4 [\text{H}_2\text{O}]^6}{[\text{NH}_3]^2 [\text{O}_2]^7} \quad \text{ب.} \quad K_C = \frac{[\text{NO}_2]^4 [\text{H}_2\text{O}]^6}{[\text{NH}_3]^4 [\text{O}_2]^7} \quad \text{أ.}$$

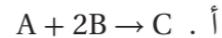
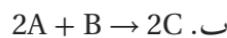
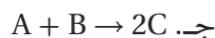
$$K_C = \frac{[\text{NO}_2]^4 [\text{H}_2\text{O}]^6}{[\text{NH}_3]^2 [\text{O}_2]^7} \quad \text{د.} \quad K_C = \frac{[\text{NH}_3]^4 [\text{O}_2]^7}{[\text{NO}_2]^2 [\text{H}_2\text{O}]^3} \quad \text{ج.}$$

5. تفاعل المادة A مع المادة B لانتاج المادة C. اعتماداً على المعلومات الآتـية:

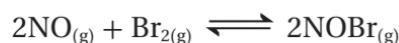
• عندما ينقص عدد المولـات منـ المـادـة A، يـزـدـاد عـدـد المـولـات منـ المـادـة C بـمـقـدـار نـفـسـهـ.

• عندما ينـقص عـدـد المـولـات منـ المـادـة B، يـزـدـاد عـدـد المـولـات منـ المـادـة C مـثـلـي مـقـدـار النـفـصـ.

فـإنـ المعـادـلـة الكـيـمـيـائـة المـوزـونـة لـلتـفـاعـل هـيـ:



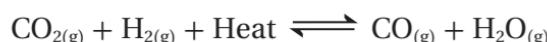
6. إذا علمت أن مقدار ثابت الاتزان يساوي 2.4، عند درجة حرارة K 373 لتفاعل المترن الآتي:



وُجد عند الاتزان أن ضغط غاز NO يساوي ضغط غاز Br<sub>2</sub>(atm)، فإن ضغط غاز Br<sub>2</sub>(atm) يساوي:

أ. 2.4 . ج. 0.416 . ب. 1.55 . د. 0.645

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 CO<sub>2</sub>.

ب. خفض درجة الحرارة يؤدي إلى زيادة انتاج الماء H<sub>2</sub>O.

ج. زيادة درجة الحرارة تؤدي إلى زيادة انتاج أول أكسيد الكربون CO.

د. خفض درجة الحرارة يؤدي إلى نقصان تركيز الهيدروجين H<sub>2</sub>.

8. في التفاعل الآتي  $\text{2NOBr}_{(\text{g})} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{(\text{g})} + \text{Br}_{2(\text{g})}$  عند C ° 38 Kc = 4.08 × 10<sup>-4</sup>

إحدى الآتية تمثل تراكيز المواد عند الاتزان :

أ. [NOBr] = 0.07 M, [NO] = 0.02 M, [Br<sub>2</sub>] = 0.005 M .

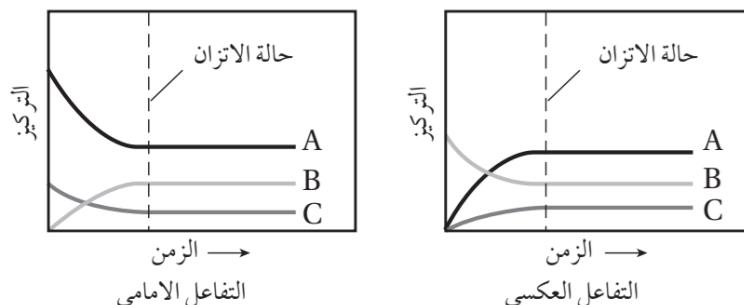
ب. [NOBr] = 0.005 M, [NO] = 0.02 M, [Br<sub>2</sub>] = 0.07 M .

ج. [NOBr] = 0.02 M, [NO] = 0.005 M, [Br<sub>2</sub>] = 0.02 M .

د. [NOBr] = 0.005 M, [NO] = 0.07 M, [Br<sub>2</sub>] = 0.005 M .

9. تمثل المعادلة الموزونة الآتية: N<sub>2(g)</sub> + 3 H<sub>2(g)</sub> ⇌ 2 NH<sub>3(g)</sub> تفاعل تحضير الأمونيا كما في الشكل؛ فالرموز

الصحيحة التي تمثل التفاعل هي:



أ. C:NH<sub>3</sub>, B:N<sub>2</sub>, A:H<sub>2</sub>

ب. C:NH<sub>3</sub>, B:H<sub>2</sub>, A:N<sub>2</sub>

ج. C:N<sub>2</sub>, B:H<sub>2</sub>, A:NH<sub>3</sub>

د. C:N<sub>2</sub>, B:NH<sub>3</sub>, A:H<sub>2</sub>

10. يتواجد اليود الصلب واليود الغاز في حالة اتّزان داخل وعاء مغلق:  $I_{2(g)} \rightleftharpoons I_{2(s)}$  لذلك فإن التغير الذي يؤدي

إلى إزاحة موضع الاتّزان نحو اليمين هي:

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

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



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

12. في التفاعل الآتي:  $A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons 2C_{(g)} + D_{(g)}$  وجد أن L mol من خليط التفاعل يحوي 10 mol من المادة B عند

الاتّزان، فإذا أضيف إلى وعاء التفاعل 5 mol من المادة B؛ فإن تركيز المادة (M) B عند الاتّزان:

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

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

ثابت الاتّزان للتفاعل  $K_p = 0.497$ ، إذا كانت الضغوط الجزئية عند الاتّزان لكل من

$P_{PCl_3} = 0.35 \text{ atm}$ ؛ فإن الضغط الجزئي (atm) لـ  $Cl_2$  يساوي:

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

14. يجري التفاعل  $2HI_{(g)} \rightleftharpoons H_2 + I_{2(g)}$  في وعاء مغلق؛ فإذا احتوى الوعاء عند بدء التفاعل على  $1.00 \times 10^{-3} \text{ M } H_2$

و  $I_2 = 2.00 \times 10^{-3} \text{ M}$  عند درجة حرارة  $448^\circ\text{C}$ ؛ وجد عند الاتّزان أن تركيز  $HI$  يساوي  $1.87 \times 10^{-3} \text{ M}$ ؛ فإن ثابت

الاتّزان  $K_c$  للتفاعل يساوي :

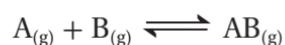
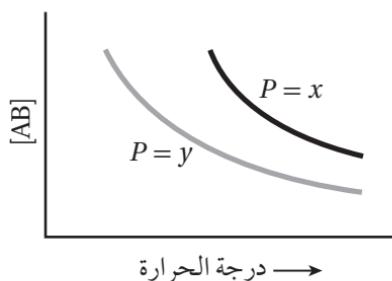
- 63.1.5
- ج. 36.4
- ب. 15.2
- أ . 50.5

15. اعتماداً على التفاعل المتزن الآتي:  $N_2O_4_{(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$   $\Delta H = + 58.0 \text{ kJ}$ ، أي العبارات تمثل التغير الصحيح

في اتجاه الاتّزان:

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

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



فإن العبارة الصحيحة مما يأتي:

ب. التفاعل طارد و  $y > x$ .

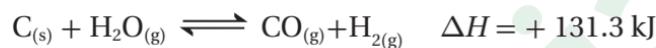
د. التفاعل طارد و  $x < y$ .

أ. التفاعل ماضٌ و  $y > x$ .

ج. التفاعل ماضٌ 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 CO و  $H_2$ .

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

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

## الإثراء والتتوسع

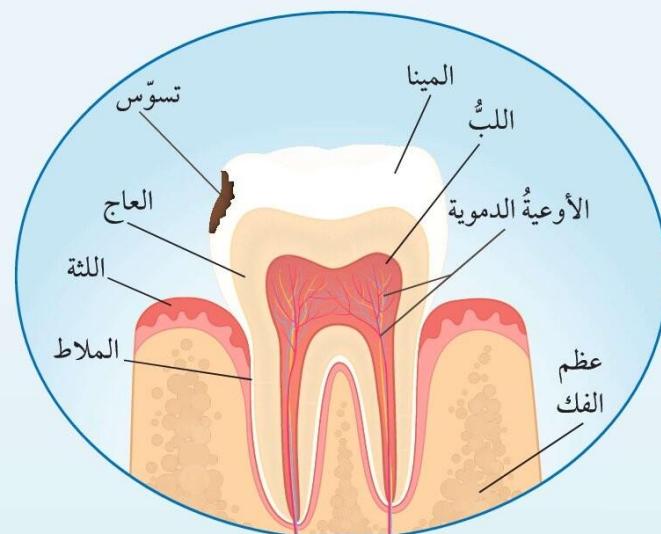
### حماية الأسنان من التآكل Protecting Teeth from Erosion

يُعطي السن طبقة خارجية صلبة تُسمى المينا، وتتكون من نسبة عالية من المعادن؛ إذ يُشكّل معden هيدروكسي أباتيت  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$  Hydroxyapatite النسبة الكبرى من هذه المعادن، وتمتاز هذه المادة بأنها قليلة الذوبان، ورغم ذلك فهي عرضة إلى الذوبان وإعادة التكوين اعتماداً على حمضية السائل الموجود في الفم أو قاعديته، وتركيز المواد المختلفة فيه، وتُسمى عملية إذابة المعادن المكونة للأسنان إزالة المعادن Demineralization؛ بينما تُسمى إعادة تكوينها عملية بناء المعادن Remineralization. تآكل الأسنان وتصاب بالتسوس نتيجة ذوبان معden هيدروكسي أباتيت المُكوّن للمينا كما في المعادلة الآتية:



وعند تناول السكريات تتحمّر بقاياها في الفم، ويترافق حمض اللاكتيك  $\text{C}_2\text{H}_4\text{OHCOOH}$ ، ويتأين في الفم متصجاً أيونات الهيدروجين ( $\text{H}^+$ ) التي تتفاعل مع أيونات ( $\text{OH}^-$ ) وأيونات  $\text{PO}_4^{3-}$ ، وتستهلكهما ويقل تركيزهما، ما يسبب إزاحة موضع الاتزان جهة اليمين نحو تكوين المواد الناتجة؛ فيزيد من تفكّك معden هيدروكسي أباتيت، ويزداد معدل إزالة المعادن، وتآكل طبقة المينا.

وللتقليل من معدل تآكل الأسنان وحمايتها؛ تُستخدم مركبات الفلور مثل فلوريد الصوديوم، وفلوريد الخارصين، وغيرها في صناعة معجون الأسنان التي تُنتج أيونات الفلوريد  $\text{F}^-$  التي تحل محل أيون الهيدروكسيد ( $\text{OH}^-$ ) في معden الهيدروكسي أباتيت، ويترافق معden الفلورو أباتيت  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ ، ويدخل في تكوين مينا الأسنان.



## تجربة استهلاكية

### تسامي اليود

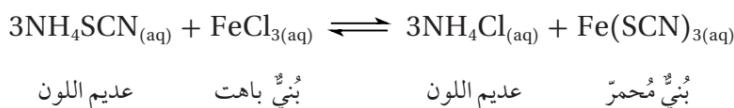
الخلفية العلمية:

تحوّل المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية دون المرور بالحالة السائلة؛ وذلك بعملية تُعرف بعملية التسامي Sublimation؛ وهي عملية ماصة للحرارة، تحدث لعدٍ قليل من المواد الصلبة، مثل الجليد، وثاني أكسيد الكربون، واليود، والزرنيخ، وغيرها، فمثلاً؛ عند تسخين بلورات اليود في وعاء مغلق؛ فإنّه يتحوّل إلى الحالة الغازية مباشرة، ويظهر بخار اليود باللون البنفسجي في الوعاء، وبمرور الوقت يبردُ بخار اليود ويتربّس على جدران الوعاء الموجود فيه على شكل بلورات صلبة، في عملية تُسمى عملية التصعيد Deposition، وهي عملية تتحوّل فيها المادة من الحالة الغازية إلى الحالة الصلبة -أيضاً- دون المرور بالحالة السائلة، ويحدث اتّزانٌ بين عملية التسامي وعملية التصعيد، عندها تستقر كمية بخار اليود وتثبت شدّة لونه في الوعاء.

## التجربة 1

الخلفية العلمية:

يتأثر موضع الاتزان بتركيز المواد المتفاعلة والناتجة في وعاء التفاعل، فعند تغيير تركيز إحدى المواد في التفاعل؛ فإنه وفقاً لمبدأ لوتشاتليه؛ يعمل الاتزان على تغيير موضعه للتقليل من أثر هذا التغيير، ويمكن التحكم في موضع الاتزان عن طريق تغيير تركيز المواد في وعاء التفاعل، وذلك بإضافة كمية من إحدى المواد إلى وعاء التفاعل، أو سحب كمية من إحدى المواد من وعاء التفاعل. ولأنّ عرف 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:



## أثر درجة الحرارة في الاتزان

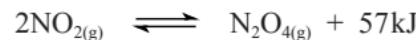
### التجربة 2

الخلفية العلمية:

يتأثر كل من ثابت الاتزان وموضعه للتفاعل المترن بتغيير درجة الحرارة، ويختلف هذا الأثر تبعاً لطبيعة التفاعل؛ إن كان ماصاً للحرارة أم طارداً لها، ولتسهيل دراسة أثر درجة الحرارة في موضع الاتزان؛ يمكن معاملة الطاقة الحرارية المرافقة للتفاعل كمادة متفاعلة في التفاعل الماص للحرارة، وكمادة ناتجة في التفاعل الطارد لها، واستقصاء أثر تغيير درجة الحرارة عملياً على موضع الاتزان؛ سوف أدرس الاتزان في خليط من غازي ثاني أكسيد النيتروجين ورباعي أكسيد ثنائي النيتروجين، حيث يحضر غاز ثاني أكسيد النيتروجين من تفاعل النحاس مع محلول حمض النيتريك المركب  $\text{HNO}_3$ ، كما في المعادلة:



يتكافئ غاز ثاني أكسيد النيتروجين، ويُنتج غاز رباعي أكسيد ثنائي النيتروجين  $\text{N}_2\text{O}_4$ ، ويرافق ذلك ابتعاث طاقة حرارية في كما في المعادلة:



يحتوي وعاء التفاعل على خليط من غازي ثاني أكسيد النيتروجين ورباعي أكسيد ثنائي النيتروجين، ويصل التفاعل إلى حالة الاتزان ويستقر لون الغاز في وعاء التفاعل.

الربط بالصحة

### اتزان (هيماوجلوبين - أكسجين) في الجسم

يرتبط الأكسجين الذي يدخل إلى الجسم في أثناء عملية التنفس بجزيئات الهيمووجلوبين Hb في الدم، وينتج الهيمووجلوبين المؤكسج  $\text{Hb(O}_2)_4$  حيث يُشكّل الهيمووجلوبين والأكسجين نظاماً مترناً كما في المعادلة:  $\text{Hb}_{(aq)} + 4\text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{Hb}(\text{O}_2)_4$  يصل الهيمووجلوبين المؤكسج إلى أنسجة الجسم، حيث يكون تركيز الأكسجين منخفضاً، فيزاح الاتزان نحو اليسار ويتحرر الأكسجين المرتبط بالهيماوجلوبين، وتحدث العمليات الحيوية اللازمة لإنتاج الطاقة في الجسم والمحافظة على حيويته ونشاطه.