القسم(1)

حالة الاتزان الديناميكي

A STATE OF DYNAMIC BALANCE

1 - التفاعل الغيرانعكاسي(التام) (غالباً النظام مفتوح)

✍ هو التفاعل الذي لا يمكن أن تتفاعل خلاله النواتج لتكوين المتفاعلات مرة أخرى .

✍ هو التفاعل الذي يكتمل في اتجاه واحد ، حيث تتحول كل المتفاعلات إلى نواتج بمرور الوقت .

☺ **ما السبب في عدم الانعكاسية (التفاعل تام) ؟؟**

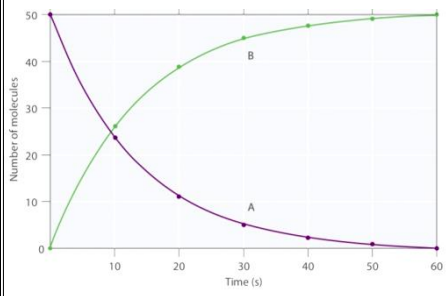
ج : عندما يكون أحد النواتج في صورة **راسب** أو **غاز** خارج النظام المغلق للتجربة أو **مادة ضعيفة التفكك** مثل الماء مثلاً

$$H_2CO_{3(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}\uparrow \quad : \quad -1$$

$$Na^+Cl^-_{(aq)} + Ag^+NO_3^-_{(aq)} \rightarrow Na^+NO3^-_{(aq)} + AgCl(s) \quad : \quad -2$$

$$Na^+OH^-_{(aq)} + H^+Cl^-_{(aq)} \rightarrow Na^+Cl^-_{(aq)} + H_2O_{(l)} \quad : \quad -3$$

مثال : تفاعل احتراق الكربون مع الأكسجين لتكوين غاز ثاني أكسيد الكربون :



تعليق ومناقشة : $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$

[البداية]

[بعد فترة]

[بعد فترة]

[النهاية]

تخير : جميع التفاعلات التالية تتجه نحو الاكتمال عدا :

أ – $Ca(OH)_{2(aq)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow CaCl_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$

ب – $CaCO_{3(s)} + 251\ kj \rightarrow CaO_{(aq)} + CO_{2(g)}$

ج – $AgNO_{3(aq)} + KCl_{(aq)} \rightarrow AgCl_{(s)} + KNO_{3(aq)}$

د - $CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

تدريب خارجي للرسم :

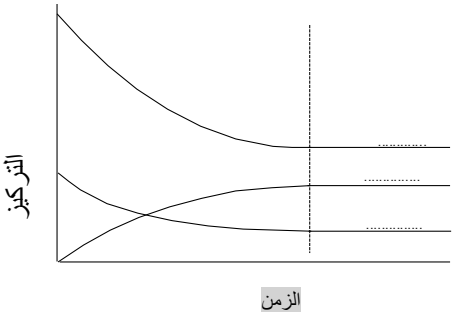
$$H_2CO_{3(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

2 - التفاعل الانعكاسي (الغير تام) (غالباً النظام مغلق)

- هو التفاعل الذي يمكن أن تتفاعل خلاله النواتج لتكوين المتفاعلات مرة أخرى .
- تفاعلات تسير في إتجاهين الأمامي والعكسي باستمرار ، وهذه التفاعلات لا تكتمل في اتجاه واحد بل تسير في كلا الاتجاهين .

مثال : تفاعل غاز الهيدروجين مع غاز النيتروجين لتكوين غاز الأمونيا :

تعليق ومناقشة : $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$



[البداية]

[بعد فترة]

[بعد فترة]

[بعد فترة]

[النهاية]

أ – اكتب المتفاعلات والنواتج وحالة الاتزان على الرسم

ب – تركيز ..... و ..... يقل بمرور الزمن بينما يزداد تركيز .....

تخير : في التفاعل التالي : $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \leftrightarrows 2NH_{3(g)}$ **يكون الناتج النهائي للتفاعل :**

أ - NH_3 ب - $N_{2(g)}$, $H_{2(g)}$ جـ - NH_3 , $N_{2(g)}$, $H_{2(g)}$

تخير : في التفاعل التالي : $CH_3COOH_{(aq)} + C_2H_5OH_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5 + H_2O$ **يكون الناتج النهائي للتفاعل :**

أ - $CH_3COOC_2H_5 + H_2O$

ب - $CH_3COOH_{(aq)} + C_2H_5OH_{(aq)}$

جـ - $CH_3COOH_{(aq)} + C_2H_5OH_{(aq)} + CH_3COOC_2H_5 + H_2O$

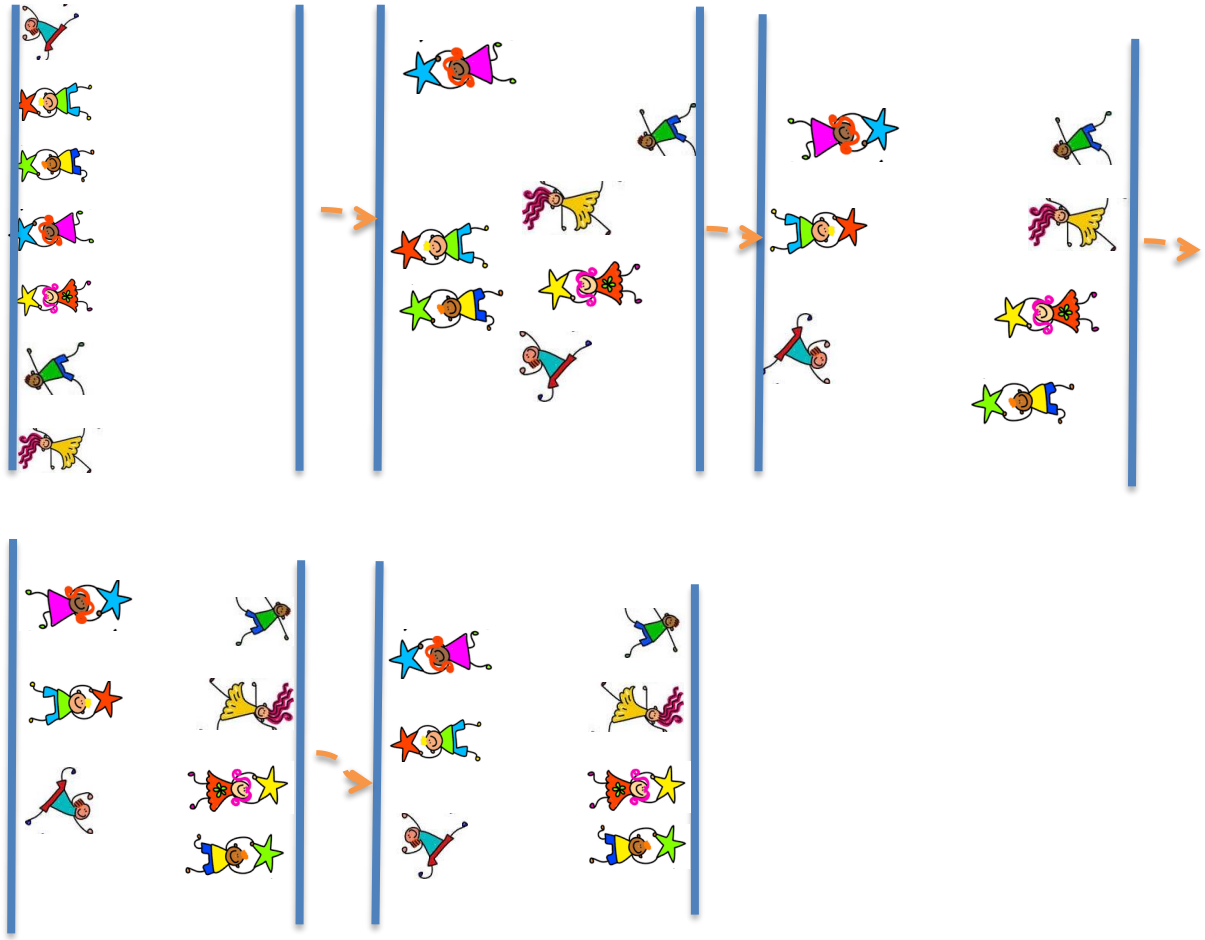
س : التفاعل الانعكاسي التالي في نظام مغلق: $2HgO_{(s)} \rightleftharpoons 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$ **متى يصبح التفاعل *غير انعكاسي*؟**

ج : إذا تم تحرر غاز الأكسجين لخارج النظام . (أو إذا غاب أحد مكونات التفاعل عن حيز النظام) (أي تم فتح النظام)

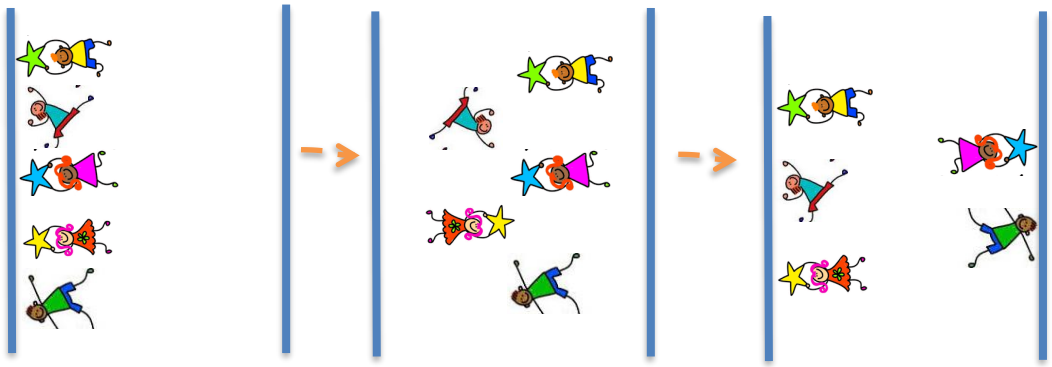
3 - الاتزان الكيميائي :هي الحالة التي يتساوي فيها (يتزامن)سرعة (**ديناميكية**) التفاعل الأمامي مع سرعة التفاعل العكسي ، بحيث تبقى **تراكيز المتفاعلات والنواتج ثابتة.**

لعبة هامة : لوصف الاتزان :

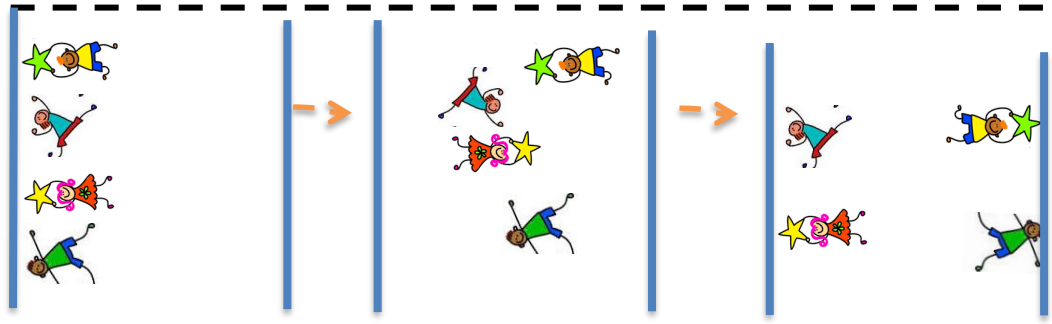
مسابقة (1)



مسابقة (2)

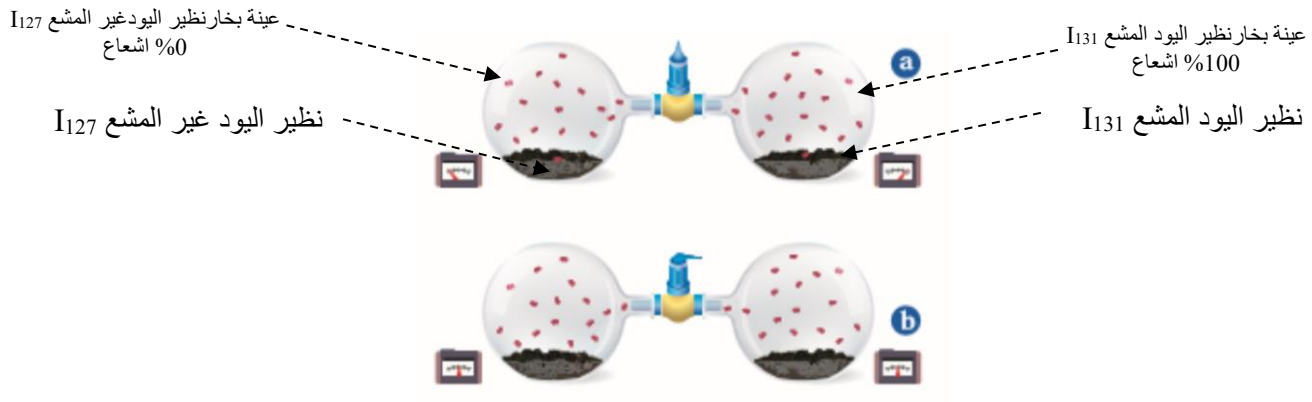


مسابقة (3)



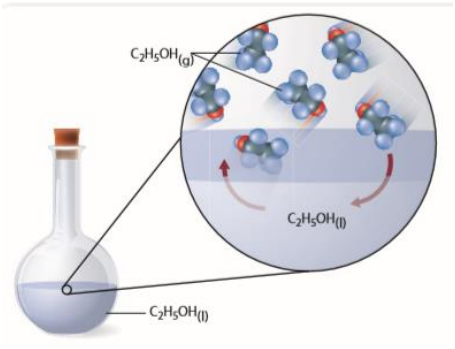
تجربة : لوصف الاتزان : (ناقش واستنتج)

المحبس مغلق : وكل من عينتي اليود في حالة اتزان تسامي (صلب – غاز) : $I_{2(s)} \rightleftharpoons I_{2(g)}$



المحبس مفتوح : قراءات الاشعاع متساوية في الطرفين ، حيث ينتقل بخار اليود بين الدورقين **بسرعات متساوية** (**حالة اتزان**)

مثال : لوصف الاتزان :



الشكل 8-4 عند الاتزان، تكون سرعة تبخر الإيثانول C_2H_5OH مساويةً لسرعة التكثّف. يسمى هذا الاتزان المكون بين حالتين فيزيائيتين للمادة الاتزانَ غير المتجانس. تعتمد قيمة K_{eq} على $[C_2H_5OH_{(g)}]$ فقط.

ملاحظة : التفاعل المتزن لا يتوقف عن التفاعل **بل يستمر** ، أي أن المواد المتفاعلة تتفاعل لتنتج المواد الناتجة ، وفي نفس الوقت تتفاعل المواد الناتجة لتنتج المواد المتفاعلة ، ويستمر ذلك مع مرور الزمن ، ولكن هذه التغيرات لا نستطيع أن نشعر أو نحس بها . وهو ما يسمى بالاتزان الديناميكي .

خواص الاتزان :

1 – تفاعل الاتزان يحدث في نظام مغلق (فلا يخرج من أو إلى النظام أي من المتفاعلات أو النواتج)

2 – درجة الحرارة ثابتة

3 – المتفاعلات والنواتج في حالة حركة ديناميكية ثابتة (اتزان ديناميكي) ، وليس الاتزان ساكناً (استاتيكي)

4 - سرعتا التفاعلين العكسيين متساويين

5 – الاتزان نشط ومستمر

6 – **تركيز** المواد **ثابت** لا يتغير مع مرور الزمن (ونادراً ما تتساوى التراكيز)

7 – الخواص المنظورة والملموسة ثابتة

غاز الأمونيا NH_3 : تَحضير الأمونيا تلقائي وفي الظروف القياسية ، لكن التفاعلات التلقائية ليست سريعة دائماً ، وعند إجراء التفاعل ستتكون الأمونيا ببطئ شديد ، لذا يلزم وجود درجة حرارة عالية وضغط مرتفع .

1 – الاستخدامات :

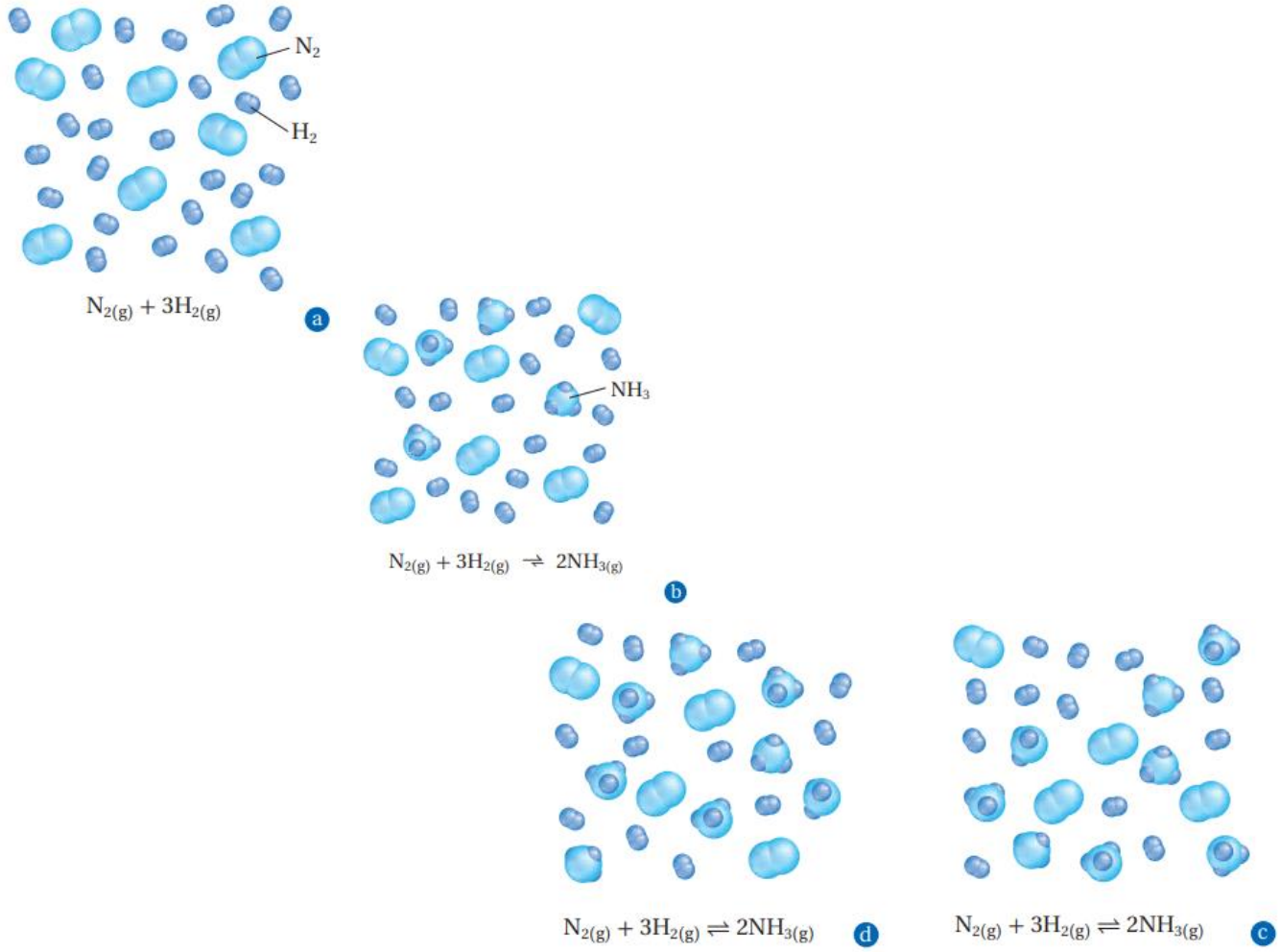
أ – في الزراعة : 1 – في صناعة الأسمدة 2 – تضاف إلى الأعلاف الحيوانية

ب – في الصناعة : مادة خام في صناعة الكثير من المنتجات ، مثل النايلون

2 – تفاعل الأمونيا : تفاعل تلقائي في الظروف القياسية (1 atm , 298 K)

مناقشة تفاعل هابر لإنتاج الأمونيا : عند وضع 1mol N_2 , 3 mol N_2 في وعاء مغلق (تتبع التفاعل)

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



[البداية]

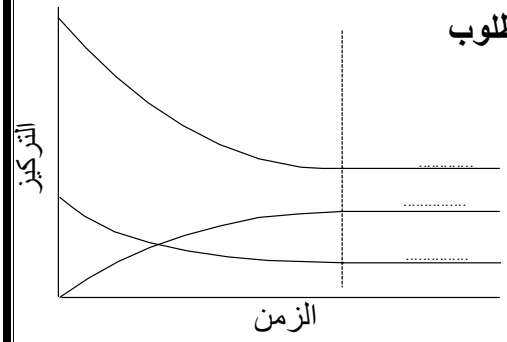
[بعد فترة]

[النهاية]

عند الاتزان : التراكيز في النهاية ثابتة لا يصل أحدها للصفر .

مخططات الاتزان

س : ادرس المخطط التالي للتفاعل $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ **والمطلوب**



أ – اكتب المتفاعلات والنواتج وحالة الاتزان على الرسم

ب – تركيز ..... و ..... يقل بمرور الزمن بينما يزداد تركيز .....

جـ - عند الاتزان ..... تراكيز المتفاعلات والنواتج

د – في بداية التفاعل يكون تركيز النواتج = ...

س : صف مع الشرح كيف تتغير تراكيز ***A , B , C , D*** **، منذ اللحظة الأولى التي يتم فيها أولاً اتحاد** ***A , B*** **إلى النقطة التي يتحقق فيها اتزان التفاعل :** $A + B \rightleftharpoons C + D$

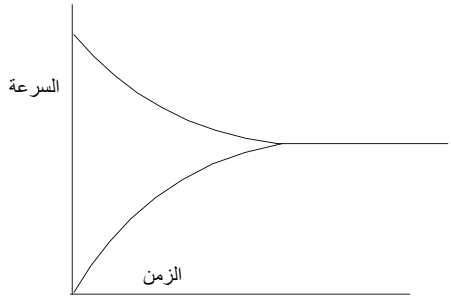
في البداية : يكون تركيزا A , B = قيمة عظمى ، وتركيزا C , D = صفر

عند بدء التفاعل A , B بفترة : يقل تركيزهما ، ويبدأ تركيز C , D في الزيادة

في النهاية : تصبح **سرعتي التفاعل متساويتان (حالة الاتزان)**

تراكيز A , B , C , D **ثابتة** عند نفس الظروف

س : ادرس المخطط التالي للتفاعل $A + B \rightleftharpoons C + D$ **والمطلوب**



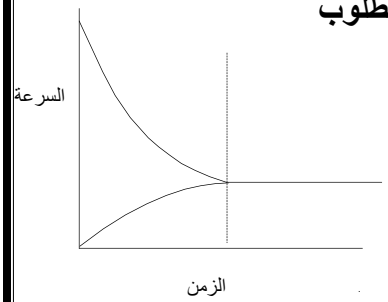
أ – اكتب المتفاعلات والنواتج وحالة الاتزان على الرسم

ب – في بداية التفاعل يكون تركيز المتفاعلات ..... وتركيز النواتج .....

جـ - عند الاتزان يكون سرعة التفاعل الأمامي = ...

د – بينما يكون تركيز المتفاعلات والنواتج .....

س : ادرس المخطط التالي للتفاعل $H_2O_{(g)} + CO_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + CO_{2(g)}$ **والمطلوب**



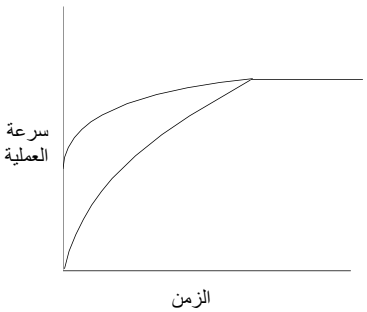
أ – اكتب المتفاعلات والنواتج وحالة الاتزان على الرسم

ب – في بداية التفاعل تكون سرعة التفاعل الأمامي بين بخار الماء وأول أكسيد الكربون ..... ، وسرعة التفاعل العكسي = صفر

جـ - بمرور الوقت ..... سرعة التفاعل الأمامي ، و..... سرعة التفاعل العكسي

هـ - وفي النهاية تصبح سرعة التفاعل ..... = ...

س : المخطط التالي بين حالتي التكثيف والتبخير



أ – اكتب على الرسم عمليتي التبخير والتكثيف وحالة الاتزان

ب – متى تحدث حالة الاتزان؟ .....

جـ - متى تثبت حالتي التبخير والتكثيف؟ .....

س : تخير الإجابة الصحيحة من بين الإجابات التالية :

1 ـ يكون تفاعل كيميائي في حالة اتزان عندما :

أ ـ يتوقف التفاعلان الأمامي والعكسي
جـ ـ تكون سرعة التفاعلين الأمامي والعكسي متساوية
ب ـ يساوي ثابت الاتزان 1
د ـ لا يبقى متفاعلات

13 – يتحقق التوازن حينما :

أ – تتساوى تراكيز المواد الناتجة والمتفاعلة وتختلف سرعتا التفاعلين المتعاكسين
ب ـ تتساوى تراكيز المواد الناتجة والمتفاعلة وتتساوى سرعتا التفاعلين المتعاكسين
ج ـ تثبت تراكيز المواد الناتجة والمتفاعلة وتختلف سرعتا التفاعلين المتعاكسين
د ـ تثبت تراكيز المواد الناتجة والمتفاعلة وتتساوى سرعتا التفاعلين المتعاكسين

17 – يصل التفاعل الكيميائي إلى حالة الاتزان عندما :

أ – يتساوى كمية النواتج مع كمية المتفاعلات
ب – يتساوى معدل التفاعل الأمامي مع معدل التفاعل العكسي
ج – يتوقف التفاعل تماماً
د – جميع ما سبق

18 – التفاعل الذي يمكن أن تتفاعل فيه النواتج لإعادة تكوين المتفاعلات هو

أ – في حالة اتزان
ب – انعكاسي
ج – منظم
د – غير ممكن

20 – عند الاتزان :

أ – كل التفاعلات تتوقف
ج – التفاعل العكسي يستمر فقط
ب – التفاعل الأمامي يستمر فقط
د – التفاعل الأمامي والعكسي يستمران

21 – عند الاتزان :

أ – سرعة التفاعل الأمامي أقل من سرعة التفاعل العكسي
ب ـ سرعة التفاعل الأمامي أعلى من سرعة التفاعل العكسي
ج ـ سرعة التفاعل الأمامي تساوي من سرعة التفاعل العكسي
د – لا يحدث أي تفاعل

22 – أي عمليتين تكونان في حالة اتزان في محلول مشبع من السكر؟

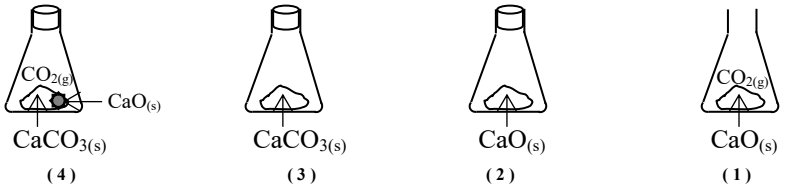
أ – تبخر وتكثيف
ب – ذوبان وتبلور
ج – تفكك وتركيب
د – تأين وإعادة اتحاد

27 – يكون التفاعل الكيميائي الانعكاسي في حالة اتزان عندما :

أ ـ تتساوى سرعتي التفاعلين الأمامي والعكسي وتتساوى التراكيز
ب ـ تكون سرعة التفاعل الأمامي أقل من سرعة التفاعل العكسي والتراكيز متساوية
ج ـ تكون سرعة التفاعل الأمامي أكبر من سرعة التفاعل العكسي والتراكيز ثابتة
د ـ تتساوى سرعتي التفاعلين الأمامي والخلفي والتراكيز ثابتة

28 – بالإعتماد على التفاعل التالي وعند تسخين الدوارق المخروطية التالية ، أيها يحدث فيها الاتزان ؟

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



أ ـ 2 و 3 و 4 فقط
ب ـ 3 و 4 فقط
ج ـ ✍ 2 و 4 فقط
د ـ 1 و 2 و 3 فقط

تعابير ثابت الاتزان Equlibrium Expressions

قانون الاتزان الكيميائي : للعالمان النرويجيان جولدبرج و بيترويج

"عند درجة حرارة معينة يمكن للتفاعل الكيميائي أن يصل إلى حالة تصبح فيها نسب تراكيز المتفاعلات والنواتج ثابتة"

ثابت الاتزان Keq :هو القيمة العددية لنسبة حاصل ضرب تركيز النواتج على حاصل ضرب تركيز المتفاعلات ، ويُرفع كل تركيز إلي أي يساوي عدد مولاته.

(**ملاحظة** : ثابت الاتزان **قيمة عددية ، ليس له وحدة**)

مثال : للتفاعل : $aA + bB \rightleftharpoons cC + Dd$ يكون : $Keq = \frac{[C]^c\ [D]^d}{[A]^a\ [B]^b}$

[A] و [B] : التراكيز المولارية للمتفاعلات

[D] و [C] : التراكيز المولارية للنواتج

a , b , c , d : معاملات المعادلة الموزونة

ملاحظة هامة جدا : في الاتزان: $A + B \rightleftharpoons C$, $Keq = 10$

فإن قيمة Keq هي ***المعكوس الضربي*** عند عكس الاتزان :

$C \rightleftharpoons A + B$, $Keq = \frac{1}{10}$

تخير : إذا كان (Kc = 54.8) للتفاعل : $H_{2(g)} + I_{2(g)} \leftrightarrows 2HI_{(g)}$ عند 425^0C فإن قيمة K_C للتفاعل :

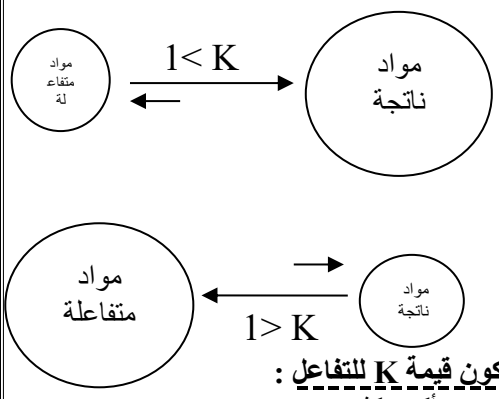
$2HI_{(g)} \leftrightarrows H_{2(g)} + I_{2(g)}$ عند 425^0C :

أ - 0.18 ب - 0.018 ج - 54.8 د - 5.48

تفسير قيم ثابت الاتزان Keq

س ما دلالة قيمة ثابت الاتزان K أو (كيف ترتبط قيمة ثابت الاتزان بالكمية النسبية للمتفاعلات والنواتج عند الاتزان؟)

لاحظ : بقدر ما تكون قيمة K كبيرة ، تكون الكميات النسبية للنواتج كبيرة



قيمة ثابت الاتزان Keq	اتجاه التفاعل المفضل	مثـــــــال
1< K	نحو النواتج	$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$
1 = K	حالة اتزان	$H_2SO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + HSO_3^-{}_{(aq)}$
1 > K	نحو المتفاعلات	$H_2CO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + HCO_3^-{}_{(aq)}$

س حمض الهيدروكلوريك حمض قوي يتأين بشكل تام في الماء ليكون H_3O^+ , Cl^- تكون قيمة K للتفاعل :

أ - 1×10^{-2} ب - 1×10^{-5} جـ - أكبر بكثير

برر لإجابتك : .....

س : النظام المتزن : $A + B \rightleftharpoons C + D$ يوجد عند ضغط معين ودرجة حرارة معينة :

أيهما توجد بتركيزات كبيرة (A + B) أم (C+ D) عندما يكون ثابت الاتزان K :

أ – أقل من الوحدة : ..... (العكسي)

ب – أكبر من الوحدة : ..... (الأمامي)

جـ - مساوياً الوحدة : ..... (ليس أي واحد منهما)

تعابير الاتزان

في التفاعل المتجانس

"التفاعل الذي تكون متفاعلاته ونواتجه في حالة فيزيائية واحدة"

" تكتب جميع المتفاعلات والنواتج "

في التفاعل الغير المتجانس

"التفاعل الذي تكون متفاعلاته ونواتجه في حالة فيزيائية مختلفة"

" تحذف المواد الصلبة السائلة علل لثبات كثافتها عند درجة حرارة معينة ، وبالتالي ثبات تركيزها "

ملاحظة : 1 - قيمة **ثابت الاتزان تتغير مع تغير درجة الحرارة**

2 - يمكن أن **تحسب** قيمة لنظام ما **من خلال التجربة**

س : اكتب تعبير ثابت الاتزان تحت كل تفاعل من التفاعلات التالية كما بالجدول :

$CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons CaCO_{3(s)}$	$2HI_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + I_{2(g)}$
$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrows NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$	$CH_3COOH_{(l)} + C_2H_5OH_{(l)} \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_{5(l)} + H_2O_{(l)}$
$AgCl_{(s)} \rightleftharpoons Ag^+{}_{(aq)} + Cl^-{}_{(aq)}$	$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \leftrightarrows 2SO_{3(g)}$
$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$	$4HCl_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2Cl_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$
$CO_{(g)} + 2H_{2(g)} \leftrightarrows CH_3OH_{(l)}$	$H_{2(g)} + \frac{1}{2} I_{2(g)} \leftrightarrows HI_{(g)}\frac{1}{2}$

$HF_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + F^-_{(aq)}$	$2FeCl_{3(aq)} + SnCl_{2(aq)} \leftrightarrows 2FeCl_{2(aq)} + SnCl_{4(aq)}$
$\mathbf{2PbS_{(s)} + 3O_{2(g)} + C_{(s)} \rightleftharpoons 2Pb_{(s)} + CO_{2(g)} + 2SO_{2(g)}}$	$CO_{2(g)} + NaOH_{(aq)} \leftrightarrows NaHCO_{3(aq)}$
$2NaHCO_{3(s)} \leftrightarrows Na_2CO_{3(s)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$	$CO_{2(g)} + H_{2(g)} \leftrightarrows CO_{(g)} + H_2O_{(l)}$
$2A_{(aq)} + 3B_{(l)} \leftrightarrows C_{(aq)}$	$Cu_{(s)} + 2Ag^+_{(aq)} \rightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2Ag_{(aq)}$
$H_2O_{(l)} \leftrightarrows H_2O_{(g)}$	$CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$

مسائل تدريبية

1. اكتب تعابير ثابت الاتزان للمعادلات الآتية:

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

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

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

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

e. $CH_{4(g)} + 2H_2S_{(g)} \rightleftharpoons CS_{2(g)} + 4H_{2(g)}$

2. **تحفيز** اكتب المعادلة الكيميائية التي تمثل تعبير ثابت الاتزان الآتي:

$$K_{eq} = \frac{[CO]^2[O_2]}{[CO_2]^2}$$

مسائل تدريبية

1.
a. $K_{eq} = [NO_2]^2/[N_2O_4]$
b. $K_{eq} = [H_2]^2[S_2]/[H_2S]^2$
c. $K_{eq} = [CH_4][H_2O]/[CO][H_2]^3$
d. $K_{eq} = [NO]^4[H_2O]^6/[NH_3]^4[O_2]^5$
e. $K_{eq} = [CS_2][H_2]^4/[CH_4][H_2S]^2$

2. $2CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)} + O_{2(g)}$

مسائل تدريبية

3. اكتب تعبير ثابت الاتزان غير المتجانس لكل مما يلي:

a. $C_{10}H_{8(s)} \rightleftharpoons C_{10}H_{8(g)}$

b. $H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2O_{(g)}$

c. $CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$

d. $C_{(s)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_{2(g)}$

e. $FeO_{(s)} + CO_{(g)} \rightleftharpoons Fe_{(s)} + CO_{2(g)}$

4. **تحفيـز** يتفاعل الحديد الصلب مع غاز الكلور لتكوين كلوريد الحديد III $FeCl_3$.
اكتب معادلة كيميائية موزونة وتعبير ثابت الاتزان للتفاعل.

مسائل تدريبية

3.
a. $K_{eq} = [C_{10}H_8]$
b. $K_{eq} = [H_2O]$
c. $K_{eq} = [CO_2]$
d. $K_{eq} = [CO][H_2]/[H_2O]$
e. $K_{eq} = [CO_2]/[CO]$

4. $2Fe_{(s)} + 3Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2FeCl_{3(s)}$
$K_{eq} = 1/[Cl_2]^3$

ثوابت الاتزان : **تظل قيمة Keq ثابتة *للتفاعل الواحد*** عند درجة حرارة معينة بغض النظر عن التراكيز الابتدائية للنواتج والمتفاعلات .

مناقشة وتدريب : مع تفسير قيمة Keq

الجدول 1-4 بيانات تجريبية لتفاعل يوديد الهيدروجين عند الاتزان

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

قيمة ثابت الاتزان احسب قيمة K_{eq} لتعبير ثابت الاتزان $K_{eq}=\frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$ إذا علمت أن تراكيز المواد في أحد مواضع الاتزان $[NH_3]=0.933\ mol/L, [N_2]=0.533\ mol/L, [H_2]=1.600\ mol/l$

1 تحليل المسألة

لقدأعطيت تعبير ثابت الاتزان وتراكيز المتفاعلات والنواتج، يجب حساب ثابت الاتزان.

المعطيات

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

$[NH_3]=0.933\ mol/L$

$[N_2]=0.533\ mol/L$

$[H_2]=1.600\ mol/L$

المطلوب

$K_{eq}=?$

2 حساب المطلوب

عوض $[NH_3]=0.933 mol/L$

$[N_2]=0.533 mol/L, [H_2]=1.6 mol/L$

$$K_{eq}=\frac{[0.933]^2}{[0.533][1.600]^3}=0.399$$

3 تقويم الإجابة

توجد القيمة الكبرى للتركيز في مقام المعادلة، وهي مرفوعة للأس (3)، لذا قيمة K_{eq} الناتجة أقل من 1 معقولة.

مثال في الصف

السؤال ما قيمة K_{eq} للاتزان الآتي إذا كانت قيم التراكيز هي:

$[N_2]=0.20\ mol/L$ ، $[O_2]=0.15\ mol/L$

$[NO]=0.0035\ mol/L$

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

الإجابة

$K_{eq}=\frac{(0.0035)^2}{(0.20)(0.15)}=4.1\times10^{-4}$

مسائل تدريبية

5. $K_{eq}=0.213$
6. $K_{eq}=3.93$
7. $[COCl_2]=0.27M$

مسائل تدريبية

5. احسب قيمة K_{eq} للاتزان $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$ إذا علمت أنّ:

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

6. احسب قيمة K_{eq} للاتزان $CO_{(g)}+3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)}+H_2O_{(g)}$. إذا علمت أنّ:

$[CO]=0.0613\ mol/L, [H_2]=0.1839\ mol/L, [CH_4]=0.0387\ mol/L, [H_2O]=0.0387\ mol/L$

7. **تحفيز** يصل التفاعل $COCl_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)}+Cl_{2(g)}$ إلى حالة الاتزان عند درجة حرارة 900 K ، فإذا كان تركيز كل من CO و Cl_2 هو 0.150 M عند الاتزان، فما تركيز $COCl_2$؟ علمًا أنّ ثابت الاتزان K_{eq} عند درجة الحرارة نفسها يساوي 8.2×10^{-2}.

التقويم 4-1

الخلاصة

- يكون التفاعل في حالة اتزان إذا كانت سرعة التفاعل الأمامي مساوية لسرعة التفاعل العكسي.
- يعبر عن حالة الاتزان بثابت الاتزان وهو نسبة حاصل ضرب التراكيز المولارية للمواد الناتجة إلى حاصل ضرب التراكيز المولارية للمواد المتفاعلة؛ حيث ترفع هذه التراكيز إلى أسس مساوية لمعاملاتها في المعادلة الكيميائية الموزونة.
- تكون قيمة تعبير ثابت الاتزان K_{eq} ثابتة عند درجة حرارة معينة .

8. **الفكرة الرئيسة** **فسر** كيف ترتبط قيمة ثابت الاتزان مع كمية النواتج K_{eq}؟
9. **قارن** بين الاتزان المتجانس والاتزان غير المتجانس.
10. **عدّد** ثلاث خواص يجب أن توجد في خليط تفاعل ليصل إلى حالة اتزان.
11. **احسب** قيمة K_{eq} عند درجة حرارة 400 K للتفاعل الآتي:

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

إذا علمت أنّ:

$$[PCl_5] = 0.135\ mol/L$$

$$[PCl_3] = 0.550\ mol/L$$

$$[Cl_2] = 0.550\ mol/L$$

12. **فسر البيانات** يوضح الجدول الآتي قيم ثابت الاتزان عند ثلاث درجات حرارة مختلفة. في أي منها يكون تركيز النواتج أكبر؟ فسر إجابتك.

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

التقويم 4–1

8. كلما زادت قيمة ثابت الاتزان، زادت كمية المواد الناتجة المتكوّنة عند الاتزان.
9. توجد جميع المواد المتفاعلة والناتجة في الحالة الفيزيائية نفسها في حالة الاتزان المتجانس، بينما تكون في حالات فيزيائية مختلفة في حالة الاتزان غير المتجانس.
10. للوصول إلى حالة الاتزان، يجب أن يكون مزيج التفاعل في وعاء مغلق وعند درجة حرارة ثابتة، وأن تتواجد جميع المواد المتفاعلة والناتجة في نفس الوعاء.
11. $K_{eq} = 2.24$.
12. 373K ، بما أن المواد الناتجة تكون في بسط المعادلة؛ لذا فكلما زادت قيمة K_{eq}، زاد تركيز المواد الناتجة.

س : تخير الإجابة الصحيحة من بين الإجابات التالية

س	ج
1 ـ يكون تفاعل كيميائي في حالة اتزان عندما : أ ـ يتوقف التفاعلان الأمامي والعكسي جـ ـ تكون سرعة التفاعلين الأمامي والعكسي متساوية ب ـ يساوي ثابت الاتزان 1 د ـ لا يبقى متفاعلات	
2 ـ أي مما يلي يمكن أن يغير ثابت الاتزان ؟ أ ـ درجة الحرارة ب ـ تركيز متفاعل جـ ـ تركيز ناتج د ـ الضغط	
3 ـ تأمل التفاعل التالي $2C_{(s)} + O_{2(g)} \leftrightarrows 2CO_{(g)}$ تعبير ثابت الاتزان له هو : أ ـ $\frac{[CO]^2}{[O_2]}$ ب ـ $\frac{[CO]^2}{[O_2][C]^2}$ ج ـ $\frac{2[CO]}{[O_2][2C]}$ د ـ $\frac{[CO]}{[O_2]}$	
4 ـ تأمل المعادلة التالية لنظام متزن $2PbS_{(s)} + 3O_{2(g)} + C_{(s)} \leftrightarrows 2Pb_{(s)} + CO_{2(g)} + 2SO_{2(g)}$ أي مما يلي يظهر تركيزه في مقام تعبير ثابت الاتزان ؟ أ ـ $SO_{2(g)}$, $CO_{2(g)}$ ب ـ $C_{(s)}$, $O_{2(g)}$, $PbS_{(s)}$ جـ ـ $SO_{2(g)}$, $CO_{2(g)}$, $O_{2(g)}$ د ـ $O_{2(g)}$	
5 – كيف تكون قيمة k ليتضح أن التفاعل يبلغ الاتزان سريعا جدا : أ – k كبيرة ب ـ k صغيرة ج ـ k تساوي صفر د – قيمة k لا تدل على السرعة	
6 – قيمة قريبة من 1 لـ k يشير إلى أنه عند الاتزان يحتمل أن : أ – توجد النواتج فقط ج – توجد كميات مهمة للمتفاعلات والنواتج ب – توجد المتفاعلات فقط د – يحدث التفاعل بسرعة معتدلة	
7 – يمكن أن تحسب قيمة k لنظام ما : أ – من الكتل المولية للنواتج والمتفاعلات ج – من الخصائص الكيميائية للنواتج والمتفاعلات ب – من حرارتي التفاعلين الأمامي والعكسي د – من خلال التجربة	
8 – ما تعبير ثابت الاتزان الكيميائي للمعادلة : $A_4D_3 + C_3B_2 \leftrightarrows 2A_2B + 3CD$ أ ـ $\frac{6[A_2B][CD]}{[A_4D_3][C_3B_2]}$ ب ـ $\frac{[A_4D_3][C_3B_2]}{6[A_2B][CD]}$ ج ـ $\frac{[A_2B]^2[CD]^3}{[A_4D_3][C_3B_2]}$ د ـ $\frac{[A_4D_3][C_3B_2]}{[A_2B]^2[CD]^3}$	
9 – ثابت الاتزان للتفاعل : $2NH_{3(g)} + H_2SO_{4(l)} \rightleftharpoons (NH_4)_2SO_{4(s)}$ هو : أ ـ $\frac{[(NH_4)_2SO_4]}{[NH_3][H_2SO_4]}$ ب ـ $\frac{[(NH_4)_2SO_4]}{[NH_3]^2[H_2SO_4]}$ ج ـ $\frac{1}{[NH_3]^2[H_2SO_4]}$ د ـ $\frac{1}{[NH_3]^2}$	

10 – التعبير الرياضي لثابت الاتزان للتفاعل : $CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$:

أ - $Kc = [CO_2]$ ب - $Kc = [CaO]\,[CO_2]$ ج - $Kc = \frac{[CaO][CO_2]}{[CaCO_3]}$ د - لا شيئ مما سبق

11 – يُعبرعن ثابت الاتزان للتفاعل التالي : $4A_{(g)} + 5B_{(g)} \rightleftharpoons 4C_{(g)} + 6D_{(g)}$

أ - $Kc = \frac{4[C]+6[D]}{4[A]+5[B]}$ ب - $Kc = \frac{4[C]\ 6[D]}{4[A]\ 5[B]}$ ج - $Kc = \frac{[C]^4\ [D]^6}{[A]^4\ [B]^5}$ د – $Kc = \frac{[C]\ [D]}{[A]\ [B]}$

12 – للتفاعل $H_{2(g)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons H_2O_{(g)} + CO_{(g)}$ يكون : $Kc = 1$ عند 1000K

أ - $[CO] = [H_2O] = [CO_2] = [H_2]$ ب - $[H_2] \,.\, [CO_2] = [H_2O] \,.[CO]$
ج - $[CO] = [H_2O]\ ,\ [CO_2] = [H_2]$ د – $[CO] \,.\, [H_2O] = [CO_2] \,.\, [H_2] = 1$

13 – يتحقق التوازن حينما :
أ – تتساوى تراكيز المواد الناتجة والمتفاعلة وتختلف سرعتا التفاعلين المتعاكسين
ب - تتساوى تراكيز المواد الناتجة والمتفاعلة وتتساوى سرعتا التفاعلين المتعاكسين
ج - تثبت تراكيز المواد الناتجة والمتفاعلة وتختلف سرعتا التفاعلين المتعاكسين
د - تثبت تراكيز المواد الناتجة والمتفاعلة وتتساوى سرعتا التفاعلين المتعاكسين

14 – معادلة Kc للاتزان : $C_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$ هي :

أ - $[CO_2]/[C][CO_2]$ ب - $2[CO]/[C][CO_2]$ ج - $[CO]/\,[CO_2]$ د - $[CO]^2/\,[CO_2]$

15 – قيمة ثابت الاتزان لتفاعل ما :
أ – تتغير مع التركيز ب – تتغير مع الوقت ج – تتغير مع درجة الحرارة د – هي نفسها تحت كل الظروف

16 – في المعادلة $K = \frac{[W][X]}{[Y][Z]}$ ، ما الذي يمثل تراكيز المتفاعلات ؟

أ - [Y] و[Z] ب - [W] و[X] ج - [W] و[Z] د - [X] و[Y]

17 – يصل التفاعل الكيميائي إلى حالة الاتزان عندما :
أ – يتساوى كمية النواتج مع كمية المتفاعلات ب – يتساوى معدل التفاعل الأمامي مع معدل التفاعل العكسي
ج – يتوقف التفاعل تماماً د – جميع ما سبق

18 – التفاعل الذي يمكن أن تتفاعل فيه النواتج لإعادة تكوين المتفاعلات هو
أ – في حالة اتزان ب – انعكاسي ج – منظم د – غير ممكن

19 – إذا سخن HgO في وعاء مغلق

أ – لا يحدث أي تفاعل ب – HgO يتفكك ج – يتكون Hg_2O_2 د – HgO يتفكك ثم يتكون من جديد

20 – عند الاتزان :
أ – كل التفاعلات تتوقف ج – التفاعل العكسي يستمر فقط
ب – التفاعل الأمامي يستمر فقط د – التفاعل الأمامي والعكسي يستمران

21 – عند الاتزان :

أ – سرعة التفاعل الأمامي أقل من سرعة التفاعل العكسي ب - سرعة التفاعل الأمامي أعلى من سرعة التفاعل العكسي

ج - سرعة التفاعل الأمامي تساوي من سرعة التفاعل العكسي د – لا يحدث أي تفاعل

22 – أي عمليتين تكونان في حالة اتزان في محلول مشبع من السكر؟

أ – تبخر وتكثيف ب – ذوبان وتبلور ج – تفكك وتركيب د – تأين وإعادة اتحاد

23 - القيمة العالية جداً لـــ K تشير إلى أن :

أ – عامل حفاز أضيف إلى النظام ج – المتفاعلات هي المرجحة

ب – النواتج هي المرجحة د – الاتزان قد تم بلوغه

24 – يعتمد ثابت الاتزان على تغيرات في :

أ – الضغط ب – التراكيز ج – درجة الحرارة د – الضغط والتراكيز ودرجة الحرارة

25 – تظهر المعاملات عند كتابة تعبي ثابت الاتزان :

أ – كمعاملات ب – كرموز سفلية ج – كأُسسّ د – لا قيمة لها

26 – في النظام المتزن الغازي : $2O_3 \rightleftharpoons 3O_2$ يكون تركيز O_2 , O_3 :

أ – في تناقص ب – في ازدياد جـ - ثابت د - متساوي

27 – يكون التفاعل الكيميائي الانعكاسي في حالة اتزان عندما :

أ - تتساوى سرعتي التفاعلين الأمامي والعكسي وتتساوى التراكيز

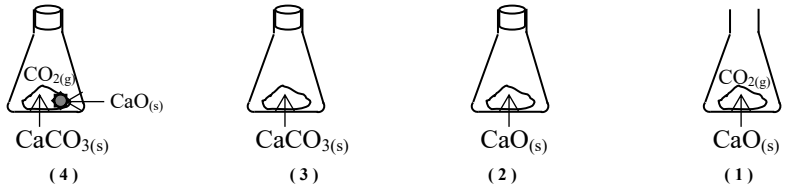
ب - تكون سرعة التفاعل الأمامي أقل من سرعة التفاعل العكسي والتراكيز متساوية

ج - تكون سرعة التفاعل الأمامي أكبر من سرعة التفاعل العكسي والتراكيز ثابتة

د - تتساوى سرعتي التفاعلين الأمامي والخلفي والتراكيز ثابتة

28 – بالإعتماد على التفاعل التالي وعند تسخين الدوارق المخروطية التالية ، أيها يحدث فيها الاتزان ؟

$$CaCO_{3(s)} \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$



أ - 2 و 3 و 4 فقط ب - 3 و 4 فقط ج - 2 و 4 فقط د - 1 و 2 و 3 فقط

29 – بالاعتماد على التفاعل التالي : $2PbS_{(s)} + 3O_{2(g)} \leftrightarrows 2Pb_{(s)} + CO_{2(g)} + 2SO_{2(g)}$

أي من التالي يمثل تركيز CO_2 عند الاتزان ؟

أ - $[CO_2] = \frac{K[PbS]^2.[O_2]^3.[C]}{[SO_2]^2.[Pb]^2}$

ب - $[CO_2] = \frac{K.[O_2]^3}{[SO_2]^2}$

ج - $[CO_2] = \frac{[SO_2]^2.[Pb]^2}{K[PbS]^2.[O_2]^3.[C]}$

د - $[CO_2] = \frac{[SO_2]^2}{K[O_2]^3}$

30 – تشير القيمة المنخفضة لثابت الاتزان K إلى :

أ - أن النواتج هي المرجحة ج - أنه تم الوصول إلى الاتزان ببطء

ب - أن المتفاعلات هي المرجحة د - أنه تم الوصول إلى الاتزان بسرعة

31 – يبلغ ثابت الاتزان لتفاعل ما 5×10^{-3} عند 293K و 2×10^{-6} عند 1000K فما هي إشارة $\triangle H$

أ – $\triangle H < 0$ ب - $\triangle H > 0$ ج – المعلومات المتوافرة غير كافية

32 – للتفاعل المتزن التالي عند الدرجة 25^0C : سالبة $\triangle H$, $2SO_{3(g)} \leftrightarrows 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$ فإن :

أ – قيمة Kc عند 100^0C تكون أصغر من قيمتها عند 25^0C
ب – تركيز SO3 عند 100^0C أكبر من تركيزه عند 25^0C
ج – إضافة عامل مساعد للنظام ينقص من تركيز كل من SO_2 , O_2
د – زيادة الضغط على النظام يزيد من قيمة Kc

33 - إذا كان (Kc = 54.8) للتفاعل : $2HI_{(g)} \leftrightarrows H_{2(g)} + I_{2(g)}$ عند 425^0C فإن قيمة K_C للتفاعل :
$2HI_{(g)} \leftrightarrows H_{2(g)} + I_{2(g)}$ عند 425^0C :

أ - 0.18 ب - 0.018 ج - 54.8 د - 5.48

34 – إذا علمت أن $K_C = 2.2 \times 10^{-3}$ للتفاعل التالي : $HCl_{(g)} \leftrightarrows \frac{1}{2} H_{2(g)} + \frac{1}{2} Cl_{2(g)}$
فإن قيمة K_C للتفاعل التالي: $2HCl_{(g)} \leftrightarrows H_{2(g)} + Cl_{2(g)}$ تساوي :

أ – 4.8×10^{-6} ب - 2.1×10^{5} ج - 2.2×10^{-3} د - 4.5×10^{2}

مسائل

أفكار المسائل :

3 – عند درجة حرارة 600^0C ، يتفاعل غاز ثاني أكسيد الكبريت مع غاز الأكسجين لينتج غاز ثالث أكسيد الكبريت عند نفس درجة الحرارة ، وُجد أن تركيز SO_2 هو 1.50mol/L ، وتركيز O_2 هو 1.25mol/L إذا علمت أن ثابت الاتزان لهذا النظام يساوي 4.36 احسب تركيز SO_3

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

$$K = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]}$$

$$4.36 = \frac{[SO_3]^2}{(1.50)^2(1.25)}$$

$$[SO_3]^2 = 4.36(1.50)^2(1.25) = 12.3mol/L$$

$$[SO_3] = \sqrt{12.3} = 3.50mol/L$$

4 – تبلغ قيمة K عند 25^0C للتفاعل التالي $2N_2O_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 4NO_{(g)}$: 1.7×10^{-13} ، إذا علمت أن التركيزين التاليين عند الاتزان هما : $[N_2O] = 0.0035mol/L$, $[O_2] = 0.0027mol/L$ فاحسب قيمة تركيز $NO_{(g)}$ عند الاتزان $(8.7\times 10^{-6}\ mol/L)$

5 – في وعاء سعته 5.00L ، يصل التفاعل $AB_2C_{(g)} \rightleftharpoons B_{2(g)} + AC_{(g)}$ إلى حالة الاتزان عند 900K . عند الاتزان وُجد أن النظام يحتوي على 0.084mol من AB_2C ، و 0.035mol من B_2 ، و 0.059 من AC . احسب قيمة ثابت الاتزان لهذا النظام عند درجة الحرارة المذكورة

7 – اظهر حساب ثابت الاتزان لتفاعل تكوين الأمونيا أنه يساوي 5.2×10^{-5} عند 25^0C بعد إجراء التحليل تبين أن $[H_2] = 0.80$ M و $[N_2] = 2.00$ M كم جراماً من الأمونيا يوجد في وعاء تفاعل سعته 10.0L عند الاتزان ؟ استخدم معادلة الاتزان التالية :

$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ (1.2g)

10 – عند درجة حرارة 425^{0C} ، وجد أن خليط اتزان يتكون من 1.83×10^{-3} mol/L H_2 و 3.13×10^{-3} mol/L I_2 و 1.77×10^{-2} mol/L HI احسب ثابت الاتزان K للتفاعل $H_{2(g)} + I_{2(g)} \longrightarrow 2HI_{(g)}$ (54.6)

11- وجد أن مكونات نظام متزن ، عند درجة حرارة معينة هي : 1.2×10^{-3} mol/L HCl و 3.8×10^{-4} mol/L O_2 و 5.8×10^{-2} mol/L H_2O و 5.8×10^{-2} mol/L Cl_2 تبعا للمعادلة التالية :

$4HCl_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2H_2O_{(g)} + 2Cl_{2(g)}$ احسب قيمة ثابت الاتزان لهذا التفاعل . (1.4×10^{10})

12- عند درجة حرارة 450^0C تبلغ قيمة ثابت الاتزان للنظام التالي 6.59×10^{-3} فإذا كانت التراكيز عند الاتزان (0.110 M)

$[NH_3] = 1.23\times10^{-4}$ M و $[H_2] = 2.75\times10^{-2}$ M احسب تركيز N_2 عند الاتزان : $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

13 ـ احسب ثابت الاتزان للتفاعل التالي عند 900^0C $H_{2(g)} + CO_{2(g)} \leftrightarrows CO_{(g)} + H_2O_{(g)}$ وعند تحليل مكونات النظام وجد أنها كالتالي : $[H_2] = 0.061$mol/L, $[CO_2] = 0.16$ mol/L, $[CO] = 0.14$ mol/L , $[H_2O] = 0.11$ mol/L . (1.6)

14 ـ احسب قيمة ثابت الاتزان لكل من التفاعلات التالية : علماً بأن التراكيز بـ mol/L عند الاتزان .

أ - $A + B \leftrightarrows C$ $[A] = 2.0$, $[B] = 3.0$, $[C] = 4.0$ (0.67)

ب - $D + 2E \leftrightarrows F + 3G$ $[D] = 1.5$, $[E] = 2.0$, $[F] = 1.8$, $[G] = 1.2$ (0.52)

جـ - $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \leftrightarrows 2NH_{3(g)}$ $[N_2] = 0.45$, $[H_2] = 0.14$, $[NH_3] = 0.62$ (3.1×10^2)

15 - تبلغ قيمة K عند 25^0C للتفاعل التالي $2N_2O_{(g)} + O_{2(g)} \leftrightarrows 4NO_{2(g)}$ 1.7×10^{-13} فإذا علمت أن التركيزين التاليين عند الاتزان هما $[O_2]=0.0027mol/L$ ، $[N_2O] = 0.0035mol/L$ فما قيمة تركيز [NO] عند الاتزان ؟ ($[NO] = 8.6\times10^{-6}$ mol/L)

17 – أدخل 1 مول من كل من الهيدروجين واليود في وعاء سعته 0.5 لتر عند درجة حرارة معينة ، فإذا كان ثابت الاتزان لهذا التفاعل يساوي 49، احسب تركيز كل المواد والنظام عند الاتزان تبعاً للتفاعل التالي : $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$

المعادلة	$H_{2(g)}$ +	$I_{2(g)}$ ⇌	$2HI_{(g)}$
مولات البداية	1	1	0
المولات المتغيرة	-x	-x	+2x
مولات الاتزان	1 - x	1 - x	2x
التركيز بـ "مول/لتر"	$\frac{1-x}{0.5}$	$\frac{1-x}{0.5}$	$\frac{2x}{0.5} = 4x$

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

$$49 = \frac{[4x]^2}{\left[\frac{1-x}{0.5}\right]\left[\frac{1-x}{0.5}\right]}$$ بأخذ الجذر التربيعي

$$7 = \frac{[4x]}{\left[\frac{1-x}{0.5}\right]} \rightarrow x = 0.87$$

$[H_2] = [I_2] = \frac{1-x}{0.5} = 0.44mol/L$, $[HI] = 4x = 4(0.87) = 3.12$ mol / L

18 – في الاتزان المغلق التالي : $2IBr \rightleftharpoons I_2 + Br_2$
إذا وُضع 0.06 mol من بروميد اليود في وعاء سعته لتر ، وإذا كانت قيمة $K = 8.5 \times 10^{-3}$ احسب تراكيز المواد الثلاثة بالمول / لتر عند الاتزان .

المعادلة	$2IBr$ ⇌	I_2 +	Br_2
مولات البداية			
المولات المتغيرة			
مولات الاتزان			
التركيز بـ "مول/لتر"			

القسم 2

العوامل المؤثرة في الاتزان الكيميائي

FACTORS AFFECTING CHEMICAL EQUILIBRIUM

مبدأ هنري لويس لوشاتيليه أو انزياح الاتزان "إذا تم بُذل جهد على نظام في حالة اتزان ، فسوف تتم إزاحة النظام في الاتجاه الذي يخفف عنه هذا الجهد "

والجهد هو أي نوع من التغيير على نظام في حالة اتزان مما يسبب اضطراب الاتزان

فائدة مبدأ لويس لوشاتيليه :توجيه التفاعل المتزن لجهة معينة أكثر إنتاجية لمادة مرغوبة.

☺ **اذكر الطرق التي تسبب اضطراباً ثم انزياحاً للاتزان الكيميائي:** التركيز ، درجة الحرارة ، الضغط (لنظام متزن يحتوي على غاز)

دراسة العوامل المؤثرة على موضع (انزياح) الاتزان ،وقيمة ثابت الاتزان للتفاعل عند المواضع الجديدة :

التفاعل	العامل المؤثر	موضع الاتزان	ثابت الاتزان K
التركيـــــــــــز			
$A + B \rightleftharpoons C + D$ زيادة تركيز مادة يؤدي إلى زيادة عدد التصادمات الفعالة بين المواد التي تتفاعل لانتاج النواتج (كما درست في نظرية التصادم سابقاً)	زيادة تركيز المتفاعلات	يزاح جهة النواتج(→)	لا تتغير قيمته
	زيادة تركيز النواتج	يزاح جهة المتفاعلات(←)	
	نقصان تركيز المتفاعلات	يزاح جهة المتفاعلات (←)	
	نقصان تركيز النواتج	يزاح جهة النواتج (→)	
الضـــــــــغط (يطبق على الأنظمة الغازية المتزنة فقط)			
$2A_{(g)}+B_{(g)} \rightleftharpoons C_{(g)}$	**زيادة الضغط** (أو نقصان الحجم)	يزاح **جهة المولات الأقل** (جهة النواتج) (→)	لا تتغير قيمته
	تقليل الضغط (أو زيادة الحجم)	يزاح **جهة المولات الأعلى** (جهة المتفاعلات) (←)	
$A_{(g)}+B_{(g)} \rightleftharpoons C_{(g)}+D_{(g)}$	زيادة أو تقليل الضغط	لا تحدث إزاحة في أي اتجاه **(لتساوي عدد مولات** الطرفين)	
درجـــــــة الحرارة (اعتبر الحرارة مادة متفاعلة أو ناتجة)			
تفاعل طارد للحرارة **حرارة** + $A + B \rightleftharpoons C$	رفع درجة الحرارة	نحو المتفاعلات	تقل قيمة K
	خفض درجة الحرارة	نحو النواتج	تزداد قيمة K
تفاعل ماص للحرارة $C \rightleftharpoons$ **حرارة** + $A + B$	رفع درجة الحرارة	نحو النواتج	تزداد قيمة K
	خفض درجة الحرارة	نحو المتفاعلات	تقل قيمة K

تأثير العوامل المحفزة

يعمل العامل الحفاز على **زيادة سرعة التفاعل بالتساوي في كلا الاتجاهين**، ولهذا يصل التفاعل مع وجود العامل المحفز أسرع إلى حالة الاتزان **دون تغيير كمية النواتج المطلوبة**.

تأثير إضافة الغاز الخامل

الغاز الخامل لا يتفاعل مع المتفاعلات والنواتج ويمارس ضغط على الطرفين بنفس المقدار وبالتالي فالضغوط الجزيئية للمتفاعلات والنواتج لا تتغير وبالتالي **لن يؤثر على الكميات النسبية للمتفاعلات والنواتج عند الاتزان** .

علل : لا تتغير قيمة ثابت الاتزان Kعند تغيير عاملي التركيز أو الضغط لأنه عندما ينزاح التفاعل لجهة (أ) ، فإن مكونات هذه الجهة سرعان ما تتحد مرة أخرى لتصل نحو جهة (ب) ، ويستمر الاتزان كما كان أولاً ، وبالتالي لن تتأثر قيمة K

علل : تتغير قيمة K عند التأثير بعامل درجة الحرارة على التفاعل الماص التالي: $A + B +$ حرارة $\rightleftharpoons C + D$

لأن شرط حدوث التفاعل في الاتجاه الطردي هو امتصاص حرارة (والحرارة كمتفاعل رئيسي)وبالتالي تنزاح التفاعل جهة اليمين ، منتجاً تركيز مرتفع لكل من C,D وبالتالي ترتفع قيمة Kطبقاً لـ

علل : المواد النقية في الأطوار الصلبة والسائلة لا تظهر في تعبير ثابت الاتزان. لأن تركيزها لا يتغير عند إضافة أو إزالة كميات من هذه المواد.

س : وضّح لماذا لا يكون للتغيرات في تراكيز المتفاعلات أو النواتج في حالة الاتزان تأثير في قيم ثابت الاتزان ؟ (مثل هذه التغيرات تسبب تغيراً في كميات المتفاعلات والنواتج ، ولكن قيمة ثابت الاتزان K والتي تمثل نسبة لا تتغير وتبقى ثابتة .)

علل : إضافة غاز خامل للنظام المتزن لا يؤثر على قيمة ثابت الاتزان . لأن الغاز الخامل لا يتفاعل مع المتفاعلات والنواتج ويمارس ضغط على الطرفين بنفس المقدار وبالتالي لن يؤثر على الكميات النسبية للمتفاعلات والنواتج عند الاتزان .

$K = \frac{[C][D]}{[A][B]}$ ، ولا يعود الاتزان مثل ما كان من قبل إلا عند خفض درجة الحرارة بنفس الزيادة التي حدثت اولاً.

س : ما الخاصة التي تقاس لتحديد سرعة التفاعل التالي ؟ برر إجابتك . $2NO_{2(g)} \rightarrow N_2O_{4(g)}$

غاز عديم اللون غاز بني اللون

(قياس ضغط نظام التفاعل . بما أن مولين من غاز يتفاعلان لتكوين مول واحد من ناتج غازي ، فإن الضغط سينخفض مع استمرار التفاعل . وبما أن NO_2 غاز بني أحمر ، N_2O_4 عديم اللون ، يصبح بالإمكان استخدام تغير شدة اللون أيضاً .)

علل : المواد الحفازة لا تؤثر على حالة الاتزان : لأنها تزيد من سرعة التفاعل الأمامي والعكسي على حد سواء .

علل : المادة السامة للمادة الحافزة لا تؤثر على حالة الاتزان : لأن المادة الحفازة نفسها لا تؤثر على حالة الاتزان .

علل : إضافة حفاز للنظام المتزن لا يؤثر على قيمة ثابت الاتزان .

لأن إضافة حفاز يزيد من سرعة التفاعل الأمامي والعكسي بنفس المقدار ، ولذلك لا يؤثر على الكميات النسبية للمتفاعلات والنواتج (التراكيز) عند الاتزان.

علل : عند إدخال غاز خامل مثل He داخل وعاء التفاعل فإن الضغط يزداد . فما أثر ذلك على كمية SO_3 الناتجة ؟ مع التبرير .

لا يؤثر ذلك على كمية SO_3 الناتجة. لأنه لا يؤثر على وضعية الاتزان. فالضغوط الجزئية للغازات الموجودة في التفاعل لا تتغير.

س : ما تأثير إضافة عامل حفاز في عملية تحضير الأمونيا بواسطة التفاعل : $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

ج : إضافة العامل الحفاز لا تساعد في زيادة إنتاج الأمونيا في مزيج التفاعل عند حالة الاتزان ، لكنها تزيد من سرعة بلوغ حالة الاتزان.

علل : بعض النظارات تبدو شفافة في الظل وقاتمة عندما تتعرض للضوء الساطع . $AgCl + heat \leftrightarrows Ag^0 + Cl^0$

عديم اللون لون قاتم

هذه النظارات مصنوعة من زجاج يحتوي على بلورات صغيرة من كلوريد الفضة ، وعندماتكون في الشمس تصدم الأشعة فوق البنفسجية هذه البلورات يتفكك كلوريد الفضة إلى الفضة القاتمة والكلور ، وفي الظل ينعكس التفاعل ويتكون كلوريد الفضة ثانية.

مناقشة هامة :

في التفاعل التالي: $CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(g)}$, $\Delta H = -206.5$ KJ

	0.3 M	0.10 M	0.059 M	0.02 M

$$Keq = \frac{[CH_4][H_2O]}{[CO][H_2]^3} = \frac{(0.059)(0.02)}{(0.30)(0.10)^3} = 3.933$$

تركيز الميثان قليل جداً 0.059 mol / L ، فعند زيادة تركيز أول أكسيد الكربون من 0.3 M إلى 1.0 M ، فسيؤدي ذلك لزيادة عدد التصادمات الفعالة بين جزيئات أول أكسيد الكربون ، وغاز الهيدروجين ، فيؤثر ذلك في اتزان التفاعل فتزيد سرعة التفاعل الأمامي ، كما هو موضح بالشكل ، حيث طول السهم الأيمن أطول من طول السهم الأيسر .

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

مع الوقت تقل سرعة التفاعل الأمامي مع انخفاض تركيز كل من CO و H_2 ، وفي الوقت نفسه تزداد سرعة التفاعل العكسي ، مع إنتاج المزيد من CH_4 و H_2O حتى يصل التفاعل إلى موضع اتزان جديد ، **بالتركيزات الجديدة** التي ما زالت تحافظ على قيمة ثابت الاتزان كما هي :

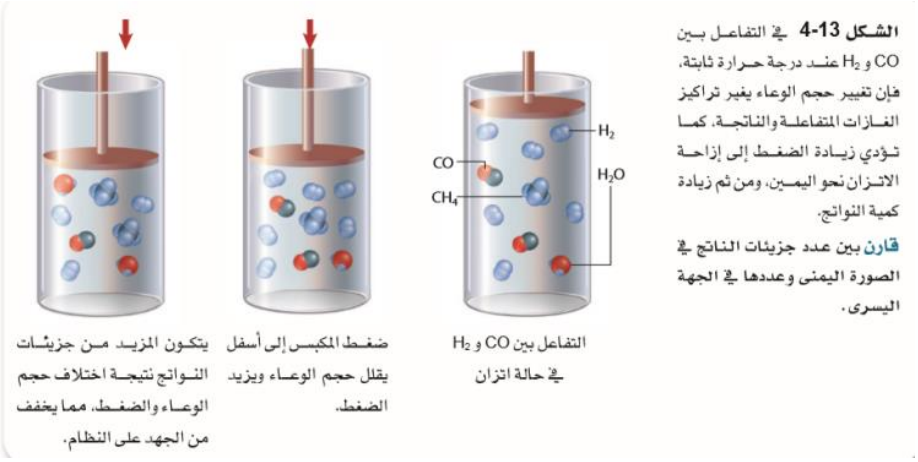
	$CO_{(g)}$	+ $3H_{2(g)}$	$\rightleftharpoons$ $CH_{4(g)}$	+ $H_2O_{(g)}$
M	0.99254 M	0.0.07762 M	0.06648 M	0.02746

$$Keq = \frac{[CH_4][H_2O]}{[CO][H_2]^3} = \frac{(0.06648)(0.02746)}{(0.99254)(0.0.07762)^3} = 3.933$$

مناقشة :

في التفاعل : $\Delta H^{o} = +\ 55.3\ KJ$, $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$

لون بني ⟵ عديم اللون



الشكل 13-4 في التفاعل بين CO و H_2 عند درجة حرارة ثابتة، فإن تغيير حجم الوعاء يغير تراكيز الغازات المتفاعلة والناتجة، كما تؤدي زيادة الضغط إلى إزاحة الاتزان نحو اليمين، ومن ثم زيادة كمية النواتج.

قارن بين عدد جزيئات الناتج في الصورة اليمنى وعددها في الجهة اليسرى.

التفاعل بين CO و H_2 في حالة اتزان

ضغط المكبس إلى أسفل يقلل حجم الوعاء ويزيد الضغط.

يتكون المزيد من جزيئات النواتج نتيجة اختلاف حجم الوعاء والضغط، مما يخفف من الجهد على النظام.

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 تدريجيًّا (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.

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

أزرق أرجواني

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.

التقويم 4-2

الخلاصة

- مبدأ لوتشاتلييه يصف كيفية إزاحة الاتزان عند الاستجابة لجهد أو تغيير.
- عند إزاحة الاتزان استجابة إلى تغير التركيز أو الحجم يتغير موضع الاتزان، ولكن K_{eq} يبقى ثابتًا، أما التغير في درجة الحرارة فيغيّر موضع الاتزان وقيمة K_{eq}.

13. الفكرة الرئيسة **فسر** كيف يستجيب النظام في حالة الاتزان للجهد؟ واذكر العوامل التي تؤثر في نظام متزن.

14.فسر كيف يؤثر تقليل حجم وعاء التفاعل في كل نظام اتزان مما يأتي؟

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

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

15.قرر ما إذا كان رفع درجة الحرارة أو خفضها ينتج المزيد من CH_3CHO في معادلة الاتزان الآتية:

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

16.وضح يظهر الجدول تراكيز مادتين A وB في خليطي تفاعل، يتفاعلان حسب المعادلة $2A \rightleftharpoons B$ و $K_{eq} = 200$. هل المزيجان عند موضعي اتزان مختلفين؟

التركيز mol/l		
تفاعل	[A]	[B]
1	0.0100	0.0200
2	0.0500	0.400

17.صمم خريطة مفاهيمية توضح طرائق تطبيق مبدأ لوتشاتلييه لزيادة النواتج في نظام اتزان وزيادة المتفاعلات في النظام نفسه.

التقويم 2-4

13. يمكن أن يتحول الاتزان نحو الاتجاه الذي يقلل من أثر التغيرات ومعدّل التغيرات في التركيز، والضغط (أو الحجم) ودرجة الحرارة، وعوامل تؤثر في الاتزان.

14. a. ينزاح الاتزان نحو اليمين.

b. ليس له أي تأثير في الاتزان.

15. درجات حرارة منخفضة.

16. المزيجان عند حالة الاتزان نفسها.

17. يجب أن تظهر خريطة المفاهيم أن تركيز المواد الناتجة تزداد بازدياد تركيز المواد المتفاعلة، أو إزالة (أو تقليل) النواتج، أو رفع درجة الحرارة أو تخفيضها؛ اعتمادًا على كون التفاعل ماصًّا أو طاردًا للحرارة.

س : أكمل العبارت التالية

1 – التفاعل المرجح لدى انخفاض درجة حرارة للنظام المتزن حرارة + $A + B \rightleftharpoons C$ يكون نوعه

2 – إذا وصل النظام $2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)}$ إلى الاتزان ، ثم أُضيف إليه المزيد من غاز $CO_{(g)}$ فإن $[CO_2]$ و $[O_2]$

3 – إذا زاد الضغط في النظام المتزن $2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)}$ فإنه يحدث زيادة في كمية $CO_{2(g)}$

4 - إذا انخفض الضغط في النظام المتزن $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$ فإن انزياح التفاعل لأن

5 – إذا زادت درجة الحرارة في النظام المتزن $CH_3OH_{(g)} + 101Kj \rightleftharpoons CO_{(g)} + 2H_{2(g)}$ فإن

$[CH_3OH]$ و $[CO]$ وقيمة K .

س : توقع تأثير البنود التالية على الاتزان الغازي التالي ،من حيث الانزياح،وقيمة K : حرارة + $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(g)}$

التأثير	اتجاه الانزياح	التأثير على تركيز HCl	قيمة K	التأثير	اتجاه الانزياح	التأثير على تركيز HCl	قيمةK
إضافة Cl_2				خفض الضغط			
إزالة HCl				اضافة حفاز			
ارتفاع الضغط				ارتفاع الحرارة			
انخفاض الحرارة				خفض حجم النظام (= زيادة الضغط)			
إزالة H_2							

س :اقترح الظروف المناسبة (من تركيز وضغط ودرجة حرارة) ترجح بها اتزان مرتفع للمادة التي تحتها خط في كل من أنظمة الاتزان التالية

النـــــــظام	الاقتراح المناسب
$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons \underline{2CO_{2(g)}} + 167Kj$	
$Cu^{2+}_{(aq)} + 4NH_{4(aq)} \rightleftharpoons \underline{[Cu(NH_3)_4]^{2+}_{(aq)}} + 42Kj$	
$2HI_{(g)} + 12.6Kj \rightleftharpoons H_{2(g)} + \underline{I_{2(g)}}$	
$4HCl_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2H_2O_{(g)} + \underline{2Cl_{2(g)}} + 113Kj$	
$PbCl_{5(g)} + 88Kj \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + \underline{Cl_{2(g)}}$	

س : ـ توقع تاثير تقليل الضغط على الأنظمة المتزنة التالية .

أ) $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \leftrightarrows 2HCl_{(g)}$ (لا يتأثر لأن عدد مولات الغاز في الطرفين متساو 2 مول في كل طرف)

ب) $NH_4Cl_{(s)} \leftrightarrows NH_{3(g)} + HCl_{(g)}$ (انزياح نحو اليمين ـ تكون النواتج ـ لأن تقليل الضغط يؤدي إلى زيادة الحجم)

جـ) $2H_2O_{2(aq)} \leftrightarrows 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$ (انزياح نحو اليمين ـ تكون النواتج ـ لأن تقليل الضغط يؤدي إلى زيادة الحجم)

د) $3O_{2(g)} \leftrightarrows 2O_{3(g)}$ (انزياح نحو اليسار ـ تكون المتفاعلات ـ لأن تقليل الضغط يؤدي إلى زيادة الحجم)

س : توقع أياً من تغيري الضغط التاليين يرجح التفاعل الآمامي ، وأيهما يرجح التفاعل العكسي .

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

أ ـ ارتفاع الضغط . (يرجح التفاعل الأمامي)

ب ـ انخفاض الضغط . (يرجح التفاعل العكسي)

س : أي ضغط ـ مرتفع أو منخفض ـ يحقق انتاج أعلى مستوى من CO_2 تبعاً للمعادلة التالية ؟ لماذا ؟

$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \leftrightarrows 2CO_{2(g)}$

(الضغط العالي ، لأن التفاعل الأمامي يحوّل ثلاثة جزيئات غازية إلى اثنين مخففاً أثر التوتر الذي أحدثه ارتفاع الضغط)

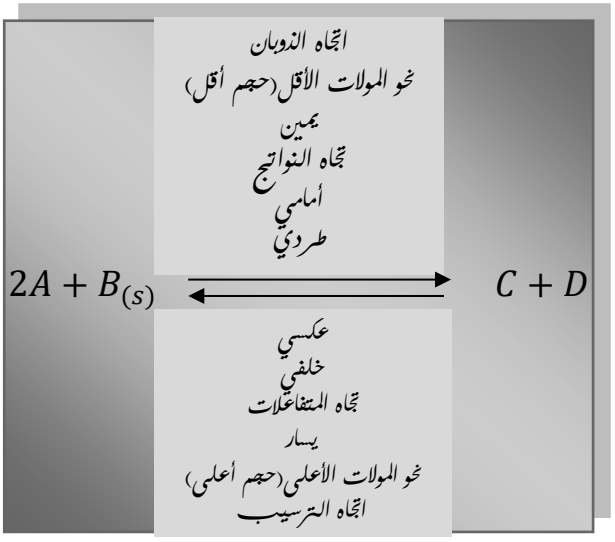
س : تخير الإجابة الصحيحة من بين الإجابات التالية :

س	ج
1 – إذا أضيف المزيد من غاز CO(g) إلى النظام : $2CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)} + O_{2(g)}$ عند درجة حرارة ثابتة ، فإن K أ – تزيد ب – تنخفض ج – تزيد أو تنخفض د – لا تتغير	
2 – إذا انخفضت درجة حرارة نظام : $X + Y \rightarrow XY + 25kj$ فإن : أ – [x] تنخفض و [xy]تزيد ج - [x]و[xy] تنخفضان ب - [x] تزيد و [xy] تنخفض د – تراكيز المتفاعلات والنواتج لا تتغير	
3 - إذا زادت درجة الحرارة في النظام المتزن : $CH_3OH_{(g)} + 101\ Kj \leftrightarrows CO_{(g)} + 2H_{2(g)}$ فإن K أ – تزيد ب – تنخفض ج – تزيد أو تنخفض د – لا تتغير	
4 – إذا بلغ تفاعل طارد للحرارة حالة الاتزان ، فإن رفع درجة الحرارة : أ – يرجح التفاعل الأمامي ج – يرجح التفاعلين الأمامي والعكسي ب – يرجح التفاعل العكسي د – ليس له أي تأثير على الاتزان	
5 – في النظام المتزن التالي : $2SO_2 + O_2 \leftrightarrows 2SO_3$, $\triangle H < 0$ ،أي التغيرات سوف تزيد من كمية SO_3 : 1 – زيادة درجة الحرارة 2 – تقليل حجم الوعاء 3 – زيادة الضغط بإضافة غاز He أ – 1 فقط ب – 2 فقط ج – 1 ، 3 فقط د- 1 ، 2 ، 3	
5 – ينص مبدأ لوشاتيليه على أن : أ – سرعتي التفاعل الأمامي والعكسي متساويتان عند الاتزان ب – الجهد ينشأ عن تغيرات في التركيز أو في الضغط أو في درجة الحرارة ج – كلا من المواد الصلبة والمذابات تحذف من تعبير ثابت الاتزان بهدف ازالة الجهد د – الاتزان الكيميائي يستجيب لتقليل الجهد المطبق على النظام	

س : ادرس الجدول التالي :

التفاعل (يحدث داخل إناء محكم الغلق)	المؤثر	اتجاه الانزياح	قيمة ثابت الاتزان k
$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 92Kj$	↑ تركيز المتفاعلات=↓تركيز نواتج	→	لا يتأثر
	↓تركيز المتفاعلات =↑تركيز نواتج	←	لا يتأثر
	↑الضغط	→ (نحو المولات الأقل)	لا يتأثر
	↓الضغط	← (نحو المولات الأعلى)	لا يتأثر
	↑ الحرارة	←	تقل
	↓الحرارة	→	تزيد
حرارة + $N_2O_{4(g)}$ ⇌ $2NO_{2(g)}$ عديم اللون بني	↑ تركيز NO_2=↓تركيز N_2O_4	→ (اتجاه عديم اللون)	لا يتأثر
	↓تركيز NO_2=↑تركيز N_2O_4	← (اتجاه البني الداكن)	لا يتأثر
	↑الضغط	→	لا يتأثر
	↓الضغط	←	لا يتأثر
	↑ الحرارة	←	تقل
	↓الحرارة	→	تزيد
$556Kj + CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$	↑ تركيز المتفاعلات=↓تركيز نواتج	→	لا يتأثر
	↓تركيز المتفاعلات =↑تركيز نواتج	←	لا يتأثر
	↑ الحرارة	→	تزيد
	↓الحرارة	←	تقل

مسميات اتجاهات التفاعل الانعكاسي



هام

س : تفاعل الهيموجلوبين Hb مع الأكسجين في خلايا الدم الحمراء هو المسؤول عن نقل الأكسجين إلى أنسجة الجسم . ويمكن لهذه العملية أن تتمثل بمعادلة الاتزان التالية: $Hb_{(aq)} + O_{2(g)} \leftrightarrows HbO_{2(aq)}$. ماذا يحدث لتركيز HbO_2 على الارتفاعات العالية حيث يقل ضغط O_2 إلى 0.1 atm بدلا من 0.2 atm عند سطح البحر ؟

(سيكون تركيز الأوكسي هيموجلوبين HbO_2 أقل مما هو عند مستوي سطح البحر . لأن تقليل الضغط يزيح الاتزان نحو المتفاعلات .)

س : ينطبق مبدأ لوشاتيليه على المشروبات المشبعة بثاني أكسيد الكربون (أو المكربنة) المعبأة في عبوات . تُنتج إضافة ثاني أكسيد الكربون إلى الماء حمض الكربونيك في تفاعل انعكاسي : $H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons H_2CO_{3(aq)}$

ناقش تأثير الضغط على التفاعل عندما تكون العبوة مغلقة : .....

.....

ناقش تأثير الضغط على التفاعل عند فتح العبوة: .....

.....