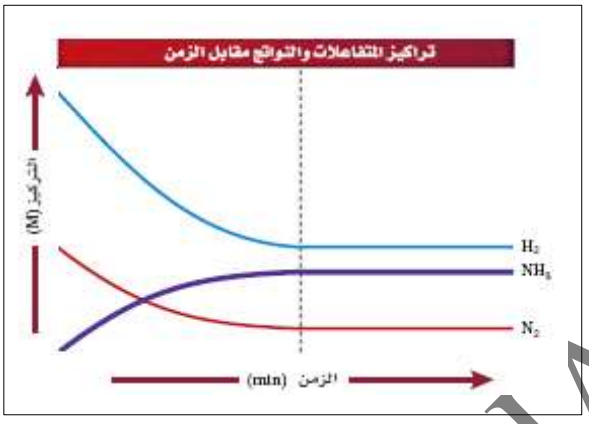
القسم (1) حالة الاتزان الكيميائي

ما الاتزان؟

- ينتج غاز الأمونيا NH_3 بطريقة هابر من تفاعل غاز النيتروجين وغاز الهيدروجين.

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$$

- يستخدم الأمونيا في الزراعة كسماد ومادة إضافية في أطعمة الحيوانات، ومادة خام في صناعة النايلون المستعمل في صناعة الإطارات.
- يحدث تفاعل تحضير الأمونيا تلقائيا في الظروف القياسية 298K و 1 atm ، لكن التفاعلات التلقائية ليست دائما سريعة، لإجراء التفاعل بسرعة يجب إجراء التفاعل في درجات حرارة أعلى وضغط أكبر.



- عند وضع 1 mol N_2 مع 3 mol H_2 في وعاء مغلق عند 723 K يحدث التفاعل تلقائيا.
- يكون $[NH_3]$ الناتجة في البداية يساوي صفر ويزداد مع الوقت.
- $[N_2]$ و $[H_2]$ يقل مع مرور الزمن، لأنها تستهلك أثناء التفاعل.
- بعد مرور فترة من الزمن لا تتغير تراكيز NH_3 و N_2 و H_2 أي تصبح التراكيز ثابتة (كما هو موضح في الخطوط الأفقية)
- تراكيز N_2 و H_2 لا تساوي صفر، مما يعني أنه لم يتم تحويل كل المتفاعلات إلى نواتج.
- يحدث الاتزان عندما تكون تراكيز المتفاعلات والنواتج ثابتة.
- **التفاعل المكتمل**: تفاعل كيميائي تتحول فيه كل المتفاعلات إلى نواتج.
- **التفاعل الانعكاسي**: التفاعل الكيميائي الذي يحدث في الاتجاهين الأمامي والعكسي.
- يستعمل الرمز ($\rightleftarrows$) للدلالة على التفاعل الانعكاسي.
- يحدث تفاعل الأمونيا في الاتجاهين الأمامي: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$

والعكسي: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \leftarrow 2NH_{3(g)}$

- يمكن كتابة التفاعلين في معادلة واحدة. $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftarrows 2NH_{3(g)}$

MR. HESHAM EL TOUKHY

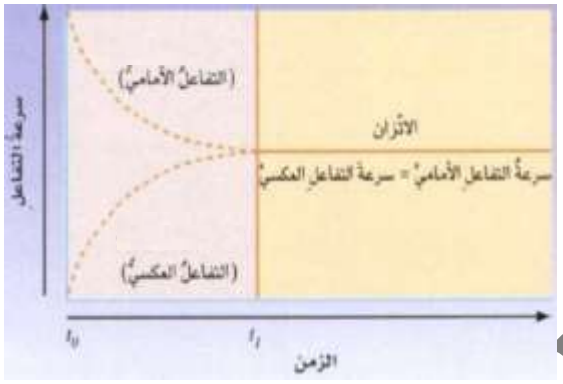
- في بداية التفاعل يحدث التفاعل الأمامي فقط (لعدم وجود أي كمية من الأمونيا الناتجة).
- أثناء تكون الأمونيا يقل تركيز N_2 و H_2 ، يسبب نقص تركيز المتفاعلات نقص سرعة التفاعل الأمامي.

$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$ (تقل سرعة التفاعل الأمامي)

- عندما تتكون الأمونيا يحدث التفاعل العكسي ببطء، ثم تزداد سرعته مع زيادة تركيزها.

$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \leftarrow 2NH_{3(g)}$ (تزداد سرعة التفاعل العكسي)

- يحدث الاتزان عندما تكون سرعة التفاعل الأمامي = سرعة التفاعل العكسي
- **الاتزان الكيميائي**: حالة النظام عندما تتساوى سرعتي التفاعل الأمامي والعكسي، وتثبت تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة.

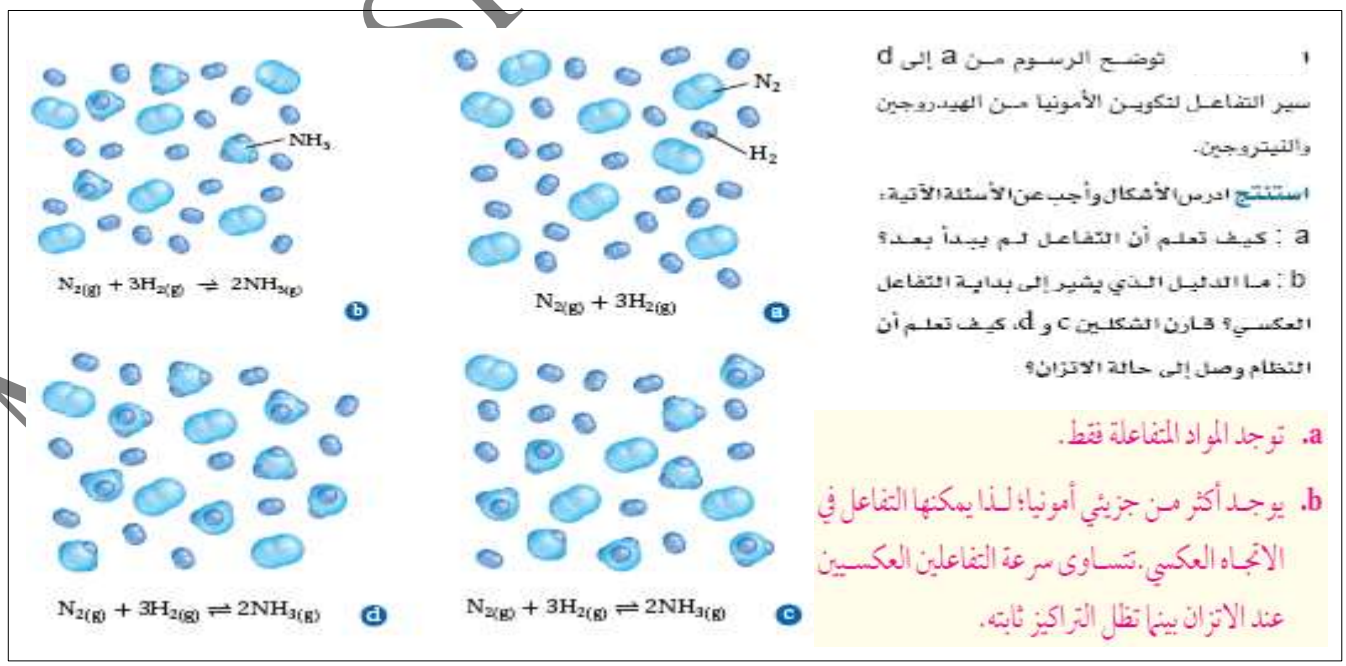


- يمكن معرفة أن تفاعل تكوُّن الأمونيا وصل إلى حالة الاتزان الكيميائي لأن معادلته كتبت بسهم مزدوج:

$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftarrows 2NH_{3(g)}$

- عند الاتزان ليس بالضرورة أن تكون تراكيز المتفاعلات والنواتج متساوية، بل تكون:

سرعة تكون النواتج = سرعة تكون المتفاعلات



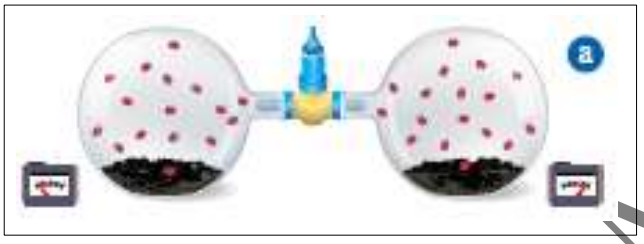
SHAMEL TOUKHY

- محصلة القوى المؤثرة في نفس الاتجاه هو مجموع هذه القوى.
- محصلة القوى المؤثرة في اتجاهات متعاكسة هو الفرق بينها، واتجاه القوة هو اتجاه القوة الكبرى.
- عندما يسحب فريقان – في لعبة شد الحبل – بقوى متساوية تكون المحصلة صفر ولا يتحرك الحبل ويوصف النظام بأنه في حالة اتزان.

- الأشخاص في الشكل a يمثلون نظاما متزنا، وتسمى القوى المتماثلة والمتعاكسة على لعبة التوازن (السيسو) قوى متوازنة.

- إذا كانت واحدة من القوى أكبر من الأخرى كما في الشكل b فإن القوة المحصلة تكون أكبر من صفر وتسمى القوى على لعبة التوازن غير متوازنة، وتسبب تسارع الجسم.

- يحتوي الدورق في الجهة اليسرى من الشكل a على جزيئات يود من النظير غير المشع I – 127



- يحتوي الدورق في الجهة اليمنى من الشكل a على جزيئات يود من النظير المشع I – 131
- يمثل كل دورق نظام مغلق، لا يمكن للمتفاعلات أو النواتج أن تدخل أو تخرج من الدورق وعند 298 K و 1 atm يحدث الاتزان في كلا الدورقين. $I_{2(s)} \rightleftarrows I_{2(g)}$
- في التفاعل الأمامي (تسامي) يتحول اليود من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية مباشرة.

في التفاعل العكسي تتحول جزيئات اليود الغازية إلى الحالة الصلبة، يتكون اتزان صلب – غاز في كل دورق.

- عند فتح المحبس بين الدورقين كما في الشكل b ينتقل بخار اليود بين الدورقين، وبعد فترة من الزمن تشير قراءة العدادات إلى انتقال جزيئات يود مشع من الدورق في الجهة اليمنى إلى الدورق في الجهة اليسرى.

- يتضح مما سبق حدوث حالة اتزان بين اليود في الحالة الصلبة والحالة الغازية، وتشير قراءات عدادات الإشعاع إلى أن الاتزان قد تحقق في الحجم الكلي في الدورقين.

HESHAM ELTOUKHY

تعابير الاتزان

- **قانون الاتزان الكيميائي:** عند درجة حرارة معينة يمكن للتفاعل الكيميائي أن يصل إلى حالة تصبح فيها نسب تراكيز المتفاعلات والنواتج ثابتة.
- التفاعل: $aA + bB \rightleftarrows cC + dD$ عند تطبيق قانون الاتزان الكيميائي عليه نحصل على المعادلة:

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

- تمثل [A] و [B] التراكيز المولارية للمتفاعلات، [C] و [D] التراكيز المولارية للنواتج.
- تمثل الأسس a و b و c و d معاملات المعادلة الموزونة.
- **ثابت الاتزان:** القيمة العددية لنسبة حاصل ضرب تراكيز النواتج على حاصل ضرب تركيز المتفاعلات، ويرفع كل تركيز إلى أس مساوٍ للمعامل الخاص به في المعادلة الموزونة.

قيمة ثابت الاتزان K_{eq}

$(K_{eq} > 1)$ كبيرة	$(K_{eq} < 1)$ صغيرة
تركيز النواتج > تركيز المتفاعلات	تركيز النواتج < تركيز المتفاعلات

- ثابت الاتزان ليس له وحدة.
- يستعمل محلول اليود ومركباته مطهرات خارجية، بسبب خواص اليود المضادة للجراثيم.
- تدخل بعض مركبات اليود مثل KI في صناعة الأدوية التي تعالج تضخم الغدة الدرقية.
- **الاتزان المتجانس:** المتفاعلات والنواتج موجودة في الحالة الفيزيائية نفسها.
- التفاعل المتجانس: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftarrows 2HI_{(g)}$ له تعبير ثابت الاتزان: $K_{eq} = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$
- **الاتزان غير المتجانس:** المتفاعلات والنواتج موجودة في أكثر من حالة فيزيائية واحدة.
- المواد الصلبة (s) والسوائل النقية (l) تحذف من معادلة ثابت الاتزان، لأن تراكيزها تبقى ثابتة خلال التفاعل.
- التفاعل غير المتجانس: $C_2H_5OH_{(l)} \rightleftarrows C_2H_5OH_{(g)}$ المادة السائلة لها تركيز ثابت،

تعبير ثابت الاتزان: $K_{eq} = [C_2H_5OH_{(g)}]$ لأن $K_{eq} = [C_2H_5OH_{(g)}] = K[C_2H_5OH_{(l)}]$

MR. HESHAM ELTOUKHY

مثال محلول: اكتب تعبير ثابت الاتزان للتفاعل التالي: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$

$$K_{eq} = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$$

1) اكتب تعابير ثابت الاتزان للمعادلات التالية:

1) $N_2O_{4(g)} \rightleftarrows 2NO_{2(g)}$

.....

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

.....

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

.....

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

.....

5) $CH_{4(g)} + 2H_2S_{(g)} \rightleftarrows CS_{2(g)} + 4H_{2(g)}$

.....

2) اكتب المعادلة الكيميائية التي تمثل تعبير ثابت الاتزان التالي: $K_{eq} = \frac{[CO]^2[O_2]}{[CO_2]^2}$

.....

MR. HESHAM ELTOUKHY

مثال محلول: اكتب تعبير ثابت الاتزان للتفاعل التالي:

$$2NaHCO_{3(s)} \rightarrow Na_2CO_{3(s)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$$

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

1) اكتب تعابير ثابت الاتزان للمعادلات التالية:

1) $C_{10}H_{8(s)} \rightleftarrows C_{10}H_{8(g)}$

.....

2) $H_2O_{(l)} \rightleftarrows H_2O_{(g)}$

.....

3) $CaCO_{3(s)} \rightleftarrows CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$

.....

4) $C_{(s)} + H_2O_{(g)} \rightleftarrows CO_{(g)} + H_{2(g)}$

.....

5) $FeO_{(s)} + CO_{(g)} \rightleftarrows Fe_{(s)} + CO_{2(g)}$

.....

2) يتفاعل الحديد الصلب مع غاز الكلور لتكوين كلوريد الحديد III $FeCl_3$ الصلب

اكتب معادلة كيميائية موزونة وتعبير ثابت الاتزان للتفاعل.

.....

.....

MR. HESHAM ELTOUKHY

ثوابت الاتزان

- الكثير من التفاعلات لها قيمة K_{eq} صغيرة.
- التفاعل: $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftarrows 2NO_{(g)}$ له $K_{eq} = 4.6 \times 10^{-31}$ ، مما يعني أن كمية NO تكون شبه معدومة عند الاتزان.
- تبقى قيمة K_{eq} ثابتة لتفاعل معين عند درجة حرارة معينة، مهما تغيرت التراكيز الابتدائية للمتفاعلات والنواتج.
- يبين الجدول التالي ثبات قيم K_{eq} للتفاعل: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftarrows 2HI_{(g)}$ عند درجة حرارة 731 K.

K_{eq}	تراكيز الاتزان			التراكيز الابتدائية			
$K_{eq} = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$	[HI]	$[I_2]$	$[H_2]$	[HI]	$[I_2]$	$[H_2]$	تجربة
$49.70 = \frac{[1.8682]^2}{[0.06587][1.0659]}$	1.8682	1.0659	0.06587	0	2.0000	1.0000	1
$49.70 = \frac{[3.8950]^2}{[0.5525][0.5525]}$	3.8950	0.5525	0.5525	5.0000	0	0	2
$49.70 = \frac{[1.7515]^2}{[0.2485][0.2485]}$	1.7515	0.2485	0.2485	1.0000	1.0000	1.0000	3

- يتحقق الاتزان عندما:

1) يتم التفاعل في نظام مغلق. 2) ثبات درجة الحرارة.

- الاتزان حالة ديناميكية ثابتة، هذا يعني أنه ليس ساكنا.
- علل: من المهم وجود المتفاعلات والنواتج مع في الاتزان؟

جـ: تتساوى سرعة التفاعلين الأمامي والعكسي عند الاتزان، في حالة عدم وجود إحدى المواد المتفاعلة أو الناتجة فلن يحدث التفاعلان المتعاكسان.

مثال محلول: احسب قيمة K_{aq} لتعبير ثابت الاتزان $K_{eq} = \frac{[NH_3]^2}{[N_2]\,[H_2]^3}$ إذا علمت أن تراكيز المواد في أحد مواضع الاتزان $[NH_3] = 0.933\ mol/L$, $[N_2] = 0.533\ mol/L$, $[H_2] = 1.6\ mol/L$

$$K_{eq} = \frac{[NH_3]^2}{[N_2]\,[H_2]^3} = \frac{[0.933]^2}{[0.533]\,[1.6]^3} = 0.399$$

MR. HESHAM ELTOUKHY

1) احسب قيمة K_{eq} للاتزان $N_2O_{4(g)} \rightleftarrows 2NO_{2(g)}$ إذا علمت أن:

$[N_2O_4] = 0.0185\ mol/L$, $[NO_2] = 0.0627\ mol/L$

.....

.....

2) احسب قيمة K_{eq} للاتزان $CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftarrows CH_{4(g)} + H_2O_{(g)}$ إذا علمت أن:

$[CO] = 0.0613\ mol/L$, $[H_2] = 0.1839\ mol/L$

$[CH_4] = 0.0387\ mol/L$, $[H_2O] = 0.0387\ mol/L$

.....

.....

3) يصل التفاعل: $COCl_{2(g)} \rightleftarrows CO_{(g)} + Cl_{2(g)}$ إلى حالة الاتزان عند درجة حرارة 900 K فإذا كان تركيز كل من CO و Cl_2 هو 0.15 M عند الاتزان، فما تركيز $COCl_2$؟ علما بأن ثابت الاتزان K_{eq} عند درجة الحرارة نفسها يساوي 8.2×10^{-2}

.....

.....

4) احسب قيمة K_{eq} للاتزان $PCl_{5(g)} \rightleftarrows PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$ إذا علمت أن:

$[PCl_5] = 0.135\ mol/L$, $[PCl_3] = 0.550\ mol/L$

$[Cl_2] = 0.550\ mol/L$

.....

.....

MR. HESHAM ELTOUKHY

تدريبات القسم (1)

1) اكتب المصطلح العلمي المناسب:

1) (التفاعل الانعكاسي) التفاعل الكيميائي الذي يحدث في الاتجاهين الأمامي والعكسي.

2) (التفاعل المكتمل) تفاعل كيميائي تتحول فيه كل المتفاعلات إلى نواتج.

3) (الاتزان الكيميائي) حالة النظام عندما تتساوى سرعتي التفاعل الأمامي والعكسي وتثبت تراكيز المتفاعلات والنواتج.

4) (قانون الاتزان الكيميائي) عند درجة حرارة معينة يمكن للتفاعل الكيميائي أن يصل إلى حالة تصبح فيها نسب تراكيز المتفاعلات والنواتج ثابتة.

5) (ثابت الاتزان) القيمة العددية لنسبة حاصل ضرب تراكيز النواتج على حاصل ضرب تركيز المتفاعلات، ويرفع كل تركيز إلى أس مساوٍ للمعامل الخاص به في المعادلة الموزونة.

6) (الاتزان المتجانس) المتفاعلات والنواتج موجودة في الحالة الفيزيائية نفسها.

7) (الاتزان غير المتجانس) المتفاعلات والنواتج موجودة في أكثر من حالة فيزيائية واحدة.

2) كيف ترتبط قيمة ثابت الاتزان K_{eq} مع كمية النواتج؟

كلما زادت قيمة ثابت الاتزان، زادت كمية المواد الناتجة المتكونة عند الاتزان.

3) قارن بين الاتزان المتجانس وغير المتجانس؟

توجد جميع المواد المتفاعلة والناتجة في نفس الحالة الفيزيائية نفسها في الاتزان المتجانس، بينما توجد في حالات فيزيائية مختلفة في الاتزان غير المتجانس.

4) عدد ثلاث خواص يجب أن توجد في خليط تفاعل ليصل إلى حالة اتزان.

يجب أن يكون مزيج التفاعل في وعاء مغلق، وعند درجة حرارة ثابتة، وأن تتواجد جميع المواد المتفاعلة والناتجة في نفس الوعاء.

5) صف حالة اتزان تحدث في الحياة اليومية بين عمليتين متعاكستين.

التوازن بالوقوف على اليدين، ركوب دراة هوائية، التوازن على أرجوحة الميزان (السيسو)، السيارات التي تعبر الجسر.

MR. HESHAM ELTOUKHY

6) يوضح الجدول التالي قيم ثابت الاتزان عند ثلاث درجات حرارة مختلفة.

ثابت الاتزان ودرجات الحرارة		
373 K	273 K	263 K
4.500	0.500	0.0250

في أي منها يكون تركيز النواتج أكبر؟ فسر إجابتك.

373 K، لأن كلما زادت قيمة K_{eq} زاد تركيز المواد الناتجة.

7) إذا قيل لك إن تراكيز المتفاعلات والنواتج لا تتغير فلماذا تستعمل كلمة (ديناميكي) لوصف الاتزان الكيميائي؟

تستمر المتفاعلات في إنتاج النواتج، وتستمر النواتج في إنتاج المتفاعلات.

8) هل تمثل المعادلة التالية اتزانا متجانسا أم غير متجانس؟ برر إجابتك. $H_2O_{(s)} \rightleftarrows H_2O_{(l)}$

تمثل اتزان غير متجانس، لأن المتفاعلات والنواتج في أكثر من حالة فيزيائية.

9) ما المقصود بموضع الاتزان؟

مجموعة محددة من تراكيز الاتزان.

10) وضح كيفية كتابة تعبير ثابت الاتزان.

نسبة تراكيز النواتج إلى نسبة تراكيز المتفاعلات مع كل تركيز مرفوع إلى أس يساوي معاملها في المعادلة الموزونة.

11) لماذا يجب أن تنتبه للحالات الفيزيائية للنواتج والمتفاعلات عند كتابة تعابير ثابت الاتزان؟

تحذف تراكيز السوائل والمواد الصلبة النقية من صيغة ثابت الاتزان.

12) لماذا تعني قيمة K_{eq} الكبيرة عدديا أن النواتج مفضلة في نظام الاتزان؟

تراكيز النواتج الموجودة في البسط أكبر من تراكيز المتفاعلات الموجودة في المقام.

13) ماذا يحدث لـ K_{eq} لنظام متزن إذا تم إعادة كتابة معادلة التفاعل بطريقة عكسية؟

القيمة الجديدة لـ K_{eq} هي مقلوب قيمتها الأصلية ($K_{عكسي} = \frac{1}{K_{أمامي}}$).

MR. HESHAM EL TOUKHY

14) كيف لنظام الاتزان أن يحتوي على كميات صغيرة وغير متغيرة من النواتج، وفي الوقت نفسه يحتوي على كميات كبيرة من المتفاعلات؟ كيف يمكن أن تبرر K_{eq} لمثل هذا الاتزان؟

إذا تفاعلت النواتج الأولية المتكونة بسرعة لدرجة تصبح معها سرعة التفاعل العكسي مساوية لسرعة التفاعل الأمامي،

يجب أن تكون قيمة K_{eq} العددية صغيرة.

15) اكتب تعبير ثابت الاتزان لكل اتزان متجانس فيما يلي:

a) $2N_2H_{4(g)} + 2NO_{2(g)} \rightarrow 3N_{2(g)} + 4H_2O_{(g)}$

.....

b) $2NbCl_{4(g)} \rightleftarrows NbCl_{3(g)} + NbCl_{5(g)}$

.....

16) قيمة K_{eq} للتفاعل $A + 2B \rightleftarrows C$ تساوي 3.63 يوضح الجدول التالي تراكيز المتفاعلات والنواتج في خليط تفاعلين مختلفين عند درجة الحرارة نفسها. حدد ما إذا كان التفاعل في حالة اتزان.

A (mol/L)	B (mol/L)	C (mol/L)
0.500	0.621	0.700
0.250	0.525	0.250

.....

.....

.....

17) إذا مر بخار ماء من خلال برادة حديد ينتج أكسيد الحديد III الصلب وغاز الهيدروجين عن التفاعل العكسي، اكتب معادلة كيميائية موزونة وتعبير ثابت الاتزان للتفاعل الذي ينتج أكسيد الحديد وغاز الهيدروجين.

.....

.....

.....

MR. HESHAM EL TOUKHY

القسم (2) العوامل المؤثرة في الاتزان الكيميائي

الربط مع الحياة

1) عندما يتساوى الطلب على منتج ما مع المعروض منه يبقى السعر ثابتا، وعندما يزداد الطلب على المنتج يزداد السعر ثم يصبح ثابت (اتزان جديد).

2) عند زيادة سرعة آلة المشي يزيد العداء من سرعة ركضه ليحقق اتزان جديد على الآلة مرة أخرى.

مبدأ لوشاتلييه

- إذا بذل جهد على نظام في حالة اتزان فإن ذلك يؤدي إلى إزاحة النظام في اتجاه يخفف أثر هذا الجهد.
- **الجهد**: أي تغيير يؤثر في اتزان نظام معين.

تطبيق مبدأ لوشاتلييه (العوامل المؤثرة في الاتزان الكيميائي)

1) **التغير في التركيز.**

- تغيرات التركيز لا تغير من قيمة K_{eq}
- في الاتزان التالي: $CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftarrows CH_{4(g)} + H_2O_{(g)}$ ماذا يحدث عند:

a) إضافة مادة متفاعلة أو إزالة مادة ناتجة: ينزاح الاتزان نحو اليمين، تزداد التصادمات بين CO و H_2 فتزداد سرعة التفاعل الأمامي، يتكون المزيد من CH_4 و H_2O فتزداد سرعة التفاعل العكسي حتى يصل التفاعل إلى موضع اتزان جديد، له نفس قيمة K_{aq}

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

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

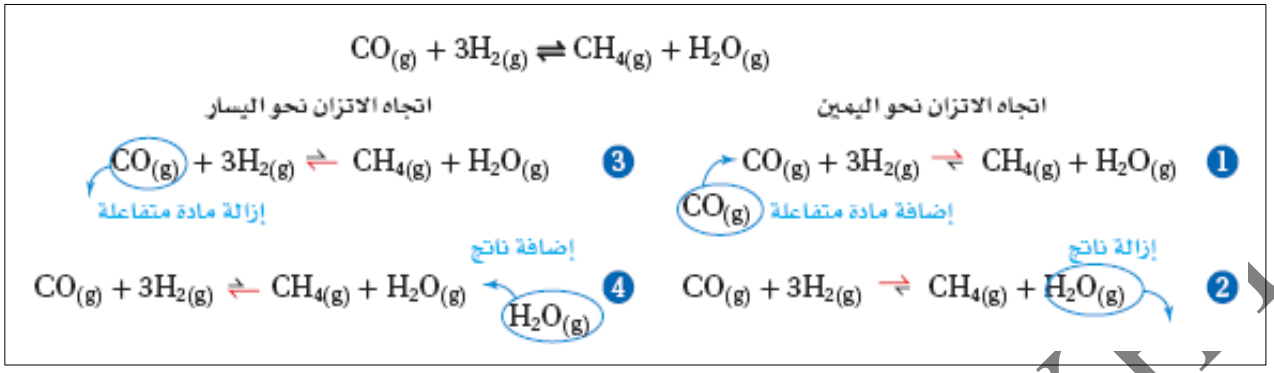
b) إضافة مادة ناتجة أو إزالة مادة متفاعلة: ينزاح الاتزان نحو اليسار، تزداد التصادمات بين CH_4 و H_2O فتزداد سرعة التفاعل العكسي، يتكون المزيد من CO و H_2 فتزداد سرعة التفاعل الأمامي حتى يصل التفاعل إلى موضع اتزان جديد، له نفس قيمة K_{aq}

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

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

MR. HESHAM EL TOUKHY

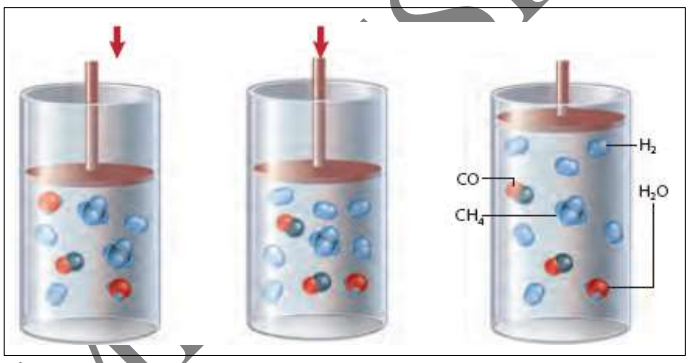
- يبين الشكل التالي انزياح الاتزان عند إضافة أو إزالة، CO و H_2O



تغير التركيز	انزياح الاتزان	تركيزالمتفاعلات	تركيز النواتج
إضافة CO أو إزالة H_2O	أمامي (نحو اليمين)	يقل	يزداد
إزالة CO أو إضافة H_2O	عكسي (نحو اليسار)	يزداد	يقل

2) <u>التغير في الحجم والضغط.</u>

- تغيرات الضغط تؤثر في الغاز (g) فقط.
- تغيرات الضغط تؤثر عندما يكون هناك اختلاف في عدد المولات بين المتفاعلات والنواتج.
- زيادة الضغط (خفض الحجم): ينزاح الاتزان من عدد المولات الأكبر إلى الأقل.
- خفض الضغط (زيادة الحجم): ينزاح الاتزان من عدد المولات الأقل إلى الأكبر.



- تغيرات الضغط أو الحجم <u>لا تغير</u> من قيمة K_{eq}
- ضغط المكبس إلى أسفل يقلل حجم الوعاء ويزداد الضغط.
- في الاتزان التالي:

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

الجهد	انزياح الاتزان	تركيزالمتفاعلات	تركيز النواتج
زيادة الضغط (خفض الحجم)	أمامي (نحو اليمين)	يقل	يزداد
خفض الضغط (زيادة الحجم)	عكسي (نحو اليسار)	يزداد	يقل

M. HESHAM ELTOUKHY

3) تغير درجة الحرارة.

- **التفاعل الماص للحرارة**: تفاعل يمتص طاقة حتى يحدث، ΔH° بقيمة موجبة. (الطاقة ممتصة ومع المتفاعلات)
- **التفاعل الطارد للحرارة**: تفاعل يطلق طاقة حين يحدث، ΔH° بقيمة سالبة. (الطاقة مفقودة ومع النواتج)
- إذا كان التفاعل ماص للحرارة في الاتجاه الأمامي، يكون طارد للحرارة في الاتجاه العكسي. وبالعكس.
- تغيرات درجة الحرارة تؤثر على قيمة K_{eq} لأن لها تأثير غير متساوٍ على بسط ومقام تعبير ثابت الاتزان.

- الاتزان التالي: $\Delta H^\circ = -206.5\ kJ$ $CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftarrows CH_{4(g)} + H_2O_{(g)}$ تفاعل طارد للحرارة ويمكن كتابته بالشكل التالي: $CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftarrows CH_{4(g)} + H_2O_{(g)}$ + حرارة

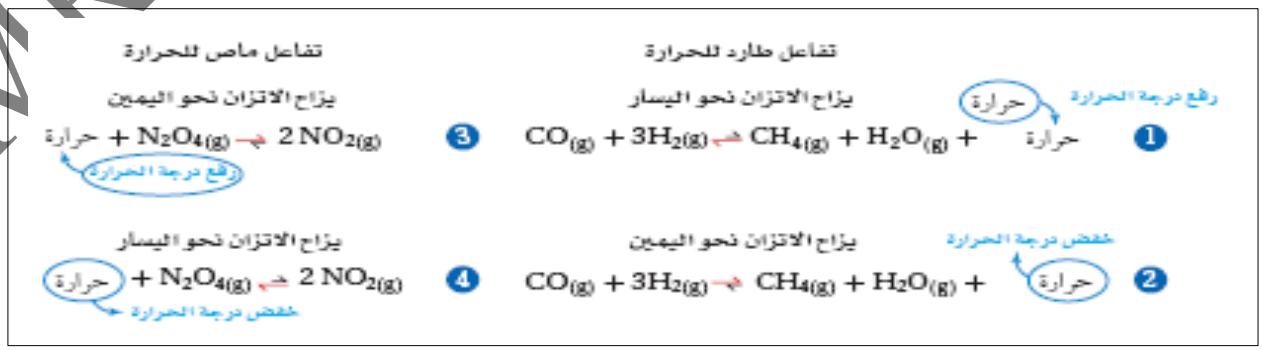
الجهد	انزياح الاتزان	تركيز المتفاعلات	تركيز النواتج	قيمة K_{aq}
زيادة درجة الحرارة	عكسي (نحو اليسار)	يزداد	يقل	تقل
خفض درجة الحرارة	أمامي (نحو اليمين)	يقل	يزداد	تزداد

- الاتزان التالي: $\Delta H^\circ = +55.3\ kJ$ $N_2O_{4(g)} \rightleftarrows 2NO_{2(g)}$ تفاعل ماص للحرارة

ويمكن كتابته بالشكل التالي: حرارة + $N_2O_{4(g)} \rightleftarrows 2NO_{2(g)}$

الجهد	انزياح الاتزان	تركيز المتفاعلات	تركيز النواتج	قيمة K_{aq}
زيادة درجة الحرارة	أمامي (نحو اليمين)	يقل	يزداد	تزداد
خفض درجة الحرارة	عكسي (نحو اليسار)	يزداد	يقل	تقل

- يمكن ملاحظة انزياح الاتزان في التفاعل الماص السابق بملاحظة تغيراللون، N_2O_4 غاز عديم اللون NO_2 غاز بني اللون، إذا اتجه التفاعل لليمين يظهر اللون البني، وإذا اتجه لليسار يكون عديم اللون.



MR HESHAM ELTOUKHY

4) العوامل المحفزة والاتزان.

- **يعمل العامل الحفاز على زيادة سرعة التفاعل الأمامي والعكسي.**
- **يصل التفاعل إلى حالة الاتزان أسرع مع وجود العامل الحفاز، دون تغير كمية النواتج المتكونة.**

تجربة

التغير في موضع الاتزان

كيف يعمل الاتزان على تعديل وضعه عند حدوث تغير في حالة الاتزان؟

الخطوات

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. ضع حوالي 2 mL من محلول كلوريد الكوبلت II $CoCl_2$ الذي تركيزه 0.1M في أنبوب اختبار. سجل لون المحلول.
3. أضف حوالي 3 mL من حمض الهيدروكلوريك HCl المركز إلى أنبوب الاختبار، سجل لون المحلول.

تحذير: HCl يحرق الجلد والملابس.

4. أضف كمية كافية من الماء إلى أنبوب الاختبار حتى يتغير لون المحلول، وسجل اللون الناتج.
5. أضف قرابة 2 mL من محلول كلوريد الكوبلت II 0.1M إلى أنبوب اختبار آخر. وأضف HCl المركز تدريجيًا (نقطة واحدة كل مرة) بحذر، إلى أن يتحول لون المحلول إلى البنفسجي. إذا أصبح لون المحلول أزرق فأضف الماء حتى يتحول إلى اللون البنفسجي.
6. ضع أنبوب الاختبار في حمام ماء بارد، ورُش عليه بعض ملح المائدة، وسجل لون المحلول في أنبوب الاختبار.
7. ضع أنبوب الاختبار في حمام ماء ساخن، واستعمل الثرمومتر غير الزئبقي لقياس درجة الحرارة التي يجب أن تكون 70 °C على الأقل، وسجل لون المحلول.

التحليل

1. **فسر** استعمل معادلة التفاعل أدناه لتفسير ملاحظاتك حول اللون في الخطوات 4-2.

$$Co(H_2O_6)^{2+} + 4Cl^- \rightleftharpoons CoCl_4^{2-} + 6H_2O$$

أرجواني أزرق

2. **صف** كيف يزاح الاتزان عند إضافة طاقة أو إزالتها؟
3. **فسّر** من ملاحظاتك حول اللون في الخطوات (6 و7) ما إذا كان التفاعل ماصًّا للحرارة أم طاردًا للحرارة؟

التحليل

1. تدفع أيونات الكلوريد الزائدة الاتزان نحو الأيون الأزرق، أما الماء فيدفعه نحو الأيون البنفسجي.
2. تدفع الحرارة الاتزان نحو المحلول الأزرق، في حين تدفع عملية التبريد المحلول إلى اللون البنفسجي.
3. التفاعل ماصٌّ للحرارة.

MR.

تدريبات القسم (2)

1) اكتب المصطلح العلمي المناسب:

1) (مبدأ لوشاتلييه) إذا بذل جهد على نظام في حالة اتزان فإن ذلك يؤدي إلى إزاحة النظام في اتجاه يخفف أثر هذا الجهد.

2) (الجهد) أي تغيير يؤثر في اتزان نظام معين.

2) كيف يستجيب النظام في حالة الاتزان للجهد؟ واذكر العوامل التي تؤثر في نظام متزن.

يتحول الاتزان نحو الاتجاه الذي يقلل من أثر التغيرات، العوامل: تغيرات التركيز، الضغط (أو الحجم) ودرجة الحرارة.

3) كيف يؤثر تقليل حجم وعاء التفاعل في كل نظام اتزان مما يأتي؟

a) $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftarrows 2SO_{3(g)}$: .....

b) $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftarrows 2HCl_{(g)}$: .....

4) قرر ما إذا كان رفع درجة الحرارة أو خفضها ينتج المزيد من CH_3CHO في معادلة الاتزان التالية:

$$C_2H_{2(g)} + H_2O_{(g)} \rightleftarrows CH_3CHO_{(g)} \qquad \Delta H^\circ = -151\ kJ$$

.....

5) يظهر الجدول تراكيز مادتين A و B في خليطي تفاعل، يتفاعلان حسب المعادلة $B \rightleftarrows 2A$ و $K_{aq} = 200$

[B]	[A]	تفاعل
0.0200	0.0100	1
0.400	0.0500	2

هل المزيجان عند موضعي اتزان مختلفين؟

.....

6) صمم خارطة مفاهيم توضح طرائق تطبيق مبدأ لوشاتلييه لزيادة النواتج في نظام اتزان وزيادة المتفاعلات في النظام نفسه.

MR. HESHAM ELTOUKHY

7) ما المقصود بالشغل المبذول على تفاعل ما عند الاتزان؟

التأثير الواقع على التفاعل عند الاتزان وهو أي تغير في التركيز، الحجم، الضغط أو درجة الحرارة، ويؤدي إلى انزياح الاتزان نحو اليمين أو اليسار.

8) كيف يصف مبدأ لوشاتلييه استجابة الاتزان للإجهاد؟

ينص مبدأ لوشاتلييه على أن الاتزان ينزاح في الاتجاه الذي يقلل من التأثير الواقع عليه.

9) لماذا يسبب إزالة المتفاعل إزاحة الاتزان نحو اليسار؟

لكي يعيد نسبة الاتزان للمتفاعلات والنواتج ينزاح الاتزان نحو المتفاعلات.

10) عند إزاحة الاتزان نحو اليمين، ماذا يحدث لكل مما يلي:

a) تراكيز المتفاعلات: .....

b) تراكيز النواتج: .....

11) فسر كيف يمكن أن تنظم الضغط لتعزز تكوين النواتج في نظام الاتزان التالي: $MgCO_{3(s)} \rightleftarrows MgO_{(s)} + CO_{2(g)}$

.....

12) كيف يمكن للتغيرات التالية التأثير في موضع الاتزان للتفاعل المستعمل لإنتاج الميثانول من أول أكسيد الكربون والهيدروجين ؟ $CO_{(g)} + 2H_{2(g)} \rightleftarrows CH_3OH_{(g)} +$ حرارة

a) إضافة CO : .....

b) خفض درجة الحرارة: .....

c) إضافة عامل محفز: .....

d) إزالة CH_3OH : .....

e) تقليل حجم وعاء التفاعل : .....

MR. HESHAM ELTOUKHY

13) عندما تقوم بعكس معادلة كيميائية حرارية لماذا يجب عكس إشارة ΔH؟

لأن المعادلة تنعكس حراريا، فبدلا من أن تكون الطاقة مفقودة تصبح ممتصة، لذلك يجب عكس إشارة ΔH

14) استعمل مبدأ لوشاتلييه لشرح كيف أن إزاحة الاتزان التالي: $H_2CO_{3(aq)} \rightleftarrows H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$

تسبب فقدان الشراب طعمه عند ترك غطاء القارورة مفتوحا؟

.....

15) إذا أضيف مذيب سائل من الكلور إلى دورق يحتوي على تفاعل الاتزان التالي: $PCl_{5(g)} \rightleftarrows PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$

فكيف يتأثر الاتزان عند ذوبان كمية من غاز الكلور؟

.....

16) فسر لماذا يسبب تغير حجم وعاء التفاعلين تغير موضع الاتزان لـ a ولا يؤثر في b؟

b) $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftarrows 2HCl_{(g)}$ a) $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftarrows 2NH_{3(g)}$

.....

17) كيف تؤثر زيادة درجة الحرارة في الاتزان الموضح في المعادلة: $PCl_{5(g)} \rightleftarrows PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$ + حرارة

هل تتوقع أن تزداد أو تقل قيمة K_{eq} العددية؟ فسر إجابتك.

.....

18) يتفاعل الإيثيلين C_2H_4 مع الهيدروجين لإنتاج الإيثان C_2H_6 وفق المعادلة:

حرارة + $C_2H_{6(g)} \rightleftarrows C_2H_{4(g)} + H_{2(g)}$ كيف يمكنك تنظيم درجة الحرارة لهذا الاتزان لكي:

a) تزيد كمية الإيثان الناتج: .....

b) تقلل تركيز الإيثيلين: .....

c) تزيد كمية الهيدروجين في وعاء التفاعل: .....

MR. HESHAM EL TOUKHY

19) تنتج إيثانوات الإيثيل $CH_3COOCH_2CH_3$ من الاتزان الموصوف في المعادلة التالية:

$$CH_3COOH_{(aq)} + CH_3CH_2OH_{(aq)} \rightleftarrows CH_3COOCH_2CH_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$$

لماذا تسبب إزالة الماء إنتاج المزيد من إيثانوات الإيثيل؟

.....

20) كيف يتأثر كل اتزان مما يلي بانخفاض درجة الحرارة ؟

(a $2O_{3(g)} \rightleftarrows 3O_{2(g)}$ + حرارة : .....

(b $2NO_{(g)} \rightleftarrows N_{2(g)} + O_{2(g)}$ + حرارة : .....

21) صحح الجملة التالية: (القيمة المنخفضة لثابت الاتزان K_{eq} تعني أن كلا التفاعلين الأمامي والعكسي يحدثان ببطء).

قيمة K_{eq} لا تعطي أي معلومات عن سرعة التفاعل أو بطئه، وتعني القيمة المنخفضة لـ K_{eq} أن تراكيز المتفاعلات أكبر من تراكيز النواتج عند حدوث التفاعلين الأمامي والعكسي بنسب متساوية.

22) في نظام الاتزان: $N_2O_{4(g)} \rightleftarrows 2NO_{2(g)}$، لون NO_2 بني غامق. N_2O_4 عديم اللون فسر اختلاف اللون للاتزان كما هو موضح في الشكل.

عديم اللون بني غامق

عند زيادة الضغط يتجه الاتزان نحو اليسار (نحو عدد المولات الأقل)، يستهلك المزيد من NO_2 (البني اللون) وينتج المزيد من N_2O_4 عديم اللون.

23) يستعمل تنشق الأملاح أحيانا لإعادة إنعاش شخص فاقد الوعي، تتكون هذه الأملاح من كربونات الأمونيوم، إذا كانت معادلة تفكك كربونات الأمونيوم الماص للحرارة: $(NH_4)_2CO_{3(s)} \rightleftarrows 2NH_{3(g)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$

هل تتوقع أن استنشاق الأملاح يعطي مفعولا في أيام الشتاء الباردة كما في أيام الصيف الحارة؟ فسر إجابتك.

لا، لأن تحلل كربونات الأمونيوم ماص للحرارة، وعليه يتحلل المركب بسرعة أكبر عند درجة حرارة أكبر.

MR. HESHAM EL TOUKHY