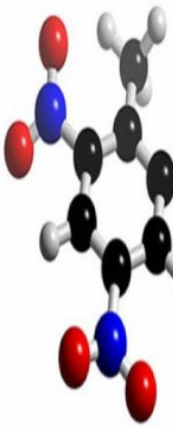
Chemistry Rawda روضة الكيمياء

روضة الكيمياء

Chemistry Rawda Group



الاتزان الكيميائي

hghhg h

إعداد

الإسم	المنطقة التعليمية
أ /دلال الدوسرى	الاحمدى
أ/ نهي حامد	الاحمدي
أ/ عواطف الشمرى	الجهراء
أ/ محمود النادي	الفروانية

الرجاء الدعاء لمن أعد هذه المذكرة

Chemistry Rawda روضة الكيمياء

سرعة التفاعل الكيميائي والإتزان الكيميائي

أولاً : سرعة التفاعل الكيميائي

ما هي سرعة التفاعل الكيميائي ؟

كمية المتفاعلات التي يحدث لها تغير في خلال وحدة الزمن

فمثلاً : يتم التفاعل بين المغنيسيوم و الأكسجين بسرعة عند احتراق شريط من المغنيسوم في الهواء وتكوين أكسيد المغنيسيوم وظهور لهب ساطع ، بينما يتم التفاعل بين الحديد والأكسجين ببطء عند صدأ مسمار حديدي .

ملحوظة : تقاس سرعة التفاعل الكيميائي بالتغير في عدد المولات خلال فترة زمنية معينة

مثال 1: في الشكل المقابل ما دلائل حدوث التفاعل ؟ **ظهور الصدأ**

- هل كان من الممكن أن يحدث التفاعل بغياب الأكسجين ؟ **لا**
- اكتبي معادلة هذا التفاعل ؟ $4Fe + 3O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3$

ما هي معادلة عملية البناء الضوئي ؟ $6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$

مثال 2: عملية لحام الفلزات تتضمن تفاعل كيميائي يتخلله احتراق الايثاين مع الأكسجين (تفاعل

- علل :يستخدم العامل نظارة خاصه خلال عملية التلحيم ؟

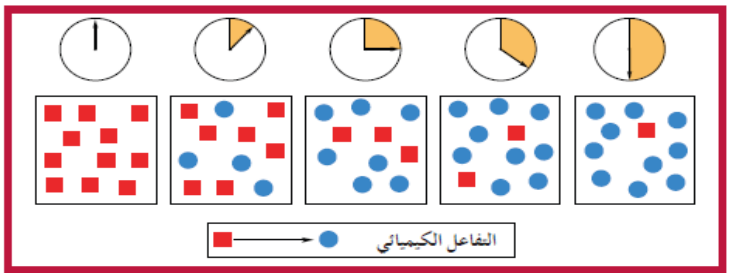
لحماية عينيه وتقيها من وهج اللهب الناتج من عملية احتراق الايثاين وهو طارد للحرارة

-مثال 3 : يوضح الشكل أربع عمليات تحدث بسرعات مختلفة .

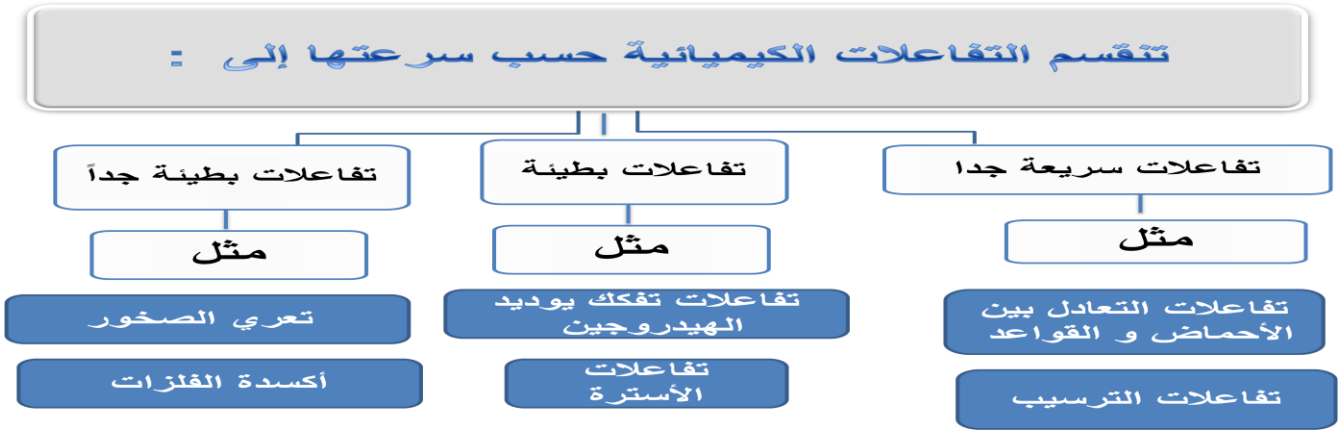
أ) صدأ الحديد ب) احتراق الشمعة ج) التقدم فى السن د) نضج الفاكهة

-رتب العمليات الأربع وفقاً لسرعة حدوثها ؟

يوضح الشكل تطور تفاعل كيميائي ما . مع مرور الوقت ، تتناقص كمية المتفاعلات (المربعات) وتزداد كمية النواتج (الدوائر) .



$$\text{معدل التفاعل (سرعته)} = \frac{\text{التغير في تركيز إحدى المواد المتفاعلة أو الناتجة}}{\text{زمن هذا التغير}} = \frac{\text{مول/ لتر}}{\text{ثانية}}$$



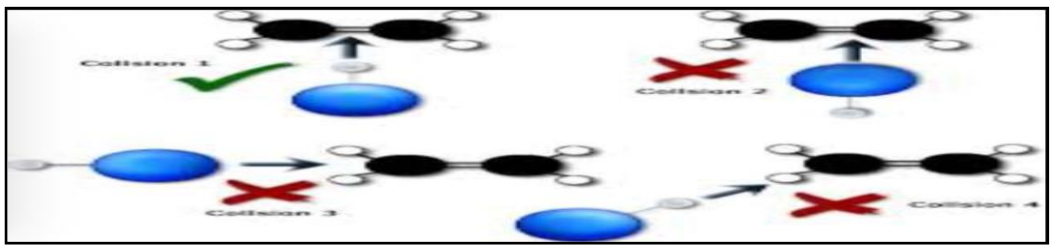
ترتبط سرعة التفاعل الكيميائي بسرعة حدوث التصادمات بين جسيمات المواد المتفاعلة فعندما تكون التصادمات قوية وسريعة يكون التفاعل سريع ، وعندما تكون التصادمات ضعيفة وبطيئة يكون التفاعل بطئ :

لذلك" ترتبط التغيرات المرئية الناتجة من التفاعلات الكيميائية بالتغير في خواص الذرات والأيونات والجزيئات المنفردة "

فمثلاً : عند تفاعل فلز الصوديوم (فلز له بريق فضي وهو سام) مع غاز الكلور (لونه أصفر باهت وهو سام) يتكون كلوريد الصوديوم (عديم اللون وهو ملح الطعام)

لذلك يعرف **التفاعل الكيميائي** " تغير في صفات المواد المتفاعلة وظهور صفات جديدة في المواد الناتجة "

تنص نظرية التصادم : أن الذرات والأيونات والجزيئات يمكن أن تتفاعل وتكون نواتج عندما يصطدم بعضها ببعض بطاقة حركية كافية وفي الاتجاه الصحيح .



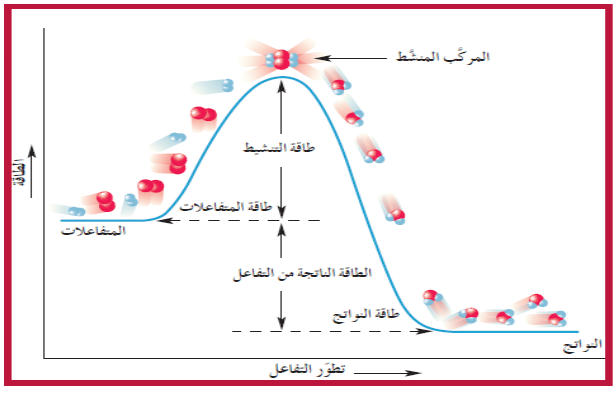
ملاحظات هامة على نظرية التصادمات

1 – الجسيم الذي يفتقر إلى طاقة حركية كافية للتفاعل والاندفاع في الاتجاه الصحيح فأنه يرتد بعيداً بعد الاصطدام ولا يتفاعل

2 – لكي يصطدم الجسيم بجسيم اخر لإحداث تفاعل كيميائي عليه ان يمتلك طاقة حركية كافية للاصطدام في الاتجاه الصحيح تمكنه من تخطي حاجز طاقة التنشيط وتكوين المواد الناتجة .

طاقة التنشيط	هي أقل كمية من الطاقة يحتاجها الجسيم للتفاعل . تعتبر بمثابة حاجز يجب أن تعبره المواد المتفاعلة لتتحول إلى نواتج
المركب المنشط	. جسيمات تظهر في خلال التفاعل لا تكون من المواد المتفاعلة ولا الناتجة ، . هي تتكون لحظياً عند قمة حاجز طاقة التنشيط (ترتيب مؤقت للجسيمات التى لها طاقة كافية لكى تكون مواد متفاعلة أو مواد ناتجة) . مركب غير مستقر بدرجة كبيرة يتفكك بسرعة إلى المواد المتفاعلة أو يستمر لتكوين النواتج إذا توفرت طاقة كافية وتوجه صحيح للذرات . . تبلغ فترة عمره حوالى 10^{-13} s . يسمى المركب المنشط أحياناً بالحالة الانتقالية .

المركب المنشط : ترتيب مؤقت للجسيمات التي لها طاقة كافية لتكوين مواد متفاعلة أو مواد ناتجة



* فسرت نظرية التصادم التفاعلات الطبيعية التي تحدث ببطء شديد ، ويتعذر قياسها عند درجة حرارة الغرفة تفاعل الكربون والأكسجين عندما يحترق الفحم.

علل: سرعة تفاعل الكربون مع الأكسجين عند درجة حرارة الغرفة تساوى صفراً

ج- يملك هذا التفاعل طاقة تنشيط كبيرة ولكن ، عند درجة حرارة الغرفة ، لا تكون تصادمات جزيئات الأكسجين والكربون فعالة ونشطة بدرجة كافية لكسر روابط O-O و C-C

اجب عن جميع الأسئلة التالية :

السؤال الأول : اكتب بين القوسين الاسم أو المصطلح العلمي الذي تدل عليه كل عبارة من العبارات التالية :

1) الذرات والأيونات والجزيئات يمكن أن تتفاعل وتكون نواتج عندما يصطدم ببعضها ببعض بطاقة حركية كافية وفي الاتجاه الصحيح [نظرية التصادم]

2) كمية المتفاعلات التي يحدث لها تغير في خلال وحدة الزمن [سرعة التفاعل]

3) أقل كمية من الطاقة يحتاجها الجسيم للتفاعل [طاقة التنشيط]

4) ترتيب مؤقت للجسيمات التي لها طاقة كافية لتكوين مواد متفاعلة أو مواد ناتجة [مركب المنشط]

السؤال الثاني : املأ الفراغات في الجمل التالية بما يناسبها :

1) تساوي سرعة التفاعل بين الكربون والأكسجين عند درجة حرارة الغرفة القيمة **الصفرية** .

2) طبقاً لنظرية التصادمات لكي يكون الجسيم قادراً على إحداث تفاعل كيميائي عليه ان يمتلك **طاقة حركية كافية** للاصطدام في الاتجاه الصحيح .

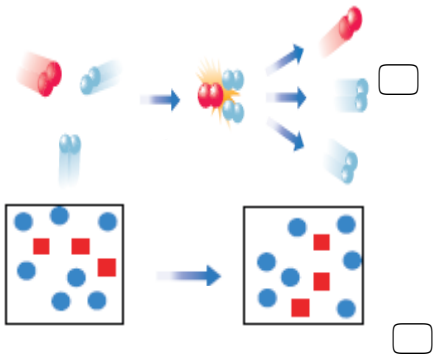
3) خلال حدوث التفاعل الكيميائي تظهر جسيمات عند قمة حاجز طاقة التنشيط لا تكون من المواد المتفاعلة أو الناتجة تسمى هذه الجسيمات بـ **المركب المنشط**

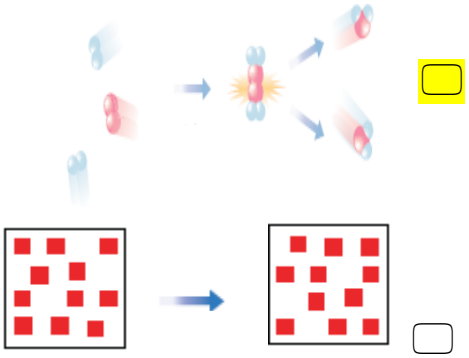
4) طاقة التنشيط لتفاعل الكربون مع الأكسجين عند احتراق الفحم **اكبر من** طاقة التنشيط لتفاعل الكربون مع الأكسجين عند درجة حرارة الغرفة .

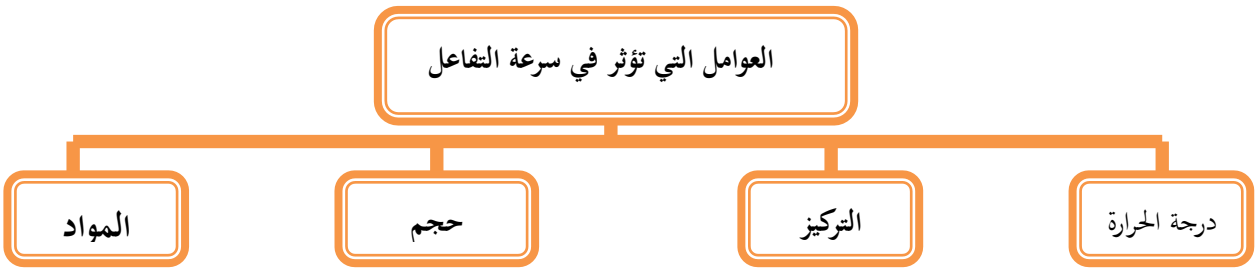
5) يتلخص دور المادة المحفزة في التصادم بين الجزيئات في أنها **تعبر** حاجز طاقة التنشيط

السؤال الثالث : ضع علامة (√) أمام الإجابة الصحيحة التي تكمل كلا من الجمل التالية :

1 – طبقاً لنظرية التصادمات فأن الشكل الذي يعبر عن تصادم مؤثر لجزيئات المتفاعلات لتكوين النواتج هو







أولاً : تأثير درجة الحرارة في سرعة التفاعل الكيميائي

– تزداد سرعة جميع التفاعلات الكيميائية تقريباً بارتفاع درجة الحرارة (علل)

" لأن ارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى زيادة عدد الجسيمات ذات الطاقة الحركية الكافية لتخطي حاجز طاقة التنشيط وتكوين المواد الناتجة بسرعة أكبر"

كما أن" سرعة حركة الجسيمات في درجات الحرارة المرتفعة أكبر من سرعتها في درجة الحرارة المنخفضة فيزداد تصادمها مع بعضها البعض ".

–يشتعل عود الثقاب بمجرد حكه . (علل)

" لأن الحرارة المتولدة من احتكاك عود الثقاب كافية لاستمرار الاشتعال "

– لا يحترق الفحم بسرعة يمكن قياسها في درجة حرارة الغرفة ولكن عندما يلامس الفحم اللهب تزداد سرعة التفاعل (علل)

" في درجة حرارة الغرفة لا تكون التصادمات بين جزيئات الأكسجين والكربون نشطة وفعالة لتخطي حاجز طاقة التنشيط ولكن بارتفاع درجة الحرارة

تصطدم ذرات المتفاعلات (الكربون والأكسجين) بطاقة وتواتر تصادمي أكبر فتزداد سرعة التفاعل "

– يستمر التفاعل بين الكربون والأكسجين دون الحاجة إلى مصدر طاقة خارجي بعد إزالة اللهب (علل)

– " لأن الحرارة المنطلقة من عملية الاحتراق تمد التفاعل بالطاقة الكافية لتخطي حاجز طاقة التنسيط وتكوين المواد الناتجة (CO_2) "

ثانياً : تأثير التركيز في سرعة التفاعل الكيميائي

– تؤدي زيادة تركيز المتفاعلات في حجم محدد إلى زيادة سرعة التفاعل الكيميائي (علل)

" لأن زيادة تركيز المتفاعلات في حجم محدد يزيد من عدد الجسيمات المتفاعلة فيزداد عدد التصادمات بينها وتزداد سرعة التفاعل "

– يزداد توهج رقاقة من الخشب عند ادخالها زجاجة تحتوي على غاز الأكسجين النقي (علل)

" لأن زيادة تركيز غاز الأكسجين تزيد من عدد الجسيمات المتفاعلة فيزداد عدد التصادمات فيزداد تفاعل الاحتراق "

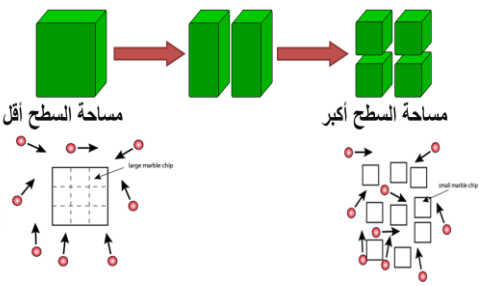
– يمنع التدخين في المناطق التي تستخدم فيها الأنابيب المعبأة بالأكسجين (علل)

" خوفاً من اشتعالها وانفجارها لأن غاز الأكسجين يساعد على الاشتعال وزيادة تركيزه تؤدي إلى زيادة تفاعل الاحتراق "

ثالثاً : تأثير حجم الجسيمات في سرعة التفاعل الكيميائي

– يؤدي تقليل حجم الجسيمات إلى زيادة سرعة التفاعل الكيميائي (علل)

" لأن تقليل حجم الجسيمات يؤدي إلى زيادة مساحة السطح وزيادة كمية المادة المتفاعلة المعرضة للتفاعل فيزداد معدل التصادمات فتزداد سرعة التفاعل "

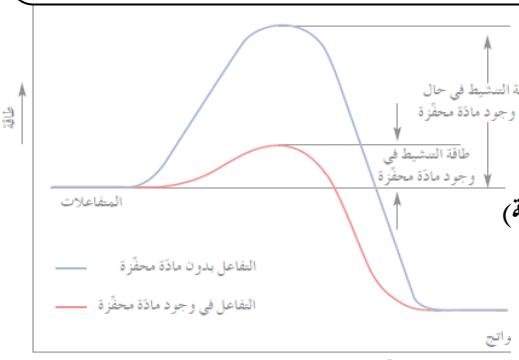


س– يدرك عمال المناجم أن الكتل الكبيرة من الفحم لا تمثل خطراً كبيراً بقدر غبار الفحم المعلق والمتناثر في الهواء (علل)

" لأن تقليل حجم الجسيمات يؤدي إلى زيادة مساحة السطح وزيادة كمية المادة المتفاعلة المعرضة للتفاعل وهذا يعني أن غبار الفحم نشط للغاية وقابل للانفجار "

رابعاً : تأثير المواد المحفزة في سرعة التفاعل الكيميائي

المادة المحفزة : مادة تزيد من سرعة التفاعل الكيميائي دون استهلاكها ، إذ يمكن بعد توقف التفاعل استعادتها من المزيج المتفاعل من دون أن تتعرض لتغير كيميائي .



ملاحظات على المواد المحفزة :

1 – يؤدي وجود المادة المحفزة في التفاعل إلى تقليل حاجز طاقة التنشيط (يعني تسريع الوصول إلى النواتج أو زيادة كمية النواتج في فترة زمنية معينة) مقارنة بالتفاعل غير المحفز .

علل : 1– يؤدي وجود المادة المحفزة إلى زيادة سرعة التفاعل الكيميائي .

" لأن وجود المادة المحفزة يؤدي إلى تقليل حاجز طاقة التنشيط مما يزيد من سرعة تكوين النواتج في فترة زمنية معينة "

2 – عند كتابة تفاعل كيميائي يحتوي على مادة محفزة لا تظهر المادة المحفزة كإحدى المواد المتفاعلة أو الناتجة في المعادلة الكيميائية.

" لأن المادة المحفزة لا تستهلك أثناء التفاعل "

3 – تعتبر المواد المحفزة هامة للغاية في كثير من من العمليات الحيوية (مثل عمل الانزيمات) .

" لأنها مادة محفزه حيوية تزيد من سرعة التفاعلات البيولوجية داخل الجسم مثل هضم البروتينات "

4– يمكن التحكم في سرعة التفاعل الكيميائي عن طريق زيادة سرعته (باستخدام المادة المحفزة) أو تقليل سرعته (باستخدام مادة مانعة للتفاعل)

" لأن المادة المحفزة تزيد من سرعة التفاعل الكيميائي دون استهلاكها أما المادة المانعة للتفاعل تعارض تأثير المادة المحفزة مضعفة تأثيرها ما يؤدي إلى بطء التفاعل أو انعدامه "

5– يتم إضافة البلاتين عند تفاعل تكوين الماء من الأكسجين والهيدروجين؟

" تفاعل الهيدروجين والأكسجين عند درجة حرارة الغرفة فهو بطيء ومحدود للغاية فى غياب المادة المحفزة ، فى حين يصبح سريعاً إذا أضيفت كمية صغيرة من مادة محفزة ، وهى البلاتين (Pt) فى حالة التفاعل التالى

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \xrightarrow{Pt} 2H_2O_{(l)}$$ "

– اذكر أهمية المواد المحفزة في زيادة سرعة التفاعل الكيميائي؟

1 – إيجاد آلية بديلة ذات طاقة تنشيط أقل من الطاقة المطلوبة عادة للتفاعل .

2 – خفض حاجز طاقة التنشيط أنه يكون أكثر انخفاضاً فى حالة التفاعل المحفز بالمقارنة مع التفاعل غير المحفز (يعنى ذلك زيادة كمية النواتج فى فترة زمنية معينة) .

3 – العامل الحفاز يؤدي إلى الوصول بالجزيئات المتفاعلة إلى مستوى أعلى من الطاقة يمكنها من التفاعل .

$$2KClO_3 \xrightarrow[MnO_2]{\Delta} 2KCl + 3O_2$$

أسئلة تطبيقة على العوامل المؤثرة على سرعة التفاعل الكيميائي

السؤال الأول : اكتب بين القوسين الاسم أو المصطلح العلمي الذي تدل عليه كل عبارة من العبارات التالية :

1) مادة تزيد من سرعة التفاعل الكيميائي دون استهلاكها ، إذ يمكن بعد توقف التفاعل استعادتها من المزيج المتفاعل من دون أن تتعرض لتغير كيميائي [مادة محفزة]

2) مادة تعارض تأثير المادة المحفزة مضعفة تأثيرها ما يؤدي إلى بطء التفاعل أو انعدامه [مادة مانعة للتفاعل]

مراجعة الدرس 1 – 1

1- جميع العوامل التالية تؤدي الى زيادة سرعة التفاعل عدا واحده هي :-

- ☐ انخفاض درجة الحرارة .
- ☐ صغر حجم الجسيمات .
- ☐ زيادة تركيز المتفاعلات
- ☐ اضافة مادة محفزة .

2- تعمل المادة المحفزة على :

- ☐ زيادة درجة حرارة المتفاعلات .
- ☐ تقليل حاجز طاقة التنشيط.
- ☐ زيادة حاجز طاقة التنشيط.
- ☐ جعل التفاعل طارد للحرارة .

1- ما المقصود بسرعة التفاعل الكيميائى ؟

2- هل يؤدى كل تصادم بين الجسيمات المتفاعلة إلى تكوين نواتج ؟

3- كيف يؤثر كل عامل من العوامل التالية فى سرعة لتفاعل الكيميائى ؟

أ) درجة الحرارة **ب) التركيز**

ج) حجم الجسيمات **د) إضافة مادة مانعة للتفاعل**

4- افترض أن لديك شريحة رقيقة من الخارصين تحتوى على 0.2 mol من الفلز ، وقد تحولت بالكامل فى الهواء إلى أكسيد الخارصين (ZnO) فى خلال شهر واحد . كيف يمكنك أن تعبر عن سرعة تفاعل تحول الخارصين إلى أكسيد الخارصين ؟

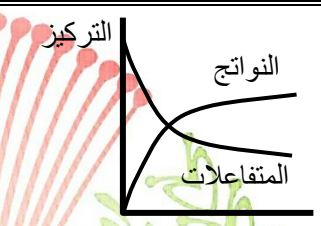
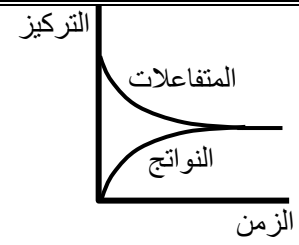
5- يظل الطعام الذى يحفظ فى الثلاجة طازجاً لمدة زمنية طويلة ، فى حين أنه يفسد بسرعة إذا ترك عند درجة حرارة الغرفة . ما سبب ذلك

إجابات أسئلة الدرس 1-1

1. سرعة التفاعل هي سرعة تحوّل المتفاعلات إلى نواتج في خلال فترة زمنية معيّنة.
2. لا يؤدّي كلّ تصادم بين الجسيمات المتفاعلة إلى تكوين نواتج يجب أن تصطدم الجزيئات بطاقة أكبر من طاقة تنشيط التفاعل.
3. (أ) تزداد سرعة التفاعل مع ارتفاع الحرارة.
(ب) تزداد سرعة التفاعل مع ازدياد تركيز المتفاعلات.
(جـ) تقلّ سرعة التفاعل مع ازدياد حجم الجسيمات.
(د) تقلّ سرعة التفاعل أو تنعدم إذا أُضيفت مادّة مانعة.
4. سرعة تحوّل مول من الخارصين إلى أكسيد الخارصين هي 0.2 mol في شهر واحد.
5. يحفّز ارتفاع درجة حرارة الغرفة مقارنة بالثلّاجة تفاعلات الأكسدة في الطعام ويشجّع نموّ الكائنات المحلّلة فيه.

ثانياً : التفاعلات العكسية والاتزان الكيميائي

تنقسم التفاعلات الكيميائية من حيث اكتمالها أو عدم اكتمالها إلى نوعين :

التفاعلات التامة غير العكسية	التفاعلات الإنعكاسية
تفاعلات تسير في الاتجاه الطردي فقط لخروج احد النواتج من حيز التفاعل. وهى تفاعلات تحدث فى اتجاه واحد حتى تكتمل بحيث لا تستطيع المواد الناتجة من التفاعل أن تتحد بعضها مع بعض لتكوين المواد المتفاعلة مرة أخرى .	تفاعلات تسير في كلا الاتجاهين (الطردي والعكسي). هى تفاعلات لا تستمر فى اتجاه واحد حتى تكتمل ، بحيث لا تستهلك المواد المتفاعلة تماماً لتكوين النواتج ، فالمواد الناتجة تتحد مع بعضها البعض مرة ثانية لتعطى المواد المتفاعلة مرة أخرى تحت ظروف التجربة نفسها .
	
$Mg + 2HCl \longrightarrow MgCl_2 + H_2\uparrow$ $NaCl + AgNO_3 \rightarrow NaNO_3 + AgCl\downarrow$	$2NO_2 \rightleftharpoons N2O4 + Heat(\Delta H = -)$ $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3, (\Delta H = -)$ $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$
غير متزن.	متزنة.
غير انعكاسي.	انعكاسية.
لا يمكن الحصول علي المواد المتفاعلة من المواد الناتجة.	يمكن الحصول علي المواد الناتجة من المواد المتفاعلة والعكس.
تكون مصحوبة بخروج احد النواتج علي هيئة غاز او راسب من حيز التفاعل.	غير مصحوبة بتكوين راسب أو تصاعد غاز.

1 – التفاعلات غير العكسية:

" تفاعلات تحدث في إتجاه واحد حتى تكتمل – حيث لا تستطيع المواد الناتجة من التفاعل أن تتحد مع بعضها لتكوين المواد المتفاعلة مرة أخرى تحت ظروف التجربة نفسها أو أي ظروف معملية اخرى "

مثال : تفاعل محلول نيترات الفضة مع محلول كلوريد الصوديوم

$$AgNO_{3(aq)} + NaCl_{(aq)} \rightarrow AgCl_{(s)} + NaNO_{3(aq)}$$

علل : تفاعل محلول نيترات الفضة مع محلول كلوريد الصوديوم من التفاعلات غير العكسية .

" لأن المواد الناتجة من التفاعل لا تستطيع أن تتحد مع بعضها لتكوين المواد المتفاعلة مرة اخرى تحت أي ظروف "

2 – التفاعلات العكسية:

" تفاعلات لا تستمر في إتجاه واحد حتى تكتمل – حيث لا تستهلك المواد المتفاعلة تماماً لتكوين النواتج – فالمواد الناتجة تتحد مع بعضها مرة ثانية لتكوين المواد المتفاعلة مرة أخرى تحت ظروف التجربة نفسها "

مثال : تفاعل غاز ثاني أكسيد الكبريت مع غاز الأكسجين لتكوين غاز ثالث أكسيد الكبريت

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

تتفكك جزيئات SO_3 لتعطى SO_2 و O_2	تتواجد الأنواع الثلاثة من الجزيئات عند الاتزان	عدم وجود ثالث أكسيد الكبريت لدى بدء التفاعل بين غاز ثانى أكسيد الكبريت وغاز الأكسجين
تزايد تركيز ثالث أكسيد الكبريت	سرعة التفاعل الطردي = سرعة التفاعل العكسي	يكون معدل التفاعل العكسى صفراً
تزداد سرعة التفاعل العكسى و تقل سرعة التفاعل الطردى	تثبت تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة	التفاعل طردي في اتجاه تكوين الناتج

تقسم التفاعلات العكسية إلى :

أ – تفاعلات عكسية متجانسة : تفاعلات عكسية تكون فيها جميع المواد المتفاعلة والناتجة في حالة واحدة من حالات المادة

مثال : $CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(L)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

ب – تفاعلات عكسية غير متجانسة : تفاعلات عكسية تكون فيها المواد المتفاعلة والناتجة في أكثر من حالة من حالات المادة

مثال : $2NaHCO_{3(s)} \rightleftharpoons Na_2CO_{3(s)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$

علل : التفاعل التالي من التفاعلات العكسية المتجانسة : $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$

" لأن المواد المتفاعلة والناتجة من التفاعل في حالة واحدة من حالات المادة كما أن المادة الناتجة (SO_3) يمكن أن تفكك لتكوين المواد المتفاعلة مرة اخرى تحت ظروف التجربة نفسها "

التفاعلات العكسية المتجانسة وغير المتجانسة

س1- اكتب الاسم أو المصطلح العلمي فيما يلي

1- تفاعلات تحدث في اتجاهين متعاكسين في آن واحد مع وجود سهمين أحدهما يدل على التفاعل الطردي والاخر يدل على التفاعل العكسي (تفاعلات غير عكسية)

2- تفاعلات عكوسة تكون فيها جميع المواد الداخلة والناتجة من التفاعل في حالة واحدة من حالات المادة (تفاعلات عكسية متجانسة)

3- تفاعلات عكوسة تكون فيها المواد الداخلة والناتجة من التفاعل في أكثر من حالة واحدة من حالات المادة . (تفاعلات عكسية غير متجانسة)

س2: اختر من المجموعة (ب) رقم القانون المناسب لما هو موضح بالمجموعة (أ)

الرقم	(أ)	الرقم	(ب)
3	تفاعلات غير عكسية	1	$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \leftrightarrows 2NH_{3(g)}$
1	تفاعلات عكسية متجانسة	2	$NH_4HS_{(s)} \leftrightarrows NH_{3(g)} + H_2S_{(g)}$
2	تفاعلات عكسية غير متجانسة	3	$AgNO_{3(aq)} + NaCl_{(aq)} \rightarrow NaNO_{3(aq)} + AgCl_{(s)}$

الاتزان الكيميائي الديناميكي Chemical Dynamic Equilibrium

في التفاعلات العكسية يوجد اتجاهين للتفاعل هما : الاتجاه الطردي ، والاتجاه العكسي وعند خلط المواد المتفاعلة في **بداية التفاعل تكون سرعة التفاعل الطردي أكبر ما يمكن** ويكون تركيز المتفاعلات عالي – وبعد مرور الوقت يقل تركيز المتفاعلات ويزداد تركيز النواتج **وتزداد سرعة التفاعل العكسي وتقل سرعة التفاعل الطردي** – حتى تتساوى سرعة التفاعل الطردي مع سرعة التفاعل العكسي وتثبت تركيز المواد المتفاعلة والناتجة عندئذ يقال أن النظام قد وصل **لحالة الاتزان الكيميائي الديناميكي** .

حالة الاتزان الكيميائي الديناميكي : حالة النظام التي فيها تثبت تركيزات المواد المتفاعلة والمواد والناتجة وبالتالي تكون سرعة التفاعل الطردي مساوية لسرعة التفاعل العكسي طالما بقي النظام بعيداً عن أي مؤثر خارجي .

ملاحظات هامة على الاتزان الكيميائي الديناميكي :

1 – هناك علاقة بين سرعة التفاعل الكيميائي وتركيزات المواد المتفاعلة تعرف **بقانون فعل الكتلة** : –

" **عند ثبات درجة الحرارة تتناسب سرعة التفاعل الكيميائي طردياً مع تركيزات المواد المتفاعلة كل مرفوع إلى أس يساوي عدد المولات أمام كل مادة في المعادلة الكيميائية الموزونة** "

2 – عندما يصل النظام لحالة الاتزان الكيميائي الديناميكي **يحدث ما يلي** : –

أ – **تساوي** سرعة التفاعل الطردي سرعة التفاعل العكسي ب – **تثبت** تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة (ولا تكون متساوية بالضرورة) ج – **لا يتوقف** التفاعل وأنما يستمر في الإتجاهين الطردي والعكسي وبنفس معدل السرعة)

3 – إضافة عامل حفاز إلى التفاعلات العكسية يزيد من سرعة التفاعل العكسي والطردي بقدر متساو ولا يؤثر على كميات المواد المتفاعلة والناتجة

عند الاتزان **أي أنه** يقلل الفترة الزمنية اللازمة للوصول إلى حالة الإتزان .

4 – عندما يصل النظام لحالة الاتزان الكيميائي الديناميكي فأن هناك ثابت يسمى **ثابت الاتزان** Keq

اجب عن جميع الأسئلة التالية :

السؤال الأول : اكتب بين القوسين الاسم أو المصطلح العلمي الذي تدل عليه كل عبارة من العبارات التالية :

1) حالة النظام التي فيها تثبت تركيزات المواد المتفاعلة والمواد والناتجة وبالتالي تكون سرعة التفاعل الطردي مساوية لسرعة التفاعل العكسي طالما بقي النظام بعيداً عن أي مؤثر خارجي [ ]

2) عند ثبات درجة الحرارة تتناسب سرعة التفاعل الكيميائي طردياً مع تركيزات المواد المتفاعلة كل مرفوع إلى أس يساوي عدد المولات أمام كل مادة في المعادلة الكيميائية الموزونة [ ]

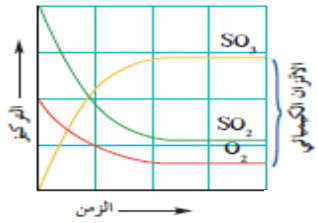
السؤال الثاني : املأ الفراغات في الجمل التالية بما يناسبها :

2) التفاعل التالي : $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ من التفاعلات العكسية ----------

3) على الرغم من تساوي معدل سرعة التفاعل الطردي والعكسي عند الاتزان إلا أن تركيز كل من المواد المتفاعلة والناتجة ------ متساوياً بالضرورة .

4) تؤدي إضافة المادة المحفزة إلى التفاعلات العكسية إلى---------- الطاقة اللازمة للتفاعل بالكمية نفسها في الاتجاهين الطردي والعكسي .

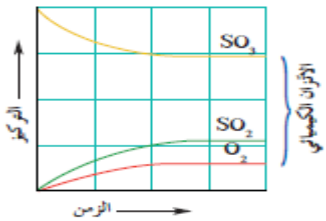
5) من الشكل المقابل :



نستنتج أن المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل العكوس المتزن هي :

---

6) من الشكل المقابل :



نستنتج أن المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل العكوس المتزن هي :

السؤال الرابع : ضع علامة (√) أمام الإجابة الصحيحة التي تكمل كلا من الجمل التالية :

1) يصل النظام الكيميائي الى حالة الاتزان الديناميكي عندما تكون :

- ☐ تركيزات المواد المتفاعلة والمواد الناتجة متساوية
- ☐ سرعة التفاعل الطردي مساوية لسرعة التفاعل العكسي
- ☐ سرعة التفاعل الطردي أكبر من سرعة التفاعل العكسي
- ☐ سرعة التفاعل الطردي أقل من سرعة التفاعل العكسي

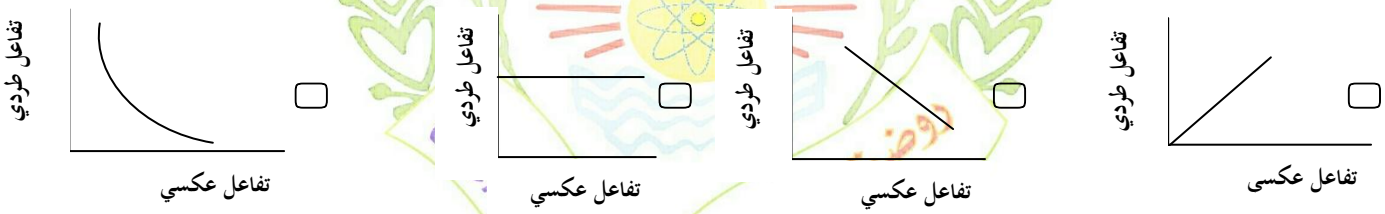
2) يصل النظام التالي ($2HI_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + I_{2(g)}$) الى حالة الاتزان الديناميكي عندما :

- ☐ يكون تركيز $HI_{(g)}$ مساويا تركيز $H_{2(g)}$ و $I_{2(g)}$
- ☐ يثبت تركيز $HI_{(g)}$ و تركيز $I_{2(g)}$, $H_{2(g)}$
- ☐ يكون تركيز $HI_{(g)}$ أكبر من تركيز $I_{2(g)}$, $H_{2(g)}$
- ☐ يكون تركيز $HI_{(g)}$ أقل من تركيز $I_{2(g)}$, $H_{2(g)}$

3) عندما يصل النظام الكيميائي التالي ($2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$) إلى حالة الاتزان فإن العبارة **غير الصحيحة** من العبارات التالية هي :

- ☐ تركيز كل من O_2 ، SO_2 يبقى ثابتا .
- ☐ يتحلل SO_3 باستمرار
- ☐ سرعة التفاعل الطردي تساوي سرعة التفاعل العكسي
- ☐ لا يتحد SO_2 مع O_2

5) الشكل الذي يعبر عن العلاقة بين معدل كل من التفاعل الطردي والتفاعل العكسي عند إضافة عامل حفاز للتفاعل هو :



السؤال الخامس : علل لما يلي

1 – عندما يصل النظام لحالة الاتزان الكيميائي الديناميكي تكون تركيزات المواد المتفاعلة والناتجة ثابتة .

" لأنه عندما يصل النظام إلى حالة الاتزان الكيميائي الديناميكي تكون سرعة التفاعل الطردي مساوية لسرعة التفاعل العكسي أي لا يحدث تغير في التركيز عند الاتزان "

2 – التفاعل التالي : ($Mg_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow MgCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$) من التفاعلات غير العكسية .

" لأن المواد الناتجة من التفاعل لا تستطيع أن تتحد مع بعضها لتكوين المواد المتفاعلة مرة أخرى تحت أي ظروف "

ثابت الاتزان Equilibrium Constant (K_{eq})

" عند وصول النظام الى حالة الاتزان الكيميائي الديناميكي فأن هناك ثابت للنظام يسمى ثابت الاتزان **Keq** "

ما المقصود بثابت الإتزان (K) : هو النسبة بين حاصل ضرب تركيز المواد الناتجة من التفاعل (النواتج) إلى حاصل ضرب تركيز المواد المتفاعلة (المتفاعلات) كل مرفوع لأس يساوي عدد المولات في المعادلة الكيميائية الموزونة "

ملحوظة : يعبر عن التراكيز بالأقواس [ ] وهو التركيز المولاري M

تذكر أن : $[M] = n / V_L$

كيف يتم كتابة تعبير ثابت الاتزان **Keq** للتفاعل الرمزي التالي : $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$

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

طرق التعبير عن ثابت الاتزان Keq

أولاً : في حالة الأنظمة المتجانسة (التي تكون فيها جميع المواد اما في الحالة الغازية (g) أو السائلة (L))

عند كتابة تعبير ثابت الاتزان Keq يتم التعبير عن تراكيز [ ] جميع المواد المتفاعلة والناتجة من التفاعل

مثال : أكتب تعبير ثابت الاتزان للتفاعل التالي :

$$CH_3COOH_{(l)} + C_2H_5OH_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_{5(l)} + H_2O_{(l)}$$

$$K_{eq} = \frac{[CH_3COOC_2H_5] \; x \; [H_2O]}{[CH_3COOH] \; [C_2H_5OH]}$$

سؤال : أكتب تعبير ثابت الاتزان للتفاعلات المتزنة التالية :

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

$$K_{eq} = \frac{[PCl_3] \; x \; [Cl_2]}{[PCl_5]}$$

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

$$K_{eq} = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2 \; x \; [O_2]}$$

ثانياً : في حالة الأنظمة غير المتجانسة (التي تكون فيها المواد المتفاعلة والناتجة في أكثر من حالة من حالات المادة)

عند كتابة تعبير ثابت الاتزان Keq **لا يتم التعبير عن تركيز** المواد الصلبة (s) أو الماء السائل $H_2O_{(l)}$

مثال : أكتب تعبير ثابت الاتزان للتفاعل المتزن التالي :

$$HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

$$K_{eq} = \frac{[HCOO^-] \times [H_3O^+]}{[HCOOH]}$$

سؤال : أكتب تعبير ثابت الاتزان للتفاعلات المتزنة التالية :

1 – $$2NaHCO_{3(S)} \rightleftharpoons Na_2CO_{3(s)} + H_2O_{(g)} + CO_{2(g)}$$

$$K_{eq} = [H_2O] \times [CO_2]$$

2 – $$HNO_{3\,(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NO_3^-{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

$$K_{eq} = \frac{[NO^{3-}] \times [H_3O^+]}{[HNO_3]}$$

ملحوظة هامة جداً : تتناسب سرعة التفاعل الطردي طردياً مع تركيز المواد المتفاعلة (المتفاعلات) – وتتناسب سرعة التفاعل العكسي طردياً مع تركيز المواد الناتجة .

مثال : في النظام المتزن التالي : $2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$ تتناسب سرعة التفاعل الطردي تناسباً طردياً مع تركيز ----------

أهمية معرفة ثابت الاتزان Keq

1 – معرفة تراكيز الموجودة في وسط التفاعل عند الاتزان

2 – إذا كانت قيمة ثابت الاتزان (Keq > 1) فأن ذلك يدل على أن موضع الاتزان يزاح في اتجاه **تكوين المواد الناتجة** أي أن التفاعل الطردي يكون مفضلاً عند الاتزان وأن المواد الناتجة أكثر تواجداً من المواد المتفاعلة .

3 – إذا كانت قيمة ثابت الاتزان (Keq < 1) فأن ذلك يدل على أن موضع الاتزان يزاح في اتجاه **تكوين المواد المتفاعلة** أي أن التفاعل العكسي يكون مفضلاً عند الاتزان وأن المواد المتفاعلة أكثر تواجداً من المواد الناتجة .

4 – هناك فرق بين **ثابت الاتزان Keq** و**موضع الاتزان**

ثابت الاتزان Keq	موضع الاتزان
للنظام الواحد يساوي مقدار ثابت لا يتغير إلا بتغير درجة الحرارة فقط	يتغير بتغير درجة الحرارة والضغط والتركيز
	يوضح أياً من مكونات النظام (المتفاعلات أو النواتج) تتواجد بتركيز أكبر عند الاتزان (ميل التفاعل لتكوين المواد الناتجة أو المتفاعلة بكمية أكبر)
	يعبر عن التركيزات النسبية للمواد المتفاعلة والناتجة عند الاتزان

5 – ثابت الاتزان للنظام في الاتجاه العكسي يساوي مقلوب ثابت الاتزان للنظام في الاتجاه الطردي $Keq = \frac{1}{Keq}$

مثال : إذا كان ثابت الاتزان عند 100°C للتفاعل المتزن التالي : $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$ تساوي (6.46)

فأن قيمة ثابت الاتزان للتفاعل $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$ تساوي ---------

حل الأسئلة التطبيقية التالية :

س1- اكتب تعبير ثابت الاتزان (K_{eq}) للأنظمة المتزنة التالية

م	التفاعل	تعبير ثابت الاتزان (Keq)
1	$Fe^{3+}_{(aq)} + SCN^-_{(aq)} \leftrightarrows FeSCN^{2+}_{(aq)}$	
2	$2NaHCO_{3(s)} \leftrightarrows Na_2CO_{3(s)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$	
3	$NH_4HS_{(s)} \leftrightarrows NH_{3(g)} + H_2S_{(g)}$	
4	$NH_{3(aq)} + H_2O_{(\ell)} \leftrightarrows NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$	
5	$PbC\ell_{2(s)} \leftrightarrows Pb^{2+}_{(aq)} + 2C\ell^-_{(aq)}$	

س2: إملأ الفراغات في الجمل والمعادلات التالية بما يناسبها :

1 ⊣إذا قيمة ثابت الاتزان > (1) فان هذا يدل على ان موضع الاتزان يقع في اتجاه تكوين المواد -------- .

2 ⊣إذا كانت قيمة ثابت الاتزان لتفاعل معين تساوي 5×10^3 ، فيكون تكون المواد ---------- مفضلا.

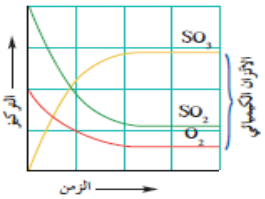
3 ⊣إذا كان قيمة ثابت الاتزان للتفاعل المتزن التالي $NH_4HS_{(s)} \leftrightarrows NH_{3(g)}+H2S_{(g)}$ تساوى$(7.29x10^{-2})$ فان هذا يدل على أن وضع الاتزان يقع باتجاه تكوين المواد ---------- .

4 –تعبير ثابت الاتزان التالي : $K_{eq} = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$ يدل علي أن المعادلة الكيميائية لهذا النظام المتزن هي ---------- .

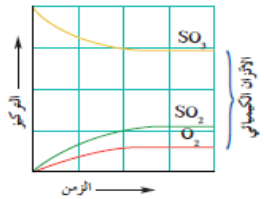
5– على الرغم من تساوي معدل سرعة التفاعل الطردي والعكسي عند الاتزان إلا أن تركيز كل من المواد المتفاعلة والناتجة ------ متساوياً بالضرورة .

6- تؤدي إضافة المادة المحفزة إلى التفاعلات العكسية إلى ---------- الطاقة اللازمة للتفاعل بالكمية نفسها في الاتجاهين الطردي والعكسي .

7- من الشكل المقابل : نستنتج أن المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل العكوس المتزن هي :



8- من الشكل المقابل : نستنتج أن المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل العكوس المتزن هي :



س3: ضع علامة (✓) في المربع المقابل للإجابة الصحيحة التي تكمل كل من الجمل التالية :

1-إذا كانت قيمة ثابت الاتزان لتفاعل ما متزن تساوي 4.4×10^{32} ، فإن هذا يعني أن جميع العبارات التالية صحيحة عدا واحدة هي :-

- ☐ تركيز أحد المواد الداخلة في التفاعل أوكلاهما قليل جداً
- ☐ تركيز أحد النواتج أو كلاهما كبير جداً
- ☐ المواد الناتجة أكثر تواجدا من المواد المتفاعلة .
- ☐ موضع الاتزان يقع باتجاه تكوين المواد الداخلة في التفاعل

2 -إذا كانت قيمة ثابت الاتزان للنظام المتزن التالي: $N_{2(g)} + O_{2(g)} \leftrightarrows 2NO_{(g)}$ تساوي 1×10^{-30} عند 25^0C ، فإن هذا يدل علي أن:-

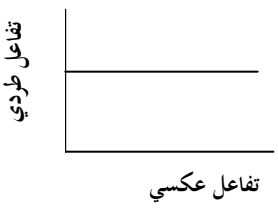
- ☐ موضع الاتزان يقع في اتجاه تكوين المواد الناتجة
- ☐ التفاعل يحدث بشكل جيد في اتجاه تكوين NO
- ☐ المواد المتفاعلة أكثر تواجدا من المواد الناتجة .
- ☐ التفاعل يعتبر مناسباً لتحضير غاز NO .

3- يصل النظام التالي : $2HI_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + I_{2(g)}$ الى حالة الاتزان الديناميكي عندما :

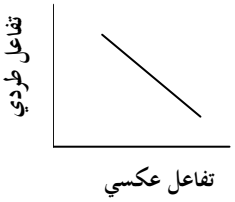
- ☐ **يكون تركيز $HI_{(g)}$ مساويا تركيز $H_{2(g)}$ و $I_{2(g)}$**
- ☐ **يثبت تركيز $HI_{(g)}$ و تركيز $I_{2(g)}$ ، $H_{2(g)}$**
- ☐ **يكون تركيز $HI_{(g)}$ أكبر من تركيز $H_{2(g)}$ ، $I_{2(g)}$**
- ☐ **يكون تركيز $HI_{(g)}$ أقل من تركيز $H_{2(g)}$ ، $I_{2(g)}$**

4- الشكل الذي يعبير عن العلاقة بين معدل كل من التفاعل الطردي والتفاعل العكسي عند إضافة عامل حفاز للتفاعل هو :

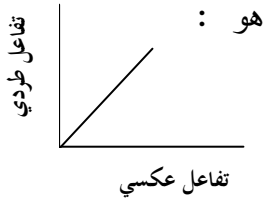
☐



☐



☐



☐

س6 : أعد كتابة الجمل التالية بعد تصحيح ما ورد بها من خطأ

1) تصل التفاعلات العكسية بعد مرور فترة من الزمن إلى حالة الاتزان الكيميائي الديناميكي حيث تكون تركيزات المواد المتفاعلة والناتجة متساوية .

2) التفاعل التالي : $NaOH_{(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$ من التفاعلات العكسية المتجانسة .

س7 : علل لما يلي

1-في التفاعل المتزن التالي : $CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(\ell)} \leftrightarrows CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$ $K_{eq} = 1.8 \times 10^{-5}$

يكون تكون المواد المتفاعلة مفضلا .

2- تسرع المادة المحفزة التفاعل الطردى والتفاعل العكسى بدرجة متساوية .

تطبيقات على حساب ثابت الاتزان Keq

تذكر أن : عند كتابة ثابت الاتزان يتم التعبير عن تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة بالتركيز المولاري (M)

حـــــل المســـــائل التـــــــالية :

1 – يتواجد كل من رابع أكسيد ثنائي النيتروجين (N_2O_4) عديم اللون مع ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) بني اللون في حالة اتزان :

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

فإذا احتوى دورق محكم الإغلاق سعته (1L) عند الاتزان على (0.0045 mol , 0.03 mol) من (N_2O_4) و (NO_2) على الترتيب عند درجة حرارة (10°C) .

أ) أكتب العلاقة التي تعبر عن ثابت الاتزان لهذا التفاعل ب) احسب قيمة ثابت الاتزان لهذا التفاعل

أ – $$K_{eq} = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$$

ب – $$[M] = n / V_L$$

$$[N_2O_4] = 0.0045/1 = 0.0045\ M$$

$$[NO_2] = 0.03/1 = 0.03\ M$$

$$K_{eq} = \frac{[0.03]^2}{[0.0045]} = 0.2$$

2 – تفاعل 1 mol من غاز الهيدروجين عديم اللون مع 1 mol من بخار اليود البنفسجي في دورق محكم الاغلاق سعته 1 L عند درجة 45°C حتى حدث الاتزان التالي :

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

فإذا كان عدد مولات غاز يوديد الهيدروجين عند الاتزان يساوي (1.56 mol) . أحسب ثابت الاتزان (Keq) للتفاعل .

الحل :

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

انتبه

لابد أولاً من حساب عدد مولات كل مادة عند الاتزان ثم حساب تركيز كل مادة

المعادلة	$H_{2(g)}$	$+ I_{2(g)} \rightleftharpoons$	$2HI_{(g)}$
n في بداية التفاعل	1	1	0
مقدار التغير في n	-X	-X	+2X
n عند الاتزان	1 – X	1 – X	1.56

X = 1.56/2 = 0.78

عند الاتزان

$n(HI) = 1.56\ mol$ / $n(H_2) = 1-0.78 = 0.22\ mol$ / $n(I_2) = 1-0.78-0.22\ mol$

$[M] = n / V_L$

$[HI] = 1.56/1 = 1.56\ M$ $[H_2] = 0.22/1 = 0.22\ M$ $[I_2] = 0.22/1 = 0.22\ M$

$$Keq = \frac{[HI]^2}{[H_2]\times[I_2]} = \frac{[1.56]^2}{[0.22]\times[0.22]} = 50.28$$

مسـائل اضافيـة :

1) أذيبت كمية من الأمونيا في الماء وترك المحلول حتى حدث الاتزان التالي:

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

وعند الاتزان وجد أن تركيز كل من الأمونيا وأنيون الهيدروكسيد في المحلول يساوي (0.02 M ، 0.0006 M) على الترتيب، المطلوب حساب قيمة ثابت الاتزان (K_{eq}) للنظام السابق

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

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

$$Keq = \frac{[NH_4^+]\times[OH^-]}{[NH_3]} = \frac{0.0006 \times 0.0006}{0.02} = 0.000018$$

2) ترك محلول لحمض الفورميك ($HCOOH$) في الماء حتى حدث الاتزان التالي:

$$HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

فإذا وجد أن تركيز كاتيون الهيدرونيوم في المحلول عند الاتزان يساوي (4.2×10^{-3} M) ، فاحسب تركيز الحمض عند الاتزان، علما بأن قيمة ثابت الاتزان (K_{eq}) يساوي (1.764×10^{-4})

الحل: بفرض أن $[HCOO^-] = [H_3O^+] = 4.2X10^{-3}$

$$Keq = \frac{[HCOO^-] \times [H_3O^+]}{[HCOOH]} = \frac{[4.2X10^{-3}] \times [4.2X10^{-3}]}{[HCOOH]} = 1.764\times10^{-4}$$

$$HCOOH = 0.1$$

العوامل التي تؤثر في الاتزان الكيميائي (مبدأ لوشاتيلية)

- التركيز
- الضغط
- درجة الحرارة

" يوجد إتزان دقيق في النظام عند الاتزان ، لذلك فإن أي تغير من اي نوع من شأنه أن يؤدي إلى اختلال هذا الاتزان لذلك فإن النظام سوف يعدل من نفسه للوصول إلى حالة اتزان جديدة لذلك يتغير موضع الاتزان عن موضعة الأصلي عند استعادة الاتزان وقد تشهد كميات المواد المتفاعلة والناتجة زيادة أو نقصاناً " .

مبدأ لوشاتيلية: إذا حدث تغير في أحد العوامل التي تؤثر في نظام متزن ديناميكاً (مثل درجة الحرارة والضغط والتركيز) يعدل النظام من نفسه إلى حالة اتزان جديدة . بحيث يبطل أو يقلل من تأثير هذا التغير .

يطبق مبدأ لوشاتليه على جميع التفاعلات العكسية لذلك تكون إزاحة موضع الاتزان تعويضاً عن الاختلال الذى سببه التغير فى أى من العوامل .

أولاً : أثر تغير التركيز على الاتزان الكيميائي

يؤدي تغير كميات المواد المتفاعلة والناتجة في نظام متزن إلى اختلال اتزان هذا النظام لذلك فإن النظام سوف يعدل من نفسه إلى حالة اتزان جديدة لذلك: -

1 – عند زيادة تركيز أحدى المواد المشتركة في نظام متزن فإن موضع الاتزان يزاح في اتجاه التفاعل الذي يقلل ولو بعضاً من تأثير الزيادة في تركيز هذة المادة

2 – عند تقليل تركيز أحدى المواد المشتركة في نظام متزن فإن موضع الاتزان يزاح في اتجاه التفاعل الذي يعوض النقص في تركيز هذة المادة

3 – ثابت الاتزان Keq للنظام الواحد يساوي مقدار ثابت لا يتغير إلا بتغير درجة الحرارة فقط .

مثال : في النظام المتزن التالي : $H_2CO_{3(aq)} \rightleftharpoons H_2O_{(l)} + CO_{2\,(g)}$

ماذا يحدث عند :-

أ – عند إضافة المزيد من غاز ثاني أكسيد الكربون إليه .

يختل الاتزان – وحسب مبدأ لوشاتيلية سوف يزاح موضع الاتزان ناحية اليسار (اتجاه التفاعل العكسي) وذلك ليستهلك كمية CO_2 المضافة ويصل النظام لحالة اتزان جديدة وتعود النسبة ($H_2CO_3 : CO_2$) إلى القيمة الأصلية قبل إضافة CO_2 .

ب – عند تقليل تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون من وسط التفاعل .

يختل الاتزان – وحسب مبدأ لوشاتيلية سوف يزاح موضع الاتزان ناحية اليمين (اتجاه التفاعل الطردي) وذلك لتعويض النقص في كمية CO_2 ويصل النظام لحالة اتزان جديدة . ويزداد تفكك H_2CO_3.

ج – عند إضافة المزيد من حمض الكربونيك إليه .

يختل الاتزان – وحسب مبدأ لوشاتيلية سوف يزاح موضع الاتزان ناحية اليمين (اتجاه التفاعل الطردي) وذلك ليستهلك كمية H_2CO_3 المضافة ويصل النظام لحالة اتزان جديدة ويزداد تفكك H_2CO_3.

علل لما يلي

1 – يتسبب زيادة تركيز كاتيون الهيدروجين H^+ في ذوبان مينا الاسنان $Ca_5(PO_4)_3OH$ بتسوسها والذي يحدث وفق المعادلة التالية

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

" لأن زيادة تركيز كاتيون H^+ تؤدي إلى تفاعله مع أنيون OH^- ، فينقص تركيز OH^- فيختل الاتزان وللوصول إلى حالة اتزان جديدة وحسب مبدأ لوشاتيلية يزاح موضع الاتزان إلى اليمين (الاتجاه الطردي) مسبباً ذوبان مينا الاسنان "

2 – لا تؤدي اضافة المادة المحفزة الى التفاعل العكسي الى ازاحة موضع الاتزان .

" لأن المادة المحفزة تنشط التفاعل وتزيد من سرعة التفاعل الطردي والعكسي بقدر متساو وتسرع الوصول لحالة الاتزان ولا تعتبر من المواد المتفاعلة ولا الناتجة "

3 – في النظام المتزن التالي $2SO_{2\,(g)} + O_{2\,(g)} + 95\ KJ \rightleftharpoons 2SO_{3\,(g)}$

يقل تركيز $SO_{2(g)}$ بزيادة تركيز غاز الأكسجين الداخل في التفاعل .

"لأنه حسب مبدأ لوشاتيلية عند زيادة تركيز غاز الأكسجين سوف يزاح موضع الاتزان في الاتجاه الطردي وذلك لتستهلك كمية O_2 المضافة مع SO_2 ويزداد تكوين SO_3 ويصل النظام لحالة اتزان جديدة "

4– لا تتغير قيمة ثابت الاتزان بإضافة المزيد من الهيدروجين إلى النظام المتزن التالي : $H_{2\,(g)} + I_{2\,(g)} \rightleftharpoons 2HI_{\,(g)}$

"لأن ثابت الاتزان للنظام الواحد يساوي مقدار ثابت لا تتغير الا بتغير درجة الحرارة"

5– يزداد إنتاج الأمونيا بطريقة هابر عند سحبها من وسط التفاعل المتزن التالي : $N_{2\,(g)} + 3H_{2\,(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3\,(g)}$

"لأنه حسب مبدأ لوشاتيلية عند سحب الامونيا من وسط التفاعل سوف يزاح موضع الاتزان في الاتجاه الطردي (اتجاه زيادة انتاج الأمونيا) لتعويض النقص في تركيز الامونيا "

ثانياً : تأثيرات تغيرات الضغط على الاتزان الكيميائي

" عند مناقشة تأثيرات تغير الضغط على الاتزان لابد أن تكون المواد في الحالة الغازية "

تذكر أن 1 – زيادة الضغط تعني تقليل حجم الوعاء – تقليل الضغط يعني زيادة حجم الوعاء

2 – ثابت الاتزان Keq للنظام الواحد يساوي مقدار ثابت لا يتغير الا بتغير درجة الحرارة فقط

أولاً : تأثير تغير الضغط على الاتزان إذا كان النظام غير مصحوب بتغير في عدد المولات الغازية (عدد المولات المتفاعلة = عدد المولات

الناتجة)

إذا كان النظام غير مصحوب بتغير في عدد المولات الغازية فإن زيادة الضغط أو تقليله لن تؤثر على الاتزان لأن عدد المولات الغازية المتفاعلة تساوي عدد المولات الغازية الناتجة . (مثال : $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$)

ثانياً : تأثير تغير الضغط على الاتزان إذا كان النظام مصحوب بتغير في عدد المولات (عدد المولات المتفاعلة لا يساوي عدد المولات

الناتجة)

إذا كان النظام مصحوب بتغير في عدد المولات الغازية فإن:-

1 – زيادة الضغط (تقليل حجم الوعاء) تؤدي إلى ازاحة موضع الاتزان باتجاه تكوين المواد التي تشغل حجم أقل (عدد مولات أقل) أو كثافة أكبر .

2 – تقليل الضغط (زيادة حجم الوعاء) تؤدي إلى ازاحة موضع الاتزان باتجاه تكوين المواد التي تشغل حجم أكبر (عدد مولات أكبر) .

مثال : في النظام المتزن التالي : $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$

ماذا يحدث عند زيادة أو تقليل الضغط الواقع عليه :-

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

لن يختل الاتزان – لأن عدد المولات الغازية المتفاعلة يساوي عدد المولات الغازية الناتجة

سؤال (1) : في النظام المتزن التالي : $PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$

ماذا يحدث عند :-أ – عند زيادة الضغط الواقع عليه (تقليل حجم الوعاء) .

يختل الاتزان – وحسب مبدأ لوشاتيلية سوف يزاح موضع الاتزان ناحية اليسار (اتجاه التفاعل العكسي) لتكوين المواد التي لها عدد مولات أقل وذلك لتخفيف الضغط الزائد عليه ويصل النظام لحالة اتزان جديدة وتتكون كمية أكبر من PCl_5

ب – تقليل الضغط الواقع عليه (زيادة حجم الوعاء) .

يختل الاتزان – وحسب مبدأ لوشاتيلية سوف يزاح موضع الاتزان ناحية اليمين (اتجاه التفاعل الطردي) لتكوين المواد التي لها عدد مولات أكبر لتعويض النقص في الضغط ويصل النظام لحالة اتزان جديدة ويزداد تفكك PCl_5 .

مثال : في النظام المتزن التالي : $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

ماذا يحدث عند :-أ – عند زيادة الضغط الواقع عليه (تقليل حجم الوعاء) .

يختل الاتزان – وحسب مبدأ لوشاتيلية سوف يزاح موضع الاتزان ناحية اليمين (اتجاه التفاعل الطردي) لتكوين المواد التي لها عدد مولات أقل وذلك لتخفيف الضغط الزائد عليه ويصل النظام لحالة اتزان جديدة وتتكون كمية أكبر من غاز الأمونيا NH_3

ب – تقليل الضغط الواقع عليه (زيادة حجم الوعاء) .

يختل الاتزان – وحسب مبدأ لوشاتيلية سوف يزاح موضع الاتزان ناحية اليسار (اتجاه التفاعل العكسي) لتكوين المواد التي لها عدد مولات أكبر لتعويض النقص في الضغط ويصل النظام لحالة اتزان جديدة ويزداد تفكك NH_3

علل لما يلي

1 – تتسبب زيادة الضغط الواقع على النظام المتزن التالي : $H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2O_{(s)}$ والذي يحدث عند درجة $0°C$ إلى انصهار الثلج وتحوله إلى ماء سائل (علماً بأن كثافة الماء في الحالة السائلة $1\ g/cm^3$ ، وفي الحالة الصلبة $0.92\ g/cm^3$) .

" لأن زيادة الضغط تؤدي الى زيادة الكثافة وبم أن كثافة الماء السائل أكبر من الثلج فإن التفاعل العكسي يكون هو المفضل عند زيادة الضغط "

2 – عند مناقشة تأثيرات تغير الضغط على الاتزان لابد أن تكون المواد في الحالة الغازية

" لأن الغازات قابلة للانضغاط حيث يتغير عدد المولات الغازية بتغير الضغط – بينما لا تتأثر السوائل والمواد الصلبة كثيراً بتغير الضغط "

3 – في النظام المتزن التالي : $N_2O_{4\ (g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + O_{2(g)}$

يزداد إنتاج غاز (NO) بزيادة حجم الإناء الذي يحتوي على النظام .

"حسب مبدأ لوشاتيليه عند زيادة حجم الإناء الذي يحتوي على النظام يزاح موضع الاتزان في اتجاه تكوين المواد التي لها عدد مولات أكبر وهو الاتجاه الطردي حيث يزداد انتاج غاز NO "

4– في النظام المتزن التالي : $2SO_{2\ (g)} + O_{2(g)} + 95\ kJ \rightleftharpoons 2SO_{3\ (g)}$

يقل إنتاج غاز (SO_3) بخفض الضغط الواقع على النظام .

"حسب مبدأ لوشاتيليه عند خفض الضغط الواقع على النظام يزاح موضع الاتزان في اتجاه تكوين المواد التي لها عدد مولات أكبر وهو الاتجاه العكسي حيث يتفكك غاز SO_3 ويقل انتاجه "

ثالثاً : تأثيرات تغيرات درجة الحرارة على الاتزان الكيميائي

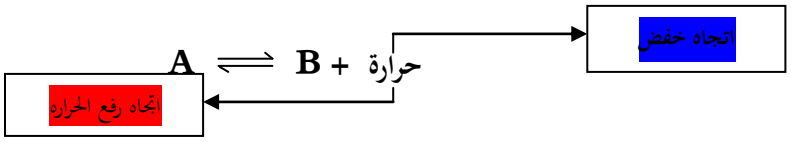
تذكر أن : ثابت الاتزان Keq للنظام الواحد يساوي مقدار ثابت ويتغير بتغير درجة الحرارة فقط .

أولاً : أثر تغير درجة الحرارة على موضع وثابت الاتزان في التفاعلات الطاردة للحرارة $A \rightleftharpoons B +$ حرارة أو " $\Delta H =$ سالبة "

في التفاعلات الطاردة للحرارة يمكن اعتبار الحرارة كأحد المواد الناتجة لذلك : –

أ – عند رفع درجة حرارة تفاعل طارد للحرارة فإن موضع الاتزان يزاح نحو اليسار (اتجاه التفاعل العكسي) وهو اتجاه امتصاص الحرارة وتزداد كمية المتفاعلات وتقل قيمة Keq .

ب – عند خفض درجة حرارة تفاعل طارد للحرارة فإن موضع الاتزان يزاح نحو اليمين (اتجاه التفاعل الطردي) وتزداد كمية النواتج وتزداد قيمة Keq .

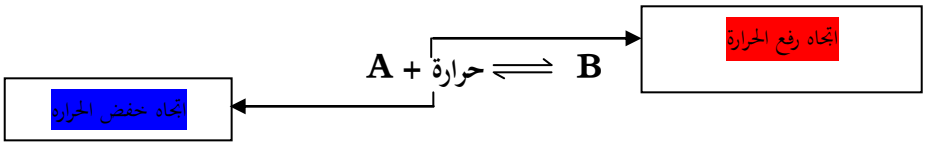


ثانياً : أثر تغير درجة الحرارة على موضع وثابت الاتزان في التفاعلات الماصة للحرارة $A + \text{حرارة} \rightleftharpoons B$ أو " موجبة $= \Delta H$ "

في التفاعلات الماصة للحرارة يمكن اعتبار الحرارة كأحد المواد المتفاعلة لذلك : –

أ – عند رفع درجة حرارة تفاعل ماص للحرارة فإن موضع الاتزان يزاح نحو اليمين (اتجاه التفاعل الطردي) وتزداد كمية النواتج وتزداد قيمة Keq .

ب – عند خفض درجة حرارة تفاعل ماص للحرارة فإن موضع الاتزان يزاح نحو اليسار (اتجاه التفاعل العكسي) وتزداد كمية المتفاعلات وتقل قيمة Keq .



مثال : في النظام المتزن التالي : $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3\,(g)} + 92\ kJ$

ما أثر تغير درجة الحرارة على موضع وقيمة ثابت الاتزان Keq عند :-

أ – عند رفع الحرارة .

يختل الاتزان – وحسب مبدأ لوشاتيلية سوف يزاح موضع الاتزان ناحية اليسار (اتجاه التفاعل العكسي) وهو اتجاه امتصاص الحرارة وتزداد كمية المتفاعلات وتقل قيمة Keq .

ب – خفض درجة الحرارة .

يختل الاتزان – وحسب مبدأ لوشاتيلية سوف يزاح موضع الاتزان ناحية اليمين (اتجاه التفاعل الطردي) وتزداد كمية النواتج (غاز الامونيا) وتزداد قيمة Keq .

مثال : في النظام المتزن التالي : $N_{2(g)} + O_{2(g)} + 180\ kJ \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$

ما أثر تغير درجة الحرارة على موضع وقيمة ثابت الاتزان Keq عند :-

أ – عند رفع الحرارة .

يختل الاتزان – وحسب مبدأ لوشاتيلية سوف يزاح موضع الاتزان ناحية اليمين (اتجاه التفاعل الطردي) وتزداد كمية النواتج وتزداد قيمة Keq .

ب – خفض درجة الحرارة .

يختل الاتزان – وحسب مبدأ لوشاتيلية سوف يزاح موضع الاتزان ناحية اليسار (اتجاه التفاعل العكسي) وتزداد كمية المتفاعلات وتقل قيمة Keq .

علل لما يلي : 1– في النظام المتزن التالي : $CO_{(g)} + 2H_{2\,(g)} \rightleftharpoons CH_3OH_{(g)} + 92\ kJ$ **يزادا تفكك كحول الميثيل بارتفاع درجة الحرارة**

" حسب مبدأ لوشاتيلية عند رفع درجة حرارة النظام (تفاعل طارد) يزاح موضع الاتزان في اتجاه اليسار (الاتجاه العكسي) وتزداد كمية المواد المتفاعلة أي يزداد تفكك كحول الميثيل "

تطبيقات على قاعدة لوشتاليه

العامل المؤثر	مثـال	اتجاه التفاعل الكيميائي
[1] تغير التركيز		
(1) زيادة تركيز أحد المتفاعلات	زيادة تركيز N_2 أو H_2 في التفاعل $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$,	ينشط التفاعل في الإتجاه الطردي
(2) زيادة تركيزأحد النواتج	زيادة تركيز NH_3 في التفاعل $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$	ينشط التفاعل في الإتجاه العكسي
(3) نقص تركيز أحد المتفاعلات	نزع CO_2 من التفاعل $C + CO_2 \rightleftharpoons 2CO$	ينشط التفاعل في الإتجاه العكسي
(4) نقص تركيز أحد النواتج	إضافة حمض كبريتيك مركز لإمتصاص H_2O من التفاعل $CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5 + H_2O$	ينشط التفاعل في الإتجاه الطردي
[2] تغير درجة الحرارة		
	أ) في التفاعلات الطاردة للحرارة ($-\Delta H$)	
(1) زيادة درجة الحرارة	$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 + E$	ينشط التفاعل العكسي
(2) نقص درجة الحرارة		ينشط التفاعل الطردي
	ب) في التفاعلات الماصة للحرارة ($+\Delta H$)	
(1) زيادة درجة الحرارة	$SO_3 + E \rightleftharpoons SO_2 + 2O_2$	ينشط التفاعل الطردي
(2) نقص درجة الحرارة		ينشط التفاعل العكسي
[3] تغير الضغط		
(1) زيادة الضغط	أ) عدد الجزيئات الناتجة أكبرمن عدد الجزيئات المتفاعلة $2NO + Cl_2 \rightleftharpoons 2NOCl$	ينشط التفاعل العكسي
(2) خفض الضغط		ينشط التفاعل الطردي
(1) زيادة الضغط	ب) عدد الجزيئات الناتجة أصغر من عدد الجزيئات المتفاعلة $CS_2 + 4H_2 \rightleftharpoons CH_4 + 2H_2S$	ينشط التفاعل الطردي
(2) خفض الضغط		ينشط التفاعل العكسي
(1) زيادة الضغط & (2) خفض الضغط	ج) عدد الجزيئات الناتجة يساوي عدد الجزيئات المتفاعلة $SO_3 + H_2 \rightleftharpoons SO_2 + H_2O$	لا يؤثر علي اتزان النظام

مراجعة الدرس 1 - 2

1 - كيف يمكن توقع تغيرات موضع الاتزان بناءً على معرفة التغيرات فى التركيز ، ودرجة الحرارة والضغط ؟

2- علام يدل السهم المزدوج فى المعادلة ؟

3 - كيف يمكن استخدام كل من المعادلة الكيميائية الموزونة والنتائج التجريبية فى كتابة العلاقات التى تعبر عن ثابت الاتزان وفى حساب قيمته العددية ؟

4 - كيف تتغير كميات المواد المتفاعلة والمواد الناتجة عند وصول التفاعل إلى حالة الاتزان .

5 - هل يؤدى التغير فى الضغط إلى إزاحة موضع الاتزان فى كل تفاعل عكسى ؟ فسر إجابتك .

5 - هذه ثوابت الاتزان لعدة تفاعلات ، أى من هذه التفاعلات كان تكون المواد المتفاعلة المفضل فيها مقارنة بتكون المواد الناتجة ؟ ولماذا ؟

أ) $K_{eq} = 1 \times 10^{2}$

ب) $K_{eq} = 0.3$

ج) $K_{eq} = 3.5$

د) $K_{eq} = 6 \times 10^{-4}$

إجابات أسئلة الدرس 1-2

1. **التركيز:** إضافة متفاعل إلى تفاعل في حالة اتزان، تدفعه لكي يسير في اتّجاه التفاعل الطردي، أمّا إزالة هذا المتفاعل فتدفع التفاعل في اتّجاه التفاعل العكسي.
إضافة ناتج تدفع التفاعل في اتّجاه التفاعل العكسي. أمّا إزالة هذا الناتج فتدفع التفاعل في اتّجاه تكوّن الموادّ الناتجة أي في اتّجاه التفاعل الطردي.
درجة الحرارة: في حالة التفاعل الطارد للحرارة، يدفع ارتفاع الحرارة التفاعل في اتّجاه التفاعل العكسي أمّا انخفاضها فيدفعه في اتجاه التفاعل الطردي.
في حالة التفاعل الماصّ للحرارة، يدفع ارتفاع الحرارة التفاعل في اتّجاه التفاعل الطردي أمّا انخفاضها فيدفعه في اتجاه التفاعل العكسي.
الضغط: يدفع ارتفاع الضغط التفاعل في اتّجاه تقليل عدد الجزيئات. أمّا انخفاض الضغط فيدفع التفاعل في اتّجاه تكوين كمّية أكبر من الجزيئات.
2. يدل على أن التفاعل عكسي أي أنّه يحدث في اتّجاهين متعاكسين في آن واحد.
3. تساعدنا النتائج التجريبية على معرفة تركيزات النواتج والمتفاعلات عند الاتزان. وتُستخدَم العوامل في المعادلة الموزونة لمعرفة قيمة الأسّ المرفوع لكلّ من تركيزات المتفاعلات والنواتج في العلاقة التي تعبّر عن K_{eq}.
4. نجد أنّ معدّل السرعة في الاتّجاه الطردي والعكسي متساوٍ أي لا تغيّر في التركيزات بعد حالة الاتزان.
5. كلّا، لأنّ التغيّر في الضغط في نظام ما يؤثّر فقط في الاتزان الكيميائي للتفاعل الذي لا يوجَد فيه العدد نفسه من معدّلات الموادّ المتفاعلة والناتجة في الحالة الغازية على كلّ من جانبي المعادلة.
6. (أ) $K_{eq} > 1$: تكوّن الموادّ الناتجة هو المفضّل
(ب) $K_{eq} < 1$: تكوّن الموادّ المتفاعلة هو المفضّل
(جـ) $K_{eq} > 1$: تكوّن الموادّ الناتجة هو المفضّل
(د) $K_{eq} < 1$: تكوّن الموادّ المتفاعلة هو المفضّل