الوحدة الثالثة:

الاتزان الكيميائي

اعداد المعلمة :

دانا الطرابيشي

الدرس الأول : الاتزان الكيميائي والعوامل المؤثرة فيه

تنقسم التفاعلات الكيميائية الى نوعين : تفاعلات غير منعكسة (منتهية) وتفاعلات منعكسة .

التفاعلات غير المنعكسة	التفاعلات المنعكسة
هي تفاعلات تحدث باتجاه واحد نحو تكوين المواد الناتجة,ولا يمكن اعادة تكوين أي من الموادالمتفاعلةمرة اخرى في اثناء التفاعل,وتنتهي باستهلاك إحدى المواد المتفاعلة أو جميعها كليًا.	هي تفاعلات تحدث باتجاهين وتجري في أوعية مغلقة لا تسمح بفقدان أي كمية من المواد المتفاعلة أو الناتجة ويجعل التفاعل يحدث باتجاهين متعاكسين
تمثل بسهم واحد	تمثل بسهمين
مثل تفاعل احتراق شريط المغنيسيوم حرارة $2Mg + O_2 \longrightarrow 2\,MgO$	مثل تفاعل الامونيا بطريقة هابرمن تفاعل غاز النيتروجين مع غاز الهيدروجين $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ *التفاعل الامامي:تحول الموادالمتفاعلةالى مواد ناتجة ⟵ *التفاعل العكسي:تحول المواد الناتجة الى مواد متفاعلة . ⟵

تلخيص طريقة تحضير غاز الامونيا NH_3 بطريقة هابر :

1-يتفاعل غاز النيتروجين N_2 مع غاز الهيدروجين H_2 في وعاء مغلق عند ظروف مناسبة من ضغط وحرارة .

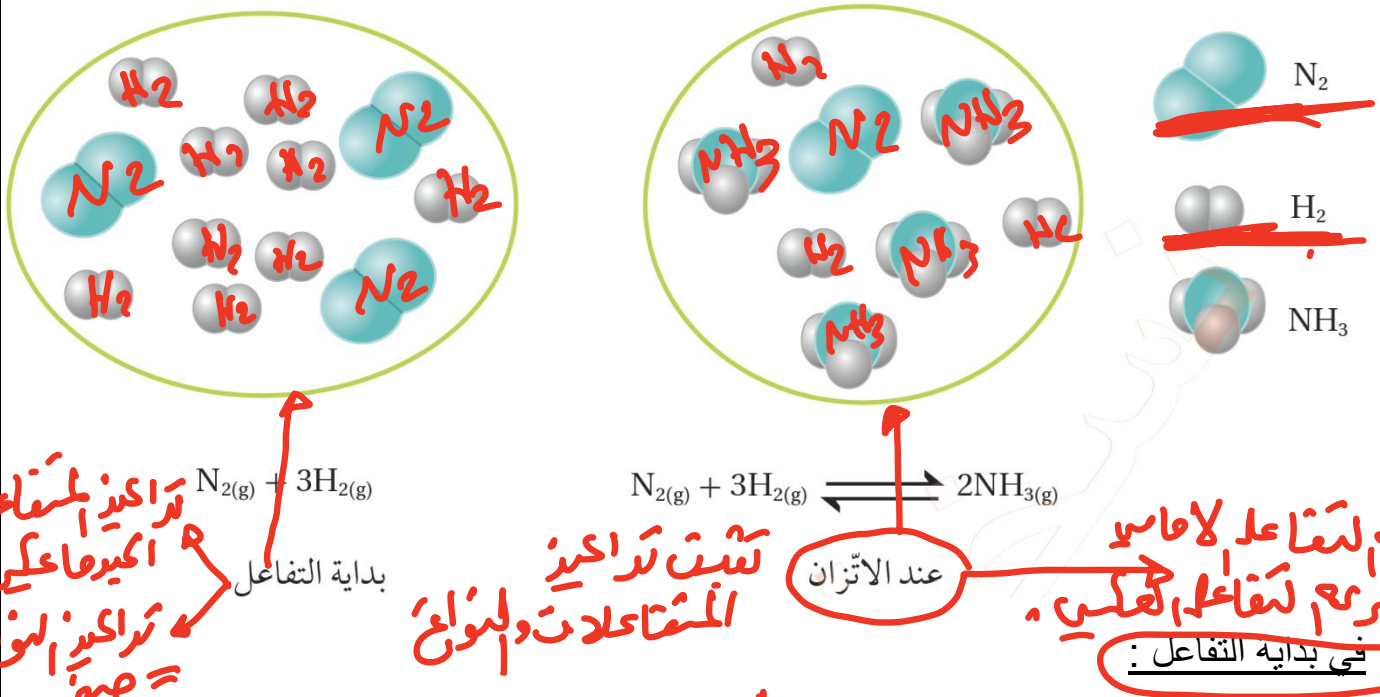
2-فيتكون غاز الامونيا في التفاعل الأمامي:

$$N_2 + 3H_2 \longrightarrow 2NH_3$$

3-عندما يتكون غاز الامونيا في وعاء التفاعل فإنه يبدأ بالتفكك ويتكون كل من غاز النيتروجين وغاز الهيدروجين في التفاعل العكسي:

$$2NH_3 \longrightarrow N_2 + 3H_2$$

4-بهذا نجد أن وعاء التفاعل يحتوي على كميات مختلفة من المواد المتفاعلة والناتجة في الوقت نفسه ويشار الى التفاعل الأمامي في المعادلة بسهم باتجاه اليمين والتفاعل العكسي بسهم باتجاه اليسار



في بداية التفاعل :

1-يكون تركيز المواد المتفاعلة أكبر ما يمكن بالتالي تكون سرعة التفاعل الأمامي أكبر ما يمكن .

2-تركيز المواد الناتجة يساوي صفر وسرعة التفاعل العكسي تساوي صفر.

بمرور الوقت :

1-تتناقص تراكيز المواد المتفاعلة وتتناقص سرعة التفاعل الأمامي.

2-تزداد تركيز المواد الناتجة وتزداد سرعة التفاعل العكسي.

***سرعة التفاعل الأمامي:السرعة التي تتحول فيها المواد المتفاعلة الى مواد ناتجة في التفاعل المنعكس.**

***سرعة التفاعل العكسي: السرعة التي تتحول فيها المواد الناتجة الى مواد متفاعلة في التفاعل المنعكس.**

عند الاتزان الكيميائي:

عندما تتساوى سرعة التفاعل العكسي وسرعة التفاعل الأمامي يوصف التفاعل بأنه في حالة اتزان كيميائي.

***الاتزان الكيميائي:حالة يصل اليها التفاعل ويستمر عندها حدوث التفاعلين بالاتجاهين الامامي والعكسي بالسرعة نفسها.**

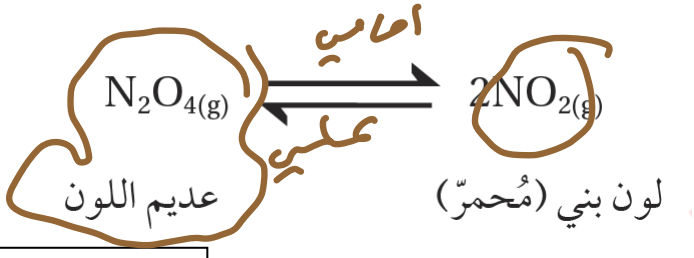
ما الذي يحدث عند وصول التفاعل الى حالة الاتزان الكيميائي؟

1-يستمر حدوث التفاعل في الاتجاهين الامامي والعكسي بالسرعة نفسها.

2-تثبت تراكيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة .

3-تثبت الخصائص المرتبطة بالمواد المتفاعلة والناتجة مثل الضغط واللون والحجم ودرجة الحرارة .

لدراسة مفهوم الاتزان الكيميائي يمكن دراسة تفكك غاز رباعي اكسيد ثنائي النيتروجين الى اكسيد النيتروجين:



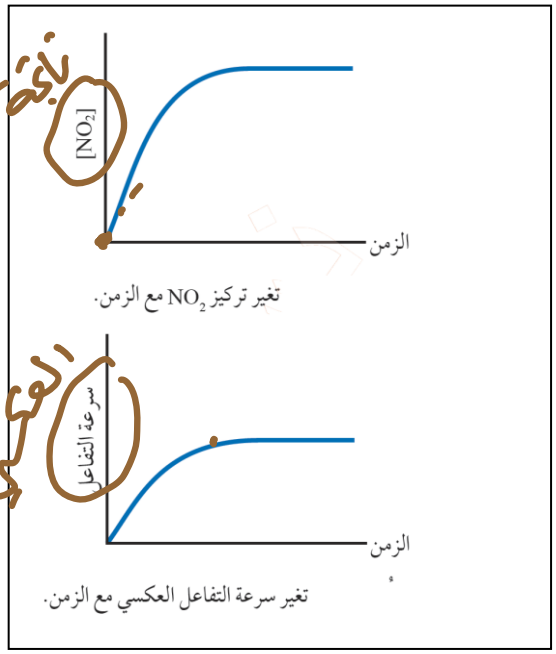
1-يبدأ التفاعل بتحول غاز رباعي اكسيدثنائي النيتروجين الى أكسيد النيتروجين بسرعة (سرعة التفاعل الامامي كبيرة لان تركيز المتفاعلات أكبر ما يمكن)

$$N_2O_{4(g)} \longrightarrow 2NO_{2(g)}$$

2-بمرور الوقت يتناقص تركيز المتفاعلات فتتناقص سرعة التفاعل الكيميائي .

3-أما بالنسبة للنواتج يكون تركيزها في بداية التفاعل تساوي صفر وتكون سرعة التفاعل العكسي تساوي صفر .

4-بزيادة تركيز النواتج بمرور الزمن تزداد سرعة التفاعل العكسي.

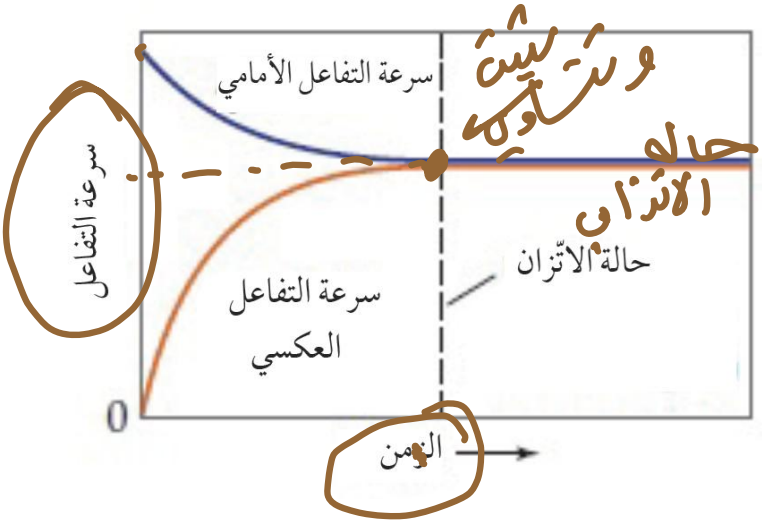


تغير تركيز NO_2 مع الزمن.

تغير سرعة التفاعل العكسي مع الزمن.

$$2NO_{2(g)} \longrightarrow N_2O_{4(g)}$$

5-بعد مدة من الزمن تثبت وتتساوى سرعة التفاعل (الامامي والعكسي) ,وتثبت تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة ويصل التفاعل الى حالة الاتزان الكيميائي.



التغير في سرعة التفاعل

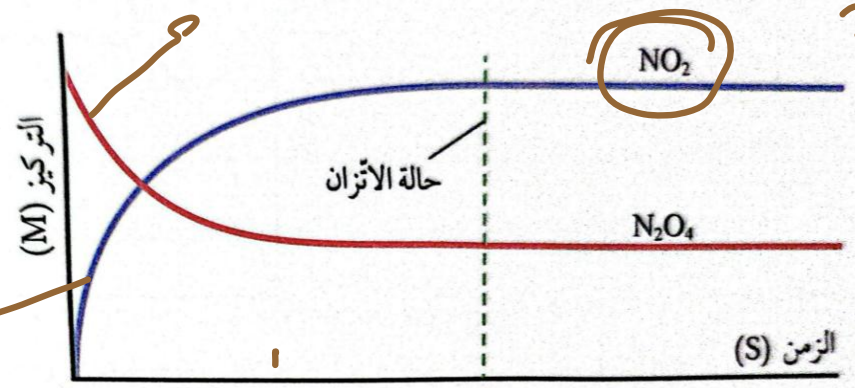
أُقارنُ بين تراكيز الغازاتِ في وعاء التفاعل عند حالة الاتّزان.

متفاعلات

$N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$

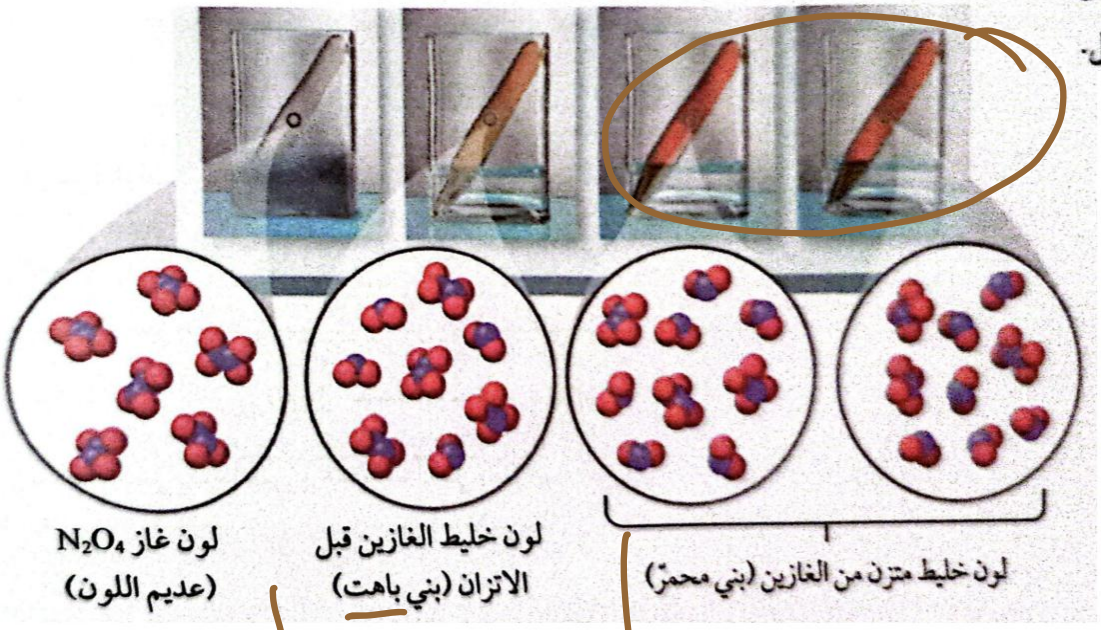
متفاعلات عديم اللون

نواتج بني محمر



نوع

تغير لون مكونات التفاعل.



حالة الاتزان

تتساوى تراكيز المواد المتفاعلة مع المواد الناتجة، ولا تتغير تراكيز المواد

لذلك يظهر اللون البني المحمر بدرجة أكبر

مع مرور الزمن

① تراكيز المتفاعلات تقل

② تراكيز النواتج تزداد (يظهر اللون البني)

بداية التفاعل

① تركيز المواد المتفاعلة أكبر ما يمكن وهي N_2O_4 (عديم اللون)

بينما تركيز المواد الناتجة = صفر فلا يظهر اللون البني المحمر.

العوامل التي يطرأ عليها الاتزان (العوامل الامامية)

أتحقَّق: يتفاعل غاز ثاني أكسيد الكبريت SO_2 مع الأكسجين O_2 في وعاءٍ مغلقٍ لتكوين غاز ثالث أكسيد الكبريت SO_3 وفقَ المعادلة الآتية:

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$$

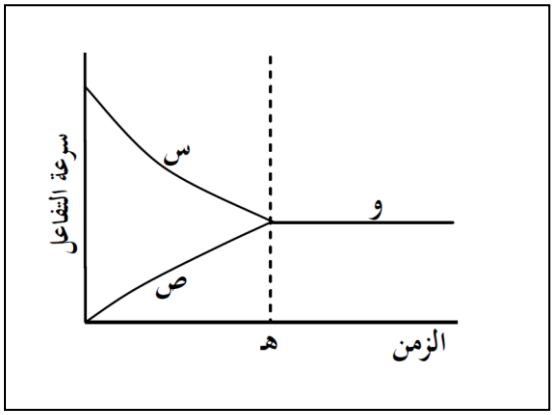
■ أصفُ التغيُّرات التي تحدث لكلّ مما يأتي قبل وصول التفاعُل إلى حالة الاتّزان وعند الاتزان:

أ. تراكيزُ الغازات SO_2, O_2, SO_3 في وعاء التفاعُل.

ب. سرعتا التفاعُلينِ الأماميّ والعكسيّ.

سؤال :

ادرس المنحنى المجاور والذي يمثل التفاعل الاتي: $A+B \rightleftharpoons C$



1- ما الذي يمثله كل من الرموز :

س

ص

و

ه

2- ما الذي يحدث لسرعة التفاعل الامامي قبل الوصول الى حالة الاتزان ؟فسر سبب ذلك.

3- ما الذي يحدث لسرعة التفاعل العكسي قبل الوصول الى حالة الاتزان ؟ فسر سبب ذلك.

4- ما العلاقة ما بين سرعة التفاعل الامامي والعكسي قبل الوصول الى حالة الاتزان .

5-ما العلاقة ما بين سرعة التفاعل الامامي والعكسي عند الوصول الى حالة الاتزان .

_____

6-هل من الممكن أن تكون سرعة التفاعل الأمامي وسرعة التفاعل العكسي تساوي صفر ؟ فسر اجابتك .

_____

_____

_____

تجربة استهلالية :

الخلفية العلمية:

تتحوّلُ المادةُ من الحالـة الصّلبـة إلى الحالة الغازيّة دون المرور بالحالـة السائلـة؛ وذلك بعملية تُعرف بعملية التسامي Sublimation؛ وهي عمليّةٌ ماصّةٌ للحرارة، تحدثُ لعددٍ قليلٍ من المواد الصلبة، مثل الجليد، وثاني أكسيد الكربون، واليود، والزرنيخ، وغيرها، فمثلًا؛ عند تسخين بلّورات اليود في وعاءٍ مُغلقٍ؛ فإنّهُ يتحوّل إلى الحالة الغازية مُباشرة، ويظهَر بخارُ اليود باللّون البنفسجي في الوعاء، وبمرور الوقت يبردُ بخار اليود ويترسّب على جدران الوعاء الموجود فيه على شكل بلّورات صُلبة، في عملية تُسمّى عملية التصعيد Deposition، وهي عمليّةٌ تتحوّلُ فيها المادّةُ من الحالة الغازية إلى الحالة الصلبة -أيضًا- دون المرور بالحالة السائلة، ويحدثُ اتّزانٌ بين عملية التسامي وعملية الترسُّب، عندها تستقرُّ كميةُ بخار اليود وتثبت شدّةُ لونه في الوعاء.

1 . ما التغير الذي يحـدث على بلورات اليـود الصلبـة، وأسمِّي هذه العملية.

2 . أُحدّدُ لون بخار اليود المتصاعد.

3. ما التغير الذي يحدث على بخـار اليـود بمرور الوقت، وأسمِّي هذه العملية.

4. أفسّرُ ثباتَ لون بخار اليود في الكأس الزجاجية.

5. أستنتجُ العلاقةَ بين ما يحدث لبلّورات اليـود، وما يحدث لبخاره عنـد ثبات اللون في الكأس الزجاجية.

العوامل المؤثرة في الاتزان

يمكن للتفاعل أن يكوّن المواد الناتجة بنسبة أكبر من المواد المتفاعلة ويكون الاتزان منزاحًا جهة المواد الناتجة أو يكوّن المواد المتفاعلة بنسبة أكبر من المواد الناتجة وهو ما يسمى موضع الاتزان .

***موضع الاتزان :حالة الاتزان التي تكون عندها نسبة المواد الناتجة أكبر من المواد المتفاعلة ويكون الاتزان مزاحًا جهة المواد الناتجة ,أو تكون نسبة المواد المتفاعة أكبر من المواد الناتجة ويكون الاتزان مزاحًا نحو المواد المتفاعلة .**

***يمكن التحكم بموضع الاتزان بإزاحته نحو اليمين (زيادة كمية المواد الناتجة) او ازاحته نحو اليسار(زيادة كمية المواد المتفاعلة) من خلال العوامل الاتية :**

1-التركيز 2-درجة الحرارة 3-الضغط 4-العامل المساعد

لدراسة أثر هذه العوامل من الضرورة معرفة مبدأ لوتشاتلييه حيث درس العالم الفرنسي هنري لوتشاتلييه التغيرات التي يمكن أن تؤثر في حالة الاتزان للتفاعل وتوصل الى أنه يمكن التحكم بموضع الاتزان للتفاعل عبر التحكم بظروف التفاعل من تركيز وضغط ودرجة الحرارة .

*مبدأ لوتشاتلييه:

اذا حدث تغيير في أحد العوامل المؤثرة في الاتزان لتفاعل كيميائي متزن فإن التفاعل يعمل على تعديل موضع الاتزان للتقليل من أثر ذلك التغيير.

أولًا : التركيز

يتأثر موضع الاتزان بتغيير كميات المواد أوتراكيزها في وعاء التفاعل عند درجة الحرارة نفسها اذ يؤدي تغيير تركيز مادة متفاعلة أو ناتجة الى اضطراب في حالة الاتزان ما يدفع التفاعل الى تعديل وضعه للوصول الى حالة الاتزان ويحصل ذلك بتغيير موضع الاتزان بازاحته جهة اليمين أو جهة اليسار .

مثال : يتفكّكُ خماسي كلوريـد الفسفور PCl_5، فـي وعـاء مغلقٍ، وينتجُ غاز ثلاثي كلوريد الفسفور PCl_3 وغاز الكلور Cl_2، ويصل التفاعُل إلى حالة الاتّزان كما في المعادلة الآتية:

$$PCl_{5\,(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$$

وعند إضافة كمية من غاز PCl_5؛ فإنّ تركيزَهُ يزداد في وعاء التفاعُل[1] ويختل الاتّزان، ووفقًا لمبدأ لوتشاتلييه يعملُ التفاعُل على تعديل موضع[2] الاتّزان وإزاحته جهة اليمين التي تُقلّل من أثر هذه الزيادة، ومن ثَم سوف تزداد سرعة[3] التفاعُل الأماميّ. وبهذا تُستهلك كمية من الغاز[4] المضاف، وتتكون كميات جديدة[5] من PCl_3 و Cl_2 وتزدادُ تراكيزُها، وبمرور الوقت، ونتيجةً لذلك تبدأ[6] سرعة التفاعُل العكسي بالتزايد، وسرعة التفاعُل الأماميّ[7] بالتناقص إلى أن تتساوى السرعتان فيعودُ التفاعُل إلى حالة الاتّزان من جديد، وتحدث التغيُّرات ذاتها إن جرت إزالة كمية من Cl_2 أو PCl_3 من وعاء التفاعُل.

أمّا عند إضافة كمية من غاز Cl_2 إلى وعاء التفاعُل فيزداد[1] تركيزُه، ووفقًا لمبدأ لوتشاتلييه سوف تزداد سرعةُ التفاعُل العكسي[2] للتقليل من أثر هذه الزيادة، ويُزاح موضع[3] الاتّزان جهة اليسار.

ونتيجةً لذلك؛ تنتج كمية جديدة من غاز[4] PCl_5 ويزداد تركيزُه، وبمرور الوقت؛ تبدأ سرعة[5] التفاعُل العكسي بالتناقص وسرعة التفاعُل الأمامي بالتزايد، إلى أن تصبح[6] السرعتان متساويتين، فيعودُ التفاعُل إلى حالة الاتّزان من جديد.

ويكون تركيز كل من PCl_5 و PCl_3 و Cl_2 مختلفًا عنه قبل الإضافة ولكن النسبة بينهما تبقى ثابتة.

1- في التفاعل المتزن الآتي:

$$Ag^+_{(aq)} + 2NH_{3(aq)} \rightleftharpoons Ag(NH_3)_2{}^+_{(aq)}$$

ما أثر إضافة قطرات من محلول $AgNO_3$ إلى وعاء التفاعل على تركيز كل من NH_3 و $Ag(NH_3)_2{}^+$؟

2- أوضّحُ التغيُّرات التي تحدث لتراكيز المواد في وعاء التفاعل الآتي،

عند إضافة كمية من غاز HCl.

$$4HCl_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2H_2O_{(g)} + 2Cl_{2(g)}$$

3- يحترقُ غاز النيتروجين N_2، بوجود الأكسجين O_2، في وعاء مغلق؛ وينتجُ غاز أول أكسيد النيتروجين NO، ويصل التفاعُلِ إلى حالة الاتّزان وفقَ المعادلة الآتية:

$$N_{2\,(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{\,(g)}$$

أوضّحُ التغيُّرات التي تحدث لتركيز كلٍّ من N_2 و NO عند سحب كمية مُعيّنة من غاز الأكسجين من وعاء التفاعُل.

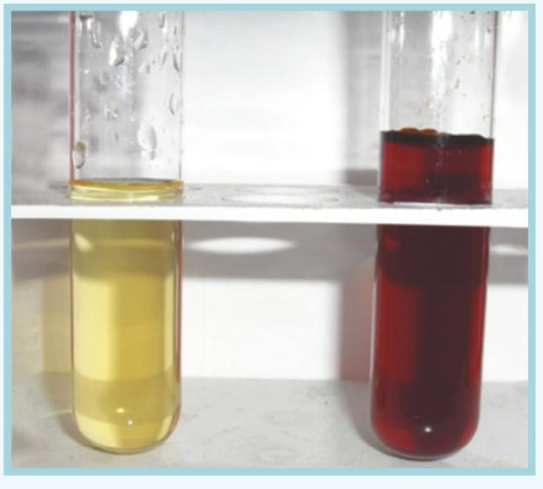
تجربة أثر التركيز في موضع الاتزان صفحة 92

الخلفية العلمية:

يتأثّر موضِع الاتّزان بتراكيز المواد المتفاعلة والناتجة في وعاء التفاعل، فعند تغيير تركيز إحدى المواد في التفاعل؛ فإنه وفقًا لمبدأ لوتشاتلييه؛ يعمل الاتّزان على تغيير موضعه للتقليل من أثر هذا التغيُّر، ويمكن التحكم في موضع الاتّزان عن طريق تغيير تراكيز المواد في وعاء التفاعل، وذلك بإضافة كمية من إحدى المواد الى وعاء التفاعل، أو سحب كمية من إحدى المواد من وعاء التفاعل. ولأتعرّف ذلك عمليًّا؛ يمكن دراسة تفاعل ثيوسينات الأمونيوم NH_4SCN، مع محلول كلوريد الحديد $FeCl_3$ الذي يحدث كما في المعادلة الآتية:

$$3NH_4SCN_{(aq)} + FeCl_{3(aq)} \rightleftharpoons 3NH_4Cl_{(aq)} + Fe(SCN)_{3(aq)}$$

بُنيٌّ مُحمرّ عديم اللون بُنيٌّ باهت عديم اللون



التحليلُ والاستنتاجُ:

1. أُحدّدُ لون المحلول الناتج من إضافة محلول كلوريد الحديد إلى محلول ثيوسينات الأمونيوم.
2. أُحدّدُ المادة التي أدت إلى تغيير لون المحلول عند إضافة قطرات من محلول كلوريد الأمونيوم إلى الأنبوب الأول، وقطرات من محلول كلوريد الحديد إلى الأنبوب الثاني.
3. أفسر أثرَ تغيير تراكيز المواد في موضع الاتّزان وفق مبدأ لوتشاتلييه.
4. أستنتج العلاقة بين تغير لون المحلول وتراكيز المواد في وعاء التفاعل.

ثانيًا: الضغط

1-ما العوامل التي تؤثر في ضغط الغاز المحصور في وعاء مغلق؟

أ)عكسيًا مع حجم الوعاء بثبوت درجة الحرارة .

ب)طرديًا مع عدد المولات للغاز .

***انتبه ان الضغط لا يؤثر في المواد الصلبة والسائلة في وعاء التفاعل .**

2-فسر سبب تأثر موضع الاتزان (في التفاعلات الغازية) بتغير الضغط من خلال تغيير حجم الوعاء عند درجة الحرارة نفسها .

أ-يؤدي تغيير الضغط في التفاعلات الغازية الى اضطراب في حالة الاتزان .

ب-يندفع التفاعل الى تعديل وضعه للوصول الى حالة الاتزان من جديد .

ج-ازاحت الاتزان للتقليل من أثر التغيير .

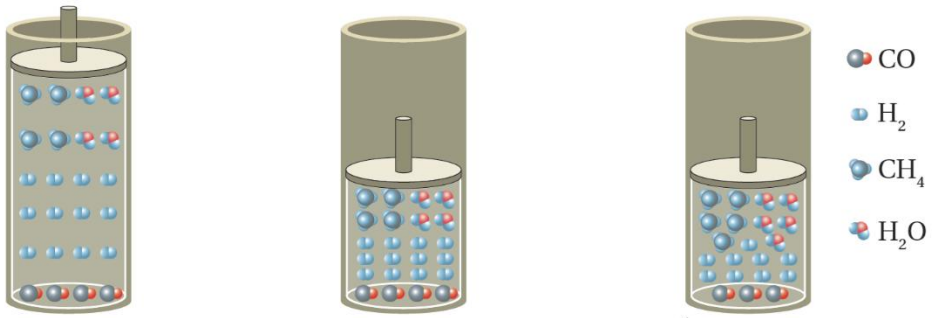
د)ينزاح الاتزان في حالة زيادة الضغط من الجهة التي تمتلك عدد مولات أكبر الى الجهة التي تمتلك عدد مولات أقل .

ه-عند نقصان الضغط ينزاح الاتزان من الجهة التي تمتلك عدد مولات أقل الى الجهة التي تمتلك عدد مولات أكبر .

يُحضَّر غاز الميثان CH_4 صناعيًّا بتفاعُل غاز أول أكسيد الكربون CO مع غاز الهيدروجين H_2 كما في التفاعُلِ المُتّزن الآتي: $CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(g)}$

يمكنُ زيادةُ كمية غاز الميثان الناتجة بالتحكم في موضع الاتّزان عن طريق تغيير ضغط الغازات في وعاء التفاعُل؛ إذْ يُلاحظُ من معادلة التفاعُل أن هناك أربعة مولاتٍ من الغازات المُتفاعلة $(CO_{(g)} + 3H_{2(g)})$، ومولينِ من المواد الناتجة $(CH_{4(g)} + H_2O_{(g)})$، وعند إنزال المكبسِ للأسفل يقلُّ حجم الوعاء ويزداد ضغط الغازات في وعاء التفاعُل، وللتّقليل من أثر زيادة الضغط؛ يعمل التفاعُل على إزاحة موضعِ الاتّزان إلى الجهة التي تحتوي على عدد مولاتٍ أقلّ من

المواد الغازية؛ أيْ جهةَ الموادّ الناتجة، فتزداد سرعة التفاعُل الأماميّ ويزداد تكوين غازِ الميثان. ويقلّ بذلك عدد المولات الكُلّي في وعاء التفاعُل ويقلُّ الضغط. ومع زيادة تركيز غاز الميثان تزدادُ سرعة التفاعُل العكسيّ في حين تتناقص سرعةُ التفاعُل الأماميّ إلى أن تتساوى السرعتان، ويعود التفاعُل إلى حالة الاتّزان من جديدٍ.



العودة إلى حالة الاتّزان — عند إنزال المكبس وزيادة الضغط — التفاعل في حالة الاتّزان

شكل توضيحي لأثر تغير الضغط في موضع الاتّزان.

$$CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(g)}$$

1. **أوضّحُ أثر زيادة حجم وعاء التفاعل في موضع الاتّزان في التفاعل المتزن الآتي:**

$$2H_2S_{(g)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + S_{2(g)}$$

2. أُحدّدُ الجهةَ التي يُزاح موضع الاتّزان نحوها في التفاعُلِ الآتي؛ عند زيادة الضغط الكلّي لخليط الغازات:

$$PCl_{3\,(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons PCl_{5(g)}$$

3. أوضّحُ أثر زيادة حجم الوعاء في موضع الاتّزان في التفاعل الآتي: $3H_{2\,(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

ثالثًا: درجة الحرارة

***تؤثر درجة الحرارة في جميع حالات المادة وفي المحاليل .**

يختلفُ تأثير درجة الحرارة في الاتّزان الكيميائي تبعًا لنوع التفاعُل؛ إذا كان مَاصًّا للحرارةِ (ΔH سالبة أم طاردًا لها ΔH موجبة)

التفاعل الماص للطاقة :

$$A + Heat \rightleftharpoons B$$

1-عند رفع درجة الحرارة (التسخين) يتعدل موضع الاتزان بإزاحته نحو اليمين أي نحو المواد الناتجة أي يزداد سرعة التفاعل الأمامي وذلك للتقليل من أثر التسخين.

2-عند خفض درجة الحرارة (التبريد)يتعدل موضع الاتزان بإزاحته نحو اليسار أي نحو المواد المتفاعلة أي تزداد سرعة التفاعل العكسي للتقليل من أثر التبريد.

التفاعل الطارد للطاقة :

$$A \rightleftharpoons B + Heat$$

1- عند رفع درجة الحرارة (التسخين)يتعدل موضع الاتزان بإزاحته نحو اليسار أي نحو المواد المتفاعلة أي تزداد سرعة التفاعل العكسي للتقليل من أثر التسخين.

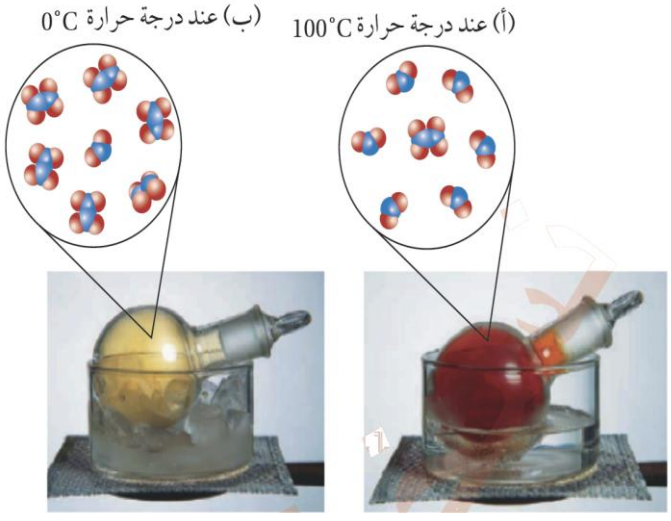
2- عند خفض درجة الحرارة (التبريد) يتعدل موضع الاتزان بإزاحته نحو اليمين أي نحو المواد الناتجة أي يزداد سرعة التفاعل الأمامي وذلك للتقليل من أثر التبريد.

مثال :

المعادلة الاتية توضح تفاعل تحلل رباعي اكسيد ثنائي النيتروجين والشكل يوضح أثر درجة الحرارة:

$$N_2O_{4(g)} + 58kJ \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$

عديم اللون — لون بني محمر



_____

_____

_____

تجربة أثر درجة الحرارة في الاتزان من كتاب الأنشطة :

الخلفية العلمية:

يتأثرُ كلٌّ من ثابت الاتّزان وموضعه للتّفاعُل المُتّزن بتغيُّر درجة الحرارة، ويختلف هذا الأثر تبعًا لطبيعة التفاعل؛ إنْ كان ماصًّا للحرارة أم طاردًا لها، ولتسهيل دراسة أثر درجة الحرارة في موضع الاتّزان؛ يمكنُ معاملة الطاقة الحرارية المرافقة للتّفاعُل كمادة متفاعلة في التفاعل الماصِّ للحرارة، وكمادة ناتجة في التفاعل الطارد لها، ولاستقصاء أثر تغيير درجة الحرارة عمليًّا على موضع الاتّزان؛ سوف أدرسُ الاتّزان في خليطٍ من غازي ثنائي أكسيد النيتروجين ورباعي أكسيد ثنائي النيتروجين، حيث يُحضّر غاز ثنائي أكسيد النيتروجين من تفاعل النحاس مع محلول حمض النيتريك المُركّز HNO_3،كما في المعادلة:

$$Cu_{(s)} + 4HNO_{3(aq)} \rightleftharpoons Cu(NO_3)_{2(aq)} + 2NO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

يتكاثفُ غاز ثنائي أكسيد النيتروجين، وينتُج غاز رباعي أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O_4، ويرافقُ ذلك انبعاثُ طاقةٍ حراريّة في كما في المعادلة:

$$2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)} + 57kJ$$

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

1. **أستنتج** أثر زيادة درجة الحرارة في تراكيز كلّ من الغازين في الدورق.
2. **أُفسّر** تغير لون الغاز في الدورق الموضوع في الماء الساخن، والآخر في الماء البارد عن الدورق رقم (1).
3. **أفسّر** أثر درجة الحرارة في كلّ من التفاعلين الأمامي والعكسي.
4. **أستنتج** أثر درجة الحرارة في الاتّزان للتّفاعُل الماصِّ للحرارة والتفاعل الطارد لها.

اسئلة متنوعة

1. يُحضّر الميثانول صناعيًّا كما في المعادلة الآتية، حيث يصل التفاعل إلى حالة الاتّزان:

$$CO_{(g)} + 2H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_3OH_{(g)} \quad \Delta H = -90.8\ kJ$$

ما أثر زيادة درجة حرارة التفاعل على كمية الميثانول الناتج؟

2. أُحدّدُ الجهة التي يُزاحُ نحوها الاتّزان في كلّ من التفاعُلين الآتيين عند زيادة درجة الحرارة:

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)} + Heat$$

$$[Co(H_2O)_6]^{2+}{}_{(aq)} + 4Cl^-{}_{(aq)} + Heat \rightleftharpoons CoCl_4^{2-}{}_{(aq)} + 6H_2O_{(l)}$$

رابعًا :العامل المساعد(الحفاز)

العامل المساعد هو مادة تزيد من سرعة التفاعل الكيميائي في زمن أقل دون أن تستهلك أثناء التفاعل .

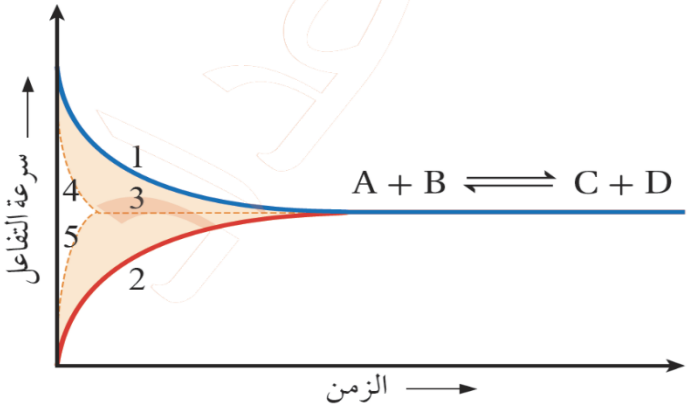
***عند اضافة عامل مساعد الى وعاء التفاعل:**

1-زيادة سرعة التفاعل الكيميائي في الاتجاهين الأماكي والعكسي(بنفس المقدار)

2-موضع الاتزان لا يتأثر .

3-تزداد سرعة الوصول الى حالة الاتزان .

4-يقل الزمن اللازم للوصول الى حالة الاتزان.



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

الربطُ بالصحة

اتّزان (هيموجلوبين – أكسجين) في الجسم

يرتبطُ الأكسجينُ الذي يدخل إلى الجسم في أثناء عملية التنفس بجزيئات الهيموجلوبين Hb في الدم، وينتج الهيموجلوبين المؤكسج $Hb(O_2)_4$، حيث يُشكّل الهيموجلوبين والأكسجين نظامًا مُتّزنًا كما في المعادلة:

$$Hb_{(aq)} + 4O_{2(g)} \rightleftharpoons Hb(O_2)_{4\,(aq)}$$

يصلَ الهيموجلوبين المؤكسج إلى أنسجة الجسم، حيث يكون تركيزُ الأكسجين منخفضًا، فيُزاح الاتّزان نحو اليسار ويتحرّرُ الأكسجين المرتبط بالهيموجلوبين، وتحدثُ العمليات الحيويّة اللازمة لإنتاج الطاقة في الجسم والمحافظة على حيويّته ونشاطه.

مراجعةُ الدرس

1 . **الفكرةُ الرئيسةُ:** أصفُ الاتّزان الكيميائي وأُحدّدُ العوامل المُؤثّرة فيه.

2 . أوضّحُ المقصود بكلّ من:

- التفاعُلات المنعكسة
- مبدأ لوتشاتلييه.

3 . أوضّحُ التغيُّرات التي تحدث لتركيز الأمونيا NH_3 في التفاعُلِ المُتّزن في الحالات الآتية:

$$PCl_{3(g)} + 3NH_{3(g)} \rightleftharpoons P(NH_2)_{3(g)} + 3HCl_{(g)}$$

أ . زيادةُ تركيز PCl_3.

ب . إزالةُ HCl من وعاء التفاعُل.

جـ. إضافةُ كمية من $P(NH_2)_3$ إلى وعاء التفاعُل.

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

أ . $C_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$

ب. $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$

جـ. $CO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons COCl_{2(g)}$

د . $4NH_{3(g)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2N_{2(g)} + 6H_2O_{(g)}$

5 . **أستنتجُ** أثر التغيُّرات الآتية في موضع الاتّزان للتفاعُل الآتي:

$$C_2H_{4(g)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons C_2H_5OH_{(g)} \qquad \Delta H = -46\ kJ$$

أ . زيادة حجم وعاء التفاعُل.

ب . زيادة درجة الحرارة.

جـ. إضافة كمية من بخار الماء.

6 . **أختار الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:**

1 . إحدى العبارات الآتية صحيحة دائما في التفاعلات المُتّزنة:

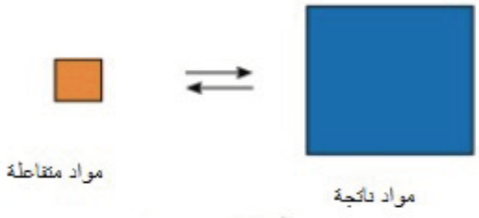
أ . يُزاح الإتزان دائما نحو تكوين المواد الناتجة.

ب. تكون سرعة التفاعل الأمامي أكبر من سرعة التفاعل العكسي.

جـ. تثبت كمية كل من المواد المتفاعلة والمواد الناتجة.

د . يتوقف كل من التفاعل الأمامي والعكسي.

2 . إحدى العبارات الآتية تصف الاتزان المبين في الشكل:



أ . كمية المواد الناتجة أقل من كمية المواد المتفاعلة.

ب. كمية المواد الناتجة أكبر من كمية المواد المتفاعلة.

جـ. سرعة التفاعل الأمامي أصغر من سرعة التفاعل العكسي.

د . الاتّزان مزاح نحو اليسار.

3 . في التفاعل المتّزن الآتي: $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)} \quad \Delta H = 57\ kJ/mol$

عديم اللون — بني

أيُّ التغيرات الآتية يؤدي إلى تكون ظهور لون بني غامق في وعاء التفاعل:

أ . زيادة درجة الحرارة. ب. إضافة عامل مساعد

جـ. زيادة الضغط. د . تخفيض درجة الحرارة.

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

أ . سحب B من وعاء التفاعل. ب. تخفيض حجم وعاء التفاعل.

جـ. التسخين. د . إضافة عامل مساعد.

5 . في التفاعل الآتي: $2CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)} + O_{2(g)} \quad \Delta H = 566\ kJ$

التغيير في كل من الضغط ودرجة الحرارة الذي ينتج عنهما أكبر تركيز من CO هو:

أ . زيادة كل من الضغط ودرجة الحرارة ب. نقصان كل من الضغط ودرجة الحرارة

جـ. زيادة الضغط ونقصان درجة الحرارة د . نقصان الضغط وزيادة درجة الحرارة

الدرس الثاني:تعبيرات الاتزان والحسابات المتعلقة به

أولًا: تعبير ثابت الاتزان.

1-توصل العالمان كاتو جولدبيرج وبيتر وييج الى علاقة تصف حالة الاتزان سميت قانون فعل الكتلة

قانون فعل الكتلة:عند درجة حرارة معينة يصل التفاعل الى حالة تكون عندها نسبة تراكيز المواد الناتجة الى تراكيز المواد المتفاعلة مرفوعًا كل منها الى قوة تساوي معاملاتها في المعادلة الموزونة .

قيمة ثابتة تسمى ثابت الاتزان .

2-ما هو ثابت الاتزان وما هو رمزه؟

ثابت الاتزان هو تعبير يمثل تراكيز المواد الناتجة الى تراكيز المواد المتفاعلة كل مرفوع الى قوة تساوي معاملاتها في المعادلة الموزونة ويرمز له ب K_{eq} .

3-لثابت الاتزان نوعان :

أ) K_C ثابت يعتمد على التركيز المولاري (M) الذي يستخدم للمحاليل وللغازات.

ب) K_P ثابت يعتمد على الضغط الجزئي للغازات والذي يستخدم للغازات .

4-يعبر عن ثابت الاتزان كالاتي للتفاعل الافتراضي :

$$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$$

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

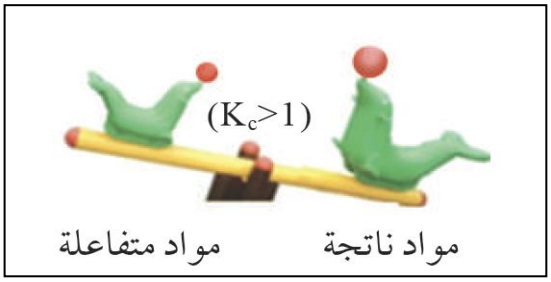
أو

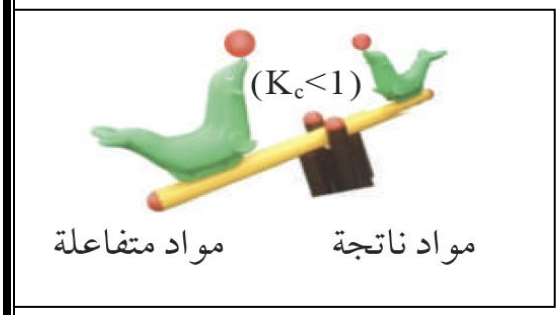
$$K_P = \frac{(P_C)^c\,(P_D)^d}{(P_A)^a\,(P_B)^b}$$

5-ما أهمية ثابت الاتزان ؟

أ)تحديد الجهة التي يزاح اليها الاتزان , ب)وحساب كميات (التراكيز) المواد الناتجة والمتفاعلة عند الاتزان .

***اذا كان قيمة ثابت الاتزان أكبر من (1) يكون موضع الاتزان منزاحًا الى جهة المواد الناتجة وتكون تراكيز النواتج أكبر من المتفاعلات ويكون المردود للتفاعل أكبر.**





***اذا كان قيمة ثابت الاتزان أقل من (1) يكون موضع الاتزان مزاحًا الى جهة المواد المتفاعلة وتكون تراكيز النواتج أقل من المتفاعلات ويكون المردود للتفاعل أقل.**

6-على ما يعتمد ثابت الاتزان الكيميائي؟

يعتمد على درجة الحرارة فقط فهناك قيم مختلفة لثابت الاتزان لتفاعل نفسه عند درجات حرارة مختلفة .فعند زيادة درجة الحرارة لتفاعل متزن ماص للطاقة يعدل الاتزان موضعه لتقليل أثر هذه الزيادة وذلك بزيادة سرعة التفاعل الامامي فتزداد تراكيز النواتج وتقل تراكيز المتفاعلات فتزداد قيمة ثابت الاتزان .

سؤال: ما الذي يحدث عند زيادة درجة الحرارة لتفاعل متزن طارد للطاقة ؟

_____

_____

_____

_____

_____

7-يصنف الاتزان تبعًا للحالة الفيزيائية للمواد الى نوعين هما:

أ)الاتزان المتجانس:تكون فيه جميع المواد المتفاعلة والناتجة في الحالة الفيزيائية نفسها ويعبر عن ثابت الاتزان بدلالة تراكيز المواد كلها.

مثال :يتفاعل غاز الامونيا مع غاز الاكسجين لينتج غاز ثاني اكسيد النيتروجين وبخار الماء :

$$4NH_{3(g)} + 7O_{2(g)} \rightleftharpoons 4NO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)}$$

أكتب تعبير ثابت الاتزان بدلالة التركيز والضغوط الجزئية :

مثال :

أكتبُ معادلة التفاعُل؛ إذا كان تعبير ثابت الاتّزان لخليط من الغازات في وعاءِ تفاعُلٍ هو:

$$K_c = \frac{[NO]^2\ [Cl_2]}{[NOCl]^2}$$

ب)الاتزان غير المتجانس :الذي تختلف في الحالة الفيزيائية للمواد المتفاعلة والناتجة(صلبة ,سائلة ,غازية) فوجد أن تراكيز المواد الصلبة تبقى ثابته (كمية المادة في وحدة المساحة ثابته) فيتم دمجها مع ثابت الاتزان ولا تكتب في تعبير ثابت الاتزان .

مثال :

$$CaCO_{3(s)} \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \qquad K_c = [CO_2]$$

كما أن تراكيز المادة السائلة والتي تمثلها الكثافة قيمتها ثابته فتدمج مع ثابت الاتزان .

مثال1:

$$I_{2(s)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2ICl_{(l)} \qquad K_c = \frac{1}{[Cl_2]}$$

مثال 2:

$$HClO_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + ClO^-_{(aq)} \qquad K_c = \frac{[H_3O^+][ClO^-]}{[HClO]}$$

أتحقَّق:

أ . أكتبُ تعبيرَ ثابت الاتّزان بدلالة التراكيز المولارية للمواد لكلّ من التفاعُلات الآتية:

1- $FeO_{(s)} + CO_{(g)} \rightleftharpoons Fe_{(s)} + CO_{2(g)}$

2- $ZnCO_{3(s)} \rightleftharpoons ZnO_{(s)} + CO_{2(g)}$

3- $NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

ب. أكتبُ تعبير ثابت الاتّزان بدلالة الضغط الجزئي للغازات في كلٍّ من التفاعُلات الآتية:

1- $CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(g)}$

2- $2AsH_{3(g)} \rightleftharpoons 2As_{(s)} + 3H_{2(g)}$

3- $CuO_{(s)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons Cu_{(s)} + H_2O_{(l)}$

الحسابات المتعلقة بثابت الاتزان

يستخدم قانون فعل الكتلة في تطبيقات صناعية واسعة لوصف حالة الاتزان في الانظمة الكيميائية المتزنة في :
أ)المحاليل ب)التفاعلات الغازية .

يوضح الجدول الاتي قيم ثابت الاتزان لتفاعل انتاج الامونيا في تجارب عدة عند درجة حرارة 500C كما في المعادلة :

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} \quad \Delta H = -92\ kJ$$

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

وضح بالحسابات كيفية ايجاد قيمة K_c في كل تجربة :

*كم تتوقع قيمة K_c للتفاعل العكسي السابق .

*ما أثر كل مما يلي في قيمة ثابت الاتزان عمليًا ؟

تراكيز المواد الابتدائية.....

تراكيز المواد عند الاتزان .....

*ما العامل الوحيد الذي يؤثر في قيمة ثابت الاتزان ؟.....

تذكر أن وضع الاتزان يتأثربالضغط والحرارة والتركيز

أسئلة متنوعة:

1- يُصنَع غاز الميثان وفقَ المعادلة الآتية:

$$CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(g)}$$

أحسبُ ثابت الاتّزان عند حدوث التفاعل في وعاء مغلق حجمُه 2 L، وكان عدد مولات المواد المتفاعلة والناتجة على النحو الآتي: 0.6 mol من CO، و 0.2 mol من H_2، و 0.12 mol من CH_4، و 0.04 mol من H_2O عند الاتّزان، عند درجة حرارة معينة.

2- يتكوّنُ غاز كلوريد النيتروزيل NOCl من تفاعُلِ أكسيد النيتروجين NO مع الكلور Cl_2 كما في المعادلة:

$$2NO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2NOCl_{(g)}$$

أحسبُ ثابت الاتّزان؛ إذا كانت الضغوط الجزئية للغازات في وعاء التفاعُل عند الاتّزان كما يأتي:

$P_{(NO)} = 0.05\ atm,\ P_{(Cl_2)} = 0.3\ atm, P_{(NOCl)} = 1.2\ atm,$

3- يتحلّلُ غازُ يوديدِ الهيدروجين HI، وينتَجُ خليطٌ من غازِ الهيدروجين H_2 وبخارِ اليودِ 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؛ فكُلّما زاد تركيزُ بخارِ اليود في الوعاءِ زادت شدّةُ اللّون، فإذا وضع 4 mol من يوديدِ الهيدروجين HI في وعـاءٍ مغلق حجمُه 5 L عند درجة حرارة 485 °C؛ وُجِد أنَّ الوعاءَ عندَ الاتّزانِ يحتوي 0.442 mol من بخارِ اليود I_2. أحسبُ ثابتَ الاتّزانِ للتفاعُل عندَ درجةِ الحرارة نفسها.

4- أحسبُ ثابت الاتّزان لتحلُّل غاز الفوسجين $COCl_2$ في وعاء مغلق حجمه 0.4 L كما فى المعادلة الآتية:

$$COCl_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + Cl_{2(g)}$$

إذا كان عدد مولاتِ الغازات فى وعاء التفاعُل عند الاتّزان كما يأتى:

$$n\,CO = 0.071\ mol\ ,\ n\,Cl_2 = 0.071\ mol\ ,\ n\,COCl_2 = 3\ mol$$

5- سخن خليط من غاز الهيدروجين $0.7\ mol\ H_2$ مع غاز البروم $0.44\ mol\ Br_2$ في وعاء حجمه 2 L إلى درجة حرارة 700 K وحدث التفاعل الآتي:

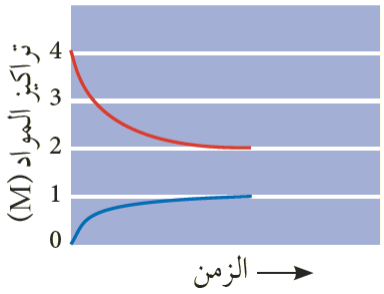
$$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$$

وجد أن عدد مولات الهيدروجين H_2 عند الاتّزان يساوي 0.28 mol، أحسب:

أ . تركيز كل من HBr ، Br_2 ، H_2 عند الاتّزان.

ب. ثابت الاتّزان K_c.

6- يبيّنُ الشكل النتائج التجريبية لإحدى التجارب، ويمثّلُ المنحنى الأحمر المادة A، ويمثّلُ المنحنى الأزرق المادة B، أحسبُ ثابت الاتّزان.



7- يتفاعُل غاز أول أكسيد الكربون CO مع بخار الماء لإنتاج غازي ثاني أكسيد الكربون CO_2 والهيدروجين H_2 كما في المعادلة الآتية:

$$CO_{(g)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + H_{2(g)}$$

فإذا وضع 1mol من كُلٍّ من هذه الغازات في وعاءٍ حجمه 1 L، وكان ثابت الاتّزان عند 700 K يساوي 5.10؛ أحسبُ تركيز كلّ من هذه الغازات عند الاتّزان.

8- يتفاعل غاز الهيدروجين H_2 مع بخار اليود I_2 لتكوين غاز يوديد الهيدروجين HI كما في المعادلة:

$$H_{2\,(g)} + I_{2\,(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$$

خُلط 0.5 mol H_2 مع 0.5 mol I_2 في وعاءٍ حجمه 1 L، وسُخّن الخليط إلى درجة حرارة 458 °C حتى وصل إلى الاتّزان؛ فكانت قيمة ثابت الاتّزان عندها تساوي 50؛ أحسبُ تراكيز الغازات كلّها عند الاتّزان.

9- يتفكّكُ غاز NO وفق المعادلة الآتية: $2NO_{(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + O_{2(g)}$

إذا كان التركيز الإبتدائي لـ NO يساوي 0.2 M أحسب تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة عند الاتزان عند درجة حرارة 1000 °C علمًا أن ثابت الاتّزان K_c يُساوى 2.4×10^3

10- أجرى مجموعة من الطلبة تجربة لإنتاج فلوريد الهيدروجين HF؛ إذْ وضعوا 3 mol H_2 و 3 mol F_2 في وعاء حجمه 3 L، وتركوها لتتفاعل كما في المعادلة الآتية:

$$H_{2(g)} + F_{2(g)} \rightleftharpoons 2HF_{(g)}$$

أحسبُ تراكيز المواد عند الاتّزان؛ علمًا أن ثابت الاتّزان K_c يُساوي (115)، عند درجة حرارة معينة.

اسئلة الدرس

1 . **الفكرة الرئيسة:** أفسّر دلالة ثابت الاتّزان للتفاعُل الكيميائي.

2 . أوضّحُ المقصود بكلّ مما يأتي:

- قانون فعل الكتلة.
- الاتّزان المتجانس.

3 . أطبق أكتبُ تعبير ثابت الاتّزان بدلالة تراكيز المواد لكلّ من التفاعُلات الآتية:

أ . $4NH_{3(g)} + 5O_{2(g)} \rightleftharpoons 4NO_{(g)} + 6H_2O_{(g)}$

ب. $BaSO_{4(s)} \rightleftharpoons Ba^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$

جـ. $Zn_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightleftharpoons Zn^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$

د . $CH_3NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3NH_3^{+}{}_{(aq)} + OH^{-}{}_{(aq)}$

4 . **استخدم الأرقام:** أُدخلَ 0.65 mol من غاز N_2O_4 إلى وعاء حجمه 0.5 L، وتركَ ليتفكّك كما في المعادلة الآتية:

$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$

أحسبُ ثابت الاتّزان، إذْ وُجدَ أنّ الوعاء يحتوي على 0.5 mol من NO_2 عند الاتّزان.

5 . **استخدم الأرقام:** وضع 2 mol من كلّ من الأكسجين والنيتروجين في وعاءحجمه 1 L لتتفاعَل معًا وفقَ المعادلة الآتية:

$$N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$$

وقد وُجد أن ثابت الاتّزان للتّفاعُل عند درجة حرارة 150 K يُساوي 1×10^{-5}؛ أحسبُ تراكيز المواد عند وصول التفاعُل إلى حالة الاتّزان.

6 . **أختار الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:**

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

أ . تكون المواد المتفاعلة والناتجة في الحالة الفيزيائية نفسها.

ب. تتنوع الحالة الفيزيائية للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة .

جـ. تراكيز المواد الصُلبة في التفاعل غير ثابتة.

د . يظهر تركيز السائل في قانون ثابت الاتزان.

2 . قيمة ثابت الاتّزان للتفاعل $2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$ 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 NO_2 بدرجة كبيرة.

جـ. يزاح موضع الاتزان جهة المواد المتفاعلة. د . يكون تركيز المواد المتفاعلة كبيرًا عند الاتزان.

3 . عند إذابة بروميد الفضة AgBr في الماء؛ فإن كمية قليلة منه تذوب في الماء عند درجة حرارة معينة، ويحدث الاتّزان الآتي: $AgBr_{(s)} \rightleftharpoons Ag^+_{(aq)} + Br^-_{(aq)}$، ويُعبّر عن ثابت الاتّزان بالمعادلة: $K_C = [Ag^+][Br^-]$، فإذا أذيب في خليط التفاعل المتّزن كمية قليلة من بروميد الصوديوم NaBr؛ فإنه عند عودة التفاعل إلى حالة الاتزان:

أ . $[Ag^+]$ يزداد ، و K_C يبقى ثابت. ب. $[Ag^+]$ يقل، و K_C يبقى ثابت.

جـ. $[Ag^+]$ لا يتغير و K_C يقل. د . $[Ag^+]$ يقل، و K_C يزداد.

4 . في التفاعل الآتي: $2A_{(g)} \rightleftharpoons C_{(g)}$ إذا كانت $K_C = 2$.

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

أ . $2[C] = [A]^2$ ب. $[C]^2 = 2[A]$

جـ. $[A] = [C]$ د . $2[A]^2 = [C]$

5 . خلط 0.1 mol من غاز أول أكسيد النيتروجين NO مع 0.1 mol من غاز البروم Br_2 في وعاء حجمه 1L، وسُخّن الخليط إلى درجة حرارة 350 K وحدث التفاعل الآتي: $2NO_{(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2NOBr_{(g)}$

عند الاتّزان وجد أن تركيز NOBr يساوي 0.08 M؛ لذلك فإن ثابت الاتّزان K_C يساوي:

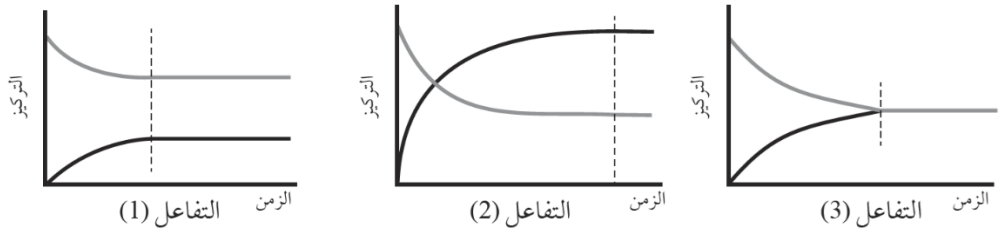
أ . 1111 ب. 555.5

جـ. 266.7 د . 160.6

أسئلةُ تفكير

السؤال الأول:

أجرى مجموعةٌ من الطلبة تجارب لدراسة موضع الاتّزان لثلاثة تفاعُلاتٍ لموادّ في الحالة الغازية، تُعبّرُ المنحنيات الثلاثة الآتية عن النتائج التي جرى التوصل إليها، أدرسُ هذه المنحنيات، ثمّ أجيبُ عن الأسئلة التي تليها:



1. ما الجهة التي يُزاح نحوها الاتّزان لكلٍّ من التفاعلين (2,1)؟

.....

.....

2. ما القيم التقريبية لثابت الاتّزان (أكبر من واحد، أقل من 1، تساوي 1) لكلّ من التفاعُلات الثلاثة؟ أفسر إجابتي.

.....

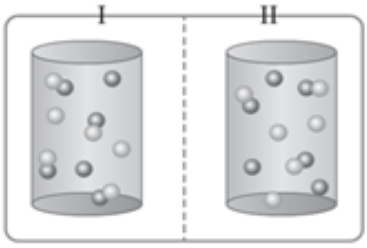
.....

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

.....

.....

السؤال الثاني:

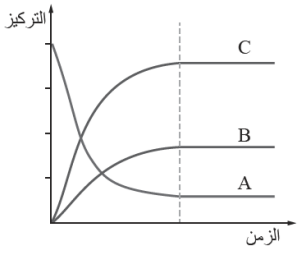


يمثل الشكل المجاور مكونات التفاعل $AB_{(g)} + heat \rightleftharpoons A_{(g)} + B_{(g)}$ عند الإتزان عند درجتي حرارة مختلفتين، وفي وعائين منفصلين. أي الوعائين يمثل مكونات التفاعل عند درجة الحرارة الأقل؟

.....

.....

السؤال الثالث:



يبيّنُ الشكلُ المجاور مُنحَنياتٍ تغيُّر تراكيز الموادّ في تفاعل ما، حتى وصوله إلى حالة الاتّزان، أدرسُ المنحنياتِ ثم أجيبُ عن الأسئلة الآتية:

1. **أصفُ** تغيُّر تراكيزِ الموادّ من بداية التفاعل حتى وصول التفاعل إلى حالة الاتّزان.

.....

2. **أفسّرُ**: بعد بدء التفاعُل لا تصبح تراكيز أيٍّ من المواد في التفاعل تساوي صفرًا.

.....

3. أكتبُ تعبيرَ ثابتِ الاتّزان للتّفاعُل؛ علما بأن الموادّ جميعَها في الحالة الغازية.

.....

السؤال الرابع:

- في التفاعل الآتي: $3NO_{(g)} \rightleftharpoons N_2O + NO_{2(g)} + 155.7\ kJ$

أستنتج أثر التغيرات الآتية على موضع الاتّزان:

أ . زيادة الضغط.....

ب. زيادة درجة الحرارة.....

جـ. زيادة تركيز غاز N_2O. .....

د . إضافة عامل مساعد. .....

السؤال الخامس:

في التفاعل الآتي:

$$ICl_{(l)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons ICl_{3(s)} + heat$$

أ . **أستنتجُ** أثر خفض درجة الحرارة على تركيز Cl_2 عند الاتّزان. .....

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

السؤال السادس:

التفاعل الآتي يحدث عند درجة حرارة معينة:

$$PCl_{5(s)} \rightleftharpoons PCl_{3(l)} + Cl_{2(g)}$$

أ . أستنتج أثر زيادة الضغط على كتلة PCl_5 عند الاتّزان.

.....

ب. عند زيادة درجة الحرارة قلّت كتلة PCl_5 الصُلبة، هل التفاعُل طاردٌ للطاقة أم ماصٌّ لها؟ أبرر إجابتي.

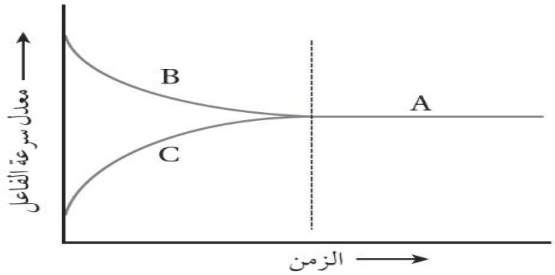
.....

السؤال السابع:

أختار الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:

1. يمثل الشكل المجاور تفكُّك غاز رباعيِّ أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O_4 إلى غاز ثاني أكسيد النتروجين وفقًا لمعادلة التفاعل الآتي:

$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$



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

أ . A حالة الاتّزان، C سرعة التفاعل الأمامي، B سرعة التفاعل العكسي.

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

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

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

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

$$Hb_{(aq)} + 4O_{2(g)} \rightleftharpoons Hb(O_2)_{4\,(aq)}$$

ماذا يحدث عند نقصان تركيز الأكسجين في الدم؟

أ . يُزاح الاتّزان نحو اليسار ويتحرّر الأكسجين المرتبط بالهيموجلوبين.

ب. يُزاح الاتّزان نحو اليمين ويتحرّر الأكسجين المرتبط بالهيموجلوبين.

جـ. يُزاح الاتّزان نحو اليمين ويرتبط الأكسجين بالهيموجلوبين.

د . يُزاح الاتّزان نحو اليسار ويرتبط الأكسجين بالهيموجلوبين.

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

أ . $C_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$

ب. $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$

جـ. $COCl_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + Cl_{2(g)}$

د . $4NH_{3(g)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2N_{2(g)} + 6H_2O_{(g)}$

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

$$4NH_{3(g)} + 7O_{2(g)} \rightleftharpoons 4NO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)}$$

أيٌّ من الآتية يمثل التعبير الصحيح لثابت الاتّزان؟

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

ب. $K_C = \dfrac{[NO_2]^2\,[H_2O]^3}{[NH_3]^4\,[O_2]^7}$

جـ. $K_C = \dfrac{[NH_3]^4\,[O_2]^7}{[NO_2]^2\,[H_2O]^3}$

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

5. تتفاعل المادة A مع المادة B لانتاج المادة C. اعتمادًا على المعلومات الاتية:

- عندما ينقص عدد المولات من المادة A، يزداد عدد المولات من المادة C بالمقدار نفسه.
- عندما ينقص عدد المولات من المادة B، يزداد عدد المولات من المادة C مثلي مقدار النقص.

فإن المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل هي:

أ . $A + 2B \rightarrow C$ ب. $2A + B \rightarrow 2C$ جـ. $A + B \rightarrow 2C$ د. $2\,A + 2B \rightarrow C$

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

$$2NO_{(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2NOBr_{(g)}$$

وُجد عندَ الاتّزان أن ضغط غاز NO يساوي ضغط غاز NOBr، فإن ضغط غاز Br_2(atm) يساوي:

أ . 0.645 ب. 1.55 جـ. 0.416 د. 2.4

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

$$CO_{2(g)} + H_{2(g)} + Heat \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_2O_{(g)}$$

فإنّ إحدى العبارات الآتية صحيحةعند الاتّزان:

أ . زيادة درجة الحرارة يؤدي إلى زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون CO_2.

ب. خفض درجة الحرارة يؤدي إلى زيادة انتاج الماء H_2O.

جـ. زيادة درجة الحرارة تؤدي إلى زيادة انتاج أوّل أُكسيد الكربون CO .

د . خفض درجة الحرارة يؤدي إلى نقصان تركيز الهيدروجين H_2.

8. في التفاعل الآتي $2NOBr_{(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + Br_{2(g)}$: $K_c = 4.08 \times 10^{-4}$ عند 38 °C.

إحدى الآتية تمثل تراكيز المواد عند الاتزان :

أ . $[NOBr] = 0.07\ M, [NO] = 0.02\ M, [Br_2] = 0.005\ M$.

ب. $[NOBr] = 0.005\ M, [NO] = 0.02\ M, [Br_2] = 0.07\ M$.

جـ. $[NOBr] = 0.02\ M, [NO] = 0.005\ M, [Br_2] = 0.02\ M$.

د . $[NOBr] = 0.005\ M, [NO] = 0.07\ M, [Br_2] = 0.005\ M$.

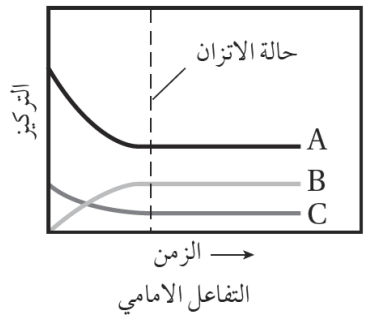
9. تمثّلُ المعادلة الموزونة الآتية: $N_{2(g)} + 3\ H_{2(g)} \rightleftharpoons 2\ NH_{3(g)}$ تفاعل تحضير الأمونيا كما في الشكل؛ فالرموز الصحيحة التي تمثل التفاعل هي:

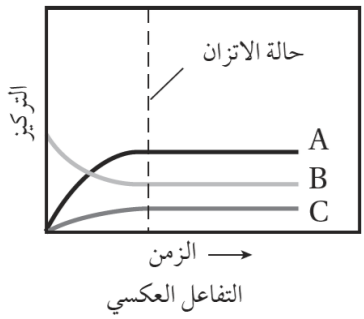
أ . $A:H_2$، $B:N_2$، $C:NH_3$

ب. $A:N_2$، $B:H_2$، $C:NH_3$

جـ. $A:NH_3$، $B:H_2$، $C:N_2$

د. $A:H_2$، $B:NH_3$، $C:N_2$





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

أ . زيادة كتلة اليود الصُّلب. ب. إنقاص كتلة اليود الصُّلب.

جـ. زيادة حجم وعاء التفاعل. د . إنقاص حجم وعاء التفاعل.

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

$$CH_{4(g)} + H_2S_{(g)} \rightleftharpoons CS_{2(g)} + 4H_{2(g)} \quad \Delta H > 0$$

أ. تبريد وعاء التفاعل. ب. إضافة عامل مساعد.

جـ. إنقاص حجم وعاء التفاعل. د . سحب غاز الهيدروجين من وعاء التفاعل.

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

أ . يساوي 15 ب. أكبرمن 10 وأقل من 15 جـ. أكبر من 5 وأقل 10 د. يساوي 10

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

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

أ . 0.427 ب. 4.94 جـ. 1.22 د. 0.20

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

أ . 50.5 ب. 15.2 جـ. 36.4 د.63.1

15. اعتمادًا على التفاعل المتزن الآتي: $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2\ NO_{2(g)}\ \ \Delta H = +\ 58.0\ kJ$، أي العبارات تمثل التغير الصحيح في اتجاه الاتّزان:

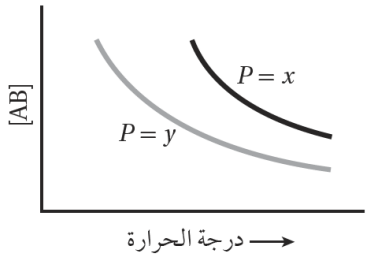
أ . عند إضافة N_2O_4، يتجه الاتّزان نحو تكوين المواد الناتجة.

ب. عند إزالة NO_2 يتجة الاتّزان نحو تكوين المواد المتفاعلة.

جـ. خفض درجة الحرارة يؤدي إلى اتجاه الاتزان نحو تكوين المواد الناتجة.

د . زيادة حجم وعاء التفاعل يؤدي إلى إتجاه الاتّزان نحو تكوين المواد المُتفاعلة.

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



$$A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons AB_{(g)}$$

فإنّ العبارة الصحيحة مما يأتي:

أ . التفاعل ماصّ و $x > y$.

ب. التفاعل طارد و $x > y$

جـ. التفاعل ماصّ و $x < y$

د. التفاعل طارد 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:

$$C_{(s)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_{2(g)} \quad \Delta H = +131.3\ kJ$$

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.

جـ. زيادة كمية C يؤدي إلى زيادة تكوين CO و H_2.

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

مراجعةُ الوحدةِ

1. أوضّحُ المقصود بكلّ مما يأتي:

- اتّزان ديناميكي
- ثابت الاتّزان.
- الاتّزان غير المتجانس.

2. **أستنتج** يتفاعُل ثاني أكسيد الكبريت SO_2 مع الكلور Cl_2 وفقَ المعادلة الآتية:

$$SO_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons SO_2Cl_{2(g)} + Heat$$

ما أثر التغيُّرات الآتية في موضع الاتّزان؟

أ . زيادة تركيز Cl_2.

ب. سحب كمية من SO_2Cl_2 من الوعاء.

جـ. تقليلُ كمية SO_2 في وعاء التفاعُل.

3. **أستنتج** أثرَ خفض درجة الحرارة في موضع الاتّزان للتفاعُلين المُتّزنينِ الآتيين:

أ . $C_2H_{4(g)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons C_2H_5OH_{(g)} \quad \Delta H = -46\ kJ$

ب. $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} \quad \Delta H = +90\ kJ$

4. **أحدد** التفاعُل الذي ينتجُ عنه أكبر كمية من الموادّ عند زيادة الضغط الكلّي المؤثر في وعاء التفاعُل:

أ . $PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$

ب . $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

جـ . $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$

د . $CH_{4(g)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + 3H_{2(g)}$

5. **أستنتج** موضع الاتّزان عند تقليلِ حجم الوعاء في كل من التفاعلات الآتية مُبرّرًا إجابتي:

أ . $SO_2Cl_{2(g)} \rightleftharpoons SO_{2(g)} + Cl_{2(g)}$

ب . $CO_{(g)} + 2H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_3OH_{(g)}$

جـ . $PCl_{3(g)} + 3NH_{3(g)} \rightleftharpoons P(NH_2)_{3(g)} + 3HCl_{(g)}$

6. **أطبّق** أكتبُ تعبيرَ ثابت الاتّزان K_c لكلٍّ من التفاعُلات الآتية:

أ . $CaSO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + SO_{2(g)}$

ب . $2N_2O_{5(g)} \rightleftharpoons 2N_2O_{4(g)} + O_{2(g)}$

جـ . $Ag^+_{(aq)} + 2NH_{3(aq)} \rightleftharpoons Ag(NH_3)_2{}^+_{(aq)}$

د . $HNO_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NO_2{}^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

هـ . $C_5H_5N_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_5H_5NH^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

7. **أُفسّر**:

أ . لا يتأثّرُ موضع الاتّزان عند تغيير الضغط الكلّي في وعاء التفاعُل عند الاتّزان للتفاعُل الآتي:

$$CO_{(g)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + H_{2(g)}$$

ب. في التفاعُلِ المُتّزن الآتي:

$$FeSCN^{2+}_{(aq)} \rightleftharpoons Fe^{3+}_{(aq)} + SCN^-_{(aq)}$$

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

8. **أستنتج**: يُبيّن الجدول الآتي نتائج دراسة ثابت الاتّزان لتفاعُلٍ ما عند درجات حرارة مختلفة، هل التفاعُل ماصٌّ للحرارةِ أم طارد لها؟ أبرر إجابتي.

درجة الحرارة بوحدة الكلفن	ثابت الاتّزان
208	4.9×10^{27}
800	1.38×10^{5}
1000	2.54×10^{2}

9. **أستخدم الأرقام:** تُحضّر الأمونيا NH_3 بتسخين مزيجٍ من غازي النيتروجين N_2 والهيدروجين H_2 عند ضغط مُعيّن، كما في المعادلة الآتية: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

وضعت كميةٌ من غازي النيتروجين والهيدروجين في وعاء حجمه 10 L، وسُخّنت إلى درجة حرارة 350 °C؛ ليصل التفاعُل إلى حالة الاتّزان، وُجد عند الاتزان أن عدد مولاتِ النيتروجين 4.25 mol والهيدروجين 5.75 mol والأمونيا 1.5 mol، أجيب عن الأسئلة الآتية:

أ – **أحسبُ** ثابت الاتّزان للتفاعُل عند 350 °C

ب – **أقارنُ** هذه النتيجة بقيم ثابت الاتّزان في الجدول رقم (1)، وأُبرّرُ هذا الاختلاف.

10. **أستخدم الأرقام:** وُجد أن ثابت الاتّزان للتفاعُل المُتّزن الآتي يساوي $K_c = 4 \times 10^{13}$ عند درجة 25°C

$$2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$

أ – ما الموادّ المُتوافرة بكمية أكبر في وعاء التفاعُل عند الاتّزان؟

ب – أحسبُ تركيز NO_2 عندما يكون $[NO] = [O_2] = 2 \times 10^{-6}M$.

11. **أستخدم الأرقام:** يحدث التفاعُل الآتي في وعاء مغلق حجمه 1 L.

$$NO_{2(g)} + SO_{2(g)} \rightleftharpoons NO_{(g)} + SO_{3(g)}$$

وضع 0.8 mol من كل من الغازات الأربعة إلى وعاء التفاعُل عند درجة حرارة مُعينّة فوُجدَ أن ثابت الاتّزان للتفاعُل عند درجة الحرارة نفسها يساوي 3.75، **أحسبُ** تراكيز هذه الغازات عند الاتّزان.

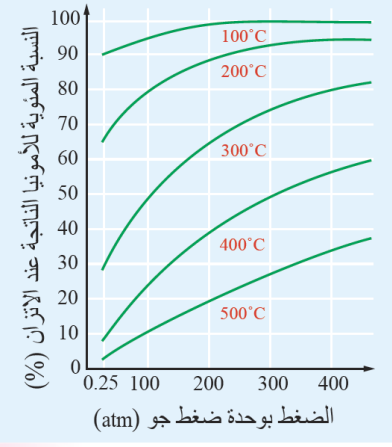
12. **أستخدم الأرقام:** يتحلّل غاز بروميد اليود IBr وفقَ المعادلة الآتية:

$$2IBr_{(g)} \rightleftharpoons I_{2(g)} + Br_{2(g)}$$

تفكك 0.1 mol من بروميد اليود في وعاء حجمه 1 L عند درجة حرارة 100 °C، وكان ثابت الاتّزان يساوي 0.026، **أحسبُ** تراكيز المواد عند وصول التفاعُل إلى حالة الاتّزان.

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

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} \qquad \Delta H = -92\ kJ$$

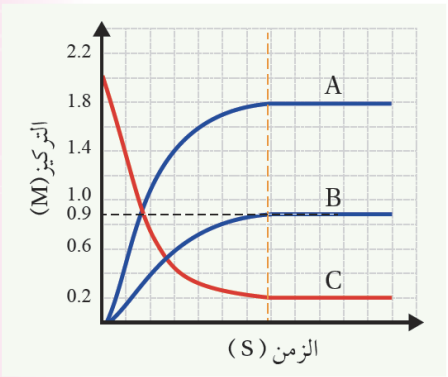


ويُبيّن الشكل المجاور نسبة الأمونيا الناتجة عند ظروف مختلفة من الضغط ودرجة الحرارة، أدرس المنحنى ثم أجيبُ عن الأسئلة الآتية:

أ . ما أثر تغيير درجة الحرارة والضغط على النسبة المئوية للأمونيا الناتجة عند الإتزان، أفسر ذلك.

ب. أكتبُ تعبيرَ ثابتِ الاتّزان للتفاعُل.

14. **أستنتج:** يُبيّن الشكل المجاور النتائج التجريبية لخليط من الغازات (SO_3, SO_2, O_2) عند الاتّزان، أدرس الشكل وأجيب عن الأسئلة الآتية:



أ . أُحدّدُ: أيُّ المُنحنيات التي أعطيت الرموز A ، B ، C يُمثّل الموادّ المُتفاعلة وأيها يُمثّل الموادّ الناتجة؟

ب. أكتبُ معادلة التفاعُل الموزونة.

جـ. **أحسبُ** ثابت الاتّزان للتفاعُل في ضوء هذه النتائج.

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

أ . أُسمّي المعدن الأساسي التي تتكون منه هذه الطبقة.

ب. أوضّحُ عملية إزالة المعدن وأكتبُ معادلة كيميائية تُبيّن ذلك.

جـ. أُسمّي المادة المستخدمة في إعادة بناء المعدن.

د . أوضّحُ كيفيّة بناء المعدن في الأسنان.

16. **أختارُ الإجابة الصحيحة لكلّ فقرة في ما يأتي:**

1. أحدّدُ التفاعُل الذي ينتجُ عنه كمية أكبر من النواتج عند زيادة الضغط المُؤثّر في وعاء التفاعُل:

أ . $I_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2IBr_{(g)}$

ب . $2NH_{3(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + 3H_{2(g)}$

جـ . $2NO_{(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2NOBr_{(g)}$

د . $CH_{4(g)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + 3H_{2(g)}$

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

يؤدي سحب كمية من غاز NH_3 من وعاءِ التفاعُل إلى:

أ . زيادة سرعة التفاعُل الأماميّ. ب. زيادة إنتاج غاز NO.

جـ. إزاحة موضع الاتّزان نحو اليمين. د . إزاحة موضع الاتّزان نحو اليسار.

3. يُعدُّ تحليل الماء كهربائيًّا إحدى طرائق تحضير غاز الهيدروجين كما في التفاعُلِ الآتي:

$$2H_2O_{(g)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + O_{2(g)} \qquad \Delta H = +484\ kJ$$

أحدّدُ أيّ الإجراءات الآتية يؤدي إلى زيادة كمية غاز الهيدروجين الناتجة:

أ . زيادة درجة الحرارة ب. خفض درجة الحرارة

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

4. العبارةُ الصحيحةُ في ما يتعلق بالتفاعُل عند الاتّزان؛ هي:

أ . تراكيزُ الموادّ الناتجة مساوٍ لتراكيز الموادّ المُتفاعلة.

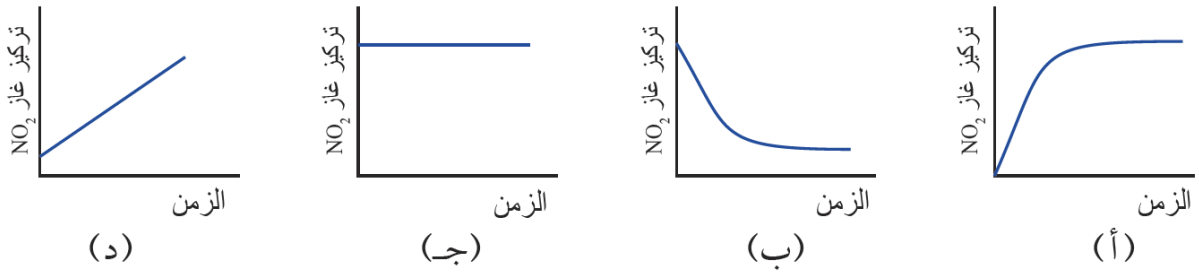
ب. موضع الاتّزان مُزاحٌ نحو تكوين الموادّ المُتفاعلة.

جـ. سرعة التفاعُل الأماميّ مساويةٌ لسرعة التفاعُل العكسي.

د . تعتمد قيمة ثابت الاتّزان على التراكيز الابتدائية للمواد في التفاعُلِ.

5. الشكل الذي يُعبّر عن تغيُّر تركيز NO_2 في أثناء سير التفاعُل والوصول إلى حالة الاتّزان للتفاعُل الآتي هو:

$$2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$$



6. في التفاعل الكيميائي الآتي: $Ti_{(S)} + 2Cl_{2(g)} \rightleftharpoons TiCl_{4(l)}$

يُعبّرُ عن ثابت الاتّزان للتفاعل بالمعادلة:

أ . $K_c = \frac{[TiCl_4]}{[Ti][Cl_2]^2}$

ب. $K_c = \frac{[TiCl_4]}{[Ti][Cl_2]}$

جـ. $K_c = \frac{1}{[Cl_2]^2}$

د . $K_c = \frac{[TiCl_4]}{[Cl_2]^2}$

7. تعبير ثابت الاتّزان لتفاعل ما: $K_c = \frac{[ICl_3]^2}{[I_2][Cl_2]^3}$

فإن معادلة التفاعل الكيميائي الموزونة هي:

أ . $2ICl_{3(g)} \rightleftharpoons I_{2(g)} + 3Cl_{2(g)}$

ب. $I_{2(g)} + 3Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2ICl_{3(g)}$

جـ. $ICl_{3(g)} \rightleftharpoons I_{2(g)} + Cl_{2(g)}$

د . $I_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons ICl_{3(g)}$

8. في التفاعل الآتي: $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)} \quad \Delta H = -200\ kJ$

تنتج أكبر كمية من SO_3 عند:

أ . ضغط منخفض ودرجة حرارة منخفضة.

ب. ضغط مرتفع ودرجة حرارة منخفضة.

جـ. ضغط مرتفع ودرجة حرارة مرتفعة.

د . ضغط منخفض ودرجة حرارة مرتفعة.

9. عند زيادة درجة الحرارة للتفاعل الآتي فإنه:

$Br_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2BrCl_{(g)} \quad \Delta H = +14\ kJ\ mol^{-1}$

أ . يقل ثابت الاتّزان ويُزاحُ موضعه نحو المتفاعلات.

ب. يزداد ثابت الاتّزان ويُزاحُ موضعه نحو المتفاعلات.

جـ. يقل ثابت الاتّزان ويُزاحُ موضعه نحو النواتج.

د . يزداد ثابت الاتّزان ويُزاحُ موضعه نحو النواتج.

* اعتمادًا على معادلة التفاعل الكيميائي الموزونة الآتية: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \overset{\text{عامل مساعد}}{\rightleftharpoons} 2NH_{3(g)} \quad \Delta H = -92\ kJ\ mol^{-1}$

أجيب عن الفقرتين 11 و 10

10. ما التغير أو التغيُّرات من الآتية يُمكن أن تزيد من قيمة ثابت الاتّزان؟

I. زيادة الضغط

II. خفض درجة الحرارة

III. زيادة تركيز N_2

أ . I و II معا ب. I فقط

جـ. II و III معا د . II فقط

11. عند استعمال العامل المساعد في تفاعل انتاج الأمونيا:

أ . يزداد تركيز الأمونيا عند الإتزان.

ب. يقل تركيز الأمونيا عند الإتزان.

جـ. لا يتغير تركيز الأمونيا عند الإتزان.

د . يزداد الزمن اللازم للوصول إلى موضع الاتزان.

12. بتحلل غاز الفوسجين $COCl_2$ وفق المعادلة: $COCl_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + Cl_{2(g)}$

فإذا كانت تراكيز المواد عند الاتّزان كما يأتي $[CO] = [Cl_2] = 0.18\ M,\ [COCl_2] = 0.75\ M$:

فإن ثابت الاتّزان للتفاعل يساوي:

أ . 0.48 ب. 0.032

جـ. 0.043 د . 2.34

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 الاتّزان يساوي 0.075 M؛ فإن ثابت الاتّزان للتفاعل الآتي: $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$ يساوي:

أ . 0.13 ب. 0.75

جـ. 1.5 د . 7.5

الإثراءُ والتوسعُ

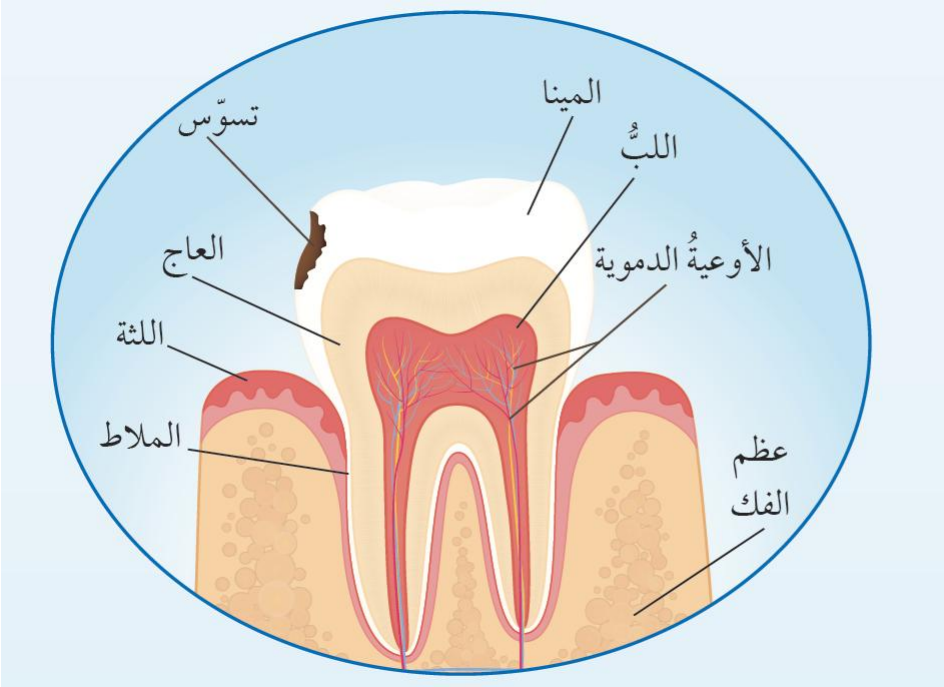
حماية الأسنان من التآكل
Protecting Teeth from Erosion

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

$$Ca_5(PO_4)_3OH_{(s)} \rightleftharpoons 5Ca^{2+}_{(aq)} + 3PO_4^{3-}{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

وعند تناول السُكريات تتخمّرُ بقاياها في الفم، وينتج حمض اللاكتيك $C_2H_4OHCOOH$، ويتأيّن في الفم منتجًا أيونات الهيدروجين (H^+) التي تتفاعُل مع أيونات (OH^-) وأيونات PO_4^{3-}، وتستهلكهما ويقل تركيزُهما، ما يسبب إزاحة موضع الاتّزان جهة اليمين نحو تكوين المواد الناتجة؛ فيزيد من تفكُّك معدن هيدروكسي أباتيت، ويزداد معدل إزالة المعدن، وتآكلّ طبقة المينا.

وللتقليل من معدل تآكلّ الأسنان وحمايتها؛ تُستخدم مُركّبات الفلور مثل فلوريد الصوديوم، وفلوريد الخارصين، وغيرها في صناعة معجون الأسنان التي تُنتج أيوناتِ الفلوريد F^- التي تحلُّ محلّ أيون الهيدروكسيد (OH^-) في معدن الهيدروكسي أباتيت، وينتج معدن الفلورو أباتيت $Ca_5(PO_4)_3F$، ويدخلُ في تكوين مينا الأسنان.


المينا
تسوّس
اللبُّ
العاج
الأوعيةُ الدموية
اللثة
الملاط
عظم
الفك