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 Ireversible 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 :

$$C_6H_{12}O_{6(s)} + 6O_{2(g)} \longrightarrow 6CO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)}$$

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

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) :

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

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

٧-٢ طبيعة الاتزان : Nature of Equilibrium

يطلق مصطلح الاتزان في الطبيعة للتعبير عن الثبات والاستقرار

وينقسم الاتزان الى:-

(أ)الاتزان الاستاتيكي

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

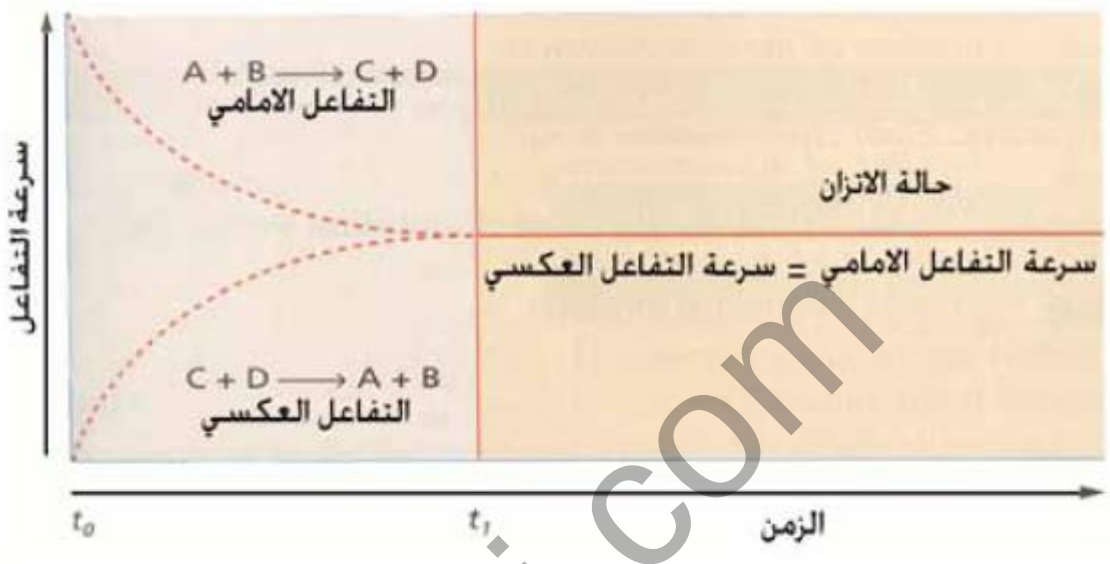
(ب)الاتزان الديناميي

وهو يكون في التفاعل في حالة حركة متزنة بين طرفي المعادلة

afidni.com

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

✍ في تفاعل $A + B \rightleftharpoons C + D$



الشكل(1): التغيّر 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 الحلة يبدو التفاعل وكأنه متوقف "حالة اتزان".

وبناءً على ما سبق يمكن تعريف الاتزان الكيميائي الذي يعتبر أحد أشكال الاتزان الديناميي بانه:

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

afidni.com

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

يعرف ثابت الاتزان لتفاعل ما بأنه " حاصل ضرب تراكيز المواد الناتجة مقسومًا 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 :

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

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، وبتالي 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 أيضًا، 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:

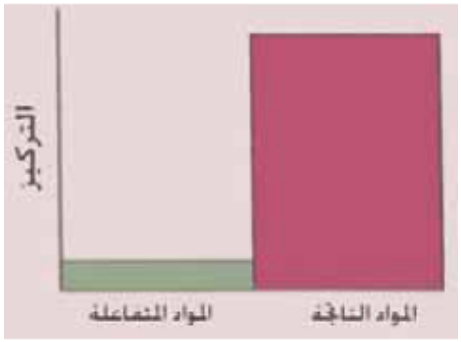
1) قيمة ثابت الاتزان لتفاعل ما ذات قيمة ثابتة عند درجة حرارة معينة تتغير فقط بتغير درجة الحرارة.

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

afidni.com

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 $\frac{1}{K_c}$.

٤-٧ 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 التالي:

1- نكتب معادلة التفاعل موزونة.

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

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

3- ثم نعوض في العلاقة :

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

afidni.com

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 لوتشاتلييه (Henrey-Louis Le Chatelier) سنة ١٨٨٤م بدراسة العوامل التي يمكن أن تؤثر على نظام متزن في حالة الاتزان

وينص مبدأ لوتشاتلييه (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 المتزنة قد تظهر إلى جانب المواد الناتجة عندما يكون التفاعل طارداً للحرارة (Exothermic) كالآتي :

$$\underset{\text{مواد متفاعلة}}{Reactants} \rightleftharpoons \underset{\text{مواد ناتجة}}{Products} + \underset{\text{طاقة}}{Energy}$$

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

$$\underset{\text{مواد متفاعلة}}{Reactants} + \underset{\text{طاقة}}{Energy} \rightleftharpoons \underset{\text{مواد ناتجة}}{Products}$$

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

atidni.com

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	يزاح في الاتجاه الأمامي (اليمين)	تبقى قيمته ثابتة لا تتغير
		المواد الناتجة	يزاح في الاتجاه العكسي (اليسار)	
	النقصان	المواد المتفاعلة	يزاح في الاتجاه العكسي (اليسار)	
		المواد الناتجة	يزاح في الاتجاه الأمامي (اليمين)	

العوامل المؤثرة	نوع التغير		التأثير على موضع الاتزان	التأثير على قيمة K_c
درجة الحرارة	الزيادة	طارد	يزاح في الاتجاه العكسي (اليسار)	تقل قيمته
		ماص	يزاح في الاتجاه الأمامي (اليمين)	تزداد قيمته
	النقصان	طارد	يزاح في الاتجاه الأمامي (اليمين)	تزداد قيمته
		ماص	يزاح في الاتجاه العكسي (اليسار)	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	ـــــــ	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 :

$$CO_{2(g)} + CaCO_{3(s)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons Ca^{2+}_{(aq)} + 2HCO_3^-{}_{(aq)}$$

atidri.com

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 :

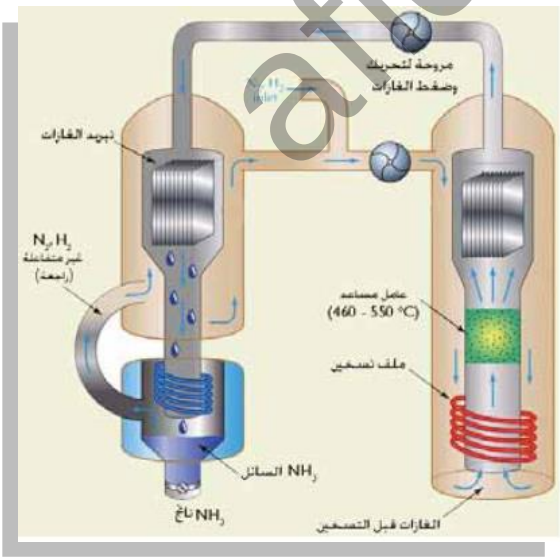
تدخل الأمونيا في صناعة العديد من الأسمدة النتروجينية . ويتم تحضيرها في الصناعة حسب المعادلة الآتية :

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 92\ KJ$$

درجة حرارة تتراوح بين $(460\ ^oC - 550\ ^oC)$، ووجود عامل حفاز مناسب (Fe 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 الأ مونيا مثل :$(K_2O + Al_2O_3 \text{ ، } K_2O)$ عند ضغوط تتراوح بين $200\ atm - 400\ atm$.

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



afidni.com

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 أدخنة المصانع وعوادم السيارات على شكل غازات مثل : NO ، CO ، SO_2 ، CO_2 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 :

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

ثم يتحد غاز أكسيد النتروجين مع أكسجين الهواء :

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

ويظهر NO_2 في شكل سحابة بنية اللون عند تعرضه لضوء الشمس

أمثلة على الإتزان الكيميائي

ثابت الاتزان : The Equilibrium Constant (K)

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

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

الحل :

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

مثال (٢) : اكتب علاقة ثابت الاتزان للتفاعل :

$$2H_2O_{(g)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$$

الحل :

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

afidni.com

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

أ- 3.5×10^{-16} ب- 0.4 ج- 4×10^{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 :

$$A \rightleftharpoons B$$

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 إناءسعته $2.0\ L$ عند درجة حرارة معينة، وعند الاتزان وجد أن الإناء يحتوي على $0.01\ mol$ من H_2 و $0.01\ mol$ من Br_2 و $0.25\ mol$ من HBr . احسب ثابت الاتزان لهذا التفاعل .

الحل . أولا نكتب معادلة التفاعل موزونة :

$$2HBr_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + Br_{2(g)}$$

ثم نحسب تركيز المواد من العلاقة :

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

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

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

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

وبالتعويض في العلاقة :

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

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

afidni.com

مثال (٢): يتم تحضير غاز الهيدروجين صناعيًا من تفاعل بخار الماء مع غاز أول أكسيد الكربون تحت ظروف معينة. فإذا تم خلط $4.0\ mol$ من كل من غاز أول أكسيد الكربون و بخار الماء في وعاء سعته $1.0\ L$ ، ثم سخن الوعاء إلى درجة حرارة $900\ ^oC$ حتى وصل التفاعل إلى حالة الاتزان ، ومنتجًا 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 :

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

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

معادلة التفاعل الموزونة	$CO_{(g)}$	$+ H_2O_{(g)}$	$\rightleftharpoons CO_{2(g)}$	$+ H_{2(g)}$
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 لترًا .

ثالثًا : نعوض قيمة التركيز عند الاتزان في تعبير ثابت الاتزان :

$$K_c = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]}$$

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

وبأخذ الجذر التربيعي لطرفي المعادلة نجد أن:

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

وبحل هذه المعادلة نجد أن : $x = 2.69\ mol/L$

إذا التراكيز عند الاتزان هي: $[CO_2] = [H_2] = 2.69\ mol/L$

$[CO] = [H_2O] = 4 - 2.69 = 1.31\ mol/L$

afidni.com

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

$$2NOCl_{(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + Cl_{2(g)}$$

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

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

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

عدد المولات الغازية الكلية = $130\ mol$

نحسب الضغط الجزئي كما يلي :

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

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

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

ومن معادلة ثابت الاتزان :

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

وبالتعويض في المعادلة نجد أن :

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

afidni.com

اختبر فهمك (١) :

١– هل هناك أشكال أخرى للاتزان الدينامي غير الاتزان الكيميائي . ابحث عنها مدعمًا إجابتك ببعض الأمثلة .
٢– هل الاتزان يعني التساوي في التراكيز ؟ فسّر 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 ؟ فسّر 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 الذائبية : ويحدث بين المادة الذائبة ونفس المادة في صورة غير ذائبة، وهذا ما يظهر في المحاليل فوق المشبعة أو عند ترسب مادة ما في سائل .

٢– نعم ، الاتزان يعني أن تتساوى سرعتي التفاعلين الأمامي والعكسي ، بغض 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_c أو K_p للتفاعلات الآتية :

1- $3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(g)} \rightleftharpoons Fe_3O_{4(s)} + 4H_{2(g)}$

2- $Zn_{(s)} + Fe^{2+}_{(aq)} \rightleftharpoons Zn^{2+}_{(aq)} + Fe_{(s)}$

١–
$$K_p = \frac{(P_{H2})^4}{(P_{H2O})}$$

٢–
$$K_C = \frac{[Zn^{2+}]}{[Fe^{2+}]}$$

afidni.com

اختبر فهمك (٣) :

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

أ- 3.5×10^{-16} ب- 0.4 ج- 4×10^{3}

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

٢- في التفاعل الافتراضي الآتي :

$$A \rightleftharpoons B$$

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 $25\ ^\circ C$ للتفاعل المتزن الآتي:

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

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

١- في التفاعل ج الذي تكون قيمة Kc تساوي 4×10^3

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

٣- التفاعل لا يوجد في حالة اتزان ، وذلك لأن Kc 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 المتزن التالي عند درجة حرارة $750\ ^\circ C$ يساوي 32 :

$$PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)} \quad , \quad Kc = 32 \text{ at } 750\ ^\circ C$$

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

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

أ- اكتب معادلة الاتزان للتفاعل. ب- احسب قيمة K_c للتفاعل المتزن .

١- بالتعويض في العلاقة :

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

afidni.com

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

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

٢- أ-

$$I_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2IBr_{(g)}$$

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	$I_{2(g)}$ +	$Br_{2(g)}$ ⇌	$2IBr_{(g)}$
التركيز في بداية التفاعل	2	2	صفر
بفرض 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 :

afidni.com

$$[Br_2] = [I_2] = 2\text{-}X$$

$$[Br_2] = [I_2] = 2\text{-}1.69 = 0.31 \text{ mol/L}$$

وبالتعويض عن قيمة التركيز عند الاتزان في تعبير ثابت الاتزان :

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

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

إذاً : $K_C = 118.8$

خلفية علمية (١) : قانون فعل الكتلة وثابت الاتزان

في التفاعل العام الآتي :

$$aA + bB \Leftrightarrow cC + dD$$

ومع افتراضنا بأن التفاعل الأمامي يحدث في اتجاه واحد ، وأن التفاعل العكسي يحدث في عكس ذلك الاتجاه ، فإن قانوني المعدل للتفاعل الأمامي هو :ـــ

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

ومعدل التفاعل العكسي هو :ـــ

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

حيث R (Rate) معدل التفاعل والحروف f (forward) r (reverse) تشير إلى أمامي وعكسي على التوالي .

ونستطيع التعبير عما سبق رياضيا كما يلي :ـــ

عند الاتزان : $R_f = R_r$

afidni.com

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 على أن يكون ثابت الاتزان K_c يساوي :

$$\frac{K_f}{K_r}$$

، 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 والناتجة 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 :

$$(1) \quad I_2(g) \Leftrightarrow 2I(g) \qquad K_{c1} = \frac{[I]^2}{[I_2]}$$

$$(2) \quad 2I(g) + H_2(g) \Leftrightarrow 2HI(g) \qquad K_{c2} = \frac{[HI]^2}{[I]^2 [H_2]}$$

والتفاعل الكلي هو حاصل جمع الخطوتين 1و2 كما يلي :ـــ

afidni.com

$$I(g)+H_2(g)\Leftrightarrow 2HI(g) \qquad K_c=\frac{[HI]^2}{[I]^2[H_2]}$$

والآن ، ما العلاقة بين ثابت الاتزان K_c للتفاعل الكلي وثابتي اتزان الخطوتين الذين يكونانه ؟ تعطى 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 النتريك في الصناعة بالمعادلة الآتية :

$$3NO_{2(g)}+H_2O_{(l)}\rightleftharpoons 2HNO_{3(aq)}+NO_{(g)}$$

وضّح أثر التغيرات التالية على موضع الاتزان :

١- زيادة كمية NO_2 .

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).

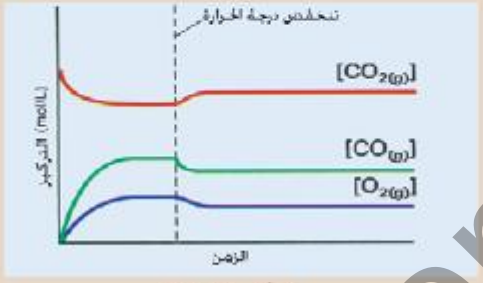
afidni.com

اختبر فهمك (٦) :

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

$$2CO_{2(g)} + 566\ kJ \rightleftharpoons 2CO_{(g)} + O_{2(g)}$$

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



الشكل (٧-١٢)

ب- وضّح 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 NH_4HS الصلب بالحرارة حسب المعادلة الآتية :

$$NH_4HS_{(s)} \rightleftharpoons NH_{3(g)} + H_2S_{(g)}$$

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

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

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

أ- رفع درجة الحرارة ، تقليل الضغط .

ب- تقل كمية الأمونيا .

ج- يزداد تركيز كل من الأمونيا وكبريتيد الهيدروجين .

afidni.com