

# 11

## دوسية أوكسجين $O_2$

في شرح وحل أسئلة المادة مع كيماشيكات



# الكيمياء

الوحدة الخامسة



## الاتزان الكيميائي

إعداد: م. مريم السرطاوي

2021



eng.sartawi

مدرسة الكيمياء

chemsartawi

بسم الله الرحمن الرحيم

أحمد الله وأشكره على إنجاز هذا العمل فله الحمد أولاً وآخراً،  
طلابي الأعزاء لا بد أن نعني جميعاً أن أي عمل بشري لا يخلو من نقص أو عيب؛  
فإن الكمال لله وحده، لذا عليكم تجربة الحساب بأنفسكم للتأكد من النتائج ولتثقوا بقدراتكم  
العظيمة

بقدر الكدِّ تكتسبُ المعالي ومن طلب العلا سهر الليالي  
ومن رام العلا من غير كد أضاع العمر في طلب المحال  
تروم العز ثم تنام ليلاً يغوص البحر من طلب اللآلي

رسائل قصيرة:

- إن التعليم المميز للجميع والعلم يُؤتى ولا يأتي، فهلمَّ يا طالب العلم إلى مجدك
- الدوسية المجانية على الإنترنت هي لنفع الطالب في المقام الأول، ولا يعني ذلك أنه يحلّ التعديل عليها أو نسبتها لغير صاحبها
- شكري وتقديري للطالبة مرام "غيم غيم" لاقتراحها اسم "ضوء اللبنة" والمصطلح سأستخدمه في سلسلة علمية وأسئلة شغل مخك والتأسيس إن شاء الله تعالى
- شكري وتقديري للطالب بلال أبو ريان لاقتراحه اسم "كيماشيك" وسيتم استخدامه في أسئلة التحدي والتريكات إن شاء الله تعالى

تابع معنا كل جديد مع طلاب مدرسة الكيمياء الإلكترونية

<https://cutt.us/SCHOOLofCHEMISTRY>

وأيضاً على قناتي اليوتيوب مريم السرتاوي

وقناتي "الكيمياء مع المهندسة" على التيليجرام

<https://t.me/sartawichem>





## ما هي دوسية أوكسجين؟

دوسية أوكسجين تنعش التفكير وتحيي الكيمياء في الروح، تشمل هذه الدوسية الوحدة الخامسة: "الاتزان الكيميائي"

الصفحة	الموضوع
4	الدرس الأول: الاتزان الكيميائي والعوامل المؤثرة فيه
4	تعريفات الدرس الأول
4	مفهوم الاتزان الكيميائي
9	العوامل المؤثرة في الاتزان
11	التركيز
12	الضغط
15	درجة الحرارة
17	ملخص مهم
18	حل أسئلة مهارات من كتاب الأنشطة
20	تدريبات خارجية + كيماشيك
24	ورقة عمل: العوامل المؤثرة في الاتزان الكيميائي
25	حل مراجعة الدرس الأول
26	الدرس الثاني: تعبيرات ثابت الاتزان والحسابات المتعلقة به
26	تعريفات الدرس الثاني
26	ثابت الاتزان والتعبير عنه
28	الاتزان المتجانس وغير المتجانس
31	تدريبات خارجية + كيماشيك
32	ورقة عمل: ثابت الاتزان والتعبير عنه
33	الحسابات المتعلقة بثابت الاتزان والتراكيز عند الاتزان
41	تدريبات خارجية + كيماشيك
45	ورقة عمل: حسابات ثابت الاتزان والتراكيز
47	ثابت الاتزان في محاليل الحموض والقواعد الضعيفة
51	تدريبات خارجية + كيماشيك
52	ورقة عمل: ثابت الاتزان في محاليل الحموض والقواعد الضعيفة
53	حل مراجعة الدرس الثاني
55	حل أسئلة الوحدة الخامسة
65	بنك أسئلة أوكسجين الوحدة الخامسة [خيار من متعدد]



## الدرس الأول: الاتزان الكيميائي والعوامل المؤثرة فيه

## تعريفات الدرس الأول:

- التفاعلات غير المنعكسة: تفاعلات تسري باتجاه واحد نحو تكوين المواد الناتجة
- التفاعلات المنعكسة: تفاعلات تحدث بالاتجاهين الأمامي والعكسي في الوقت نفسه
- التفاعل الأمامي: التفاعل الذي يحدث باتجاه تكوين المواد الناتجة في التفاعل المنعكس
- التفاعل العكسي: التفاعل الذي يحدث باتجاه تكوين المواد المتفاعلة في التفاعل المنعكس
- الاتزان الديناميكي: حالة يصل إليها التفاعل ويستمر عندها حدوث التفاعل بالاتجاهين الأمامي والعكسي بالسرعة نفسها
- سرعة التفاعل الأمامي: السرعة التي تتحول فيها المواد المتفاعلة إلى مواد ناتجة في التفاعل المنعكس
- سرعة التفاعل العكسي: السرعة التي تتحول فيها المواد الناتجة إلى مواد متفاعلة في التفاعل المنعكس
- موضع الاتزان: حالة الاتزان التي تكون عندها نسبة المواد الناتجة أكبر من المواد المتفاعلة، ويكون الاتزان مزاخاً جهة المواد الناتجة، أو تكون نسبة المواد المتفاعلة أكبر من المواد الناتجة ويكون الاتزان مزاخاً نحو المواد المتفاعلة
- مبدأ لوتشاتيليه: مبدأ ينص على أن "أي تغيير في أحد العوامل المؤثرة في الاتزان لتفاعل كيميائي متزن يدفع التفاعل إلى تعديل موضع الاتزان للتقليل من أثر ذلك التغيير"

مفهوم الاتزان الكيميائي *Chemical Equilibrium Concept*

في كثير من التفاعلات تستهلك إحدى المواد المتفاعلة [المادة المحددة] أو جميعها

**مثال:** احتراق شريط المغنيسيوم في جو من الأوكسجين فينتج أكسيد المغنيسيوم وكمية كبيرة من الحرارة، وينتهي التفاعل ولا يمكن إعادة تكوين أي من المواد المتفاعلة مرة أخرى

$$2\text{Mg}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{MgO}_{(s)} + \text{Heat}$$

هذا التفاعل يسير في اتجاه واحد واسمه تفاعل غير منعكس

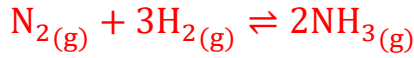
## ما المقصود بالتفاعلات غير المنعكسة؟

هي تفاعلات تسري باتجاه واحد نحو تكوين المواد الناتجة

في كثير من التفاعلات التي تُجرى في أوعية مغلقة لا تسمح بفقدان أي كمية من المواد المتفاعلة أو الناتجة من وعاء التفاعل، فيحدث تفاعل بين المواد الناتجة ليصبح تفاعل باتجاهين متعاكسين ويسمى بالتفاعل المنعكس

💡 **مثال:** تفاعل غاز النيتروجين مع غاز الهيدروجين لتحضير الأمونيا بطريقة هابر، في وعاء

مغلق عند ظروف مناسبة من الضغط ودرجة الحرارة



هذا التفاعل يسير في اتجاهين متعاكسين واسمه تفاعل منعكس

💡 يتفاعل النيتروجين مع الهيدروجين لتكوين الأمونيا ويسمى هذا التفاعل بالتفاعل الأمامي

💡 تتكوّن الأمونيا ثم تتفكك لتكوّن النيتروجين والهيدروجين ويسمى هذا التفاعل بالعكسي

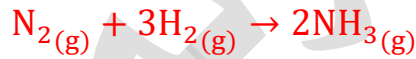
❓ **ما المقصود بالتفاعلات المنعكسة؟**

تفاعلات تحدث بالاتجاهين الأمامي والعكسي في الوقت نفسه

❓ **ما المقصود بالتفاعل الأمامي والتفاعل العكسي؟**

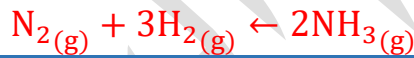
التفاعل الأمامي: الذي يحدث باتجاه تكوين المواد الناتجة في

التفاعل المنعكس [يمين]



التفاعل العكسي: التفاعل الذي يحدث باتجاه تكوين المتفاعلة في التفاعل المنعكس

[يسار]



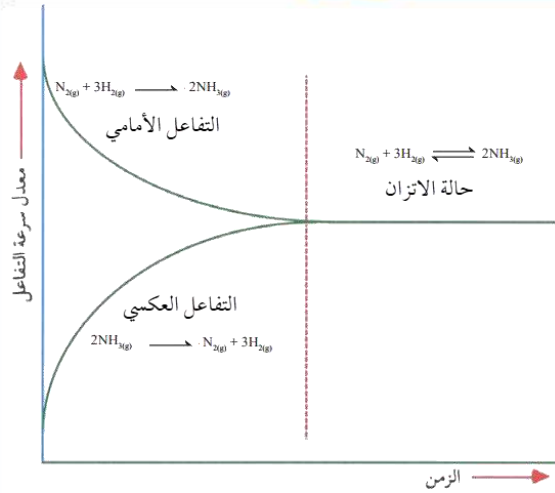
💡 يستمر التفاعل بالاتجاهين حتى الوصول إلى حالة الاتزان، نتعرف على تلك العملية من خلال

الخطوات الآتية مع افتراض زمن:

💡 **خطوات حدوث الاتزان الديناميكي:**

حالة التفاعل	تراكيز المواد الناتجة	تراكيز المواد المتفاعلة	الزمن
-	أقل ما يمكن صفر	أكبر ما يمكن 100%	البداية
-	30%	70%	1
-	50%	50%	2
-	70%	30%	3
ثبتت التراكيز على الجهتين [حدث الاتزان]	90%	10%	4
	90%	10%	5
	90%	10%	بعد يوم

🔦 نلاحظ:



1- تراكيز المواد المتفاعلة في البداية أكبر ما يمكن وتراكيز الناتجة يكون صفرًا، وبهذا تكون سرعة المواد المتفاعلة لتكوين نواتج أعلى ما يمكن وهذه هي **سرعة التفاعل الأمامي**

2- بمجرد تكوّن النواتج يبدأ حدوث التفاعل العكسي

3- بمرور الوقت تتناقص تراكيز المواد المتفاعلة وتتناقص سرعة التفاعل الأمامي، أما النواتج فإنها تزداد تراكيزها

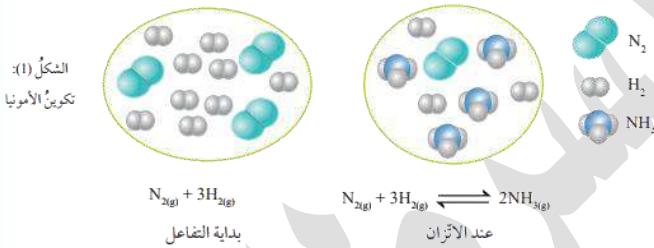
وتزداد سرعة تحوّلها إلى المواد المتفاعلة فتزداد سرعة التفاعل العكسي

4- بعد مرور الوقت من التناقص والتزايد على الطرفين يصل التفاعل الأمامي والعكسي إلى نقطة مشتركة حيث تثبت سرعة التفاعلين الأمامي والعكسي، وتثبت التراكيز على الطرفين، أيضًا تثبت الخصائص من الضغط واللون والحجم ودرجة الحرارة

وقتها نقول: وصل التفاعل إلى حالة الاتزان الديناميكي [أو الاتزان الكيميائي]

**لاحظ في بداية التفاعل فقط المتفاعلات**

وعند الاتزان: توجد المتفاعلات والنواتج جميعها مع بعضها والتفاعل مستمر لكن بنسب ثابتة بين طرفي التفاعل



❓ **ما المقصود بالاتزان الديناميكي؟**

حالة يصل إليها التفاعل ويستمر عندها حدوث التفاعل بالاتجاهين الأمامي والعكسي بالسرعة نفسها

تعزير من خارج الكتاب: بأمثلة وتبسيط لمفهوم الاتزان الديناميكي

هي حالة توازن بحيث تظن أنه لا يوجد أي تغيير في التفاعل مع مرور الزمن، وستظن أن التفاعل توقف لكنه لم يتوقف، بل كل جهة في التفاعل تستمر بالعمل لكن بسرعة ثابتة وتراكيز ثابتة، فالتغير الفعلي لا نراه لكنه موجود ولهذا سمّي ديناميكيًا.

وهو يختلف عن الاتزان الساكن (الستاتيكي) الذي لا يحدث فيه أي تغيير مرئي أو داخلي مثل: الجسور المعلقة



منهاجي  
متعة التعليم الهادف

بينما الاتزان الديناميكي يختلف، لاحظ الآتي:

- حركة الرجل على الدرج الآلي المتحرك في اتجاه معاكس، الرجل يصعد إلى أعلى، والدرج المتحرك ينزل إلى أسفل، متعاكسان في الاتجاه، بحيث إذا تساوت سرعتهما: سرعة صعود الرجل = سرعة نزول الدرج ستظن أن الرجل في مكانه على الدرج ولا يتحرك، لكن في الواقع كلاهما يتحركان في اتجاه معاكس وب نفس السرعة .. وهذا هو الاتزان الديناميكي



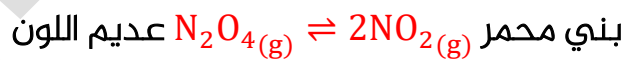
- ومثله في الماء إذا تم تسريبه من الوعاء وتزويد الوعاء به في آن واحد، فإننا لن نلاحظ تغيراً في مستوى الماء إذا تساوت سرعة التسريب مع سرعة التزويد بينما في الحقيقة هناك حركة مستمرة للماء
- أيضاً لاحظ أن الاتزان الديناميكي كمثال فيزيائي مرّ عليك سابقاً في الكيمياء من خلال تبخر وتكاثف الماء في إناء مغلق، فالذي يتبخر في مرحلة (a) نفسه يعود ويتكاثف في مرحلة (b) بعد أن يزداد البخار على سطح السائل



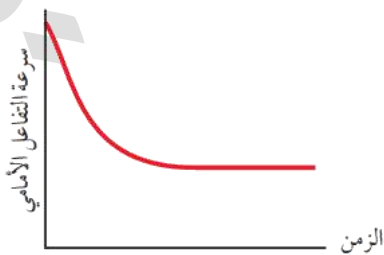
تظن أن الماء ثابت الحجم لكن العملية مستمرة على سطحه بشرط أن يكون الإناء مغلقاً ومثل ذلك في التفاعلات الكيميائية المنعكسة

انتهى التعزيز ووصل المفهوم بتلك الأمثلة البسيطة والحمد لله

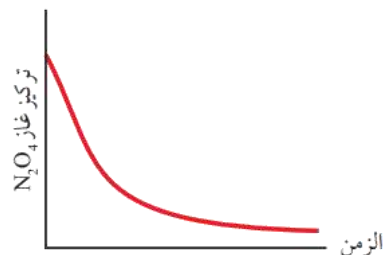
**مثال ص 46** مع الرسومات البيانية (مهمة): تفكك غاز رباعي أكسيد ثنائي النيتروجين  $\text{N}_2\text{O}_4$  عديم اللون إلى غاز ثنائي أكسيد النيتروجين  $\text{NO}_2$  ذي اللون البني المحمر:



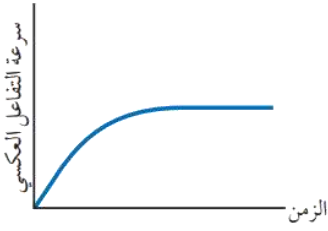
- التفاعل الأمامي يبدأ بأكثر كمية من  $\text{N}_2\text{O}_4$  وبسرعة عالية
- بمرور الوقت يتناقص تركيزه وبالتالي تتناقص سرعة التفاعل الأمامي



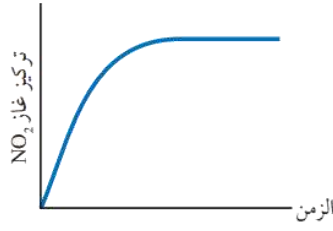
الشكل (2/ب): تناقص سرعة التفاعل الأمامي مع الزمن.



الشكل (2/أ): تناقص تركيز  $\text{N}_2\text{O}_4$  مع الزمن.



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

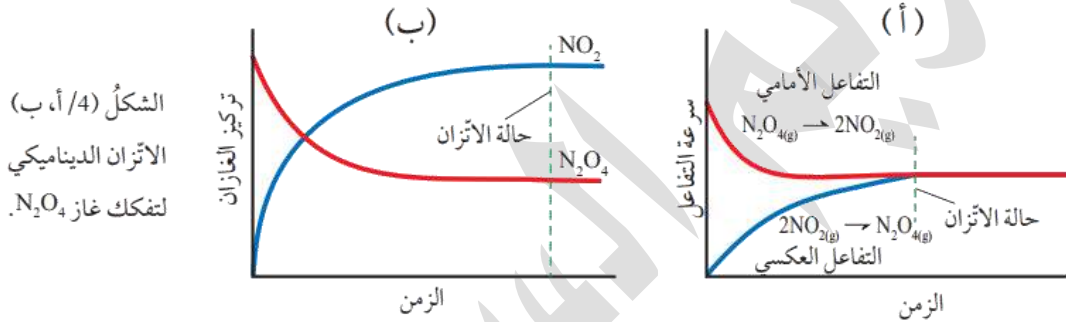


الشكل (أ/3): تزايد تركيز NO2 مع الزمن.

- التفاعل العكسي يبدأ بعد تكوّن NO<sub>2</sub> وبسرعة بطيئة حتى يتزايد تركيزه فتزداد سرعة التفاعل العكسي، ولنتذكر أن تركيز NO<sub>2</sub> في

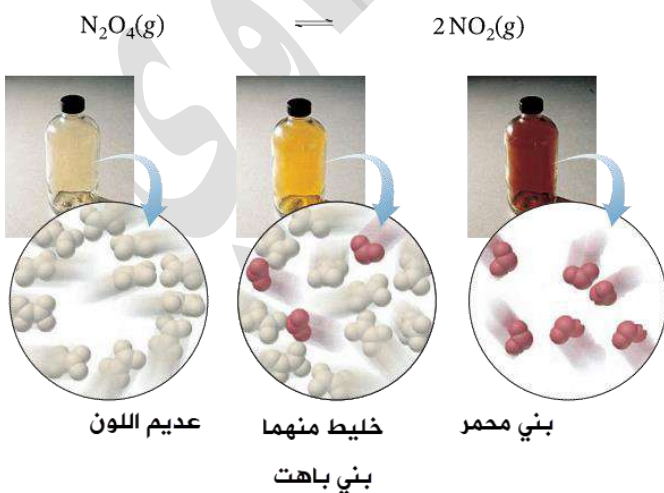
بداية التفاعل وقبل تكوّنه = صفراً وسرعة التفاعل العكسي أيضاً صفر

- مع الوقت تصبح سرعة التفاعل الأمامي = سرعة التفاعل العكسي، وهكذا يتوقف نقصان تركيز المتفاعلات ويتوقف زيادة تركيز النواتج أي تثبت التراكيز عند حد ما لكلا الطرفين [انظر الشكل وتذكر أنه ليس بالضرورة تساوي التراكيز] فنقول أن النظام أصبح في حالة اتزان ديناميكي

الشكل (أ، ب/4) الاتزان الديناميكي لتفكك غاز N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.

- عند الاتزان يحوي وعاء التفاعل خليط الغازين بتراكيز ثابتة عند درجة حرارة الغرفة مع لون بني باهت

أقارن ص 47: من الشكل (أ، ب/4) بين تراكيز الغازات في وعاء التفاعل عند حالة الاتزان



يظهر من الرسم البياني أن تركيز NO<sub>2</sub> "الناتج" يزداد مع الوقت بينما يتناقص تركيز N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> "المتفاعل" ثم تثبت التراكيز في حالة الاتزان ليكون تركيز NO<sub>2</sub> أكبر من تركيز N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ويظهر لون بني باهت في وعاء التفاعل في درجة حرارة الغرفة



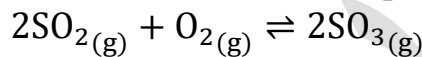
## الربط مع الحياة



أتران نسبة الأوكسجين وثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجويّ رغم استهلاك الأوكسجين خلال عمليّات الاحتراق، وتنفس الكائنات الحية، وإنتاج ثاني أكسيد الكربون؛ إلا أن هذا النقص في نسبة الأوكسجين يجري تعويضه عن طريق عملية البناء الضوئي التي تحدث في النباتات، فهي تعمل على استهلاك ثاني أكسيد الكربون وإنتاج الأوكسجين، ورغم أن العمليتين تحدثان بشكل منفصل وبأليتين مختلفتين؛ إلا أنّهما عمليتان متكاملتان تعملان معاً على المحافظة على حالة الاتزان في نسب هذه الغازات في الغلاف الجويّ.

? **أتحقق ص48:** يتفاعل غاز ثاني أكسيد الكبريت  $SO_2$  مع الأوكسجين  $O_2$  في وعاء مغلق لتكوين

غاز ثالث أكسيد الكبريت  $SO_3$  وفق المعادلة الآتية:



- أصف التغيرات التي تحدث لكل مما يأتي قبل وصول التفاعل إلى حالة الاتزان وعندها:

أ- تراكيز الغازات  $SO_2$ ,  $O_2$ ,  $SO_3$  في وعاء التفاعل

ب- سرعتا التفاعلين الأمامي والعكسي

الزمن	$SO_3$	$SO_2 + O_2$
قبل الاتزان	في بداية التفاعل تركيز النواتج وسرعة التفاعل العكسي = صفر، يزداد التركيز وتزداد سرعة التفاعل العكسي مع الوقت لتكوين المتفاعلات	في بداية التفاعل تركيز المتفاعلات وسرعة التفاعل الأمامي أكبر ما يمكن، يقل التركيز وتتناقص سرعة التفاعل الأمامي مع الوقت خلال تحولهما إلى النواتج
عند الاتزان	تركيز النواتج ثابت	تركيز المتفاعلات ثابت
سرعة التفاعل العكسي = سرعة التفاعل الأمامي		

العوامل المؤثرة في الاتزان ومبدأ لو تشارتالييه *Le Chatelier*

💡 **في التفاعلات المنعكسة وعند حدوث حالة الاتزان:**

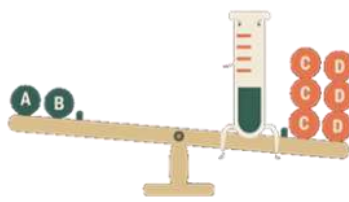
- قد تعمل المتفاعلات على تكوين النواتج بشكل أكبر فتكون الناتجة نسبتها أكبر، فنقول: الاتزان مُزاح نحو اليمين أي نحو المواد الناتجة
- وقد تعمل النواتج على تكوين المتفاعلات بشكل أكبر فتكون المواد المتفاعلة نسبتها أكبر، فنقول: الاتزان مُزاح نحو اليسار أي نحو المواد المتفاعلة



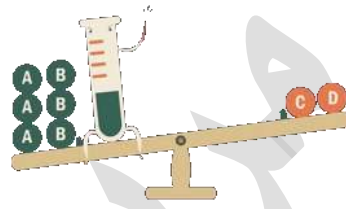
💡 فأصبح لدينا مفهوم اسمه: موضع الاتزان. قام العلماء بدراسات للتحكم بذلك الموضع وإزاحته نحو اليسار أو اليمين في التفاعل ومنهم العالم لوتشاتلييه، وكل ذلك للحصول على مادة مرغوبة من التفاعل بشكل أكبر

❓ ما المقصود بموضع الاتزان؟

حالة الاتزان التي تكون عندها نسبة المواد الناتجة أكبر من المواد المتفاعلة، فيكون الاتزان مُزاحاً جهة المواد الناتجة، أو تكون نسبة المواد المتفاعلة أكبر من المواد الناتجة فيكون الاتزان مُزاحاً نحو المواد المتفاعلة



موضع الاتزان مُزاح ناحية  
المواد الناتجة



موضع الاتزان مُزاح ناحية  
المواد المتفاعلة



❓ من العالم الذي درس العوامل المؤثرة في اتزان التفاعل الكيميائي؟

العالم الفرنسي هنري لوتشاتلييه

❓ ما المقصود بمبدأ لوتشاتلييه أو ما نصّه؟

"إذا حدث تغيير في أحد العوامل المؤثرة في الاتزان لتفاعل كيميائي متزن، مثل: التركيز أو الضغط أو درجة الحرارة، فإن التفاعل يعمل على تعديل موضع الاتزان للتقليل من أثر ذلك التغيير"

❓ أتحقق ص 49: أحدد العوامل التي درس لوتشاتلييه تأثيرها على موضع الاتزان

1- التركيز [زيادته أو تقليله لمادة ما في التفاعل]

2- درجة الحرارة [زيادتها أو خفضها]

3- الضغط [زيادته أو خفضه ويكون لتفاعلات الغازات فقط]

❓ ما أهمية دراسة العوامل المؤثرة في الاتزان؟

العوامل التي تؤثر على الاتزان ستعمل على إزاحة موضع الاتزان نحو النواتج المرغوبة، وبالتالي تزداد تلك الكمية ويتحسن المردود الاقتصادي للصناعات الكيميائية، مثال: صناعة الأمونيا بطريقة هابر، صناعة حمض الكبريتيك

تعزير ومهم:

- نغير عامل واحد فقط ونثبت الباقي، فإذا تغير التركيز لمادة فإن درجة الحرارة نثبتها
- أي تغيير على كميات المواد الصلبة والسائل النقي في التفاعل فلن يؤثر على حالة الاتزان لأن تراكيز تلك المواد الصلبة والسائلة ثابتة؛ فكثافتها ثابتة، وهي غير قابلة للانضغاط كالغازات
- كميات المواد التي تؤثر على موضع الاتزان هي الغازات، وأيضاً المحاليل لأن تراكيزها تتغير، والماء في حال تدخل في التفاعل بشكل مؤثر وليس كمدب

## العامل الأول: التركيز

الربط مع الصحة



أتران (هيموجلوبين - أوكسجين) في الجسم يرتبط الأوكسجين الذي يدخل إلى الجسم في أثناء عملية التنفس بجزيئات الهيموجلوبين Hb في الدم، وينتج الهيموجلوبين المؤكسج  $Hb(O_2)_4$ ، حيث يُشكل الهيموجلوبين والأوكسجين نظاماً مُتزنًا كما في المعادلة:

$Hb_{(aq)} + 4O_{2(g)} \rightleftharpoons Hb(O_2)_{4(aq)}$   
يصل الهيموجلوبين المؤكسج إلى أنسجة الجسم، حيث يكون تركيز الأوكسجين منخفضاً، فيُزاح الاتزان نحو اليسار ويتحرر الأوكسجين المرتبط بالهيموجلوبين، وتحدث العمليات الحيوية اللازمة لإنتاج الطاقة في الجسم والمحافظة على حيويته ونشاطه.

كيف يؤثر التركيز على موضع الاتزان؟

إذا تغيرت كمية مادة ما أو تركيزها في وعاء التفاعل يحدث اضطراب في حالة الاتزان، مما يدفع التفاعل إلى تعديل وضعه للوصول إلى حالة الاتزان من جديد، فإما ينزاح إلى اليمين أو اليسار ليقبل من أثر ذلك التغيير وهذا هو مبدأ لوتشاتلييه

مثال ص50:

تفكك خماسي كلوريد الفسفور  $PCl_5$  في وعاء مغلق إلى ثلاثي كلوريد الفسفور  $PCl_3$  والكلور  $Cl_2$  ويصل إلى الاتزان

$$PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$$
ماذا يحدث لو أضفنا كمية من غاز  $PCl_5$ ؟

عند إضافة هذه الكمية إلى وعاء التفاعل المغلق فإن التفاعل يعمل على تعديل موضع الاتزان وذلك بالتقليل من تلك الكمية، فلا بد من استهلاكها حتى تقل، ولذا تزداد سرعة التفاعل الأمامي لتكوين نواتج جديدة فتزداد تراكيز النواتج ومع الوقت تزداد سرعة التفاعل العكسي وتتناقص سرعة الأمامي حتى يصل إلى الاتزان

ماذا يحدث لو أزلنا أو سحبنا كميات من النواتج سواء  $Cl_2$  أو  $PCl_3$ ؟

عند تقليل كمية النواتج من التفاعل فإن التفاعل يعمل على تعديل موضع الاتزان بزيادة تلك الكمية وإعادتها إلى الاتزان، فتزداد سرعة التفاعل الأمامي لتكوين نواتج

جديدة وتعويض نقصها، ثم تحدث نفس العملية السابقة من زيادة تراكيز النواتج

**تريك:** أي تغيير لكمية أو تركيز مادة في التفاعل، إذا كان نقصان فإننا نتجه ناحيتها، وإذا كان زيادة فنتجه بعيداً عنها

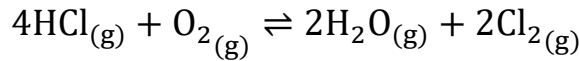


؟ ماذا يحدث لو قللنا كمية المتفاعل  $PCl_5$ ؟ أو زدنا كمية من النواتج مثل  $Cl_2$ ؟

عند تقليل كمية  $PCl_5$  فالمتفاعل سيعمل على تعديل موضع الاتزان بزيادته، ولذا تزداد سرعة التفاعل العكسي لزيادة كمية  $PCl_5$ ، وعند زيادة كمية من  $Cl_2$  فإن التفاعل سيعمل على استهلاكها وبالتالي تزداد سرعة التفاعل العكسي وأيضا تزداد كمية  $PCl_5$

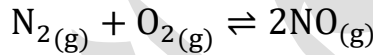
؟ أتتحقق ص51:

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



عند زيادة  $HCl$  فإن الاتزان سيضطرب ولذا سيعمل التفاعل على تقليل كميته وذلك باستهلاكه من خلال زيادة سرعة التفاعل الأمامي فتقل تراكيز  $HCl$  و  $O_2$  وتزداد تراكيز بخار الماء  $H_2O$  و غاز  $Cl_2$

2- يحترق غاز النيتروجين  $N_2$  بوجود الأوكسجين  $O_2$  في وعاء مغلق، وينتج غاز أكسيد النيتروجين  $NO$  (II) ويصل التفاعل إلى حالة الاتزان وفق المعادلة الآتية:



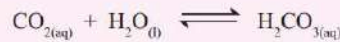
أوضح التغيرات التي تحدث لتراكيز كل من  $N_2$  و  $NO$  عند سحب كمية معينة من غاز الأوكسجين من وعاء التفاعل

عند سحب الأوكسجين فإن التفاعل سيضطرب ولذا سيعمل التفاعل على زيادته أو تعويضه من خلال تكوينه فتزداد سرعة التفاعل العكسي وبالتالي يقل تركيز  $NO$  ويزداد تركيز  $O_2$  و  $N_2$

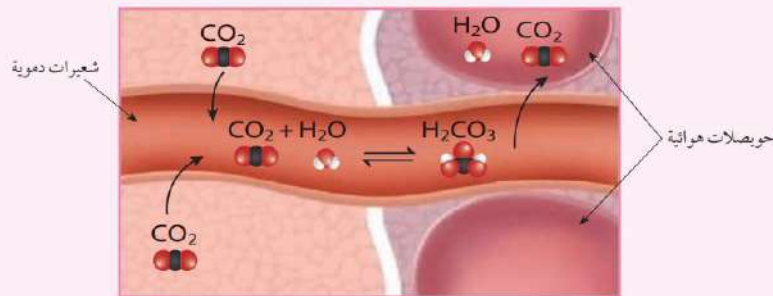
### العامل الثاني: الضغط

#### الربط مع العلوم الحياتية الأنظمة المتزنة في الجسم

يحتوي الدم على حمض الكربونيك  $H_2CO_3$  في حالة اتزان مع ثاني أكسيد الكربون والماء، كما في المعادلة:



عند زيادة النشاط يزداد حرق السكريات، ويشتج عن ذلك كميات أكبر من ثاني أكسيد الكربون ويزداد تركيزه في الدم، وهذا يدفع الاتزان نحو تكوين حمض الكربونيك ويزداد تركيزه في الدم ويزداد انتشاره إلى الرئة، حيث يتفكك فيها إلى ثاني أكسيد الكربون والماء ليجري التخلص منها عن طريق التنفس (الزفير).



💡 من قانون الغاز المثالي الذي درسناه في الفصل الأول في وحدة "حالات المادة: درس الحالة

الغازية"، نتذكر علاقة الضغط بالحجم وعدد المولات عند ثبات درجة الحرارة

$$PV = nRT$$

الضغط والحجم = علاقة **عكسية**

الضغط وعدد المولات أو عدد جزيئات الغاز = علاقة **طرديّة**

💡 لاحظ أن الضغط صفة خاصة بالغازات وأن المواد السائلة

والصلبة لا تتأثر بتغيرات الضغط

💡 نستطيع تغيير ضغط الغاز في وعاء التفاعل بالتحكم

بحجم الوعاء

💡 نستخدم أوعية مغلقة للتفاعلات المنعكسة التي تشمل

غازات؛ والسبب: لضمان عدم فقدان أي منها ولكي يصل

التفاعل إلى حالة الاتزان

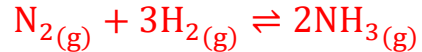
تعزيز ومهم:

- إضافة الغازات النبيلة غير المتفاعلة لا يؤثر على موضع الاتزان فهي غير نشطة كيميائياً
- عند دراسة تأثير الضغط على تفاعل فإننا لا نحسب مولات المواد الصلبة أو السائلة، فقط نحسب مولات الغاز المتفاعل
- لن يؤثر الضغط على موضع الاتزان في حالتين:

(1) إذا كانت مولات الغازات على الطرفين نفسها

(2) عندما لا يوجد غازات في التفاعل

❓ كيف يؤثر الضغط على موضع الاتزان؟



$$n_R = 4 \quad n_P = 2$$

الغازات في وعاء التفاعل وفي حالة اتزان، إذا

قللنا حجم الوعاء بالضغط على البيستون فإن

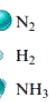
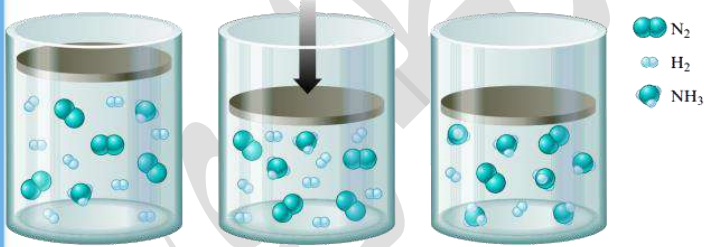
الضغط سيرتفع في وعاء التفاعل بسبب علاقتهما العكسية، سيضطرب الاتزان وسيعمل التفاعل

على تقليل الضغط وذلك بتقليل عدد من مولات الغاز أو جزيئاته، لذا سيتجه التفاعل نحو عدد

المولات الأقل (عند النواتج لأنها = 2 مول)، لذا ستزداد سرعة التفاعل الأمامي أي نحو تكوين كمية

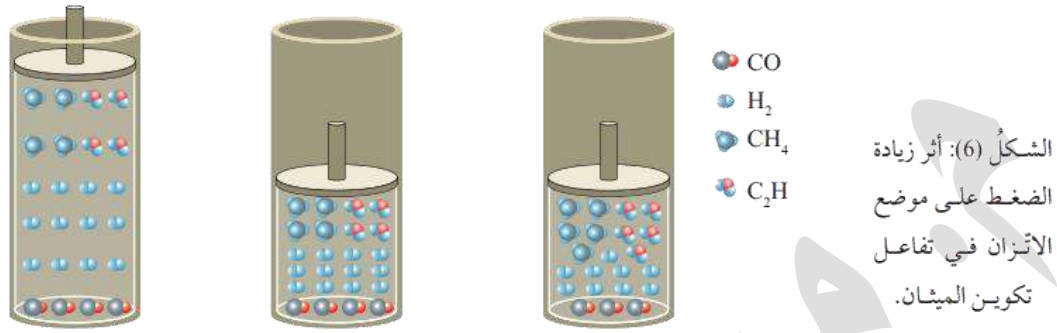
جديدة من الأمونيا وبذلك يقل عدد المولات الكلي ويقل الضغط أيضاً بسبب علاقتهما الطردية

[احسب عدد الجزيئات في الرسم: المولات الكلية قبل الضغط وبعده]

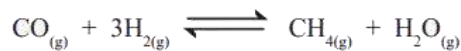


مثال ص53:  $CO(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons CH_4(g) + H_2O(g)$

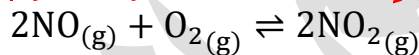
يمكن زيادة كمية الميثان بالتحكم بموضع الاتزان: مولات النواتج = 2، مولات المتفاعلات = 4  
فإذا أردنا أن تزداد سرعة التفاعل الأمامي أي ناحية المولات الأقل لإنتاج المزيد من الميثان فإننا نرفع الضغط في الوعاء فيعمل التفاعل على تقليل أثر الضغط وذلك بتقليل المولات الكلية في الوعاء فيتجه ناحية المولات الأقل "النواتج" فيزداد تكوين الميثان، ثم يعود الاتزان



العودة إلى حالة الاتزان عند إنزال المكبس وزيادة الضغط التفاعل في حالة الاتزان



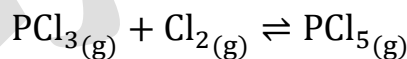
❓ أفكر ص53: لا يتأثر موضع الاتزان بإضافة كمية من غاز الهيليوم إلى وعاء التفاعل الآتي:



غاز الهيليوم غير نشط كيميائياً ولا يتفاعل مع مواد التفاعل، وبالتالي لن يؤثر في تراكيزها أو ضغطها وبالتالي لا يتأثر موضع الاتزان بإضافته

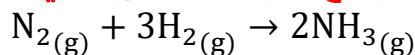
❓ أتتحقق ص54:

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



إذا زاد الضغط الكلي فلا بد أن يعمل التفاعل على تقليل أثر الضغط بالاتجاه إلى المولات الأقل في التفاعل، مولات المتفاعلات = 2 بينما مولات النواتج = 1، ستزداد سرعة التفاعل الأمامي ويزاح موضع الاتزان ناحية المواد الناتجة [يمين]

2- أوضح أثر زيادة حجم الوعاء على موضع الاتزان للتفاعل الآتي:



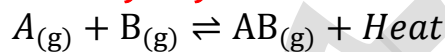
إذا رفعنا حجم الوعاء أي قللنا الضغط الكلي في وعاء التفاعل، سيضطرب الاتزان وبالتالي يعمل التفاعل على تغيير أثر الضغط بزيادته أي يتجه إلى المولات الأكثر، مولات المتفاعلات = 4 بينما مولات النواتج = 2، سيُزاح موضع الاتزان ناحية المواد المتفاعلة [يسار]

**تريك:** أي تغيير على الضغط فإننا نتذكر علاقته مع الحجم والمولات، زاد الضغط قل الحجم واتجه للمولات الأقل، قل الضغط زاد الحجم واتجه للمولات الأكثر

### العامل الثالث: درجة الحرارة

- درسنا في الصف العاشر مبحث الطاقة الكيميائية، وتعرفت على أنواع التفاعلات الحرارية:
- تفاعلات ماصة للحرارة أي تكون الإثنالبي  $\Delta H$  لها إشارتها بالموجب، أو نضع رمز الإثنالبي أو الطاقة Heat مع المتفاعلات، **مثال:** تفاعلات التحلل الحراري
- تفاعلات طاردة للحرارة أي تكون الإثنالبي  $\Delta H$  لها إشارتها بالسالب، أو نضع رمز الإثنالبي أو الطاقة Heat مع النواتج، **مثال:** تفاعلات الاحتراق
- يختلف تأثير درجة الحرارة في الاتزان الكيميائي تبعاً لنوع التفاعل ماص أم طارد للحرارة

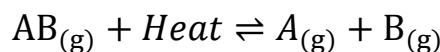
**كيف تؤثر درجة الحرارة على التفاعلات الماصة والطاردة؟**



- **التفاعل الطارد للحرارة:**

في هذا التفاعل نلاحظ أن الطاقة Heat مع النواتج، فهو تفاعل طارد للحرارة، إذا رفعنا درجة الحرارة فإن الاتزان سيضطرب وسيعمل التفاعل على تغيير أثر الارتفاع في الحرارة بتقليلها، فلا بد من استهلاك الحرارة في تلك الجهة ولذا يُزاح موضع الاتزان بعيداً عن الحرارة أي باتجاه تكوين كميات جديدة من المتفاعلات [يسار]

بينما إذا خفضنا درجة الحرارة في التفاعل الطارد، فإن التفاعل سيعمل على تعديل ذلك الأثر برفع الحرارة، وهي ترتفع مع تكوين النواتج لذا يُزاح التفاعل جهة النواتج [يمين]

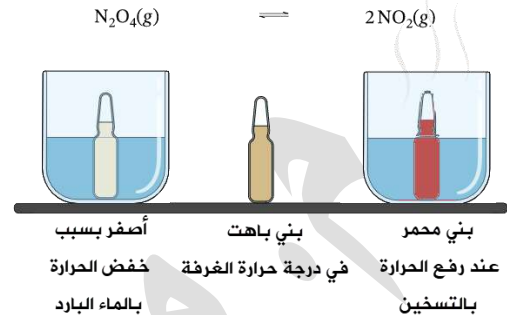
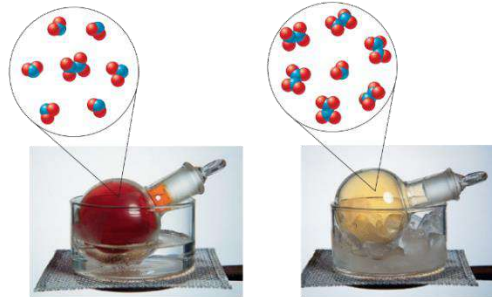
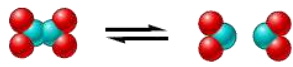


- **التفاعل الماص للحرارة:**

في هذا التفاعل نلاحظ أن الطاقة مع المتفاعلات، فهو تفاعل ماص للحرارة، إذا رفعنا درجة الحرارة فإن الاتزان سيضطرب وسيعمل التفاعل على تغيير أثر الارتفاع في الحرارة بتقليلها، أي استهلاك الحرارة في تلك الجهة ولذا يُزاح موضع الاتزان بعيداً عن الحرارة أي باتجاه تكوين كميات جديدة من النواتج [يمين]

بينما إذا خفضنا درجة الحرارة في التفاعل الماص، فإن التفاعل سيعمل على تعديل ذلك الأثر برفع الحرارة، أي بالاتجاه ناحية المواد المتفاعلة [يسار]

**تريك:** سنعتبر الطاقة كأنها مادة في التفاعل، إذا ارتفعت الحرارة فكأن المادة زادت في التفاعل فنتجه بعيداً عنها، وإذا انخفضت الحرارة فكأننا قللنا المادة لذا نتجه ناحيتها



- علمنا أن الطاقة مع المتفاعلات تعني أن التفاعل ماص للطاقة أو الحرارة، وفي هذا التفاعل يلزم  $\text{N}_2\text{O}_4$  كمية من الطاقة ليتحول إلى  $\text{NO}_2$  [تفاعل تفكك]
- علمنا أن غاز  $\text{N}_2\text{O}_4$  عديم اللون، بينما غاز  $\text{NO}_2$  بني محمر، فإذا حدث التفاعل في درجة حرارة الغرفة فإن الخليط سيكون بنياً باهتاً

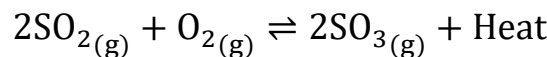
**فلو أردنا مثلاً الحصول على كمية أكبر من  $\text{NO}_2$  فماذا نفعّل؟**

**أو أردنا بالعكس: الحصول على كمية أكبر من  $\text{N}_2\text{O}_4$  فماذا نفعّل؟**

- في التفاعل الماص للحرارة: لجعل موضع الاتزان يُزاح إلى النواتج فإننا نرفع الحرارة فتزداد سرعة التفاعل الأمامي (بعيداً عن الحرارة) وذلك لتقليلها واستهلاكها في تكوين نواتج ولذا تزداد النواتج ويظهر اللون البني المحمر دليل أن النواتج أكثر من المتفاعلات في الوعاء، ولجعل موضع الاتزان يُزاح ناحية المتفاعلات فإننا نخفضها فتزداد سرعة التفاعل العكسي (أي أنه يتجه ناحية الحرارة) لرفعها فتزداد كمية المتفاعلات ويظهر لون أصفر دليل على أن تركيز المتفاعلات  $\text{N}_2\text{O}_4$  أكثر من النواتج  $\text{NO}_2$  في وعاء التفاعل

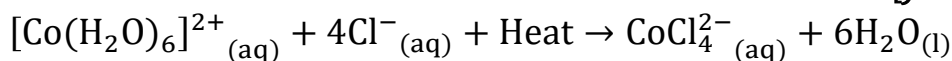
**؟ أتحقق ص55: أحدد الجهة التي يُزاح نحوها موضع الاتزان في كل من التفاعلين الآتيين عند**

**زيادة درجة الحرارة:**



تفاعل طارد للحرارة، زيادة درجة الحرارة سيُزاح موضع الاتزان بعيداً عنها أي إلى جهة المواد

المتفاعلة [يسار]



تفاعل ماص للحرارة، زيادة درجة الحرارة سيُزاح موضع الاتزان بعيداً عنها أي إلى جهة المواد

الناتجة [يمين]



## ملخص مهم

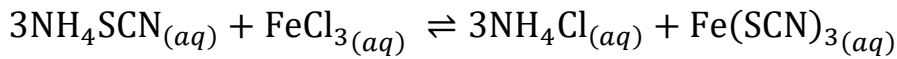
التفاعل المنعكس	التفاعل غير المنعكس
يسير اتجاهين متعاكسين	يسير باتجاه واحد
$\rightleftharpoons$	$\rightarrow$
تتفاعل المواد الناتجة مع بعضها فتتكون المواد المتفاعلة مرة أخرى	لا تتفاعل المواد الناتجة مع بعضها ولا يمكن إعادة تكوين المواد المتفاعلة

- في التفاعل المنعكس يوجد تفاعلين: تفاعل أمامي وتفاعل عكسي
- عند حدوث الاتزان تتساوى سرعتا التفاعل الأمامي والعكسي، وليس بالضرورة تساوي كميات أو تراكيز طرفي التفاعل
- مبدأ لوتشاتيليه يشير إلى إمكانية زيادة كميات النواتج بالتحكم في عوامل مؤثرة في الاتزان وبالتالي يتحسن المردود الاقتصادي في الصناعات الكيميائية
- العوامل المؤثرة في التفاعل هي: 1- درجة الحرارة 2- التركيز 3- الضغط للغازات
- التفاعل الماص يُفضل ارتفاع الحرارة حتى تزداد النواتج، التفاعل الطارد يُفضل انخفاض الحرارة حتى تزداد النواتج
- المواد الصلبة، والسائل النقي [المذيب]، لا يؤثر في موضع الاتزان، ويؤثر السائل النقي مثل الماء في حالات معينة كأن يتدخل في التفاعل بشكل مؤثر وليس كمذيب
- الغازات النبيلة غير نشطة كيميائياً فلا تؤثر في موضع الاتزان
- لا يؤثر الضغط في موضع الاتزان في حال تساوي مولات الطرفين، ولا يؤثر على المواد الصلبة والسائلة في التفاعل

العامل المؤثر	التأثير	موضع الاتزان	السبب
التركيز	زيادة تركيز مادة	يُزاح بعيداً عن المادة	لاستهلاك المادة الزائدة
	تقليل تركيز مادة	يُزاح ناحية المادة	لتعويض النقصان في المادة بإنتاجها
درجة الحرارة	رفع درجة الحرارة	يُزاح بعيداً عن الحرارة	لاستهلاك الطاقة الزائدة
	خفض درجة الحرارة	يُزاح ناحية الحرارة	لتعويض النقصان في الطاقة بإنتاجها
الضغط	زيادة الضغط	يُزاح ناحية المولات الأقل	زاد الضغط قل الحجم
	تقليل الضغط	يُزاح ناحية المولات الأكبر	قل الضغط زاد الحجم

## أسئلة كتاب الأنشطة

? في تفاعل ثيوسينات الأمونيوم  $NH_4SCN$  مع محلول كلوريد الحديد  $FeCl_3$  في أنبوبين مختلفين، سنتحكم في موضع الاتزان بتغيير تراكيز المواد في وعاء التفاعل بإضافة أو سحب كمية من الوعاء



بني محمر عديم اللون بني باهت عديم اللون

1- أحدد لون المحلول الناتج من إضافة محلول كلوريد الحديد إلى محلول ثيوسينات الأمونيوم إضافة كلوريد الحديد يعمل على إزاحة موضع الاتزان بعيداً عنه أي ناحية النواتج فيكون لون المحلول في وعاء التفاعل بني محمر

2- أحدد 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

إضافة كلوريد الأمونيوم يُزيح التفاعل بعيداً عنه أي ناحية المواد المتفاعلة لتكوينها، فيصبح اللون بني باهت وذلك لزيادة تركيز مادة كلوريد الحديد إضافة كلوريد الحديد يُزيح التفاعل بعيداً عنه أي ناحية المواد الناتجة، فيصبح اللون بني محمر، وذلك لزيادة تركيز مادة ثيوسينات الحديد

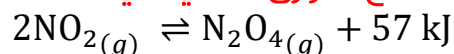
3- أفسر أثر تغيير تراكيز المواد على موضع الاتزان وفق مبدأ لوتشاتيليه

عند زيادة مادة متفاعلة فإن سرعة التفاعل الأمامي تزداد وذلك لاستهلاكها وإنتاج مواد أكثر في الطرف الآخر أي أن موضع الاتزان يُزاح نحو تكوين مواد ناتجة، والعكس يحصل عند زيادة مواد ناتجة إلى التفاعل فإن التفاعل العكسي سيزداد لتكوين مواد متفاعلة

4- أستنتج العلاقة بين تغير لون المحلول وتراكيز المواد في وعاء التفاعل

المادة ذات التركيز الأكبر في وعاء التفاعل سيطغى لونها في المحلول

? يحتوي وعاء التفاعل في ثلاث دوارق زجاجية في درجة حرارة الغرفة على خليط من غازي ثنائي أكسيد النيتروجين ورباعي أكسيد ثنائي النيتروجين، يصل إلى حالة الاتزان ويستقر لون الغاز في وعاء التفاعل [بني باهت] مع انبعاث طاقة حرارية، سنترك الدورق الأول في درجة حرارة الغرفة، نضع الدورق الثاني في الماء الساخن، والثالث في الماء البارد ونكتب الملاحظات



عديم اللون بني محمر



## 1- أستنتج أثر زيادة درجة الحرارة على تراكيز كل من الغازين في الدورق

إذا رفعنا درجة الحرارة فإنها ستتجه بعيداً عن الطاقة أي نحو المواد المتفاعلة فيزداد تركيز  $\text{NO}_2$  ويقل تركيز  $\text{N}_2\text{O}_4$

## 2- أفسر تغير لون الغاز في الدورق الثاني الموضوع في الماء الساخن والثالث الموضوع في الماء البارد مقارنة بالدورق الأول

الدورق الثاني الموضوع في الماء الساخن تزداد شدة اللون البنّي بسبب إزاحة موضع التفاعل ناحية المتفاعلات  $\text{NO}_2$  الذي لونه بني محمر  
الدورق الثالث الموضوع في الماء البارد تقل شدة اللون البنّي بسبب إزاحة موضع التفاعل ناحية النواتج  $\text{N}_2\text{O}_4$  عديم اللون

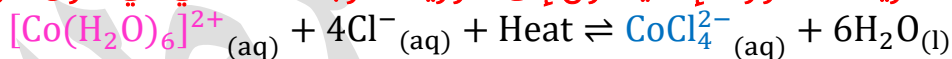
## 3- أفسر أثر درجة الحرارة على من التفاعلين الأمامي والعكسي

زيادة درجة الحرارة في هذا التفاعل الطارد للحرارة يعمل على زيادة سرعة التفاعل العكسي أي نحو اليسار [المتفاعلات]، أما خفض الحرارة فسيعمل على زيادة سرعة التفاعل الأمامي أي نحو اليمين [النواتج]

## 4- أستنتج أثر درجة الحرارة في التفاعل الماص للحرارة

يحدث العكس، دائماً في التفاعلات الحرارية يُزاح موضع الاتزان بعيداً عن الطاقة عند زيادتها وذلك لاستهلاكها، ونحو الطاقة عند تقليلها وذلك لإنتاجها والعودة إلى الاتزان مجدداً  
يستخدم محلول كلوريد الكوبلت المائي في صناعة الحبر السري وذلك لأن لون المحلول زهري

باهت، عند تعريضه للحرارة فإنه يتحول إلى كلوريد الكوبلت اللامائي ذي اللون الأزرق



زهري

أزرق

## 1- أوضح أثر إضافة محلول حمض الهيدروكلوريك على تراكيز الأيونات في المحلول

إضافة محلول حمض الهيدروكلوريك  $\text{HCl}$  معناه زيادة أيونات الكلور  $\text{Cl}^{-}$ ، يُزاح موضع الاتزان بعيداً عنه أي ناحية النواتج، فتقل تراكيز  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ ، وتزداد تراكيز  $\text{CoCl}_4^{2-}$

## 2- أتوقع موضع الاتزان الناتج عند إضافة الماء إلى المحلول [وهذا سؤال فيه تريك]

يفترض عند إضافة الماء أو أي سائل نقي ألا يؤثر على موضع الاتزان، لكن الماء هنا يدخل في التفاعل بسبب ارتباطه بأيونات الكوبلت، لذا نعتبره مؤثراً، إضافة الماء معناه إزاحة موضع

الاتزان ناحية المواد المتفاعلة فيظهر اللون الزهري لزيادة تركيز  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$

## 3- أفسر التغير في لون المحلول نتيجة إضافة نترات الفضة إليه [وهذا سؤال فيه تريك]

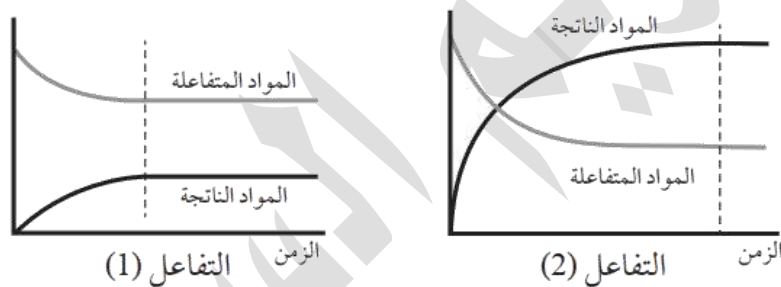
نترات الفضة مادة ليست من مواد التفاعل، سنتظن أنها لن تؤثر في الاتزان، لكن نسأل بالبداية هل ستتفاعل نترات الفضة  $\text{AgNO}_3$  مع إحدى المواد في الإناء

الجواب: نعم ستتفاعل نترات الفضة مع أيونات الكلور في المحلول فيتكون كلوريد الفضة AgCl الذي يترسب في وعاء التفاعل، أيونات الكلور ستقل بسبب الترسيب، لذا يُزاح الاتزان نحو تعويض الكمية التي قلت وذلك باتجاه المواد المتفاعلة فتزداد أيونات الكلور وأيضاً الأيون المعقد  $[Co(H_2O)_6]^{2+}$  ويصبح لون المحلول زهرياً

#### 4- أقرن موضع الاتزان في المحلول الساخن والمحلول البارد

التفاعل ماص للحرارة، في حالة التسخين سيُزاح موضع الاتزان بعيداً عن الطاقة أي ناحية المواد الناتجة [يمين] فيظهر اللون الأزرق، وفي حالة التبريد سيُزاح موضع الاتزان نحو الطاقة أي ناحية المواد المتفاعلة [يسار] فيظهر اللون الزهري

? أسئلة تفكير ص23: أجرى مجموعة من الطلبة تجارب لدراسة موضع الاتزان لثلاثة تفاعلات، تعبر المنحنيات الثلاثة الآتية عن النتائج التي جرى التوصل إليها، أدرس المنحنيات ثم أجب عما يلي:



#### 1- أتوقع الجهة التي يُزاح نحوها الاتزان لكل من التفاعلين (1 و 2)

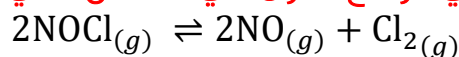
في التفاعل الأول: يُزاح ناحية المواد المتفاعلة لأن تركيزها أعلى في المنحنى  
في التفاعل الثاني: يُزاح ناحية المواد الناتجة لأن تركيزها أعلى في المنحنى

#### 2- أقترح بعض الإجراءات لزيادة كمية المواد الناتجة في التفاعل (2)

إضافة زيادة من المواد المتفاعلة، أو سحب كمية من المواد الناتجة

### تدريبات خارجية + كيماشيل

بين أثر انخفاض الضغط في موضع الاتزان في التفاعل الآتي:



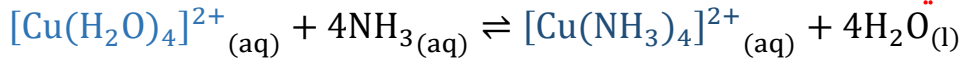
انخفض الضغط أي زاد الحجم فيُزاح الاتزان إلى المولات الأكبر

مولات المتفاعلات = 2 مولات النواتج = 3

يُزاح الاتزان إلى المواد الناتجة أي تزداد سرعة التفاعل الأمامي، فتزداد كمية النواتج

ماذا يحدث لموضع الاتزان عند زيادة تركيز الأمونيا في محلول يحوي أيونات النحاس في

التفاعل الآتي:



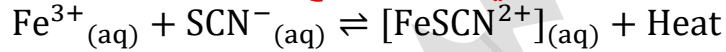
أزرق فاتح

أزرق غامق



يُزاح موضع الاتزان بعيداً عن الأمونيا أي إلى جهة النواتج لاستهلاك الأمونيا وإنتاج الأيون المعقد من  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  فيتغير لون المحلول من الأزرق الفاتح إلى الأزرق الغامق ثم يصل إلى حالة الاتزان

ادرس التفاعل الآتي وحدد موضع الاتزان ولون المحلول، عند حدوث ما يلي:



أحمر عديم اللون أصفر فاتح



(1) (2) (3)

1- تسخين وعاء التفاعل: يُزاح موضع الاتزان بعيداً عن الطاقة أي

إلى جهة المتفاعلات، يخف اللون الأحمر ويصبح أصفر فاتح

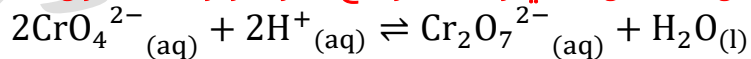
2- إضافة KSCN: تزداد أيونات  $\text{SCN}^{-}$  تزداد في المحلول، لذا يُزاح موضع الاتزان إلى جهة

النواتج ويظهر اللون الأحمر

3- إضافة  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ : تتفكك إلى نترات وحديد، فتزداد أيونات الحديد في المحلول، فيزاح

موضع الاتزان إلى جهة النواتج ويظهر اللون الأحمر

ادرس التفاعل الآتي وحدد موضع الاتزان ولون المحلول، عند حدوث ما يلي:



أصفر

برتقالي



1- إضافة محلول حمض HCl: إضافته يتفكك إلى أيونات كلور

وهيدروجين، أي تزداد أيونات الهيدروجين، وبالتالي يُزاح موضع

الاتزان إلى جهة النواتج ويظهر اللون البرتقالي

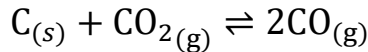
2- إضافة محلول قاعدة NaOH: إضافة القاعدة معناها أيونات الهيدروكسيد ستتفاعل مع

أيونات الهيدروجين التي في المتفاعلات وسيكوّن الماء، وبذلك ينقص تركيز أيونات

الهيدروجين في التفاعل، فيُزاح موضع الاتزان ناحية المتفاعلات ويظهر اللون الأصفر



ادرس التفاعل الآتي وبيّن متى ممكن زيادة كمية  $CO_2$  في الوعاء:

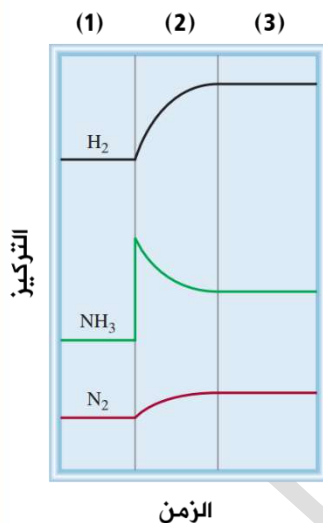
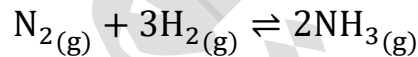


- 1- **زيادة الضغط المؤثر:** إذا زاد الضغط قل الحجم فيزاح موضع الاتزان جهة المولات الأقل، مولات النواتج=2 بينما مولات المتفاعلات=1 وطبعاً لا نحسب مولات الكربون لأنه صلب، بهذه الحالة تزداد كمية ثاني أكسيد الكربون
  - 2- **زيادة حجم الوعاء:** زاد الحجم أي قل الضغط، يتجه نحو المولات الأكبر أي جهة إنتاج كمية أكبر من أول أكسيد الكربون
  - 3- **إضافة المزيد من الكربون C:** إضافة المادة الصلبة النقية إلى التفاعل لن تؤثر في الاتزان
  - 4- **سحب غاز CO من الوعاء:** هذا يؤدي إلى إزاحة موضع الاتزان ناحية النواتج أي لإنتاج CO
- الخطوة [1] هي التي تنفع لزيادة ثاني أكسيد الكربون



ادرس الرسم البياني المقابل وبيّن ماذا حدث في المراحل الثلاث

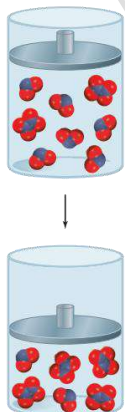
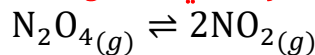
من التفاعل:



- (1) **التفاعل في حالة اتزان ديناميكي:** لأن التراكيز ثابتة
- (2) **إضافة كمية من الأمونيا:** زاد تركيز الأمونيا لحظة الإضافة ثم بدأ بالتناقص لأن موضع الاتزان اتجه إلى المتفاعلات فارتفعت كميات الهيدروجين والنيتروجين
- (3) **العودة إلى حالة الاتزان:** ثبات التراكيز في التفاعل وتبقى كمية الهيدروجين هي الأعلى في التفاعل



حدّد العامل المؤثر على الاتزان في الشكل المقابل، وتأثيره على كميات التفاعل



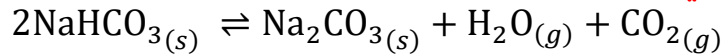
العامل المؤثر هو الضغط حيث قل حجم الوعاء فزاد الضغط فيزاح موضع الاتزان إلى المولات الأقل أي جهة المتفاعلات تزداد كمية  $N_2O_4$  وتقل كمية  $NO_2$



عند تسخين بيكربونات الصوديوم في وعاء مغلق فإنها تتفكك إلى مكوناتها ويحدث



التفاعل المنعكس الآتي:



ماذا يحدث لموضع الاتزان عند في حالة:

- 1- إزالة كمية من  $\text{CO}_2$ : يُزاح موضع الاتزان إلى النواتج [يمين]
- 2- إضافة كمية من المادة الصلبة  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ : لا يتأثر موضع الاتزان لأنها صلبة نقية
- 3- إزالة كمية من المادة الصلبة  $\text{NaHCO}_3$ : لا يتأثر موضع الاتزان لأنها صلبة نقية
- 4- رفع درجة حرارة الوعاء: التفاعل ماص لأن المادة المتفاعلة تتفكك مع التسخين، لذا يُزاح موضع الاتزان إلى النواتج بعيداً عن الطاقة



تتفاعل برادة الحديد مع بخار الماء لإنتاج أكسيد الحديد والهيدروجين في وعاء مغلق، ماذا

يحدث لموضع الاتزان في حالة رفعنا الضغط في الوعاء:



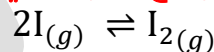
نحسب المولات المتأثرة بالضغط على الطرفين، المواد الصلبة لا تتأثر بالضغط لذا لا نعتبرها في حساب المولات

مولات المتفاعلات = 4      مولات النواتج = 4

لا يتأثر موضع الاتزان لا بزيادة الضغط ولا بخفضه لأن مولات الغازات متساوية على الطرفين



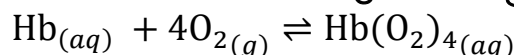
ادرس التفاعل وبيّن ماذا سيحدث لموضع الاتزان في الحالات الآتية:



- 1- رفع الضغط الكلي في التفاعل بتقليل حجم الوعاء المغلق: يُزاح الاتزان إلى النواتج
- 2- إضافة  $\text{I}_2$  إلى وعاء التفاعل: يُزاح موضع الاتزان إلى المتفاعلات
- 3- إضافة غاز النيون  $\text{Ne}$  إلى التفاعل: لا يتأثر موضع الاتزان لأنه غير نشط في التفاعل



بالنظر إلى فقرة الربط مع الصحة ص50:

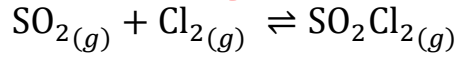


ومن خلال تفاعل الأوكسجين  $\text{O}_2$  مع جزيئات الهيموجلوبين  $\text{Hb}$  في الدم لإنتاج الهيموجلوبين المؤكسج  $\text{Hb}(\text{O}_2)_4$ ، ماذا يحدث لموضع الاتزان في كل من:

- 1- الرئتين [تركيز أوكسجين عال]: يُزاح موضع الاتزان إلى النواتج وزيادتها
- 2- أنسجة الجسم [تركيز أوكسجين منخفض]: يُزاح موضع الاتزان إلى المتفاعلات وزيادتها

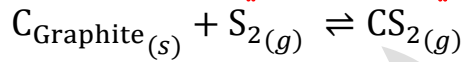
## ورقة عمل: الاتزان الديناميكي

من خلال التفاعل الآتي ماذا سيحدث لموضع الاتزان في الحالات الآتية:

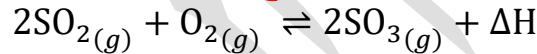


- 1- إضافة  $\text{Cl}_2$  إلى الوعاء:
- 2- سحب  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$  من الوعاء:
- 3- سحب  $\text{SO}_2$  من الوعاء:
- 4- إنقاص حجم الوعاء إلى النصف:
- 5- إضافة الهيليوم:

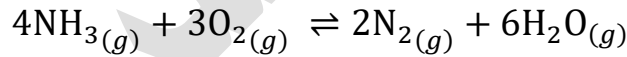
إذا تم تقليل حجم الوعاء في التفاعل الآتي فماذا سيحدث لموضع الاتزان؟



من خلال التفاعل الآتي ماذا سيحدث لموضع الاتزان عند خفض درجة الحرارة؟



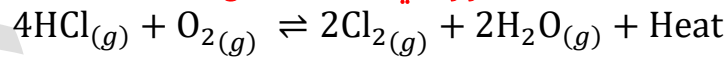
ادرس التفاعل الآتي



ثم بين كيف يتأثر تركيز  $\text{NH}_3$  في الحالات الآتية:

- 1- إضافة  $\text{O}_2$ :
- 2- إضافة  $\text{N}_2$ :
- 3- تقليل حجم الوعاء:
- 4- خفض الضغط الكلي:

ما أثر العوامل الآتية على كمية الكلور في هذا التفاعل؟



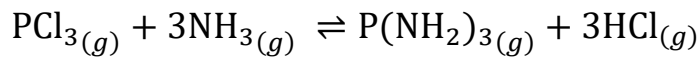
- 1- رفع درجة الحرارة:
- 2- خفض درجة الحرارة:
- 3- زيادة الأكسجين:
- 4- زيادة حجم الوعاء:
- 5- إضافة  $\text{HCl}$ :





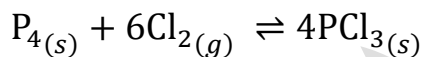
## حل مراجعة الدرس الأول

السؤال الثالث: أوضح التغيرات التي تحدث لتركيز الأمونيا  $NH_3$  في التفاعل المتزن في الحالات الآتية:



- 1- زيادة تركيز  $PCl_3$ : يقل تركيز الأمونيا
- 2- إزالة  $HCl$  من وعاء التفاعل: يقل تركيز الأمونيا
- 3- إضافة كمية من  $P(NH_2)_3$  إلى وعاء التفاعل: يزداد تركيز الأمونيا

السؤال الرابع: أفسر: يعتمد تغيير موضع الاتزان للتفاعل المتزن الآتي على تغيير حجم غاز  $Cl_2$  فقط؟

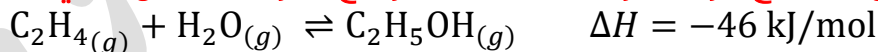


لأن الضغط عامل مؤثر عند وجود الغازات في التفاعل وعلاقته بالحجم عكسية، فالغازات قابلة للانضغاط، بخلاف المواد الصلبة في التفاعل مثل:  $P_4$  و  $PCl_3$  فهي غير قابلة للانضغاط

السؤال الخامس: أحدد التفاعلات التي تؤدي إلى زيادة الضغط الكلي لها إلى إنتاج كمية أكبر من المواد الناتجة

$C(s) + CO_2(g) \rightleftharpoons 2CO(g)$	إزاحة الاتزان إلى اليسار، لن تزيد النواتج
$2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$	إزاحة الاتزان إلى اليمين، تزيد النواتج
$CO(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons COCl_2(g)$	إزاحة الاتزان إلى اليمين، تزيد النواتج
$4NH_3(g) + 3O_2(g) \rightleftharpoons 2N_2(g) + 6H_2O(g)$	إزاحة النواتج إلى اليسار، لن تزيد النواتج

السؤال السادس: أستنتج أثر التغيرات الآتية على موضع الاتزان للتفاعل الآتي:



- 1- زيادة حجم وعاء التفاعل: زيادة الحجم أي تقليل الضغط، يُزاح موضع الاتزان إلى المولات الأكبر، إلى اليسار جهة المتفاعلات
- 2- زيادة درجة الحرارة: التفاعل طارد وبزيادة الحرارة يُزاح موضع الاتزان نحو اليسار
- 3- إضافة كمية من بخار الماء: يُزاح موضع الاتزان ناحية اليمين، نحو النواتج

## الدرس الثاني: تعبيرات ثابت الاتزان والحسابات المتعلقة به

## تعريفات الدرس الثاني:

- قانون فعل الكتلة: قانون ينص على أنه "عند درجة حرارة معينة يصل التفاعل إلى حالة تكون عندها نسبة تراكيز المواد المتفاعلة إلى تراكيز المواد الناتجة قيمة ثابتة"
- ثابت الاتزان: تعبير يمثل نسبة تراكيز المواد الناتجة إلى تراكيز المواد المتفاعلة مرفوعاً كل منها إلى قوة تساوي معاملاتها في المعادلة الموزونة
- الاتزان المتجانس: حالة الاتزان التي تكون فيها المواد المتفاعلة والناتجة جميعها في الحالات الفيزيائية نفسها سواء أكانت غازات أو محاليل
- الاتزان غير المتجانس: حالة الاتزان التي تكون فيها المواد المتفاعلة والناتجة في حالة فيزيائية متنوعة (صلبة، أو سائلة، أو غازية)
- الحمض الضعيف: مادة تتأين في الماء منتجة أيون الهيدروجين ( $H^+$ ) وأيوناً سالباً آخر، تكون تراكيزها في حالة اتزان مع تركيز جزيئات الحمض غير المتأينة
- أيون الهيدرونيوم: أيون ينتج عن ارتباط أيون الهيدروجين في المحلول بجزيئات الماء
- ثابت تأين الحمض: ثابت الاتزان لتأين الحمض الضعيف في الماء
- القاعدة الضعيفة: مادة تتأين في الماء منتجة أيون الهيدروكسيد ( $OH^-$ ) وأيوناً موجباً آخر، وتكون تراكيزها في حالة اتزان مع تركيز جزيئات القاعدة غير المتأينة
- ثابت تأين القاعدة: ثابت الاتزان لتأين القاعدة الضعيفة في الماء

## تعبير ثابت الاتزان

تعرفنا في الدرس الأول على الاتزان والعوامل المؤثرة فيه، وسنتعرف في هذا الدرس على طريقة التعبير عن حالة الاتزان وحساب التراكيز عند الاتزان

توصل العالمان النرويجيان "كاتو جولدبيرج" و "بيتر وييج" إلى علاقة تصف حالة الاتزان، تم تسميتها بـ "قانون فعل الكتلة"

علام ينص قانون فعل الكتلة؟

"عند درجة حرارة معينة يصل التفاعل إلى حالة تكون عندها نسبة تراكيز المواد المتفاعلة إلى تراكيز المواد الناتجة مرفوعاً كل منها إلى قوة تساوي معاملاتها قيمة ثابتة تسمى ثابت الاتزان"

ملاحظة: خطأ في نص الكتاب يُفترض أن تكون "و" وليست "إلى" كما في مراجع الكيمياء

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

فسر: يستخدم قانون فعل الكتلة في تطبيقات صناعية واسعة

لوصف حالة الاتزان في الأنظمة الكيميائية المتزنة في المحاليل والتفاعلات الغازية

💡 **تعزير حتى لا تنسى كيف وصل العلماء إلى تلك العلاقة:**

- تعلمنا أن سرعة التفاعل الأمامي = سرعة التفاعل العكسي عند الاتزان

$$\text{Rate}_f = \text{Rate}_r$$

- قام العلماء بتجارب على التفاعلات المتزنة وعمل حسابات كيميائية على تراكيز المواد

الناجة والمتفاعلة، فوجدوا قيمة ثابتة مهما اختلفت التراكيز  **طالما كانت درجة الحرارة**

**ثابتة**، وبشرط استخدام مولات المعادلة كقوى أسية لتلك التراكيز

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

💡 عند التعبير عن ثابت الاتزان بدلالة تراكيز المتفاعلات والنواتج من خلال **المولارية**، نغير الرمز

من ثابت الاتزان  $K_{eq}$  إلى ثابت الاتزان الخاص بالتراكيز  $K_c$  ونضعها في أقواس مربعة

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

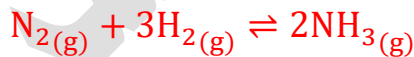
💡 فإذا كانت العلاقة تعبر عن ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزئية للغازات فنغير العلاقة والرمز

إلى  $K_p$  ثابت الاتزان الخاص بضغط الغازات، ونضعها في أقواس دائرية

$$K_p = \frac{(C)^c (D)^d}{(A)^a (B)^b}$$

💡 **مثال:** تفاعل غاز النيتروجين مع غاز الهيدروجين لتحضير الأمونيا بطريقة هابر، في وعاء

مغلق، نعبر عنه بالتراكيز أو الضغوط حسب المعطيات



$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2]^1 [H_2]^3}$$

$$K_p = \frac{(P_{NH_3})^2}{(P_{N_2})^1 (P_{H_2})^3}$$

💡 **ما هي طرق التعبير عن ثابت الاتزان الكيميائي؟**

1- بدلالة التراكيز المولارية

2- بدلالة الضغوط الجزئية للغازات

💡 **ما المقصود بثابت الاتزان  $K_{eq}$ ؟**

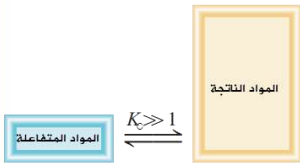
تعبير يمثل نسبة تراكيز المواد الناتجة إلى تراكيز المواد المتفاعلة مرفوعاً كل منها إلى قوة

تساوي معاملاتها في المعادلة الموزونة



؟ فيمَ يُستخدم تعبير ثابت الاتزان؟

1- حساب قيمة ثابت الاتزان للتفاعلات في الأوعية المغلقة [عدم ضياع المادة]



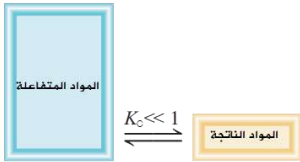
الجهة التي يُزاح إليها موضع الاتزان

2- حساب تراكيز المواد عند وصول التفاعل إلى حالة الاتزان

؟ ماذا نستفيد من معرفة قيمة ثابت الاتزان؟

1- نحدد الجهة التي يُزاح إليها الاتزان

أ- إذا كانت  $K_c > 1$  فإن موضع الاتزان مُزاح ناحية النواتج أي تراكيز النواتج أكبر من المتفاعلات [مردود التفاعل أكبر]



ب- إذا كانت  $K_c < 1$  فإن موضع الاتزان مُزاح ناحية المتفاعلات أي تراكيز المتفاعلات أكبر من النواتج [مردود التفاعل قليل]

2- نحسب من خلاله كميات المواد الناتجة والمتفاعلة عند الاتزان

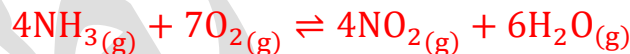
### أنواع تفاعلات الاتزان وكيفية كتابته

؟ ما أنواع تفاعلات الاتزان؟ مع مثال لكل نوع وكيفية كتابة تعبير ثابت الاتزان

1- اتزان متجانس: حالة الاتزان التي تكون فيها المواد المتفاعلة والناتجة جميعها في الحالات الفيزيائية نفسها سواء أكانت غازات أو محاليل

● مثال ص 60: في وعاء مغلق من الغازات: بحيث تتفاعل الأمونيا مع الأكسجين فينتج ثاني

أكسيد النيتروجين وبخار الماء [كل المواد غازات]

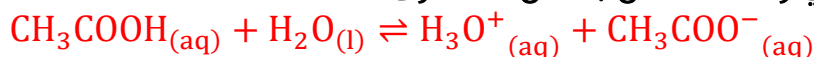


$$K_c = \frac{[\text{NO}_2]^4 [\text{H}_2\text{O}]^6}{[\text{NH}_3]^4 [\text{O}_2]^7}$$

● مثال خارجي [تجانس الحالة السائلة]: يتأين محلول حمض الخليك في الماء

وقس على ذلك كل تفاعلات تأين محاليل الحموض والقواعد الضعيفة في الماء، فلا نكتب الماء في تعبير ثابت الاتزان لأنه مذيب، وتركيزه ثابت، إن تم إضافته أو تقليله فسيؤثر على

كل المحاليل في وعاء التفاعل بنفس المستوى



$$K_c = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

- **مثال خارجي [تجانس الحالة السائلة]:** يتفاعل الإيثانول مع حمض الخليك فينتج إيثانوات الإيثيل والماء من خلال اتزان متجانس، والماء هنا ناتج من التفاعل وليس مذيباً؛ لذا نكتبه



$$K_c = \frac{[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}][\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

وهذا جواب سؤال أبحث ص61 وتذكر أن هذه حالات قليلة عند اعتبار الماء في الثابت

2- **اتزان غير متجانس:** حالة الاتزان التي تكون فيها المواد المتفاعلة والنتيجة في حالة فيزيائية متنوعة (صلبة، أو سائلة، أو غازية) فلا نكتب تراكيز المواد الصلبة والسائلة

- **مثال ص60:** في وعاء مغلق تتحلل كربونات الكالسيوم الصلبة بالحرارة فينتج أكسيد الكالسيوم الصلب وثاني أكسيد الكربون



$$K_c = [\text{CO}_2]$$

- **مثال ص60:** في وعاء مغلق يتحلل الماء السائل إلى غازات الهيدروجين والأكسجين



$$K_c = [\text{H}_2]^2[\text{O}_2]$$

### الخلاصة وأهم الأفكار بخصوص ثابت الاتزان: «مهم للتثبيت»

- لن نكتب الماء في حالتين: 1- في **الاتزان غير المتجانس** 2- في **الاتزان المتجانس**، مع المحاليل لأنه مذيب
- في منهاجنا سنعمد عدم كتابة المواد الصلبة والسائلة النقية، وفقط نكتب الغازات والمحاليل
- **السبب:** لأن تركيزها ثابت، كمية تلك المادة الصلبة في وحدة الحجم يبقى ثابتاً، وكذلك المادة السائلة تركيزها يمثل كثافتها وهو ثابت أيضاً، وبالتالي نهمل كل ذلك في تعبير ثابت الاتزان
- **تذكر:** خصائص المواد الصلبة والسائلة أنها ثابتة الحجم، بينما الغاز غير ثابت الحجم لذا تركيزه وضغطه يتغير، ومثله المحلول يتغير تركيزه بإضافة أو تقليل المذاب من المحلول، لذا نعوض في العلاقة المتغيرات لا الثوابت
- نعبّر عن القيم في تعبير ثابت الاتزان إما بالتراكيز المولارية أو بالضغوط الجزئية للغازات

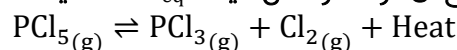
● نهمل وحدة ثابت الاتزان ولا نكتبها

● قيمة ثابت الاتزان **ثابتة** عند درجة حرارة معينة مهما اختلفت التراكيز المستخدمة أو الضغوط الجزئية

● قيمة ثابت الاتزان تتغير فقط بتغير درجة الحرارة

● فرّق: موضع الاتزان يتأثر بدرجة الحرارة والضغط والتركيز بينما قيمة ثابت الاتزان تتأثر فقط بدرجة الحرارة

● **سؤال توضيحي وجوابه:** هل تتوقع أن تزداد أو تقل قيمة  $K_{eq}$  العددية عند زيادة درجة الحرارة لهذا الاتزان؟



● إذا رفعنا درجة الحرارة فإن موضع الاتزان يُزاح حسب نوع التفاعل، هذا التفاعل طارد، رفع درجة الحرارة يزيح

● موضع الاتزان إلى اليسار فتزداد تراكيز المتفاعلات وبالتالي تقل قيمة  $K_{eq}$

أفكر ص 60: أكتب معادلة التفاعل إذا كان تعبير ثابت الاتزان لخليط من الغازات في وعاء تفاعل

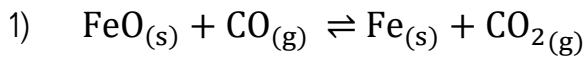
هو:

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

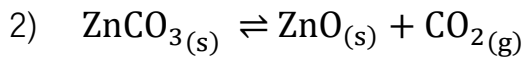


أتحقق ص 61:

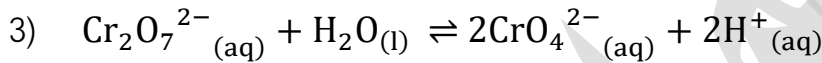
أ- أكتب تعبير ثابت الاتزان بدلالة تراكيز المواد لكل من التفاعلات الآتية:



$$K_c = \frac{[CO_2]}{[CO]}$$

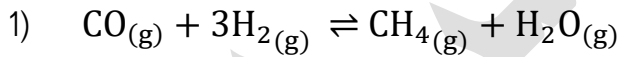


$$K_c = [CO_2]$$

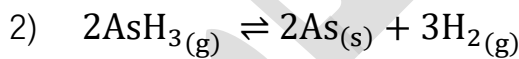


$$K_c = \frac{[CrO_4^{2-}]^2 [H^+]^2}{[Cr_2O_7^{2-}]}$$

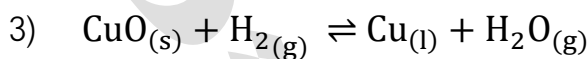
ب- أكتب تعبير ثابت الاتزان بدلالة الضغط الجزئي للغازات في كل من التفاعلات الآتية:



$$K_p = \frac{(P_{CH_4})(P_{H_2O})}{(P_{CO})(P_{H_2})^3}$$



$$K_p = \frac{(P_{H_2})^3}{(P_{AsH_3})^2}$$



$$K_p = \frac{(P_{H_2O})}{(P_{H_2})}$$



## تدريبات خارجية + كيماشيك

ميز التفاعلات المتزنة الآتية إن كانت متجانسة أو غير متجانسة، ثم اكتب ثابت الاتزان



بالدالتين:

$\text{PCl}_{5(g)} \rightleftharpoons \text{PCl}_{3(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$	متجانس	$K_c = \frac{[\text{Cl}_2][\text{PCl}_3]}{[\text{PCl}_5]}$ $K_p = \frac{(P_{\text{Cl}_2})(P_{\text{PCl}_3})}{(P_{\text{PCl}_5})}$
$\text{CO}_{2(g)} + \text{C}_{(s)} \rightleftharpoons 2\text{CO}_{(g)}$	غير متجانس	$K_c = \frac{[\text{CO}]^2}{[\text{CO}_2]}$ $K_p = \frac{(P_{\text{CO}})^2}{(P_{\text{CO}_2})}$
$\text{C}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_{2(g)}$	غير متجانس	$K_c = \frac{[\text{CO}_2]}{[\text{O}_2]}$ $K_p = \frac{(P_{\text{CO}_2})}{(P_{\text{O}_2})}$
$\text{Ti}_{(s)} + 2\text{Cl}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{TiCl}_{4(s)}$	غير متجانس	$K_c = \frac{1}{[\text{Cl}_2]^2}$ $K_p = \frac{1}{(P_{\text{Cl}_2})^2}$
$\text{H}_{2(g)} + \text{I}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{HI}_{(g)}$	متجانس	$K_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]}$ $K_p = \frac{(P_{\text{HI}})^2}{(P_{\text{H}_2})(P_{\text{I}_2})}$
$\text{C}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{H}_{2(g)} + \text{CO}_{(g)}$	غير متجانس	$K_c = \frac{[\text{H}_2][\text{CO}]}{[\text{H}_2\text{O}]}$ $K_p = \frac{(P_{\text{H}_2})(P_{\text{CO}})}{(P_{\text{H}_2\text{O}})}$
$3\text{Fe}_{(s)} + 4\text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightleftharpoons \text{Fe}_2\text{O}_{3(s)} + 4\text{H}_2(g)$	غير متجانس	$K_c = \frac{[\text{H}_2]^4}{[\text{H}_2\text{O}]^4}$ $K_p = \frac{(P_{\text{H}_2})^4}{(P_{\text{H}_2\text{O}})^4}$





ورقة عمل: تعبير ثابت الاتزان

ميز التفاعلات المتزنة الآتية إن كانت متجانسة أو غير متجانسة، ثم اكتب ثابت الاتزان



بالدالتين:

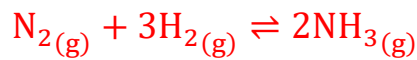
$\text{N}_2\text{O}_{5(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(g)}$		
$\text{CaCO}_{3(s)} \rightleftharpoons \text{CaO}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)}$		
$\text{SO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{SO}_{3(g)}$		
$\text{Ti}_{(s)} + 2\text{Cl}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{TiCl}_{4(s)}$		
$2\text{H}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}_{(g)}$		
$\text{C}_{\text{Graphite}(s)} + \text{S}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{CS}_{2(g)}$		
$\text{FeSCN}^{2-}_{(aq)} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+}_{(aq)} + \text{SCN}^{-}_{(aq)}$		





## الحسابات المتعلقة بثابت الاتزان

- ☀ تعلمنا أن قيمة ثابت الاتزان ثابتة عند درجة حرارة معينة مهما اختلفت التراكيز المستخدمة
- ☀ قيمة ثابت الاتزان لا تتأثر بالتراكيز الابتدائية للمواد في التفاعل، لكن تعتمد على تراكيز المواد في وعاء التفاعل عند الاتزان
- ☀ تتغير تراكيز المواد حتى يصل التفاعل إلى الاتزان فتثبت التراكيز، وتعتمد تلك التغيرات على النسب المولية للمواد في المعادلة الموزونة
- **مثال ص62:** قيم ثابت الاتزان لتفاعل إنتاج الأمونيا من خلال تجارب عدة عند درجة حرارة 500°C



$$K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}$$

التجربة	التركيزُ الابتدائي (بوحدّة M)	التركيزُ عند الاتزان (بوحدّة M)	ثابتُ الاتزان
1	$[\text{N}_2]_0 = 1$ $[\text{H}_2]_0 = 1$ $[\text{NH}_3]_0 = 0$	$[\text{N}_2] = 0.921$ $[\text{H}_2] = 0.763$ $[\text{NH}_3] = 0.157$	$K_c = 6.02 \times 10^{-2}$
2	$[\text{N}_2]_0 = 0$ $[\text{H}_2]_0 = 0$ $[\text{NH}_3]_0 = 1$	$[\text{N}_2] = 0.399$ $[\text{H}_2] = 1.197$ $[\text{NH}_3] = 0.203$	$K_c = 6.02 \times 10^{-2}$
3	$[\text{N}_2]_0 = 2$ $[\text{H}_2]_0 = 1$ $[\text{NH}_3]_0 = 3$	$[\text{N}_2] = 2.59$ $[\text{H}_2] = 2.77$ $[\text{NH}_3] = 1.82$	$K_c = 6.02 \times 10^{-2}$

مهم: تذكر أن العوامل المؤثرة على الاتزان: من تركيز وضغط ودرجة حرارة، لو حدثت فإن قيمة ثابت الاتزان لا تتغير بتغير التركيز أو الضغط، إنما تتغير بتغير درجة الحرارة

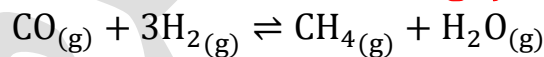
## حسابات: 1- ثابت الاتزان باستخدام التراكيز أو الضغوط

## 2- التراكيز باستخدام ثابت الاتزان

الطريقة العامة للحسابات:

- 1- في حال توفر المولات عند الاتزان نحولها إلى تراكيز مولارية ثم نعوضها في  $K_c$ ، وفي حال توفر الضغوط الجزئية للغازات عند الاتزان فإننا نستخدمها في  $K_p$
- 2- نحسب التركيز المولاري باستخدام قانون المولارية  $M = \frac{n}{V}$  (عدد المولات / الحجم بالليتر)
- 3- في حال كانت المولات المتوفرة ليست كلها عند الاتزان فإننا:
  - نركز على وصف المسألة هل التفاعل بدأ بالمتفاعلات فقط فالنواتج كانت صفراً في البداية، أو كل المواد متوفرة في بداية التفاعل، أو بعضها فيكون المتبقي صفراً أي غير موجود
  - نصمم جدول تقدم التفاعل: يعني **بداية التفاعل والتغيرات أثناء التفاعل**، وعند الاتزان لنعوّض التراكيز أو الضغوط المعطاة عند كل مرحلة
  - مرحلة التغير [أثناء التفاعل] نعبر عنها بالمتغير  $x$  مع مراعاة المعاملات في المعادلة الموزونة، النقصان  $-x$  يكون للمتفاعلات أما الزيادة  $+x$  فتكون للنواتج
  - نستنتج  $x$  أو نحسبها حسب المعطيات ثم نستخدمها لمعرفة التراكيز المجهولة بدلالاتها
  - نعوض في تعبير ثابت الاتزان **التراكيز أو الضغوط عند الاتزان** فقط

مثال ص 63: يُصنع غاز الميثان وفق المعادلة الآتية:



أحسب ثابت الاتزان إذا احتوى وعاء حجمه 2 L على 0.6 mol من CO و 0.2 mol من  $\text{H}_2$  و 0.12 mol من  $\text{CH}_4$  و 0.04 mol من  $\text{H}_2\text{O}$  عند الاتزان

المادة	مولات كل مادة	التركيز المولاري
CO	0.6	$M_{\text{CO}} = \frac{n}{V} = \frac{0.6}{2} = 0.3 \text{ M}$
$\text{H}_2$	0.2	$M_{\text{H}_2} = \frac{n}{V} = \frac{0.2}{2} = 0.1 \text{ M}$
$\text{CH}_4$	0.12	$M_{\text{CH}_4} = \frac{n}{V} = \frac{0.12}{2} = 0.06 \text{ M}$
$\text{H}_2\text{O}$	0.04	$M_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{n}{V} = \frac{0.04}{2} = 0.02 \text{ M}$

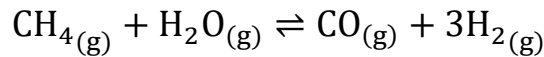
$$K_c = \frac{[\text{H}_2\text{O}][\text{CH}_4]}{[\text{H}_2]^3[\text{CO}]}$$

$$K_c = \frac{0.02 \times 0.06}{0.1^3 \times 0.3} = \frac{0.0012}{0.001 \times 0.3} = \frac{0.0012}{0.0003} = 4$$

بما أن  $K_c > 1$  فإن موضع الاتزان مُزاح ناحية النواتج والمردود الاقتصادي لإنتاج الميثان أفضل

إضافة: لو جاء السؤال بحساب ثابت الاتزان لمعكوس هذا التفاعل مع إعطاء قيمة ثابت اتزان

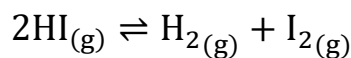
التفاعل السابق  $K_c=4$



ثابت اتزان التفاعل المعكوس = مقلوب قيمة ثابت الاتزان وتساوي  $K_c=0.25$

مثال ص64: يتحلل غاز يوديد الهيدروجين HI وينتج خليط من غاز الهيدروجين  $\text{H}_2$  وبخار اليود

كما في المعادلة الآتية:



يمكن تحديد كمية اليود  $\text{I}_2$  في الخليط الغازي الناتج من شدة اللون البنفسجي لبخار اليود،

فكلما زاد تركيز بخار اليود في الوعاء زادت شدة اللون، فإذا أدخل 4 mol من يوديد الهيدروجين

HI إلى وعاء حجمه 5 L عند درجة حرارة  $485^\circ\text{C}$  نجد أن الوعاء عند الاتزان يحتوي 0.442 mol

من بخار اليود. أحسب ثابت الاتزان للتفاعل عند درجة الحرارة هذه

المعطيات: الحجم الكلي = 5 لتر

$$M_{\text{HI}} = \frac{n}{V} = \frac{4}{5} = 0.8 \text{ M}$$

مولات البداية لـ HI = 4

$$M_{\text{I}_2} = \frac{n}{V} = \frac{0.442}{5} = 0.0884 \text{ M}$$

مولات الاتزان لـ  $\text{I}_2$  = 0.442

# جدول تقدم التفاعل

التركيز	$2\text{HI}(\text{g})$	$\rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g})$	+	$\text{I}_2(\text{g})$
بداية التفاعل	0.8	0		0
التغير أثناء التفاعل	-2x	+x		+x
عند الاتزان	0.623	0.0884		0+x=0.0884

$$0+x = 0.0884 \Rightarrow x=0.0884 \text{ M}$$

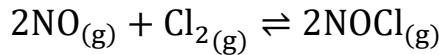
$$0.8-2x=0.8-2(0.0884)=0.623 \text{ M}$$

نحسب في الجدول التركيزات المجهولة عند الاتزان لـ  $\text{H}_2$  و HI

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

$$K_c = \frac{0.0884 \times 0.0884}{0.623^2} = \frac{0.0078}{0.388} = 0.02$$

**استنتاج:** قيمة  $K_c < 1$  أي أن الاتزان مُزاح ناحية اليسار [المتفاعلات] ومردود التفاعل قليل  
**مثال ص 65:** يتكوّن غاز كلوريد النيتروزيل NOCl من تفاعل أكسيد النيتروجين NO مع الكلور  $Cl_2$  كما في المعادلة:

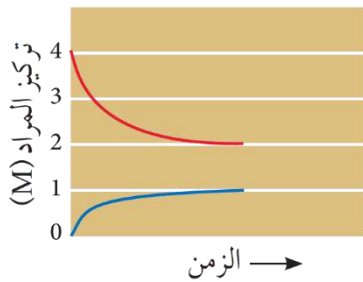


أحسب ثابت الاتزان إذا كانت الضغوط الجزئية للغازات في وعاء التفاعل عند الاتزان كما يأتي:

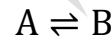
$$P_{NO} = 0.05 \text{ atm} \quad P_{Cl_2} = 0.3 \text{ atm} \quad P_{NOCl} = 1.2 \text{ atm}$$

$$K_p = \frac{(P_{NOCl})^2}{(P_{Cl_2})(P_{NO})^2} = \frac{1.2^2}{0.3 \times 0.05^2} = \frac{1.44}{0.3 \times 0.0025} = \frac{1.44}{0.00075} = \frac{144}{0.075} = \frac{144000}{75} = 1920$$

**أفكر ص 65:** يبين الشكل نتائج تجريبية لإحدى التجارب، ويمثل أحد المنحنيين المادة A ويمثل الآخر المادة B أحسب ثابت الاتزان

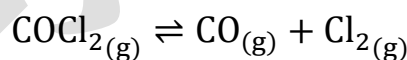


المادة المتفاعلة أكبر تركيز وتتناقص إلى الاتزان بتركيز 2، المادة الناتجة تركيزها صفر ثم تتزايد إلى الاتزان بتركيز 1



$$K_c = \frac{[B]}{[A]} = \frac{1}{2} = 0.5$$

**تحقق ص 65:** أحسب ثابت الاتزان لتحلل غاز الفوسجين  $COCl_2$  في وعاء مغلق حجمه 0.4 L كما في المعادلة الآتية:



إذا كان عدد مولات الغازات في وعاء التفاعل عند الاتزان كما يأتي:

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

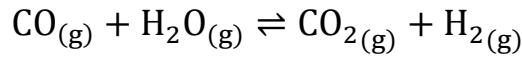
$$[CO] = \frac{0.071}{0.4} = 0.18 \text{ M} \quad [Cl_2] = \frac{0.071}{0.4} = 0.18 \text{ M} \quad [COCl_2] = \frac{3}{0.4} = 7.5 \text{ M}$$

$$K_c = \frac{[Cl_2][CO]}{[COCl_2]} = \frac{0.18 \times 0.18}{7.5} = \frac{0.0324}{7.5} = \frac{0.324}{75} = 0.00432 = 4.3 \times 10^{-3}$$



مثال ص66: يتفاعل غاز أول أكسيد الكربون CO مع بخار الماء لإنتاج ثاني أكسيد الكربون CO<sub>2</sub> ?

والهيدروجين H<sub>2</sub> كما في المعادلة الآتية:



فإذا أدخل 1 mol من جميع هذه الغازات إلى وعاء حجمه 1 L وكان ثابت الاتزان عند 700 K يساوي 5.10، أحسب تراكيز كل من هذه الغازات عند الاتزان

**الحل:**

- يُلاحظ أن التراكيز المتوفرة أو الكميات هي في بداية التفاعل، ثابت الاتزان سيساعدنا على حساب التراكيز عند الاتزان
- يُلاحظ أن مولات المعادلة للجميع = 1 فيكون المتغير x بدون معامل للجميع سنستخدم جدول تقدم التفاعل

$$M = \frac{n}{V} = \frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ L}} \leftarrow \text{التركيز لكل مادة في بداية التفاعل}$$

التراكيز	CO <sub>(g)</sub>	+	H <sub>2</sub> O <sub>(g)</sub>	⇌	CO <sub>2(g)</sub>	+	H <sub>2(g)</sub>
بداية التفاعل	1		1		1		1
التغير أثناء التفاعل	-x		-x		+x		+x
عند الاتزان	1-x		1-x		1+x		1+x
الحسابات	0.613		0.613		1.387		1.387

$$K_c = 5.10 = \frac{[\text{H}_2][\text{CO}_2]}{[\text{H}_2\text{O}][\text{CO}]} = \frac{(1+x)(1+x)}{(1-x)(1-x)} =$$

$$\frac{(1+x)^2}{(1-x)^2} = 5.10$$

$$\sqrt{\frac{(1+x)^2}{(1-x)^2}} = \sqrt{5.10}$$

$$(1+x) = 2.26 \times (1-x)$$

$$1+x = 2.26 - 2.26x$$

$$x + 2.26x = 2.26 - 1$$

$$3.26x = 1.26$$

$$x = \frac{1.26}{3.26} = 0.387$$



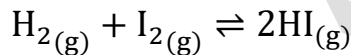
## الربط مع الرياضيات حل المعادلة التربيعية

تستخدم المعادلة التربيعية كثيرًا في مجال الحسابات الكيميائية كحسابات ثابت الاتزان، وقد طور الخوارزمي مجموعة من الصيغ التي تُلائم الحلول الموجبة للمعادلة التربيعية، حيث تكتب المعادلة التربيعية في الرياضيات على النحو الآتي:  $ax^2 + bx + c$  ويمكن حلها وإيجاد قيمة المتغير  $x$  بطرق عدّة منها استخدام القانون العام على النحو الآتي:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

مثال ص 68: يتفاعل غاز الهيدروجين  $H_2$  مع بخار اليود  $I_2$  لتكوين غاز يوديد الهيدروجين

HI كما في المعادلة



فإذا أدخل 1 mol من  $H_2$  و 2 mol من  $I_2$  إلى وعاء حجمه 1L وسخن الخليط إلى درجة حرارة  $458^\circ C$  لكي يصل إلى الاتزان، فكانت قيمة ثابت الاتزان عندها تساوي 50 أحسب تراكيز الغازات كلها عند الاتزان

**الحل:**

التراكيز نفس المولات لأن الحجم 1 L

HI لم تكن في الوعاء من البداية لذا تركيزها = 0

التراكيز	$H_2(g)$	+	$I_2(g)$	$\rightleftharpoons$	$2HI(g)$
بداية التفاعل	1		2		0
التغير أثناء التفاعل	-x		-x		+2x
عند الاتزان	1-x		2-x		0+2x
التراكيز المحسوبة	0.065		1.065		1.87

$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{(2x)^2}{(1-x)(2-x)} = 50$$

$$4x^2 = 50 \times (1-x)(2-x)$$

$$4x^2 = 50(x^2 - 3x + 2)$$

$$\frac{4}{50}x^2 = (x^2 - 3x + 2)$$

$$0.08x^2 = (x^2 - 3x + 2)$$

$$0.92x^2 - 3x + 2 = 0$$

نحلها باستخدام القانون العام:

$$a = 0.92 \quad b = -3 \quad c = 2$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{3 \pm \sqrt{3^2 - 4 \times 0.92 \times 2}}{2 \times 0.92}$$

$$x = \frac{3 \pm \sqrt{1.64}}{1.84} = \frac{3 \pm 1.28}{1.84}$$

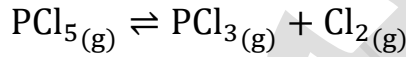
$$x_1 = \frac{3 + 1.28}{1.84} = 2.33 \quad x_2 = \frac{3 - 1.28}{1.84} = 0.935$$

القيمة الأولى  $x_1$  غير منطقية لأن التركيز سيكون بالسالب لذا نستبعدنا ونعتمد  $x=0.935$

؟ أتحقق ص 69:

1- أحسب تراكيز المواد عند الاتزان لتفكك  $\text{PCl}_5$  عند درجة حرارة  $760^\circ\text{C}$  فإذا أدخل  $1 \text{ mol}$  من

$\text{PCl}_5$  إلى وعاء حجمه  $2 \text{ L}$  وترك ليتفكك كما في المعادلة الآتية:



علمًا أن ثابت الاتزان  $K_c$  يساوي 5

تركيز  $\text{PCl}_5$  في البداية  $\leftarrow M = 1 \text{ mol} / 2 \text{ L} = 0.5 \text{ M}$

تركيز النواتج في البداية  $\leftarrow$  صفر

التراكيز	$\text{PCl}_{5(g)}$	$\rightleftharpoons$	$\text{PCl}_{3(g)}$	+	$\text{Cl}_{2(g)}$
بداية التفاعل	0.5		0		0
التغير أثناء التفاعل	-x		+x		+x
عند الاتزان	0.5-x		0+x		0+x
التراكيز المحسوبة	0.04		0.46		0.46

$$K_c = \frac{[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]} = \frac{x \times x}{0.5 - x} = 5$$

$$5(0.5 - x) = x^2$$

$$x^2 + 5x - 2.5 = 0$$

نحلها باستخدام القانون العام:

$$a = 1 \quad b = -5 \quad c = -2.5$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{-5 \pm \sqrt{25 - 4 \times 1 \times -2.5}}{2 \times 1}$$

$$x = \frac{-5 \pm \sqrt{35}}{2} = \frac{5 \pm 6}{2}$$

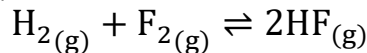
$$x_1 = \frac{-5 + 5.92}{2} = 0.46 \quad x_2 = \frac{-5 - 5.92}{2} = -5.46$$

$x_2$  غير منطقية لأنها سالبة لذا نستبعدنا ونعتمد  $x=0.46$

ندون التراكيز المحسوبة في الجدول

2- أجرى مجموعة من الطلبة تجربة لإنتاج فلوريد الهيدروجين HF إذ أدخل 3 mol من  $H_2$  و 6

mol من  $F_2$  إلى وعاء حجمه 3 L وتركت لتتفاعل كما في المعادلة:



أحسب تراكيز المواد عند الاتزان علماً أن ثابت الاتزان  $K_c$  يساوي 115

تركيز  $H_2$  في البداية  $\leftarrow M = 3 \text{ mol} / 3 \text{ L} = 1 \text{ M}$

تركيز  $F_2$  في البداية  $\leftarrow M = 6 \text{ mol} / 3 \text{ L} = 2 \text{ M}$

تركيز النواتج في البداية  $\leftarrow$  صفر

التراكيز	$H_{2(g)}$	+	$F_{2(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2HF_{(g)}$
بداية التفاعل	1		2		0
التغير أثناء التفاعل	-x		-x		+2x
عند الاتزان	1-x		2-x		0+2x
التراكيز المحسوبة	0.03		1.03		1.94

$$K_c = \frac{[HF]^2}{[H_2][F_2]} = \frac{(2x)^2}{(1-x)(2-x)} = 115$$

$$4x^2 = 115(1-x)(2-x)$$

$$4x^2 = 115(x^2 - 3x + 2)$$

$$111x^2 - 345x + 230 = 0$$

نحلها باستخدام القانون العام:

$$a = 111 \quad b = -345 \quad c = 230$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{345 \pm \sqrt{119025 - 4 \times 111 \times 230}}{2 \times 111}$$

$$x = \frac{345 \pm \sqrt{16905}}{222} = \frac{345 \pm 130}{222}$$

$$x_1 = \frac{345 + 130}{222} = 2.14 \quad x_2 = \frac{345 - 130}{222} = 0.968 \approx 0.97$$

$x_1$  غير منطقية لأن تراكيز الاتزان المحسوبة ستكون بالسالب لذا نستبعدنا ونعتمد  $x=0.97$



أبحث ص72: ما العلاقة بين ثابتي الاتزان  $K_c$  و  $K_p$ ؟

العلاقة هي:

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

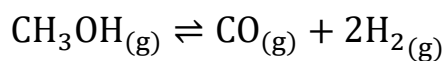
R هي ثابت الغاز العام = 0.082

T هي درجة الحرارة بالكيلفن

$\Delta n_g$  هي الفرق في مولات الغاز على الطرفين

**مثال توضيحي:** لديك التفاعل الآتي عند درجة حرارة 600 K وكانت  $K_p = 1.14 \times 10^3$  فكم قيمة

$K_c$  إذا علمت أن  $R = 0.082$



**الحل:**

$$\Delta n_g = \Delta n_{\text{GasProducts}} - \Delta n_{\text{GasReactants}} = 3 - 1 = 2$$

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

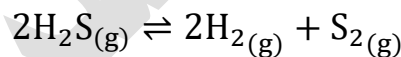
$$K_c = \frac{1.14 \times 10^3}{(0.082 \times 600)^2} = \frac{1140}{2421} = 0.47$$

### تدريبات خارجية + كيماشيلك

يتفكك كبريتيد الهيدروجين عند درجة حرارة 1405 K إلى هيدروجين وجزيء الكبريت



حسب المعادلة الموزونة الآتية:



ما تركيز الهيدروجين عند الاتزان إذا علمت أن ثابت الاتزان يساوي  $2.27 \times 10^{-3}$  وتراكيز باقي المواد

عند الاتزان:  $[\text{H}_2\text{S}] = 0.184 \text{ M}$   $[\text{S}_2] = 0.054 \text{ M}$

**الحل:**

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

$$2.27 \times 10^{-3} = \frac{[\text{H}_2]^2 \times 0.054}{0.184^2} \Rightarrow \frac{2.27 \times 10^{-3} \times 0.184^2}{0.054} = [\text{H}_2]^2$$

$$\sqrt{\frac{2.27 \times 10^{-3} \times 0.184^2}{0.054}} = \sqrt{[\text{H}_2]^2}$$

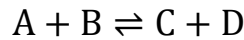
$$\sqrt{1.42 \times 10^{-3}} = [\text{H}_2]$$

$$\sqrt{0.00142} = [\text{H}_2] \Rightarrow [\text{H}_2] = 0.038$$

ملاحظة: استخدم الآلة الحاسبة لإيجاد جذور الأعداد العشرية



في التفاعل الآتي، يتفاعل 1 mol من A مع 1 mol من B في وعاء حجمه 1 L إلى أن يصل التفاعل إلى حالة الاتزان، فإذا كان تركيز الاتزان لـ A هو 0.45 M فما تركيز الاتزان لكل من المواد الأخرى وما هي قيمة  $K_c$ :



الحل من خلال جدول تقدم التفاعل:

التراكيز	A	+ B	$\rightleftharpoons$ C	+ D
بداية التفاعل	1	1	0	0
التغير أثناء التفاعل	-x	-x	+x	+x
عند الاتزان	0.45 معطاة	1-x	0+x	0+x
التراكيز المحسوبة	1-x=0.45	0.45	0.55	0.55

$$x = 1 - 0.45 = 0.55$$

نعوضها لحساب التراكيز الأخرى

$$K_c = \frac{[C][D]}{[A][B]} = \frac{0.55 \times 0.55}{0.45 \times 0.45} = 1.5$$



قيمة  $K_c$  للتفاعل:  $A + 2B \rightleftharpoons C$

تساوي 3.63 ويوضح الجدول الآتي تراكيز المتفاعلات والنواتج في خليط تفاعلين مختلفين عند درجة الحرارة نفسها، حدد ما إذا كان التفاعلان في حالة اتزان

التفاعل	A	B	C
الأول	0.5	0.621	0.7
الثاني	0.25	0.525	0.25

الحل:

نعوض تراكيز كل تفاعل لحساب  $K_c$  ثم نقارنها مع قيمة 3.63 لنتأكد أنها تراكيز الاتزان

$$K_{c1} = \frac{[C]}{[A][B]^2} = \frac{0.7}{0.5 \times 0.621^2} = 3.63$$

التفاعل الأول في حالة اتزان

$$K_{c2} = \frac{[C]}{[A][B]^2} = \frac{0.25}{0.25 \times 0.525^2} = 3.63$$

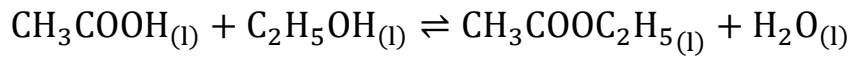
التفاعل الثاني في حالة اتزان





يتفاعل الإيثانول السائل مع حمض الخليك فينتج إيثانوات الإيثيل والماء، فاحسب قيمة  $K_c$

للتفاعل:



إذا علمت أن تراكيز الاتزان هي:  $[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5]=2.9 \text{ M}$   $[\text{CH}_3\text{COOH}]=0.316 \text{ M}$

$$[\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]=0.313 \text{ M} \quad [\text{H}_2\text{O}]=0.114 \text{ M}$$

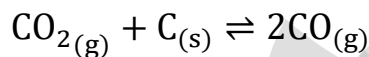
**الحل:**

نشمل تركيز الماء في ثابت الاتزان لأن الاتزان متجانس والماء ليس مذيب فيه إنما ناتج منه

$$K_c = \frac{[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}][\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$$K_c = \frac{2.9 \times 0.114}{0.313 \times 0.316} = 3.34$$

لديك التفاعل التالي:



عند درجة حرارة  $760^\circ\text{C}$  وصل التفاعل إلى الاتزان وكان الضغط الكلي في الوعاء  $P_{\text{Total}} =$

$2.05 \text{ atm}$  فإذا علمت أن الضغط الجزئي عند الاتزان لأول أكسيد الكربون هو  $P_{\text{CO}} = 1.7 \text{ atm}$

فاحسب  $K_p$  لهذا التفاعل

**الحل:**

نحسب الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون من خلال الضغط الكلي عند الاتزان

$$P_{\text{Total}} = P_{\text{CO}_2} + P_{\text{CO}} = 2.05 \text{ atm}$$

$$P_{\text{CO}_2} = 2.05 - 1.7 = 0.35 \text{ atm}$$

**لا نعتبر الكربون في ثابت الاتزان لأنه مادة صلبة**

$$K_p = \frac{(P_{\text{CO}})^2}{(P_{\text{CO}_2})} = \frac{1.7^2}{0.35} = 8.3$$



يتفكك كلوريد الأمونيوم بالتسخين في إناء حجمه  $5 \text{ L}$  فكان الناتج من الأمونيا  $\text{NH}_3$

يساوي  $2 \text{ mol}$ ، احسب ثابت الاتزان لهذا التفاعل



**الحل:** لو رسمنا جدول تقدم التفاعل فلن نعطي أي أهمية لكمية المادة الصلبة في الجدول.

تركيز الأمونيا عند الاتزان = تركيز كلوريد الهيدروجين لأنهما متساويان في مولات المعادلة

$$[\text{NH}_3]=2 \text{ mol}/5\text{L}=0.4 \text{ M} \quad [\text{HCl}]=0.4 \text{ M}$$

في ثابت الاتزان لن نشمل المادة الصلبة كلوريد الأمونيوم

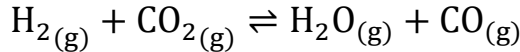
$$K_c = [\text{NH}_3][\text{HCl}] = 0.4 \times 0.4 = 0.16$$



تم إدخال خليط من الغازات إلى وعاء التفاعل وكانت الضغوط الجزئية الابتدائية لها:

$$[H_2]=10 \text{ atm} \quad [CO_2]=20 \text{ atm} \quad [H_2O]=5 \text{ atm}$$

تفاعل الخليط حتى وصل التفاعل إلى الاتزان وفق المعادلة الموزونة الآتية:



احسب ضغوطها الجزئية عند الاتزان إذا علمت أن  $K_p$  لظروف هذا التفاعل يساوي 1.6

**الحل:**

- نستخدم جدول تقدم التفاعل للضغوط الجزئية كما استخدمناه سابقاً للتراكيز
- نستخدم تعبير ثابت الاتزان حتى نستخرج قيمة  $x$  باستخدام القانون العام والمميز

الضغوط الجزئية	$H_{2(g)}$	+	$CO_{2(g)}$	$\rightleftharpoons$	$H_{2O(g)}$	+	$CO_{(g)}$
بداية التفاعل	10		20		5		0
التغير أثناء التفاعل	-x		-x		+x		+x
عند الاتزان	10-x		20-x		5+x		0+x
الحسابات	3.5		13.5		11.5		6.5

$$K_p = \frac{(P_{H_2O})(P_{CO})}{(P_{H_2})(P_{CO_2})} = \frac{(5+x)(x)}{(10-x)(20-x)} = 1.6$$

$$\frac{(x^2 + 5x)}{(x^2 - 30x + 200)} = 1.6$$

$$(x^2 + 5x) = 1.6(x^2 - 30x + 200)$$

$$x^2 + 5x = 1.6x^2 - 48x + 320$$

$$0.6x^2 - 53x + 320 = 0$$

نحلها باستخدام القانون العام مع استخدام الآلة الحاسبة:

$$a = 0.6 \quad b = -53 \quad c = 320$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{53 \pm \sqrt{2809 - 4 \times 0.6 \times 320}}{2 \times 0.6}$$

$$x = \frac{53 \pm \sqrt{2041}}{1.2} = \frac{53 \pm 45}{1.2}$$

$$x_1 = \frac{53 + 45.2}{1.2} \cong 81.8 \quad x_2 = \frac{53 - 45.2}{1.2} \cong 6.5$$

$x_1$  غير منطقية لأن الضغط المحسوب سيكون بالسالب لذا نستبعدها ونعتمد  $x=6.5$

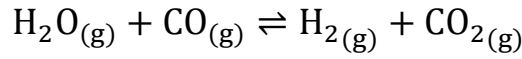
نعوضها في قيم الجدول ونحسب الضغوط الجزئية عند الاتزان لكل مادة



## ورقة عمل: حسابات ثابت الاتزان

✂ يمكن تحضير الهيدروجين من اختزال الماء بأول أكسيد الكربون باستخدام 1 mol من كل

منهما في وعاء مغلق حجمه 50 L وفقاً للمعادلة التالية:

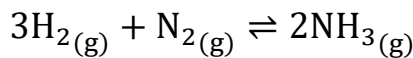


فإذا علمت أن ثابت الاتزان Kc عند درجة حرارة 1000°C يساوي 0.58

فما هي تراكيز كل مواد الخليط عند الاتزان؟

✂ إذا وضع 1 mol من الهيدروجين مع 0.5 mol من النيتروجين في وعاء حجمه 10 L وتكوّن

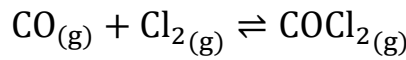
عند الاتزان 0.4 mol من الأمونيا، فاحسب ثابت الاتزان لذلك التفاعل





✂ تحددُ في وعاء مغلق تم التفاعل بين غاز الكلور (0.56 atm) وغاز أول أكسيد الكربون (0.56 atm) ووصل التفاعل إلى الاتزان بضغط كلي لخليط الغازات يساوي 0.73 atm فاحسب ثابت

الاتزان  $K_p$

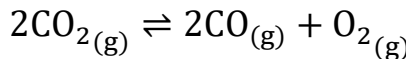


مساعدة:

- 1- تعامل مع الضغوط الجزئية كترانيز في جدول تقدم التفاعل
- 2- تذكر قانون دالتون للضغوط الجزئية واستخدم ذلك القانون لاستنتاج قيمة x
- 3- تذكر أن الضغط الكلي أو الجزئي بداية التفاعل مختلف عن الضغط عند الاتزان
- 4- بعد إيجاد قيمة x وحساب الضغوط الجزئية عند الاتزان أكمل المطلوب من السؤال

✂ تحددُ إذا كانت قيم ثابت الاتزان  $K_{eq}$  لهذا التفاعل عند 200°C تساوي  $6 \times 10^{-7}$  وعند 500°C

تساوي  $6 \times 10^{-3}$  فإن هذا يدل على أن النظام ماص أم طارد للحرارة؟

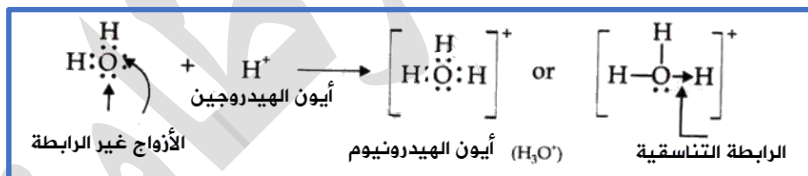
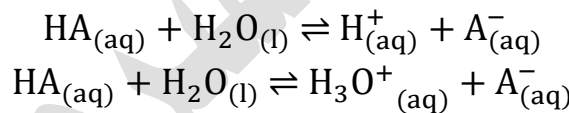


## ثابت الاتزان لمحاليل الحموض والقواعد الضعيفة

تذكر من الصف التاسع أن الحموض والقواعد القوية تتأين كلياً في الماء [تفاعل غير منعكس] بخلاف الحموض والقواعد الضعيفة التي تتأين جزئياً فتفاعلها منعكس ويصل إلى الاتزان الحموض والقواعد الضعيفة المذكورة في الكتاب

الحموض الضعيفة	القواعد الضعيفة
حمض الإيثانويك (الخليك) $\text{CH}_3\text{COOH}$	الأمونيا $\text{NH}_3$
حمض الهيدروفلوريك $\text{HF}$	الهيدرازين $\text{N}_2\text{H}_4$
حمض الهيدروسيانيك $\text{HCN}$	ميثيل أمين $\text{CH}_3\text{NH}_2$
حمض الهيپوكلوروز $\text{HClO}$	إيثيل أمين $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$

تتأين تلك الحموض والقواعد الضعيفة تأيئاً جزئياً في الماء [سهمين منعكسين]، أما الحموض والقواعد القوية فإنها تتأين بشكل كلي [سهم واحد في التفاعل] الحموض الضعيفة تنتج أيون الهيدروجين  $\text{H}^+$  ولصغر حجم أيون الهيدروجين وكثافة الشحنة الموجبة عليه فإنه لا يتواجد منفرداً بل يرتبط بجزء الماء برابطة تناسقية [تعلمناها في الفصل الأول]، فيتكون أيون الهيدرونيوم

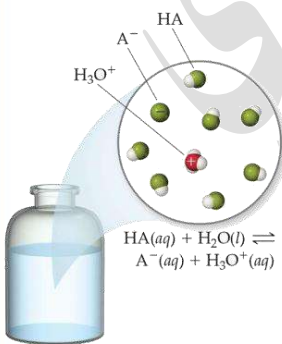


يحتوي محلول الحمض الضعيف تراكيز متزنة من جزيئات الحمض غير المتأينة HA والأيونات الناتجة عنه ( $\text{A}^-$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ )

موضع الاتزان في محاليل الحموض الضعيفة مزاح دائماً ناحية اليسار، تراكيز الأيونات صغير جداً مقارنة بتركيز الحمض غير المتأين فتكون قيمة ثابت الاتزان لها أقل من 1

نكتب ثابت الاتزان لمحلول الحمض الضعيف

$$K_c = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}][\text{H}_2\text{O}]}$$



الماء مذيب وتركيزه ثابت في المحلول فندمجه مع ثابت الاتزان لينتج ثابت جديد: ثابت تأين

الحمض  $K_a$

$$[H_2O]K_c = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]}$$

$$K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]}$$

ما المقصود بثابت تأين الحمض  $K_a$ ?

ثابت الاتزان لتأين الحمض الضعيف في الماء

ماذا نستفيد من معرفة ثابت تأين الحمض  $K_a$ ?

1- للمقارنة بين قوة الحموض وقدرتها على التآين

2- لحساب تركيز أيون الهيدرونيوم  $[H_3O^+]$

3- لحساب الرقم الهيدروجيني pH

وُجد عملياً أن تركيز الهيدرونيوم  $[H_3O^+] =$  تركيز الأيون السالب  $[A^-]$

تفاوت قدرة الحموض الضعيفة على التآين، ويعدّ ثابت تأينها مقياساً كمياً لمدى تأينها

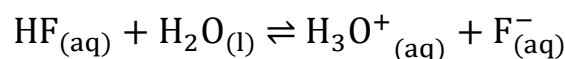
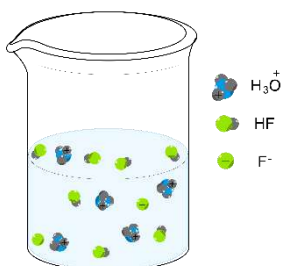
جدول يوضح قيم ثابت التآين لعدد من الحموض عند درجة حرارة  $25^\circ C$

الحمض	معادلة تأين الحمض الضعيف	ثابت تأين الحموض $K_a$
الهيدروفلوريك	$HF_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + F^-_{(aq)}$	$5.6 \times 10^{-4}$
الإيثانويك	$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$	$1.8 \times 10^{-5}$
البيوكلوروز	$HClO_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + ClO^-_{(aq)}$	$3 \times 10^{-8}$
الهيدروسيانيك	$HCN_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + CN^-_{(aq)}$	$6.2 \times 10^{-10}$

لاحظ أن قيمة ثابت التآين أكبر لـ HF من HCN وهذا يدل على تآين أكبر للأول وبالتالي حمض

الهيدروفلوريك أقوى من حمض الهيدروسيانيك

مثال ص71: تأين حمض الهيدروفلوريك

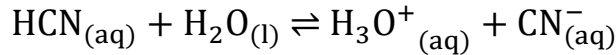


$$K_a = \frac{[H_3O^+][F^-]}{[HF]}$$

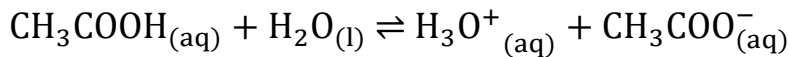
منهاجي  
متعة التعليم الهادف



🔍 أنحقق ص71: أكتب معادلة تأين كل من  $\text{HCN}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  وأعبر عن ثابت التأين لهما



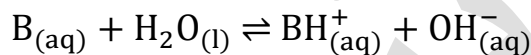
$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CN}^-]}{[\text{HCN}]}$$



$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

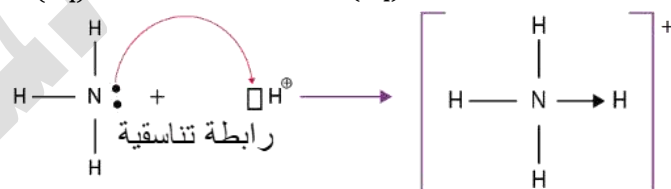
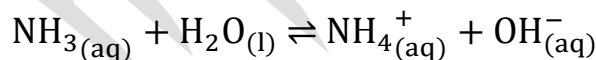
ملاحظة مهمة: أيون الهيدروجين يكون في بداية الحمض أما في الحموض العضوية مثل حمض الخليك، أيون الهيدروجين الذي يفصل عنه سيكون من نهايته

💡 القواعد الضعيفة تتأين جزئياً في الماء وتنتج أيون الهيدروكسيد  $\text{OH}^-$  وأيون آخر موجب



💡 القواعد الضعيفة تستقبل البروتون أي أيون الهيدروجين بوجود زوج إلكترونات حر على ذرة

في القاعدة فتتكون رابطة تناسقية ويتبقى أيون الهيدروكسيد لوحده



💡 يحتوي محلول القاعدة الضعيف تراكيز متزنة من جزيئات القاعدة

غير المتأينة B والأيونات الناتجة عنه ( $\text{OH}^-$ ,  $\text{BH}^+$ )

💡 موضع الاتزان في محاليل القواعد الضعيفة مزاح دائماً ناحية اليسار، تراكيز الأيونات صغير جداً

مقارنة بتركيز القاعدة غير المتأينة فتكون قيمة ثابت الاتزان لها أقل من 1

💡 نكتب ثابت الاتزان لمحلول القاعدة الضعيف

$$K_c = \frac{[\text{BH}^+][\text{OH}^-]}{[\text{B}][\text{H}_2\text{O}]}$$

💡 الماء مذيب وتركيزه ثابت في المحلول فندمجه مع ثابت الاتزان لينتج ثابت جديد: ثابت تأين

القاعدة  $K_b$

$$[\text{H}_2\text{O}]K_c = \frac{[\text{BH}^+][\text{OH}^-]}{[\text{B}]}$$

$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]}$$

? ما المقصود بثابت تأين القاعدة  $K_b$ ؟

ثابت الاتزان لتأين القاعدة الضعيفة في الماء

? ماذا نستفيد من معرفة ثابت تأين القاعدة  $K_b$ ؟

4- للمقارنة بين قوة القواعد وقدرتها على التأيين

5- لحساب تركيز أيون الهيدروكسيد  $[OH^-]$

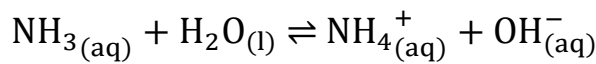
6- لحساب الرقم الهيدروجيني pH

☀ تتفاوت قدرة القواعد الضعيفة على التأيين، ويعدّ ثابت تأينها مقياساً كمياً لمدى تأينها

جدول يوضح قيم ثابت التأيين لعدد من القواعد عند درجة حرارة  $25^\circ C$

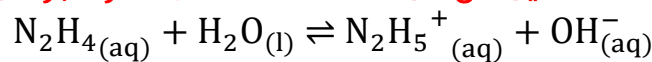
ثابت تأين القاعدة $K_b$	معادلة تأين القاعدة الضعيفة	القاعدة
$5.6 \times 10^{-4}$	$CH_3CH_2NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3CH_2NH_3^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$	إيثيل أمين
$4.4 \times 10^{-4}$	$CH_3NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3NH_3^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$	ميثيل أمين
$1.8 \times 10^{-5}$	$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$	الأمونيا
$1.3 \times 10^{-6}$	$N_2H_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons N_2H_5^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$	الهيدرازين

مثال ص72: تأين الأمونيا



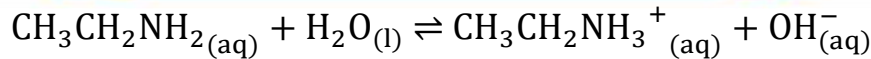
$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

? أتحقق ص73: أكتب معادلة تأين كل من  $CH_3CH_2NH_2$ ,  $N_2H_4$  وأعبر عن ثابت التأيين لهما



$$K_b = \frac{[N_2H_5^+][OH^-]}{[N_2H_4]}$$



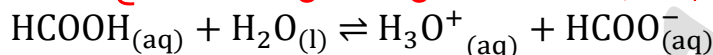


$$K_b = \frac{[\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_3^+][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2]}$$

في مستوى الثانوية العامة: سنتوسع في الحموض والقواعد ومفهوم كل منها مع مصطلحات جديدة كحمض مرافق وقاعدة مرافقة، أيضاً ستتعلم حسابات ثابت التأيّن، بالإضافة لحسابات الرقم الهيدروجيني وغير ذلك

### تدريبات خارجية + كيماشيك

(وزارة شتوية 2007) اكتب معادلة تفاعل الحمض  $\text{HCOOH}$  مع الماء



ملاحظة: هذا حمض الفورميك أو الميثانويك (حمض عضوي) والحموض العضوية تفقد الهيدروجين من طرفها الأيمن وليس من البداية

(وزارة صيفية 2007) إذا كان لديك الجدول الآتي الذي يحتوي على معلومات تتعلق

بالحمضين الضعيفين (1,2) ادرسه جيداً وأجب عن الأسئلة التي تليه

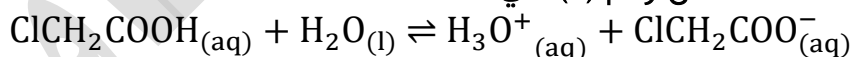
(تم التعديل على السؤال بما يناسب معلومات المستوى الحالي)

الرقم	الصيغة الكيميائية	ثابت تأين الحمض
1	$\text{CH}_3\text{COOH}$	$K_a = 1.74 \times 10^{-5}$
2	$\text{ClCH}_2\text{COOH}$	$K_a = 1.44 \times 10^{-4}$

1- ما المقصود بالحمض الضعيف؟

الحمض الضعيف: هو الحمض الذي يتأين جزئياً في الماء

2- اكتب معادلة تفكك الحمض رقم (2) في الماء



3- أيهما أقوى كحمض؟

الذي له قيمة  $K_a$  أعلى هو الأقوى، فيكون الحمض رقم (2) هو الأقوى

(وزارة شتوية 2008) اكتب صيغة الحمض الأقوى

الصيغة الكيميائية	ثابت تأين الحمض
$\text{HClO}$	$K_a = 3 \times 10^{-8}$
$\text{HNO}_2$	$K_a = 4.5 \times 10^{-4}$
$\text{CH}_3\text{COOH}$	$K_a = 1.8 \times 10^{-5}$

أعلى قيمة  $K_a$  تكون للحمض الأقوى وهو  $\text{HNO}_2$

## ورقة عمل: ثابت تأين الحموض والقواعد الضعيفة

أكمل كتابة معادلات التأين للحموض والقواعد الضعيفة الآتية مع تعبير ثابت التأين  $K_a$  أو



$K_b$ :

المعادلة	تعبير ثابت التأين
$\text{HClO}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons$	
$\text{N}_2\text{H}_4_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons$	
$\text{NH}_3_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons$	
$\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons$	

أجب بعلامة صح أو خطأ فيما يلي:



- 1- يحتوي المحلول المائي للأمونيا على أيونات الهيدروكسيد والأمونيوم فقط ( )
  - 2- حمض الهيدروفلوريك يتأين جزئياً في الماء بينما حمض الهيدروكلوريك يتأين بشكل كلي ولذا نقول عن الأول أنه حمض ضعيف والثاني حمض قوي ( )
  - 3- كلما ارتفعت قيمة ثابت التأين دل ذلك على ضعف ذلك الحمض أو القاعدة ( )
  - 4- يحوي المحلول المائي لحمض الخليك (الأسيتيك) على أيونات الهيدرونيوم و  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  وجزيئات غير متأينة من الحمض ( )
  - 5- إذا كانت  $K_a$  لحمض الأسيتيك تساوي  $1.8 \times 10^{-5}$  ولحمض الهيوبروموز تساوي  $2 \times 10^{-9}$  فإن ( )
- حمض الأسيتيك هو الأقوى من ناحية التأين ( )



## حل مراجعة الدرس الثاني

السؤال الأول: دلالة ثابت الاتزان للتفاعل الكيميائي

يدل ثابت الاتزان على نسبة تراكيز المواد الناتجة إلى المواد المتفاعلة عند وصول التفاعل إلى الاتزان، وهذه النسبة يُستفاد منها لمعرفة المردود الاقتصادي للتفاعل

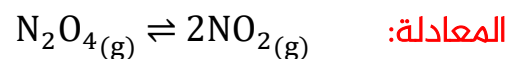
السؤال الثاني: تعريفات وهي متوفرة في المحتوى

السؤال الثالث: أكتب تعبير ثابت الاتزان بدلالة تراكيز المواد لكل من التفاعلات الآتية:

الفرع	التفاعل	تعبير ثابت الاتزان
أ.	$4\text{NH}_3(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NO}(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	$K_c = \frac{[\text{NO}]^4 [\text{H}_2\text{O}]^6}{[\text{O}_2]^5 [\text{NH}_3]^4}$
ب.	$\text{BaSO}_4(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$	$K_c = [\text{Ba}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}]$
ج.	$\text{Zn}(\text{s}) + \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cu}(\text{s})$	$K_c = \frac{[\text{Zn}^{2+}]}{[\text{Cu}^{2+}]}$
د.	$\text{CH}_3\text{NH}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{NH}_3^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$	$K_c = \frac{[\text{CH}_3\text{NH}_3^+][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{NH}_2]}$
هـ.	$\text{HClO}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{ClO}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$	$K_c = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{ClO}^-]}{[\text{HClO}]}$

ثابت الاتزان للحموض الضعيفة نكتبه أيضاً  $K_a$  وثابت الاتزان للقواعد الضعيفة  $K_b$

السؤال الرابع: أدخل 0.65 mol من غاز  $\text{N}_2\text{O}_4$  إلى وعاء حجمه 0.5 L وترك ليتفكك كما في



أحسب ثابت الاتزان إذا وُجد أن الوعاء يحتوي على 0.5 mol من  $\text{NO}_2$  عند الاتزان

نرسم جدول تقدم التفاعل بعد تحويل المولات إلى تراكيز

في بداية التفاعل  $[\text{N}_2\text{O}_4] = 0.65/0.5 = 1.3 \text{ M}$

عند الاتزان  $[\text{NO}_2] = 0.5/0.5 = 1 \text{ M}$

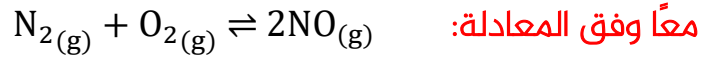
التراكيز	$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$	$\rightleftharpoons$	$2\text{NO}_2(\text{g})$
بداية التفاعل	1.3		0
التغير أثناء التفاعل	-x		+2x
عند الاتزان	$1.3-x \Rightarrow 0.8$		1

$$2x = 1 \Rightarrow x = 0.5 \text{ M}$$

$$1.3-x = 1.3-0.5 = 0.8 \text{ M}$$

$$K_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} \Rightarrow K_c = \frac{1 \times 1}{0.8} = 1.25$$

السؤال الخامس: أدخل 2 mol من كل من الأوكسجين والنتروجين إلى وعاء حجمه 1 L لتفاعل



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

نرسم جدول تقدم التفاعل بعد تحويل المولات إلى تراكيز

في بداية التفاعل  $[\text{N}_2] = 2/1 = 2 \text{ M}$

في بداية التفاعل  $[\text{O}_2] = 2/1 = 2 \text{ M}$

$$K_c = 1 \times 10^{-5}$$

التراكيز	$\text{N}_{2(g)}$	+	$\text{O}_{2(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2\text{NO}_{(g)}$
بداية التفاعل	2		2		0
التغير أثناء التفاعل	-x		-x		+2x
عند الاتزان	2-x		2-x		0+2x
التراكيز المحسوبة	$2 - 0.0032 = 1.997$		$2 - 0.0032 = 1.997$		$2 \times 0.0032 = 0.0064$

$$K_c = \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2][\text{O}_2]} = \frac{(2x)^2}{(2-x)(2-x)} = 1 \times 10^{-5}$$

$$\frac{(2x)^2}{(2-x)^2} = 0.00001$$

$$\sqrt{\frac{(2x)^2}{(2-x)^2}} = \sqrt{0.00001}$$

$$\frac{2x}{2-x} = 0.0032$$

$$2x = 0.0032(2-x)$$

$$2x = 0.0064 - 0.0032x$$

$$2.0032x = 0.0064$$

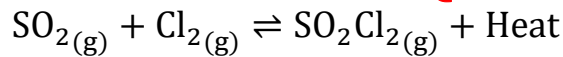
$$x = \frac{0.0064}{2.0032} = 0.0032 \text{ M}$$

## حل مراجعة الوحدة الخامسة: الاتزان الكيميائي

السؤال الأول: تعريفات متوفرة في المحتوى

السؤال الثاني: يتفاعل ثاني أكسيد الكبريت  $SO_2$  مع الكلور  $Cl_2$  وفق المعادلة الآتية:

أوضح أثر التغيرات الآتية على موضع الاتزان:



(a) زيادة تركيز  $Cl_2$

يُزاح موضع الاتزان جهة اليمين

(b) سحب  $SO_2Cl_2$  من الوعاء

يُزاح موضع الاتزان جهة اليمين

(c) تقليل كمية  $SO_2$  في وعاء التفاعل

يُزاح موضع الاتزان جهة اليسار

السؤال الثالث: أتوقع أثر خفض درجة الحرارة على موضع الاتزان للتفاعلين المتزنين الآتيين:

$C_2H_4(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons C_2H_5OH(g)$	$\Delta H = -46 \text{ kJ}$	يُزاح موضع الاتزان جهة اليمين
$N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$	$\Delta H = +90 \text{ kJ}$	يُزاح موضع الاتزان جهة اليسار

السؤال الرابع: أتوقع التفاعل الذي ينتج أكبر كمية من المواد عند زيادة الضغط الكلي المؤثر

في وعاء التفاعل بين التفاعلات الآتية:

عند زيادة الضغط يقل الحجم ويُزاح موضع الاتزان جهة المولات الأقل

أ. $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$	$n_R = 1 \quad n_P = 2$	يُزاح موضع الاتزان جهة اليسار
ب. $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$	$n_R = 4 \quad n_P = 2$	يُزاح موضع الاتزان جهة اليمين
ج. $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$	$n_R = 1 \quad n_P = 2$	يُزاح موضع الاتزان جهة اليسار
د. $CH_4(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + 3H_2(g)$	$n_R = 2 \quad n_P = 4$	يُزاح موضع الاتزان جهة اليسار

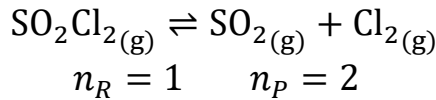
التفاعل (ب) هو الذي ينتج أكبر كمية من المواد عند زيادة الضغط الكلي

السؤال الخامس: أُنَبِّأُ بموضع الاتزان عند تقليل حجم الوعاء في العمليات الآتية مبرراً

تنبؤاتي:

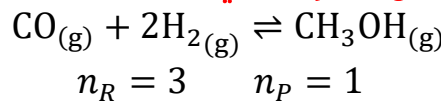
إذا قل حجم الوعاء يزداد الضغط فيُزاح موضع الاتزان نحو المولات الأقل

(a) تحلل المركب  $SO_2Cl_2$  كما في المعادلة:



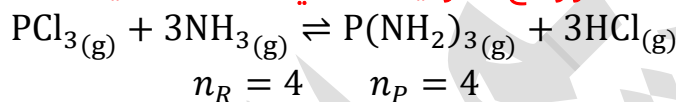
يُزاح موضع الاتزان جهة اليسار [المتفاعلات] بسبب المولات الأقل

(b) تحضير الميثانول كما في التفاعل المتزن الآتي:



يُزاح موضع الاتزان جهة اليمين [النواتج] بسبب المولات الأقل

(c) تفاعل ثلاثي كلوريد الفسفور مع الأمونيا كما في المعادلة الآتية:



لن يُزاح موضع الاتزان إلى أي جهة، لأن المولات نفسها على الطرفين

السؤال السادس: أكتب تعبير ثابت الاتزان  $K_c$  لكل من التفاعلات الآتية:

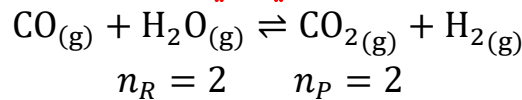
الفرع	التفاعل	تعبير ثابت الاتزان
أ.	$CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$	$K_c = [CO_2]$
ب.	$2N_2O_{5(g)} \rightleftharpoons 2N_2O_{4(g)} + O_{2(g)}$	$K_c = \frac{[O_2][N_2O_4]^2}{[N_2O_5]^2}$
ج.	$[Cu(H_2O)_4]^{2+}_{(aq)} + 4NH_{3(aq)} \rightleftharpoons [Cu(NH_3)_4]^{2+}_{(aq)} + 4H_2O_{(l)}$	$K_c = \frac{[[Cu(NH_3)_4]^{2+}]}{[NH_3]^4[[Cu(H_2O)_4]^{2+}]}$
د.	$HNO_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NO_{2(aq)}^- + H_3O_{(aq)}^+$	$K_c = \frac{[NO_2^-][H_3O^+]}{[HNO_2]}$
هـ.	$C_5H_5N_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_5H_5NH_{(aq)}^+ + OH_{(aq)}^-$	$K_c = \frac{[C_5H_5NH^+][OH^-]}{[C_5H_5N]}$

تذكر أن ثابت تأين الحمض الضعيف  $K_a$ ، أو القاعدة الضعيفة  $K_b$  إنما هو بالأصل ثابت الاتزان  $K_c$



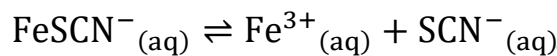
السؤال السابع: أفسر:

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



عند زيادة الضغط فإن موضع الاتزان يُزاح جهة المولات الأقل والعكس عند تقليل الضغط، مولات الغازات على طرفي المعادلة متساوية لذا لن يتأثر هذا التفاعل المتزن بتغيير عامل الضغط

ب- يمكن زيادة كمية الناتج  $\text{SCN}^-$  بترسيب أيونات الحديد  $\text{Fe}^{3+}$  من المحلول في التفاعل المتزن الآتي:



إذا ترسبت أيونات الحديد فإن تركيزها يقل في المحلول وبالتالي يُزاح موضع الاتزان جهة اليمين [النواتج] لتعويض نقصها من المحلول تبعاً لمبدأ لوتشاتيليه وبذلك تزداد كمية النواتج ومنها أيونات  $\text{SCN}^-$

السؤال الثامن: يبين الجدول الآتي نتائج دراسة ثابت الاتزان لتفاعل ما عند درجات حرارة

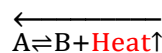
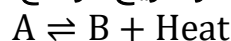
مختلفة، هل التفاعل ماص للحرارة أم طارد لها؟

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

نستنتج أنه كلما ازدادت درجة الحرارة قل ثابت الاتزان، وبما أن ثابت الاتزان هو:

$$K_{eq} = \frac{[\text{النواتج}]^a}{[\text{المتفاعلات}]^b}$$

فهذا يعني أن تركيز النواتج يقل كلما ازدادت درجة الحرارة، أي أن موضع الاتزان أزيح جهة المتفاعلات [يسار] فكانت هي الأكبر والنواتج هي الأقل، وهذا يحدث في التفاعل الطارد للحرارة، كلما زدنا درجة الحرارة في الطارد أزيح موضع الاتزان إلى اليسار



السؤال التاسع: تحضر الأمونيا  $NH_3$  بتسخين مزيج من غاز النيتروجين  $N_2$  وغاز الهيدروجين  $H_2$



عند ضغط معين كما في المعادلة الآتية:  $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$  وضُغِطت كمية من غازي النيتروجين والهيدروجين إلى وعاء حجمه 10 L وسُخِنت إلى درجة حرارة  $350^\circ C$  ليصل التفاعل إلى حالة الاتزان، حيث وُجد أن عدد مولات النيتروجين والهيدروجين والأمونيا عند الاتزان تساوي على الترتيب: 1.5, 5.75, 4.25

(a) أحسب ثابت الاتزان للتفاعل عند  $350^\circ C$

نحسب تراكيز الاتزان على قانون المولارية  $M=n(\text{mol})/V(L)$

$$[N_2]=4.25/10=0.425 \text{ M}$$

$$[H_2]=5.75/10=0.575 \text{ M}$$

$$[NH_3]=1.5/10=0.15 \text{ M}$$

$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} = \frac{0.15^2}{0.425 \times 0.575^3} = \frac{0.0225}{0.0808} = 0.278 = 2.78 \times 10^{-1}$$

(b) أقرن هذه النتيجة بقيم ثابت الاتزان في الجدول (1) وأبّر الاختلاف

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

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	$[N_2]_0 = 2$ $[H_2]_0 = 1$ $[NH_3]_0 = 3$	$[N_2] = 2.59$ $[H_2] = 2.77$ $[NH_3] = 1.82$	$K_c = 6.02 \times 10^{-2}$

النتيجة في الجدول  $= 6.02 \times 10^{-2}$  عند درجة

حرارة  $500^\circ C$  بينما عند  $350^\circ C$  كانت القيمة

المحسوبة  $2.78 \times 10^{-1}$

أي أن ثابت الاتزان كان أكبر عند درجة الحرارة الأقل،

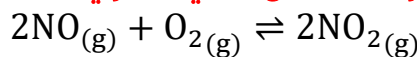
أي النواتج تزداد كلما قللنا درجة الحرارة، وهذا بسبب

أن تفاعل تكوين الأمونيا هو تفاعل طارد للحرارة،

فيُزاح موضع الاتزان ناحية اليمين [النواتج] عند

خفض درجة الحرارة

السؤال العاشر: وُجد أن ثابت الاتزان للتفاعل الآتي يساوي  $K_c = 4 \times 10^{13}$  عند  $25^\circ C$



(a) أتوقع المواد المتوافرة بكمية أكبر في وعاء التفاعل عند الاتزان

$$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[NO]^2[O_2]} = 4 \times 10^{13}$$

بما أن  $K_c > 1$  فإن المواد المتوافرة بكمية أكبر هي النواتج وهي  $NO_2$

(b) أحسب تركيز  $NO_2$  عندما يكون  $[NO]=[O_2]=2 \times 10^{-6} \text{ M}$

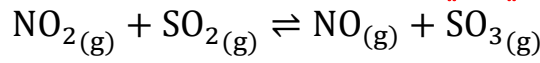
$$K_c \Rightarrow \frac{[NO_2]^2}{(2 \times 10^{-6})^2 \times 2 \times 10^{-6}} = 4 \times 10^{13}$$

$$[NO_2]^2 = (2 \times 10^{-6})^3 \times 4 \times 10^{13} = 8 \times 10^{-18} \times 4 \times 10^{13} = 32 \times 10^{-5}$$



$$\sqrt{[\text{NO}_2]^2} = \sqrt{32 \times 10^{-5}} \Rightarrow [\text{NO}_2] = 0.018 \text{ M}$$

السؤال 11: يحدث التفاعل الآتي في وعاء مغلق حجمه 1 L



أدخل 0.8 mol من الغازات الأربعة إلى وعاء التفاعل عند درجة حرارة معينة فوجد أن ثابت الاتزان للتفاعل عند درجة الحرارة نفسها يساوي 3.75 أحسب تراكيز هذه الغازات عند الاتزان

$$K_c = \frac{[\text{SO}_3][\text{NO}]}{[\text{SO}_2][\text{NO}_2]} = 3.75$$

التركيز هو نفسه المولات لأن الحجم 1 L

نرسم جدول تقدم التفاعل

التراكيز	$\text{NO}_{2(g)}$	+	$\text{SO}_{2(g)}$	$\rightleftharpoons$	$\text{NO}_{(g)}$	+	$\text{SO}_{3(g)}$
بداية التفاعل	0.8		0.8		0.8		0.8
التغير أثناء التفاعل	-x		-x		+x		+x
عند الاتزان	0.8-x		0.8-x		0.8+x		0.8+x
الحسابات	0.80-0.26=0.54		0.80-0.26=0.54		0.8+0.26=1.06		0.8+0.26=1.06

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

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

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

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

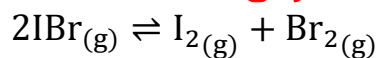
$$1.55 - 1.94x = 0.8 + x$$

$$0.75 = 2.94x$$

$$x = \frac{0.75}{2.94} = 0.255 \approx 0.26 \text{ M}$$

نعوض قيمة x في جدول تقدم التفاعل لحساب تراكيز المواد عند الاتزان

السؤال 12: يتحلل غاز بروميد اليود وفق المعادلة الآتية:



أحدى التجارب جرى فيها تحليل 0.1 mol من بروميد اليود في وعاء حجمه 1 L عند درجة حرارة 100°C وكان ثابت الاتزان يساوي 0.026. أحسب تراكيز المواد عند وصول التفاعل إلى حالة الاتزان



$$K_c = \frac{[Br_2][I_2]}{[IBr]^2} = 0.026$$

التركيز هو نفسه المولات لأن الحجم 1 L

نرسم جدول تقدم التفاعل

التركيز	$2IBr_{(g)} \rightleftharpoons I_{2(g)} + Br_{2(g)}$		
بداية التفاعل	0.1	0	0
التغير أثناء التفاعل	-2x	+x	+x
عند الاتزان	0.1-2x	x	x
التركيز المحسوبة	0.1-2(0.012)= 0.076 M	0.012 M	0.012 M

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

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

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

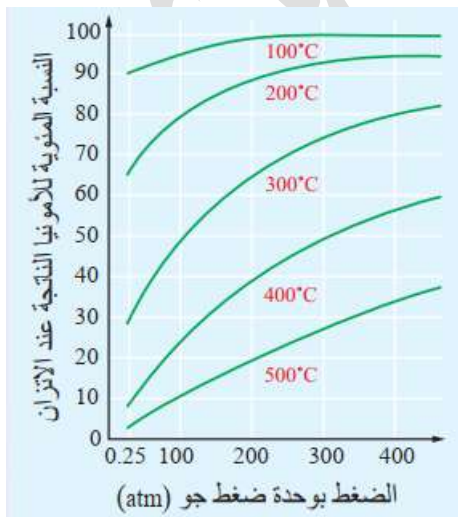
$$0.16(0.1 - 2x) = x$$

$$0.016 - 0.32x = x$$

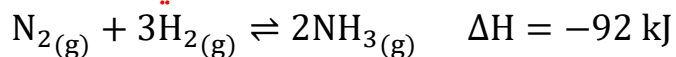
$$0.016 = 1.32x \Rightarrow x = \frac{0.016}{1.32} = 0.012$$

نعوض قيمة x في جدول تقدم التفاعل لحساب تراكيز المواد عند الاتزان

السؤال 13: تصنع الأمونيا بتسخين مزيج من غازي النيتروجين والهيدروجين بوجود عامل



مساعد من معدن المغنيتيت الصلب، كما في المعادلة الآتية:



ويبين الشكل المجاور نسبة الأمونيا الناتجة عند ظروف مختلفة

من الضغط ودرجة الحرارة، أدرس المنحنى وأجب عن الأسئلة

الآتية:

(a) أفسر: أستخدم مبدأ لوتشاتيليه لتفسير أثر زيادة درجة

الحرارة على نسبة الأمونيا الناتجة

تفاعل طارد للحرارة، كلما ازدادت درجة الحرارة أزيح موضع الاتزان جهة اليسار [المتفاعلات] وقلت نسبة الأمونيا الناتجة، من المنحنى نسبة الأمونيا عند 500°C أقل من نسبتها عند 100°C لذا يُفضل خفض درجة الحرارة لزيادة نسبة الأمونيا الناتجة

(b) أفسر: أستخدم مبدأ لوتشاتالييه لتفسير أثر زيادة الضغط على نسبة الأمونيا الناتجة

كلما ازداد الضغط قل الحجم وأزيح موضع الاتزان جهة المولات الأقل، أي جهة النواتج فتزيد نسبة الأمونيا الناتجة، من المنحنى عند درجة حرارة معينة مثلاً 200°C نجد أن نسبة الامونيا الناتجة أكثر عند 400 atm منها عند 100 atm

(c) أكتب تعبير ثابت الاتزان للتفاعل باستخدام تراكيز المواد، وكذلك باستخدام الضغوط الجزئية للغازات

$$K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{H}_2]^3[\text{N}_2]} \quad K_p = \frac{(P_{\text{NH}_3})^2}{(P_{\text{H}_2})^3(P_{\text{N}_2})}$$

السؤال 14: يبين الشكل المجاور النتائج التجريبية لخليط من الغازات (SO<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>) عند الاتزان،

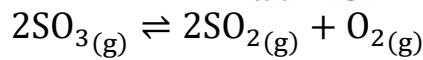
أدرس الشكل وأجب عن الأسئلة الآتية:

(a) أحدد المنحنى الذي يمثل المواد المتفاعلة والمنحنى الذي يمثل المواد الناتجة

المواد التي بدأت من الصفر ثم تزايدت: مادتان، أي أن المنحنيات الزرقاء للغازات (O<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>) وهي النواتج.

أما الذي بدأ كأكبر تركيز ثم تناقص فهو المادة المتفاعلة وهي مادة واحدة SO<sub>3</sub>

(b) أكتب معادلة التفاعل الموزونة



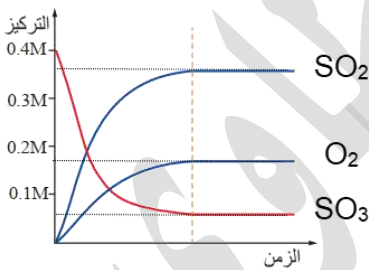
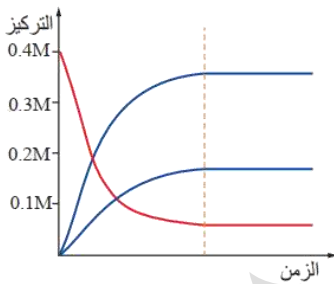
(c) أحسب ثابت الاتزان للتفاعل في ضوء هذه النتائج

إضافة: منحنى SO<sub>2</sub> أعلى من O<sub>2</sub> بسبب مولاته في المعادلة ولأنهما من البداية: صفر

$$K_c = \frac{[\text{SO}_2]^2[\text{O}_2]}{[\text{SO}_3]^2} = \frac{0.38^2 \times 0.18}{0.05^2} = 10.4$$

أو اعتمد إجابات الوزارة، القيم تم اعتبارها بشكل تقريبي من المنحنى

$$K_c = \frac{[\text{SO}_2]^2[\text{O}_2]}{[\text{SO}_3]^2} = \frac{0.4^2 \times 0.2}{0.1^2} = 3.1$$



السؤال 15: تغطي الأسنان طبقة من المعادن تسمى طبقة المينا، تعمل على حماية الأسنان

من التآكل:

من فقرة الإثراء والتوسع ص74 في الكتاب

(a) أسمى المعدن الأساسي التي تتكون منه هذه الطبقة

معدن هيدروكسي أباتيت  $Ca_5(PO_4)_3OH$

(b) أوضح عملية إزالة المعدن وأكتب معادلة كيميائية تبين ذلك

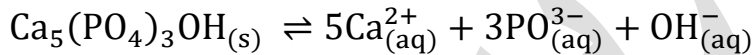
تتآكل الأسنان وتصاب بالتسوس نتيجة ذوبان معدن

هيدروكسي أباتيت المكوّن لطبقة المينا في الأسنان ويزيد من

التآكل تخمر السكريات في الفم فهي حمضية وتنتج أيونات  $H^+$  التي تتفاعل مع  $OH^-$  وأيونات

$PO_4^{3-}$  فيزاح موضع الاتزان ناحية اليمين أي يزيد تفكك معدن هيدروكسي أباتيت

وتآكل طبقة المينا



(c) أسمى المادة المستخدمة في إعادة بناء المعدن

تستخدم مركبات الفلور في معاجين الأسنان لإعادة تكوين المعدن، مثل: فلوريد الصوديوم

(d) أوضح كيفية بناء المعدن في الأسنان

يحل الفلور  $F^-$  الموجود في معاجين الأسنان محل  $OH^-$  في الهيدروكسي أباتيت فيتكون معدن

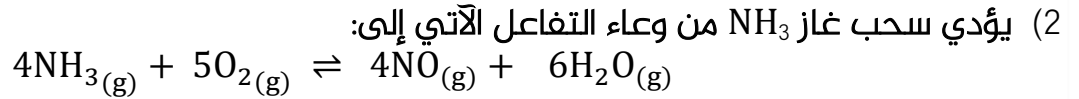
الفلورو أباتيت  $Ca_5(PO_4)_3F$  الذي يدخل في تكوين مينا الأسنان ويعيد تكوينها

السؤال 16: أختار الإجابة الصحيحة لكل فقرة في ما يأتي:

(1) أحدد التفاعل الذي ينتج كمية أكبر من النواتج عند زيادة الضغط المؤثر على وعاء التفاعل:

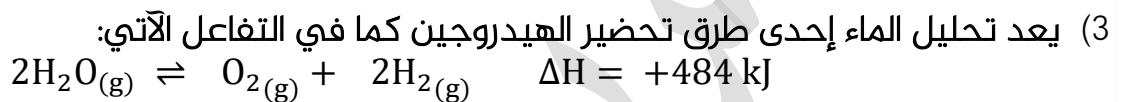
$I_2(g) + Br_2(g) \rightleftharpoons 2IBr(g)$	أ-
$2NH_3(g) \rightleftharpoons N_2(g) + 3H_2(g)$	ب-
$2NO(g) + Br_2(g) \rightleftharpoons 2NOBr(g)$	ج-
$CH_4(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + 3H_2(g)$	د-

الإجابة: ج



أ-	زيادة سرعة التفاعل الأمامي
ب-	زيادة إنتاج غاز NO
ج-	إزاحة موضع الاتزان نحو اليمين
د-	إزاحة موضع الاتزان نحو اليسار

الإجابة: د



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

أ-	زيادة درجة الحرارة
ب-	خفض درجة الحرارة
ج-	زيادة الضغط المؤثر
د-	إضافة كمية من غاز الأكسجين

الإجابة: أ

(4) العبارة الصحيحة في ما يتعلق بالتفاعل عند الاتزان في ما يأتي:

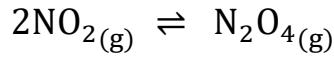
أ-	تراكيز المواد الناتجة مساو لتراكيز المواد المتفاعلة
ب-	موضع الاتزان مزاح نحو تكوين المواد المتفاعلة
ج-	سرعة التفاعل الأمامي مساوية لسرعة التفاعل العكسي
د-	تعتمد قيمة ثابت الاتزان على التراكيز الابتدائية للمواد في التفاعل

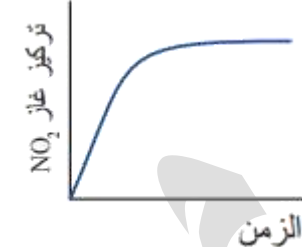
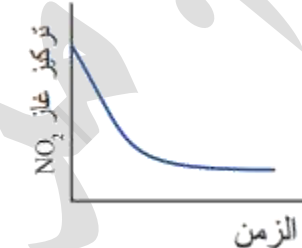
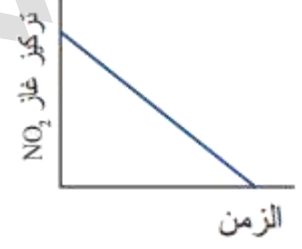
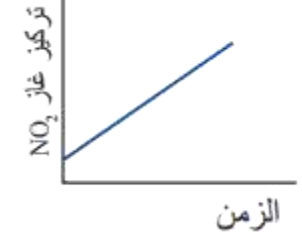
الإجابة: ج





(5) الشكل الذي يعبر عن تغير تركيز NO<sub>2</sub> في أثناء سير التفاعل والوصول إلى حالة الاتزان للتفاعل الآتي هو:



		أ-
		ب-
		ج-
		د-

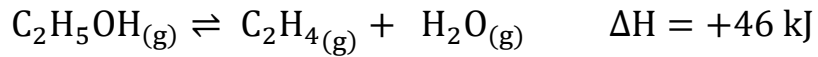
الإجابة: ب

بالتعاون مع  
جمهورية الأردن

يُلحق ببنك أسئلة أوكسجين



## بنك أوكسجين الوحدة الخامسة: الاتزان الكيميائي

1. لنحصل على أكبر كمية من  $C_2H_4$  في التفاعل الآتي:

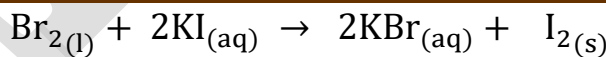
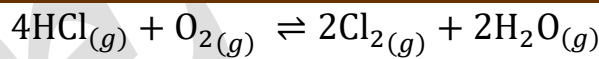
a	التسخين	b	تقليل $C_2H_5OH$	c	تقليل الضغط	d	a + c
---	---------	---	------------------	---	-------------	---	-------

2. إذا رفعنا درجة الحرارة في التفاعل الآتي  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) + \Delta H$ 

فإنَّ .....

a	موضع الاتزان إلى اليسار	b	موضع الاتزان إلى النواتج	c	تزداد كمية الأمونيا	d	لا يتأثر موضع الاتزان
---	-------------------------	---	--------------------------	---	---------------------	---	-----------------------

3. تفاعل مما يلي يُعد تفاعلاً منعكساً:



4. العوامل التي تؤثر على الاتزان هي:							
a	التركيز	b	درجة الحرارة	c	الضغط	d	جميع ما ذكر

5. إذا وصل التفاعل إلى حالة الاتزان فإن التراكيز تثبت وتتساوى على الطرفين

a	صح	b	خطأ
---	----	---	-----

6. التفاعل الماص للطاقة يفضل رفع درجة الحرارة لزيادة المردود الاقتصادي للتفاعل

a صح

b خطأ

7. إذا علمت أن محلول الكرومات أصفر اللون، ومحلول الديكرومات برتقالي اللون، ووصل ذلك

التفاعل إلى حالة الاتزان فكان أقرب إلى البرتقالي، ثم زدنا كمية الديكرومات فإن لون

المحلول يصبح:  $2\text{CrO}_4^{2-}(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

a برتقالياً

b أصفرًا

c برتقالي غامق

d عديم اللون

8. في التفاعل السابق قللنا حجم الوعاء فإن موضع الاتزان سوف:

$2\text{CrO}_4^{2-}(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

a يُزاح لليمين

b يُزاح لليسار

c لن يتأثر

d لا شيء مما ذكر

9. إذا وصل التفاعل الآتي إلى الاتزان ثم قللنا حجم الوعاء فإنه:

$\text{COCl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$

a تزداد سرعة التفاعل الأمامي

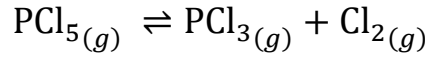
b تزداد سرعة التفاعل العكسي

c تقل سرعة التفاعل الأمامي

d لا يتأثر الاتزان

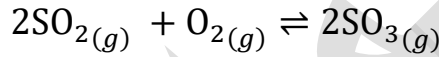


10. إذا وصل التفاعل الآتي إلى الاتزان فأى العبارات الآتية خاطئة:



a	إضافة $\text{PCl}_3$ إلى الوعاء يزيح موضع الاتزان لإنتاج المزيد من $\text{PCl}_5$
b	تقليل حجم الوعاء يزيح موضع الاتزان لإنتاج المزيد من $\text{PCl}_5$
c	سحب كمية من $\text{PCl}_5$ يزيح موضع الاتزان لإنتاج المزيد من $\text{PCl}_3$
d	زيادة الضغط الكلي في الوعاء يزيح موضع الاتزان لإنتاج المزيد من $\text{PCl}_5$

11. عند تقليل حجم الوعاء لهذا التفاعل فإن تراكيز المواد ستتغير على النحو الآتي:



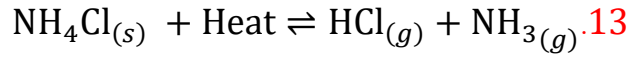
a	$\uparrow [\text{SO}_3]$ $\downarrow [\text{SO}_2]$ $\downarrow [\text{O}_2]$
b	$\uparrow [\text{SO}_3]$ $\uparrow [\text{SO}_2]$ $\downarrow [\text{O}_2]$
c	$\downarrow [\text{SO}_3]$ $\uparrow [\text{SO}_2]$ $\uparrow [\text{O}_2]$
d	$\downarrow [\text{SO}_3]$ $\downarrow [\text{SO}_2]$ $\uparrow [\text{O}_2]$

12.  $\text{NO}_2(g) + \text{CO}(g) \rightleftharpoons \text{NO}(g) + \text{CO}_2(g)$

يحدث التفاعل السابق في وعاء مغلق، فما المؤثر الذي سيزيح الاتزان إلى اليسار؟

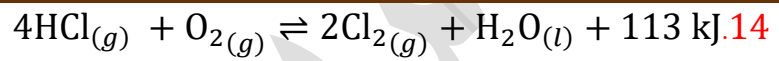
a	إضافة CO إلى وعاء التفاعل
b	زيادة الضغط الكلي داخل الوعاء
c	زيادة تركيز NO في الوعاء
d	سحب بعض $\text{CO}_2$ من الوعاء





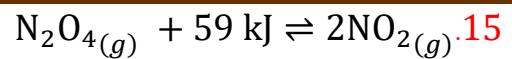
ما العامل الذي سيزيح الاتزان السابق إلى اليمين لإنتاج المزيد من المواد الناتجة

a	خفض الضغط الكلي
b	زيادة تركيز HCl
c	زيادة في ضغط NH <sub>3</sub>
d	خفض درجة الحرارة

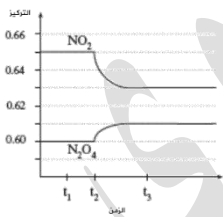


ما العامل الذي سيزيح موضع الاتزان إلى المواد الناتجة

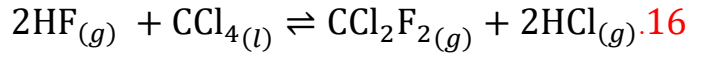
a	تسخين النظام
b	إضافة الماء إلى النظام
c	سحب جزء من الأكسجين
d	رفع الضغط في النظام



من خلال الرسم البياني فإن العامل المؤثر على اتزان التفاعل في نقطة t<sub>2</sub> هو:

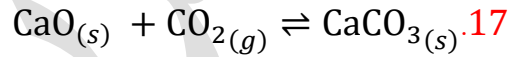


a	رفع درجة الحرارة
b	خفض درجة الحرارة
c	إضافة كمية من المتفاعلات
d	خفض الضغط الكلي



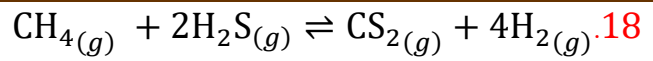
ماذا يحدث لموضع الاتزان عند زيادة كمية رباعي كلوريد الكربون السائل إلى التفاعل؟

a	يُزاح موضع الاتزان إلى اليمين
b	يُزاح موضع الاتزان إلى اليسار
c	لا يتأثر موضع الاتزان لأن هذا السائل نقي ولا يتغير تركيزه
d	لا شيء مما ذكر



ماذا يحدث لاتزان التفاعل في حال أزلنا كمية من كربونات الكالسيوم منه

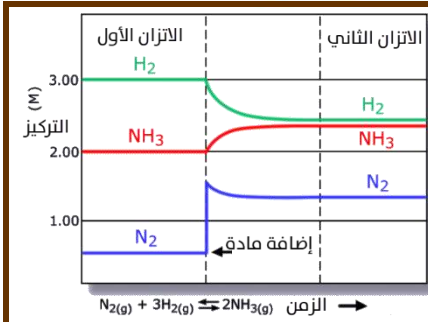
a	يُزاح إلى اليمين
b	يُزاح إلى اليسار
c	يزداد الضغط
d	يبقى التفاعل في حالة اتزان



ما التأثير الذي سيزيح موضع الاتزان إلى جهة النواتج؟

a	تقليل تركيز $\text{H}_2\text{S}$
b	تقليل تركيز $\text{CS}_2$
c	زيادة تركيز $\text{CS}_2$
d	تقليل تركيز $\text{CH}_4$





19. في التفاعل المتزن لإنتاج الأمونيا من تفاعل الهيدروجين مع النيتروجين، تم إضافة كمية إضافية في وعاء التفاعل بعد أن وصل إلى الاتزان كما يتضح من منحنى الاتزان في الشكل المجاور، وضح نوع العامل الذي أثر على الاتزان الأول

a	التركيز	b	درجة الحرارة	c	الضغط	d	الحجم
---	---------	---	--------------	---	-------	---	-------

20. من خلال منحنى الاتزان في سؤال 19 فإن موضع الاتزان تمت إزاحته نحو

a	الأمونيا	b	النيتروجين	c	الهيدروجين	d	ثابت لم يتغير
---	----------	---	------------	---	------------	---	---------------

21. توصل العالمان كاتو جولديبيرج وبيتر وييج إلى قانون فعل الكتلة

a	صح	b	خطأ
---	----	---	-----

22. قيمة ثابت الاتزان للتفاعل المتزن يتغير بعوامل التركيز والضغط ودرجة الحرارة

a	صح	b	خطأ
---	----	---	-----

23. حتى يكون مردود التفاعل أكبر فلا بد أن تكون .....

a	$K_c > 1$	b	$K_c < 1$	c	$K_c = 1$	d	لا شيء مما ذكر
---	-----------	---	-----------	---	-----------	---	----------------

24. نعبر عن ثابت الاتزان بدلالة:

a	تراكيز المواد	b	ضغوط الغازات	c	مولات المواد	d	a + b
---	---------------	---	--------------	---	--------------	---	-------

25. إحدى المواد الآتية لا نكتبها في تعبير ثابت الاتزان:

a	$\text{CH}_4(g)$	b	$\text{CaCO}_3(s)$	c	$\text{OH}^-(aq)$	d	$\text{H}_2\text{O}(g)$
---	------------------	---	--------------------	---	-------------------	---	-------------------------

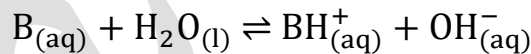
26. نعوض في ثابت الاتزان التراكيز الابتدائية

a	صح	b	خطأ
---	----	---	-----

27. الحموض الضعيفة تتأين بشكل جزئي منتجة أيون الهيدروكسيد

a	صح	b	خطأ
---	----	---	-----

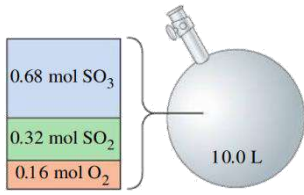
28. وفق المعادلة الآتية للتأين: كلما زادت ..... دلّ على أن التأين الجزئي أكبر



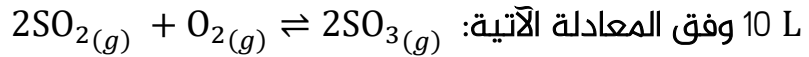
a	$K_b$	b	$\text{H}_2\text{O}$	c	جزيئات B	d	b + c
---	-------	---	----------------------	---	----------	---	-------

29. أحد التفاعلات الآتية يعد متجانساً

a	$\text{CH}_4(g) + 2\text{H}_2\text{S}(g) \rightleftharpoons \text{CS}_2(g) + 4\text{H}_2(g)$
b	$\text{CaO}(s) + \text{CO}_2(g) \rightleftharpoons \text{CaCO}_3(s)$
c	$2\text{HF}(g) + \text{CCl}_4(l) \rightleftharpoons \text{CCl}_2\text{F}_2(g) + 2\text{HCl}(g)$
d	$\text{Ti}(s) + 2\text{Cl}_2(g) \rightleftharpoons \text{TiCl}_4(s)$



30. وصل التفاعل الآتي إلى الاتزان بتلك الكميات داخل وعاء حجمه



فإن ثابت الاتزان للتفاعل يساوي .....

$$7.5 \times 10^{-3}$$

d

$$3.6 \times 10^{-3}$$

c

$$2.8 \times 10^2$$

b

$$1.3 \times 10^2$$

a

31. في التفاعل السابق في سؤال 30 تم زيادة الضغط في الوعاء بحيث أصبح الضغط الكلي 5 L فإن قيمة Kc الجديدة تساوي .....

نصف القيمة السابقة

a

ضعف القيمة السابقة

b

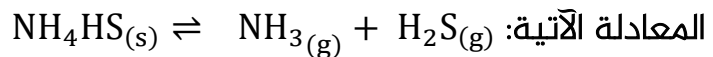
خمسة أضعاف القيمة السابقة

c

نفس القيمة السابقة

d

32. وُضعت عينة من NH<sub>4</sub>HS في وعاء مغلق عند درجة حرارة الغرفة، فما الضغط الكلي لخليط الغازات في وعاء التفاعل عند الاتزان إذا علمت أن Kp للتفاعل تساوي 0.108 وفق



$$6.08$$

d

$$0.329$$

c

$$0.658$$

b

$$0.216$$

a

33. إذا علمت أن Kc للتفاعل الآتي:

$$2\text{SO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{SO}_{3(g)}$$

تساوي  $2.8 \times 10^2$  عند درجة حرارة 1000 K وفي وعاء مغلق حجمه 1 L فهل التراكيز الآتية على الترتيب هي لتراكيز الاتزان؟ [SO<sub>2</sub>]=0.455 M [O<sub>2</sub>]=0.183 M [SO<sub>3</sub>]=0.568 M

لا

b

نعم

a



34. قيمة ثابت الاتزان لا تتغير بتغير تراكيز المواد المتفاعلة طالما بقيت درجة الحرارة ثابتة

a	صح
b	خطأ

35. إذا كانت قيمة ثابت الاتزان  $K_c$  للتفاعل:  $2\text{HCl}_{(g)} \rightleftharpoons \text{H}_{2(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$  تساوي  $2.5 \times 10^{-32}$  فإن هذا يدل على أن:

a	تركيز المواد المتفاعلة المتبقية من التفاعل كبيرة جداً
b	تركيز HCl المتبقي منخفض جداً
c	التفاعل وصل إلى درجة قريبة من الاكتمال
d	تركيز $\text{H}_2$ المتكون كبير جداً

36. إذا كانت قيمة ثابت الاتزان  $K_c$  لتفاعل متزن تساوي  $1.5 \times 10^{-10}$  فهذا يدل على أن:

a	سرعة التفاعل في الاتجاه الأمامي أكبر من سرعة التفاعل في الاتجاه العكسي
b	التفاعل يسير باتجاه تكوين كميات كبيرة من النواتج
c	موضع الاتزان مُزاح نحو تكوين المواد المتفاعلة
d	تركيز المواد الناتجة عند الاتزان كبير جداً

37. في التفاعل المتزن الآتي:  $\text{CO}_{(g)} + \text{Cl}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{COCl}_{2(g)}$

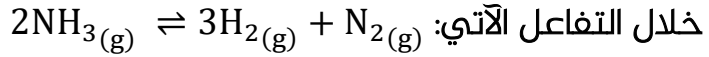
إذا تم التفاعل في وعاء حجمه 10 L وعدد المولات للمواد:

$\text{CO} = 0.2$   $\text{Cl}_2 = 0.4$   $\text{COCl}_2 = 0.048$  فإن قيمة ثابت الاتزان تساوي .....

a	6	b	60	c	2.4	d	0.5
---	---	---	----	---	-----	---	-----



38. أدخل 16 mol من غاز الأمونيا في وعاء حجمه 10 L فبدأ بالتفكك حتى حدث الاتزان من



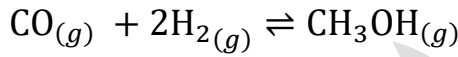
خلال التفاعل الآتي: 4 mol فاحسب ثابت الاتزان للتفاعل

4.66	d	0.046	c	21.87	b	25.87	a
------	---	-------	---	-------	---	-------	---

39. لتحضير الميثانول CH<sub>3</sub>OH أدخل إلى وعاء التفاعل المغلق وحجمه 2L: 2 mol من أول

أكسيد الكربون مع 4 mol من الهيدروجين وعند الوصول إلى الاتزان وجد أن تركيز

CH<sub>3</sub>OH يساوي 0.4 M فاحسب قيمة Kc لهذا التفاعل حسب المعادلة الآتية:



2.16	d	46.2	c	4.62	b	0.462	a
------	---	------	---	------	---	-------	---

40. في النظام المتزن الآتي:  $3\text{Fe}(\text{s}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s}) + 4\text{H}_2(\text{g})$

عند زيادة الضغط فإن.....

a	قيمة ثابت الاتزان K <sub>p</sub> تزداد
b	موضع الاتزان يُزاح نحو النواتج
c	موضع الاتزان لا يتأثر
d	قيمة ثابت الاتزان K <sub>p</sub> تقل

دعواتي لكم بالتوفيق وتحقيق أمنياتكم العظيمة

م. مريم السرطاوي

