

تم تحميل هذا الملف من موقع المناهج العُمانية



\* للحصول على أوراق عمل لجميع الصفوف وجميع المواد اضغط هنا

<https://almanahj.com/om>

\* للحصول على أوراق عمل لجميع مواد الصف الثاني عشر اضغط هنا

<https://almanahj.com/om/12>

\* للحصول على جميع أوراق الصف الثاني عشر في مادة كيمياء ولجميع الفصول, اضغط هنا

<https://almanahj.com/om/12chemistry>

\* للحصول على أوراق عمل لجميع مواد الصف الثاني عشر في مادة كيمياء الخاصة بـ الفصل الثاني اضغط هنا

<https://almanahj.com/om/12chemistry2>

\* لتحميل كتب جميع المواد في جميع الفصول للـ الصف الثاني عشر اضغط هنا

<https://almanahj.com/om/grade12>

للتحدث إلى بوت على تلغرام: اضغط هنا

[https://t.me/omcourse\\_bot](https://t.me/omcourse_bot)

## الكيمياء 12

## الفصل السابع: الاتزان الكيميائي والأحماض والقواعد

## Chemical Equ. And Acids and Bases

## أنواع سير التفاعلات الكيميائية:

## ٧-١ التفاعلات العكسية و غير العكسية :

## Reversible and Irreversible Reaction

يمكن تقسيم التفاعلات الكيميائية من حيث طبيعة سير هذه التفاعلات إلى نوعين هما :

## ١- التفاعلات غير العكسية : Irreversible Reactions

هي التفاعلات التي تتحول فيها المواد المتفاعلة إلى مواد ناتجة (تفاعل يسير في اتجاه واحد) ، كما في تفاعل احتراق سكر الجلوكوز :



ويتم التعبير عن هذه التفاعلات بمعادلة كيميائية تحتوي على سهم في اتجاه واحد فقط (→) .

## ٢- التفاعلات العكسية : Reversible Reactions

هي التفاعلات التي تستهلك فيها المواد المتفاعلة لتكوين مواد ناتجة تتفاعل مع بعضها لتعطي مرة أخرى المواد المتفاعلة (تفاعل يسير في اتجاهين مختلفين) ، بمعنى أنه يحدث تفاعلين أحدهما تفاعل أمامي (طردي) يسير باتجاه تكوين المواد الناتجة ، والآخر عكسي يسير باتجاه تكوين المواد المتفاعلة ، كما في تفاعل تكوين الأمونيا (النشادر) :



ويتم التعبير عن مثل هذه التفاعلات بمعادلة كيميائية واحدة تحتوي على سهمين في اتجاهين مختلفين (⇌) .

## ٧-٢ طبيعة الاتزان : Nature of Equilibrium

يطلق مصطلح الاتزان في الطبيعة للتعبير عن الثبات والاستقرار وينقسم الاتزان إلى:-

(أ) الاتزان الاستاتيكي

وهو يكون في التفاعل في حالة سكون ولا يحدث أي ازاحة للطرفي المعادلة

(ب) الاتزان الدينامي

وهو يكون في التفاعل في حالة حركة متزنة بين طرفي المعادلة

ولكي تفهم كيف يصل أي نظام إلى حالة الاتزان نمنع في الشكل ( 1 ) الذي يوضح التغيرات التي تحدث على كل من سرعة التفاعل الأمامي ، وسرعة التفاعل العكسي للتفاعل العام التالي في حالة الاتزان :



الشكل ( 1 ) : التغير في سرعة التفاعل الأمامي والعكسي بمرور الزمن

في بداية التفاعل يكون تركيز المواد المتفاعلة (A,B) كبير جداً وتتفاعل بسرعة وينتج (C,D)

بمرور الزمن يقل تركيز المواد المتفاعلة ويقل سرعة التفاعل الأمامي.

وفي التفاعل العكسي يزداد تركيز النواتج وسرعة التفاعل.

ويستمر ذلك حتى يتساوى سرعة التفاعلين الأمامي والعكسي وفي هذه الحالة يبدو التفاعل وكأنه متوقف "حالة اتزان".

وبناءً على ما سبق يمكن تعريف الاتزان الكيميائي الذي يعتبر أحد أشكال الاتزان الدينامي بأنه:

“حالة نظام تتساوى عنده سرعة التفاعل الأمامي وسرعة التفاعل العكسي و ثبات تراكيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة”.



## ٣-٧ ثابت الاتزان (K) : The Equilibrium Constant

يعرف ثابت الاتزان لتفاعل ما بأنه " حاصل ضرب تراكيز المواد الناتجة مقسوماً على حاصل ضرب تراكيز المواد المتفاعلة كل مرفوع إلى أس يساوي عدد مولاته في المعادلة الموزونة عند درجة حرارة معينة " ، ويرمز له بالرمز  $K$  .  
فمثلاً في التفاعل الافتراضي الآتي :



فإن ثابت الاتزان ( $K$ ) يعطى بالعلاقة :

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

حيث تمثل الرموز  $A, B, C, D$  المواد المتفاعلة والمواد الناتجة ، بينما تمثل الرموز  $a, b, c, d$  معاملات تلك المواد في معادلة التفاعل .

(أ) التعبير عن ثابت الاتزان بدلالة التراكيز ( $K_c$ ):

في التفاعلات التي تحتوي على مواد سائلة نقية أو مواد صلبة نقية فإن تراكيزها لا تتغير بتغير كمية المادة، وبالتالي لا تكتب في علاقة ثابت الاتزان.

(ب) التعبير عن ثابت الاتزان بدلالة الضغوط ( $K_p$ ):

التفاعلات التي تتم بين المواد في الحالة الغازية فإنه يمكن التعبير عن تراكيزها بدلالة الضغوط الجزئية أيضاً، وفي هذه الحالة يستخدم الرمز  $K_p$  بدلاً من الرمز  $K_c$  للدلالة على ثابت الاتزان كما في العلاقة :

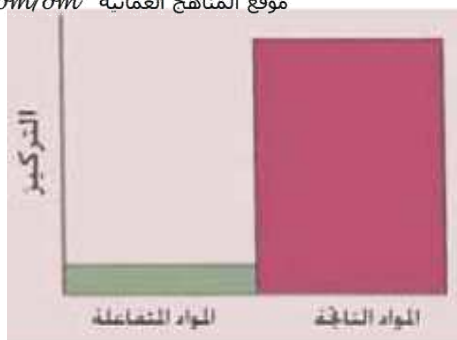
$$K_p = \frac{(P_C)^c (P_D)^d}{(P_A)^a (P_B)^b}$$

حيث تمثل الرموز  $P_A, P_B, P_C, P_D$  الضغوط الجزئية لرموز المواد المتفاعلة والناتجة  $A, B, C, D$  في الحالة الغازية ، بينما تمثل الرموز  $a, b, c, d$  معاملات تلك المواد في الحالة الغازية .

بعض الملحوظات:

(1) قيمة ثابت الاتزان لتفاعل ما ذات قيمة ثابتة عند درجة حرارة معينة تتغير فقط بتغير درجة الحرارة.

(2) معرفتنا لقيمة ثابت الاتزان تساعدنا في التنبؤ بكميات المواد المتفاعلة والمواد الناتجة عند الاتزان



(3) إذا كان قيمة  $K_c$  كبيرة ( $1 < K_c$ )

فإن الإتزان يحدث عندما يكون حاصل ضرب تراكيز المواد الناتجة كبير جدا بالنسبة لحاصل ضرب تراكيز المواد المتفاعلة.



(4) إذا كان قيمة  $K_c$  قليلة ( $1 > K_c$ )

فإن الإتزان يحدث عندما يكون حاصل ضرب تراكيز المواد الناتجة أقل من حاصل ضرب تراكيز المواد المتفاعلة.



(5) إذا كان قيمة  $K_c$  ( $1 = K_c$ )

فإن الإتزان يحدث عندما يكون حاصل ضرب تراكيز المواد الناتجة يساوي حاصل ضرب تراكيز المواد المتفاعلة.

(6)

والجدير ذكره أنه عندما تعكس معادلة التفاعل الكيميائي، فإن ثابت الاتزان للمعادلة الجديدة يساوي مقلوب ثابت الاتزان للمعادلة الأصلية  $\frac{1}{K_c}$ .

## ٧-٤ حسابات ثابت الاتزان : Calculations of the Equilibrium Constant

يعتمد حساب ثابت الاتزان لتفاعل ما على حساب تراكيز مكوناته في بداية التفاعل وعند الوصول إلى حالة الاتزان وبالرجوع إلى معادلته الموزونة

ولحل المسائل نتبع الخطوات التالية:

1- نكتب معادلة التفاعل موزونة.

2- إذا لم يعطى التراكيز للمواد، نحسبها من العلاقة :

$$\frac{\text{عدد المولات}}{\text{الحجم بالتر}} = \text{التركيز}$$

3- ثم نعوض في العلاقة :

$$[ \text{المواد الناتجة} ]^n$$

$$K_c = \frac{[ \text{المواد الناتجة} ]^n}{[ \text{المواد المتفاعلة} ]^n}$$



## ٧-٥ العوامل المؤثرة على الاتزان : Factors Affecting Equilibrium

إن معرفة تأثير العوامل المختلفة على حالة الاتزان له أهمية كبيرة وخاصة في مجالات الصناعة

لذا قام العالم الفرنسي هنري لوتشاتيليه (Henrey-Louis Le Chatelier) سنة ١٨٨٤م بدراسة العوامل التي يمكن أن تؤثر على نظام متزن في حالة الاتزان

وينص مبدأ لوتشاتيليه (Le Chatelier's Principle) على أنه : " إذا حدث تغير في أحد العوامل المؤثرة على نظام متزن في حالة الاتزان مثل التركيز أو الضغط أو درجة الحرارة ، فإن النظام سيعدل نفسه إلى حالة اتزان جديدة ، بحيث يقلل تأثير هذا التغير إلى أقصى درجة ممكنة " .

### ١- التركيز : Concentration

أن التغير في التركيز لا يؤثر على قيمة ثابت الاتزان ، وذلك لأن النسبة بين تراكيز المواد تظل ثابتة .

### ٢- الضغط : Pressure

يقتصر تأثير تغير الضغط في حالة الاتزان على التفاعلات التي تحتوي على مواد غازية سواء كانت مواد متفاعلة أم مواد ناتجة ، حيث يتناسب ضغط الغاز مع تركيز جزيئاته عند درجة حرارة معينة ، وهذا يدل على أن ضغط الغاز يعتمد على عدد المولات وليس على نوع جزيئات الغاز .

- (1) تأثير زيادة الضغط : عند زيادة الضغط فإن التفاعل يسير في الاتجاه الأمامي لتقليل الضغط.
- (2) تأثير تقليل الضغط : عند تقليل الضغط فإن التفاعل يسير في الاتجاه العكسي لزيادة الضغط.

### ٣- درجة الحرارة : Temperature

علمت أن الطاقة في التفاعلات الكيميائية المترنة قد تظهر إلى جانب المواد الناتجة عندما يكون التفاعل طارداً للحرارة (Exothermic) كالاتي :



أما في التفاعل الماص للحرارة (Endothermic) تظهر الطاقة إلى جانب المواد المتفاعلة كالاتي :



#### أ) التفاعلات طاردة للحرارة

فإن زيادة درجة الحرارة يؤدي الى سير التفاعل في الاتجاه العكسي وتقل قيمة  $K_c$

#### ب) التفاعلات ماصة للحرارة

فإن زيادة درجة الحرارة يؤدي الى سير التفاعل في الاتجاه الأمامي وتزيد قيمة  $K_c$

## ٤- العامل الحفاز (المساعد): Catalyst

العامل الحفاز يقلل من طاقة التنشيط لحدوث التفاعل ، أي يعمل على زيادة سرعة التفاعل الكيميائي  
لا يتأثر قيمة  $K_c$

وبشكل عام يمكن تلخيص أثر العوامل المختلفة على موضع الاتزان كما في الجدول

العوامل المؤثرة	نوع التغير	التأثير على موضع الاتزان	التأثير على قيمة $K_c$
التركيز	الزيادة	المواد المتفاعلة	تبقى قيمته ثابتة لا تتغير
		المواد الناتجة	
	النقصان	المواد المتفاعلة	
		المواد الناتجة	

العوامل المؤثرة	نوع التغير	التأثير على موضع الاتزان	التأثير على قيمة $K_c$
درجة الحرارة	الزيادة	طارد	تقل قيمته
		ماص	تزداد قيمته
	النقصان	طارد	تزداد قيمته
		ماص	تقل قيمته

العوامل المؤثرة	نوع التغير	التأثير على موضع الاتزان	التأثير على قيمة $K_c$
الضغط	الزيادة	يزاح في اتجاه عدد المولات الغازية الأقل	تبقى قيمته ثابتة لا تتغير
	النقصان	يزاح في اتجاه عدد المولات الغازية الأكثر	

العوامل المؤثرة	نوع التغير	التأثير على موضع الاتزان	التأثير على قيمة $K_c$
العامل الحفاز	—	لا يتأثر	تبقى قيمته ثابتة لا تتغير

## ٧-٦ تطبيقات عملية على الاتزان وأهميته في العمليات الكيميائية :

Application of Equilibrium and it's Importance in Chemicals Operation

## ١- المحافظة على ثبات نسبة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي :

يمثل النظام المتزن التالي تفاعل غاز ثاني أكسيد الكربون مع الماء والحجر الجيري :



يمثل النظام المتزن التالي تفاعل غاز ثاني أكسيد الكربون مع الماء والحجر الجيري :

ويعمل هذا النظام المتزن في المحافظة على ثبات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون عند مستوى معين بحيث يلائم حياة جميع الكائنات الحية .

وإذا حدث خلل لهذا النظام بسبب حرق الوقود أو عوادم السيارات أو ما شابه  
الحل وهو أن استهلاكه بالسرعة المطلوبة بإحدى الطرق التالية:-

- (أ) زرع اشجار كثيرة لتقوم بعملية البناء الضوئي المعتمد على استهلاك ثاني اكسيد الكربون.  
(ب) التقليل من العوامل التي تزيد من انبعاث ثاني اكسيد الكربون.

## ٢- صناعة الأمونيا بطريقة هابر :

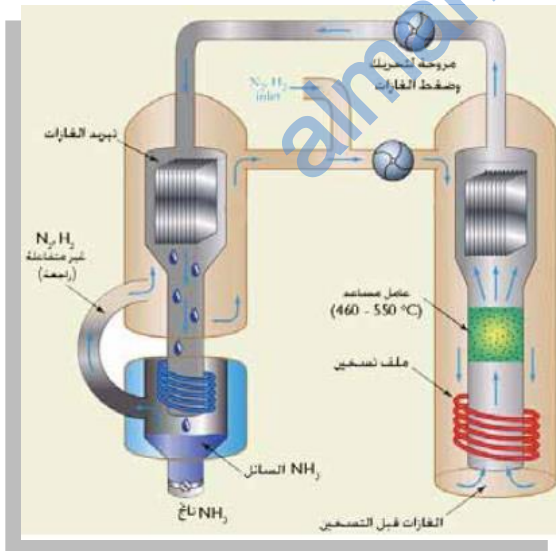
تدخل الأمونيا في صناعة العديد من الأسمدة النتروجينية . ويتم تحضيرها في الصناعة حسب المعادلة الآتية :



درجة حرارة تتراوح بين  $(460^{\circ}C - 550^{\circ}C)$ ، ووجود عامل حفاز مناسب  $(Fe \text{ أو } Fe_2O_3)$ ،  
واستخدام ضغوط مرتفعة للغازات تتراوح بين  $(200 - 300 atm)$  .

وقد استخدم هابر عدة ماد تضاف مع العامل الحفاز والتي تزيد من إنتاج الأمونيا مثل  $(K_2O + Al_2O_3 , K_2O)$  :  
عند ضغوط تتراوح بين  $200 atm - 400 atm$  .

يمكن انتاج كمية أكبر من الأمونيا عند درجات حرارة أقل ولكن سرعة التفاعل تكون بطيئة جداً .





### ٣- معالجة التلوث في الهواء الجوي :

تعتبر مشكلة تلوث الهواء الجوي من المشكلات المعاصرة التي تهدد حياة جميع الكائنات الحية وبالنظام البيئي ككل . ويتغير تركيب الهواء النقي بفعل ملوثات الهواء التي تطلقها أمدنة المصانع وعوادم السيارات على شكل غازات مثل :  $CO$  ،  $SO_2$  ،  $CO_2$  ،  $NO$  وهي غازات ضارة وسامة ينتج عنها إصابة الإنسان بأمراض خطيرة ، كما تؤدي إلى تكوين الأمطار الحمضية.

ينتج غاز  $NO$  في محرك السيارة حسب التفاعل التالي :



ثم يتحد غاز أكسيد النتروجين مع أكسجين الهواء :



ويظهر  $NO_2$  في شكل سحابة بنية اللون عند تعرضه لضوء الشمس

**أمثلة على الإتران الكيميائي**

### ثابت الإتران : $K$ The Equilibrium Constant

مثال ( ١ ) : اكتب علاقة ثابت الإتران للتفاعل الآتي :



الحل :

$$K_c = \frac{[CH_3COOH][C_2H_5OH]}{[CH_3COOC_2H_5]}$$

مثال ( ٢ ) : اكتب علاقة ثابت الإتران للتفاعل :



الحل :

$$K_p = \frac{(P_{H_2})^2 (P_{O_2})}{(P_{H_2O})^2}$$

١- فيما يلي مقدار ثابت الاتزان  $K_c$  لثلاث تفاعلات مختلفة :

أ-  $3.5 \times 10^{-16}$  ب-  $0.4$  ج-  $4 \times 10^3$

في أي تفاعل تكون تراكيز المواد المتفاعلة أكبر من المواد الناتجة ؟

في أي تفاعل تكون تراكيز المواد المتفاعلة أكبر من المواد الناتجة ؟  
٢- في التفاعل الافتراضي الآتي :



وجد أن قيمة ثابت الاتزان  $(K_c) = 0.1$  ، فما دلالة قيمة  $K_c$  ؟

يكون تراكيز المواد المتفاعلة أكبر من المواد الناتجة.

### حسابات ثابت الاتزان : Calculations of the Equilibrium Constant

**مثال (١) :** في تجربة تحلل غاز بروميد الهيدروجين  $HBr$  لتكوين غازي  $H_2$  و  $Br_2$ ، وضعت كمية من  $HBr$  في إناء سعته  $2.0\text{ L}$  عند درجة حرارة معينة، وعند الاتزان وجد أن الإناء يحتوي على  $0.01\text{ mol}$  من  $H_2$  و  $0.01\text{ mol}$  من  $Br_2$  و  $0.25\text{ mol}$  من  $HBr$ . احسب ثابت الاتزان لهذا التفاعل .

**الحل .** أولاً نكتب معادلة التفاعل موزونة :



ثم نحسب تركيز المواد من العلاقة :

$$\text{التركيز} = \frac{\text{عدد المولات}}{\text{الحجم بالتر}} \quad \text{لتر}$$

$$[HBr] = \frac{0.25\text{ mol}}{2.0\text{ L}} = 0.125\text{ mol/L}$$

$$[Br_2] = \frac{0.01\text{ mol}}{2.0\text{ L}} = 0.005\text{ mol/L}$$

$$[H_2] = \frac{0.01\text{ mol}}{2.0\text{ L}} = 0.005\text{ mol/L}$$

وبالتعويض في العلاقة :

$$K_c = \frac{[H_2][Br_2]}{[HBr]^2}$$

$$K_c = \frac{(0.005)(0.005)}{(0.125)^2} = 1.6 \times 10^{-3}$$

**مثال (٢):** يتم تحضير غاز الهيدروجين صناعياً من تفاعل بخار الماء مع غاز أول أكسيد الكربون تحت ظروف معينة. فإذا تم خلط  $4.0 \text{ mol}$  من كل من غاز أول أكسيد الكربون و بخار الماء في وعاء سعته  $1.0 \text{ L}$  ، ثم سخن الوعاء إلى درجة حرارة  $900^\circ\text{C}$  حتى وصل التفاعل إلى حالة الاتزان ، ومنتجاً غاز ثاني أكسيد الكربون . احسب تركيز مكونات التفاعل عند الاتزان إذا علمت أن قيمة  $K_c$  للتفاعل تساوي  $4.2$  ؟

**الحل . أولاً:** نكتب معادلة التفاعل موزونة :



**ثانياً :** نكتب عدد مولات كل مادة في بداية التفاعل وعند الاتزان كما في الجدول الآتي :

معادلة التفاعل الموزونة	$\text{CO}_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_{2(g)}$			
عدد المولات في بداية التفاعل	4	4	0.00	0.00
بفرض أن : التغير في عدد المولات	$-x$	$-x$	$+x$	$+x$
عدد المولات عند الاتزان	$4-x$	$4-x$	$x$	$x$

**ملاحظة :** تشير  $(-x)$  في الجدول إلى أن عدد المولات ينقص بمقدار  $x$  ، أما  $(+x)$  تعني أن عدد المولات يزداد بمقدار  $x$  ، حيث يمكن التعويض عن التركيز بعدد المولات إذا كان حجم المحلول يساوي لتراً .

**ثالثاً :** نعوض قيمة التركيز عند الاتزان في تعبير ثابت الاتزان :

$$K_c = \frac{[\text{CO}_2][\text{H}_2]}{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]}$$

$$4.2 = \frac{(x)^2}{(4-x)^2}$$

وبأخذ الجذر التربيعي لطرفي المعادلة نجد أن :

$$2.05 = \frac{x}{4-x}$$

وبحل هذه المعادلة نجد أن :

$$x = 2.69 \text{ mol/L}$$

إذا التراكيز عند الاتزان هي :

$$[\text{CO}_2] = [\text{H}_2] = 2.69 \text{ mol/L}$$

$$[\text{CO}] = [\text{H}_2\text{O}] = 4 - 2.69 = 1.31 \text{ mol/L}$$

مثال (٣). يتفكك كلوريد النيتروزيل  $NOCl_{(g)}$  وفق المعادلة الآتية :



فإذا أدخلت كمية منه إلى وعاء حجمه  $1.0\text{ L}$  ، ثم سخنت هذه الكمية إلى درجة حرارة  $40^\circ\text{C}$  ووصل التفاعل إلى حالة الاتزان عندما تفكك منه  $60\%$  ، احسب ثابت الاتزان  $K_p$  للتفاعل ، علماً بأن الضغط الكلي للمواد الموجودة عند الاتزان هو  $0.5\text{ atm}$  ؟

الحل : بفرض أن عدد مولات كلوريد النيتروزيل التي أدخلت إلى الوعاء تساوي  $100\text{ mol}$  .  
نستخدم الجدول التالي لحل المثال :

معادلة التفاعل الموزونة	$2NOCl_{(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + Cl_{2(g)}$		
عدد المولات قبل التفاعل	$100\text{ mol}$	$0.00$	$0.00$
التغير في عدد المولات	$- 2x$	$+ 2x$	$+ x$
	$- 60$	$+ 60$	$+ 30$
عدد المولات عند الاتزان	$40\text{ mol}$	$60\text{ mol}$	$30\text{ mol}$

عدد المولات الغازية الكلية =  $130\text{ mol}$

نحسب الضغط الجزئي كما يلي :

$$P_{NOCl} = \frac{40\text{ mol}}{130\text{ mol}} \times 0.5\text{ atm} = 0.1538\text{ atm}$$

$$P_{NO} = \frac{60\text{ mol}}{130\text{ mol}} \times 0.5\text{ atm} = 0.2307\text{ atm}$$

$$P_{Cl_2} = \frac{30\text{ mol}}{130\text{ mol}} \times 0.5\text{ atm} = 0.1153\text{ atm}$$

ومن معادلة ثابت الاتزان :

$$K_p = \frac{(P_{NO_2})^2 (P_{Cl_2})}{(P_{NOCl})^2}$$

وبالتعويض في المعادلة نجد أن :

$$K_p = \frac{(0.2307)^2 (0.1153)}{(0.1538)^2} = 0.259\text{ atm}$$

## اختبر فهمك (١):

- ١- هل هناك أشكال أخرى للاتزان الدينامي غير الاتزان الكيميائي . ابحث عنها مدعماً إجابتك ببعض الأمثلة .
- ٢- هل الاتزان يعني التساوي في التراكيز ؟ فسر إجابتك .
- ٣- أضيفت قطرات من محلول حمض  $HCl$  إلى أنبوبة تحتوي على محلول دايكرومات البوتاسيوم حتى تغير اللون . هل هذا التفاعل يوجد في حالة اتزان ؟ فسر إجابتك .

١- نعم ، للاتزان الدينامي أشكال أخرى غير الاتزان الكيميائي مثل :

أ- اتزان حالة : ويحدث هذا الاتزان بين حالتين لنفس المادة كالاتزان بين الماء السائل والماء الجليدي في الأماكن الباردة (القطبية مثلاً) .

ب- اتزان الذائبة : ويحدث بين المادة الذائبة ونفس المادة في صورة غير ذائبة، وهذا ما يظهر في المحاليل فوق المشبعة أو عند ترسيب مادة ما في سائل .

٢- نعم ، الاتزان يعني أن تساوى سرعتي التفاعلين الأمامي والعكسي ، بعض النظر عن ثبات تراكيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة .

٣- نعم ، يوجد هذا التفاعل في حالة اتزان ، وذلك لأنه يبدو أن التفاعل متوقف؛ لأن لون المحلول ثابت لا يتغير .

## اختبر فهمك (٢):

اكتب علاقة ثابت الاتزان بدلالة  $K_p$  أو  $K_c$  للتفاعلات الآتية :



$$K_p = \frac{(P_{H_2})^4}{(P_{H_2O})} \quad -١$$

$$K_c = \frac{[Zn^{2+}]}{[Fe^{2+}]} \quad -٢$$



### اختبر فهمك (٣):

١- فيما يلي مقدار ثابت الاتزان  $K_c$  لثلاث تفاعلات مختلفة :

أ-  $3.5 \times 10^{-18}$  ب-  $0.4$  ج-  $4 \times 10^3$

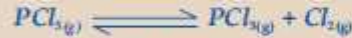
في أي تفاعل تكون تراكيز المواد المتفاعلة أكبر من المواد الناتجة ؟

٢- في التفاعل الافتراضي الآتي :



وجد أن قيمة ثابت الاتزان  $(K_c) = 0.1$  ، فما دلالة قيمة  $K_c$  ؟

٣- إذا علمت أن قيمة ثابت الاتزان  $K_c = 0.0415$  عند درجة حرارة  $25^\circ\text{C}$  للتفاعل الموزن الآتي :



وقد تم خلط  $0.50 \text{ mol}$  من  $PCl_5$  و  $0.30 \text{ mol}$  من  $Cl_2$  ، بالإضافة إلى  $1.0 \text{ mol}$  من  $PCl_3$  في وعاء سعة لتر . وضح هل هذا النظام في حالة اتزان ؟ وفي أي اتجاه يسير التفاعل ؟

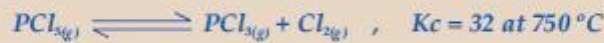
١- في التفاعل ج الذي تكون قيمة  $K_c$  تساوي  $4 \times 10^3$

٢- تعني أن تركيز المادة A أكبر من تركيز المادة B بعشرات مرات عند الاتزان.

٣- التفاعل لا يوجد في حالة اتزان ، وذلك لأن  $K_c$  أقل من حاصل ضرب تراكيز المواد الناتجة مقسومًا على حاصل ضرب تراكيز المواد المتفاعلة ، ويسير التفاعل نتيجة لذلك في الاتجاه العكسي .

### اختبر فهمك (٤):

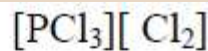
١- وجد أن ثابت الاتزان للتفاعل الموزن التالي عند درجة حرارة  $750^\circ\text{C}$  يساوي 32 :



احسب تركيز خامس كلوريد الفسفور ، إذا علمت أن تركيز كل من ثالث كلوريد الفسفور والكلور عند الاتزان  $0.70 \text{ mol/L}$  ،  $0.80 \text{ mol/L}$  على الترتيب .

٢- يتفاعل  $4.00 \text{ mol}$  من كل من اليود  $I_2$  والبروم  $Br_2$  في وعاء حجمه  $2.0 \text{ L}$  عند درجة حرارة  $150^\circ\text{C}$  ، وذلك لإنتاج يوديد البروم  $IBr$  ، علمًا بأن تركيز يوديد البروم عند الاتزان يساوي  $3.38 \text{ mol/L}$  :

أ- اكتب معادلة الاتزان للتفاعل . ب- احسب قيمة  $K_c$  للتفاعل الموزن .



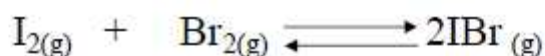
١- بالتعويض في العلاقة :

$$K_c = \frac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]}$$

$$32 = \frac{[0.70][0.80]}{[PCl_5]}$$

$$[PCl_5] = 1.75 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

٢- أ-



ب- عدد مولات كل من  $I_2$  ،  $Br_2$  قبل التفاعل تساوي 4 mol  
وعدد مولات IBr تساوي صفر .  
أما عند الاتزان فإن :

$$[IBr] = 3.38 \text{ M}$$

$$[Br_2] = [I_2] = 0.31 \text{ M}$$

نكتب تركيز كل مادة في بداية التفاعل وعند الاتزان كما في الجدول الآتي:

معادلة التفاعل الموزونة	$I_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2IBr_{(g)}$		
التركيز في بداية التفاعل	2	2	صفر
يفرض أن : التغير في التركيز	- X	- X	+2X
التركيز عند الاتزان	2 - X	2 - X	2X

وبما أن تركيز يوديد البروم عند الاتزان يساوي 3.38 mol/L فإن :

$$[IBr] = 2X$$

$$3.38 = 2X$$

$$X = 1.69$$

إذاً :

ومنه يحسب تركيز كل من اليود والبروم عند الاتزان كالآتي :

$$[\text{Br}_2] = [\text{I}_2] = 2 - X$$

$$[\text{Br}_2] = [\text{I}_2] = 2 - 1.69 = 0.31 \text{ mol/L}$$

وبالتعويض عن قيمة التركيز عند الاتزان في تعبير ثابت الاتزان :

$$K_C = \frac{[\text{IBr}]^2}{[\text{I}_2][\text{Br}_2]}$$

$$K_C = \frac{(3.38)^2}{(0.31)(0.31)}$$

$$K_C = 118.8$$

إذاً :

خلفية علمية (١) : قانون فعل الكتلة وثابت الاتزان

في التفاعل العام الآتي :



ومع افتراضنا بأن التفاعل الأمامي يحدث في اتجاه واحد ، وأن التفاعل العكسي يحدث في عكس

ذلك الاتجاه ، فإن قانوني المعدل للتفاعل الأمامي هو :—

$$R_f = K_f [A]^a [B]^b$$

ومعدل التفاعل العكسي هو :—

$$R_r = K_r [C]^c [D]^d$$

حيث R (Rate) معدل التفاعل والحروف f (forward) r (reverse)

(reverse) تشير إلى أمامي وعكسي على التوالي .

ونستطيع التعبير عما سبق رياضياً كما يلي :—

$$R_f = R_r$$

عند الاتزان :

وبالتعويض عن قيم  $R_f$  و  $R_r$  فإن :

$$K_f [A]^a [B]^b = K_r [C]^c [D]^d \quad **$$

وبإعادة ترتيب المعادلة \*\* ، بوضع التراكيز في جانب والثوابت في جانب آخر ، وقد تم الاتفاق

$$\frac{K_f}{K_r} \quad \text{على أن يكون ثابت الاتزان } K_c \text{ يساوي :}$$

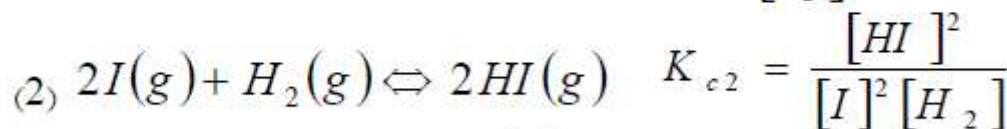
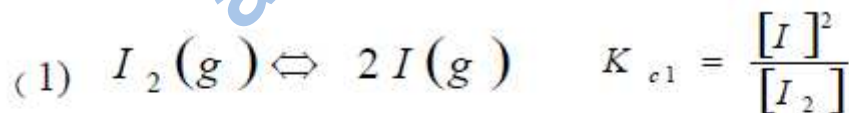
، ومنه فإننا نحصل على الآتي :

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

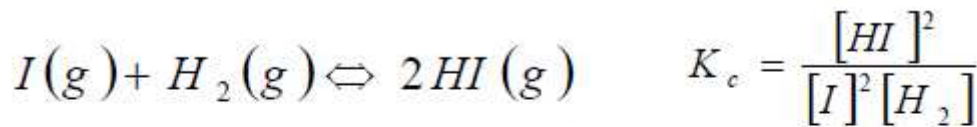
حيث  $[A]$  و  $[B]$  و  $[C]$  و  $[D]$  عبارة عن تراكيز المواد عند الاتزان ( بالمول / لتر ) ،  
بينما  $a$  و  $b$  و  $c$  و  $d$  عبارة عن معاملات المواد أو عدد المولات المواد المتفاعلة والناجمة في المعادلة  
الموزونة التي تمثل التفاعل . بينما يسمى الثابت  $K_c$  ثابت الاتزان للتفاعل **equilibrium constant** .

وهناك في الواقع العملي تفاعلات تتكون من أكثر من خطوة واحدة. فهل تستطيع حساب  
قيمة ثابت الاتزان لتفاعل يتكون من خطوتين من معرفتنا لثابت الاتزان لكل خطوة ؟ الجواب ،  
نعم . والمثال التالي يوضح ذلك :

يتفاعل اليود  $I_2$  مع الهيدروجين  $H_2$  لإعطاء يوريد الهيدروجين  $HI$  ، ويتم التفاعل  
حسب الخطوتين التاليتين :



والتفاعل الكلي هو حاصل جمع الخطوتين 1 و 2 كما يلي :-



والآن ، ما العلاقة بين ثابت الاتزان  $K_c$  للتفاعل الكلي وثابتي اتزان الخطوتين الذين يكونانه

؟ تعطي تلك العلاقة بالمعادلة الآتية :

$$K_c = K_{c1} \cdot K_{c2}$$

إذ إن :

$$K_{c1} \cdot K_{c2} = \frac{[I]^2}{[I_2]} \times \frac{[HI]^2}{[I]^2[H_2]} = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = K_c$$

أي أن ثابت الاتزان للتفاعل الكلي يساوي حاصل ضرب ثوابت الاتزان للخطوات المختلفة المكونة للتفاعل .

**اختبر فهمك (٥) :**

تمثل الخطوة الأخيرة في عملية تحضير حمض النيتريك في الصناعة بالمعادلة الآتية :



وضّح أثر التغيرات التالية على موضع الاتزان :

- ١- زيادة كمية  $NO$  .
- ٢- تخفيف المحلول .
- ٣- زيادة كمية  $NO$  .

- ١- يسير التفاعل في الاتجاه الأمامي (إلى اليمين باتجاه المواد الناتجة) .
- ٢- يسير التفاعل في الاتجاه الأمامي (إلى اليمين باتجاه المواد الناتجة) .
- ٣- يسير التفاعل في الاتجاه العكسي (إلى اليسار باتجاه المواد المتفاعلة) .

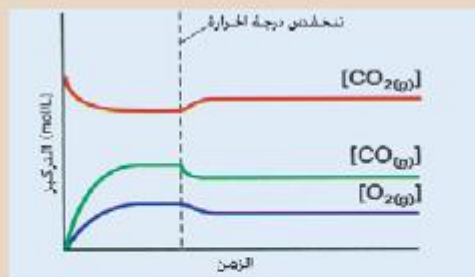


## اختبر فهمك (٦):

يتفكك غاز ثاني أكسيد الكربون إلى غازي أول أكسيد الكربون والأكسجين ويكون مصحوباً بامتصاص حرارة ، حسب المعادلة الآتية :



أ- وضع أثر تقليل درجة الحرارة على حالة الاتزان في هذا التفاعل كما هو موضح بالشكل (٧-١٢) .



الشكل (٧-١٢)

ب- وضع بالرسم فقط أثر زيادة درجة الحرارة على حالة الاتزان للتفاعل السابق .

١-

أ- كما هو موضح في الشكل فإن تقليل درجة الحرارة تنتج حالة اتزان جديدة يقل فيها تراكيز المواد الناتجة ويزداد تراكيز المواد المتفاعلة ؛ مما يجعل قيمة ثابت الاتزان تقل عند تخفيض درجة الحرارة .

ب- يرسم باليد أو الكمبيوتر .

## اختبر فهمك (٧):

ينحل كبريتيد الأمونيوم الهيدروجيني  $\text{NH}_4\text{HS}$  الصلب بالحرارة حسب المعادلة الآتية :



أ- ما التغيرات التي تقترحها في كل من درجة الحرارة والضغط لزيادة كمية كبريتيد الهيدروجين ؟

ب- تنبأ بما يحدث لكمية الأمونيا عند استخدام وعاء أقل حجماً لإجراء التفاعل فيه .

ج- عند الوصول إلى حالة الاتزان ، ثم إضافة كمية أخرى من الملح الصلب دون تغيير درجة الحرارة . باعتبارك ما أثر ذلك على تركيز كل من الأمونيا وكبريتيد الهيدروجين ؟

أ- رفع درجة الحرارة ، تقليل الضغط .

ب- تقل كمية الأمونيا .

ج- يزداد تركيز كل من الأمونيا وكبريتيد الهيدروجين .