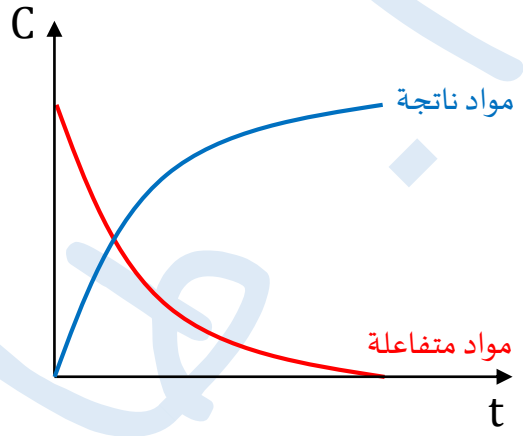
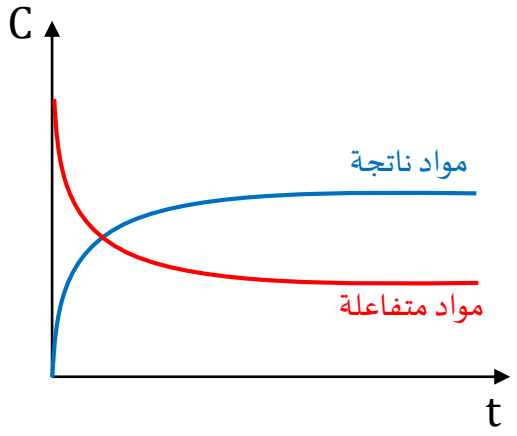
التوازن الكيميائي

أنواع التفاعلات الكيميائية:

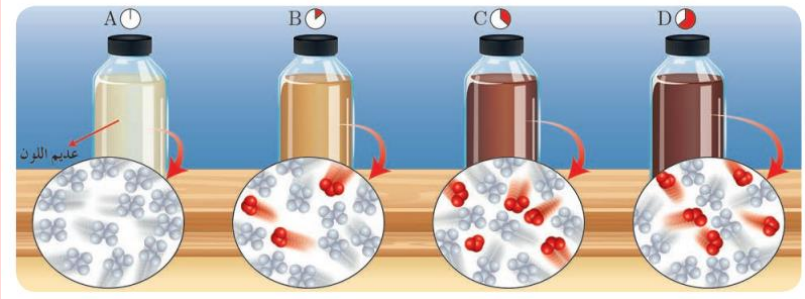
تفاعلات تامة	تفاعلات عكوسة
هي تفاعلات تحدث في اتجاه واحد (→) تتحول فيها المواد المتفاعلة إلى مواد ناتجة، ولا تستطيع المواد الناتجة أن تتفاعل مع بعضها في الشروط ذاتها لتكوّن المواد المتفاعلة مرة أخرى.	هي تفاعلات تحدث في اتجاهين (⇄) حيث أنّ المواد المتفاعلة لا تستهلك كلياً(**علل**)، لأنّ المواد الناتجة تتفاعل فيما بينها لتعطي المواد المتفاعلة في الشروط ذاتها.
	
ينتهي التفاعل عند انتهاء المواد المتفاعلة	ينتهي التفاعل عند الوصول إلى حالة التوازن

حالة التوازن

يتفكك غاز $N_2O_{4(g)}$ عديم اللون بالتسخين إلى غاز $NO_{2(g)}$ ذي اللون البني وفق المعادلة التالية:

$$N_2O_4 \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftarrows}} 2NO_{2(g)}$$

وتمت متابعة التفاعل كما في الصورة التالية:



1. هل جزيئات الغاز متماثلة في النوع والعدد في الصورتين A, D؟
2. ما سبب ثبات اللون في الصورتين C, D بمرور الزمن؟
3. هل التفاعل الحاصل تام أمّ متوازن؟ أفسّر ذلك.
4. اكتب معادلة التفاعل الحاصل.

- وجود نوعين من الجزيئات في الصورة D يدل على أنّ التفاعل غير تام.
- ثبات اللون في الصورتين C, D يدل على ثبات تركيز المادة المتفاعلة والمادة الناتجة بمرور الزمن.

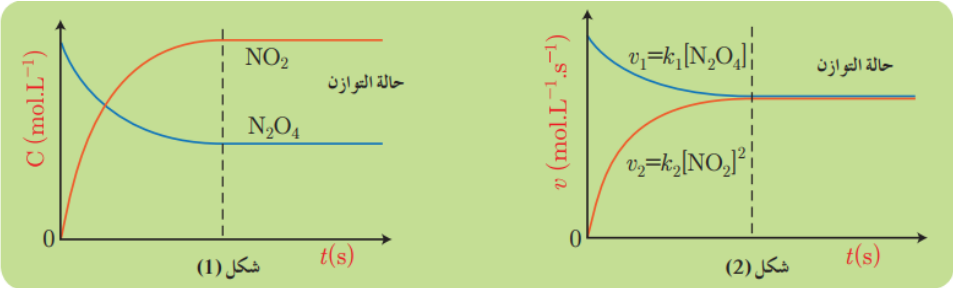
التوازن الكيميائي

- يحدث التفاعل وفق المعادلة الآتية:

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

يمثل الشكل (1) تغير تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة بدلالة الزمن

والشكل (2) يمثل تغير سرعتي التفاعل المباشر والعكسي بدلالة الزمن:



1. كيف يتغير تركيز كل من المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في التفاعل المتوازن.
2. أحدد العلاقة بين سرعتي التفاعل المباشر والعكسي عند ثبات التراكيز.
3. أسمي الحالة التي تثبت فيها تراكيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة.

- ينقص تركيز المادة المتفاعلة ويزداد تركيز المادة الناتجة بمرور الزمن وتثبت عند بلوغ حالة التوازن.
- ثبات التركيزين يدل على تساوي سرعتي التفاعلين: المباشر V_1 والعكسي V_2 وتسمى حالة التوازن.

عند الوصول إلى حالة التوازن:

1- تثبت تراكيز المواد المتفاعلة وتراكيز المواد الناتجة.

2- تتساوى سرعة التفاعل المباشر مع سرعة التفاعل العكسي.

ملاحظة هامة: ليس من الضروري أنّ تكون تراكيز المواد المتفاعلة تساوي تراكيز المواد الناتجة عند الوصول إلى حالة التوازن.

يسمى التوازن في حالة التفاعلات الكيميائية بالتوازن الحركي، فسّر ذلك.

التوازن الكيميائي توازن حركي لأنّ التوازن يحدث عندما تتساوى سرعة التفاعل المباشر مع سرعة التفاعل العكسي ولا تكون قيمة السرعة لأي تفاعل معدومة، إذاً الجملة في حالة توازن حركي.

ثابت التوازن الكيميائي:

استنتج عبارة ثابت التوازن للتفاعل الآتي باعتبار التفاعل المباشر والعكسي أوليّان:

$$mA + nB \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftarrows}} pC + qD$$

التوازن الكيميائي

نتيجة:

- إنّ ثابت التوازن الكيميائي عند درجة حرارة معينة يساوي نسبة جداء تراكيز المواد الناتجة إلى جداء تراكيز المواد المتفاعلة عند التوازن وكل منها مرفوع إلى الأس الذي يساوي عدد الأمثال التفاعلية المشاركة بها في المعادلة الموزونة (عدد المولات).
- في التفاعلات الغازية يمكن التعبير عن تراكيز الغازات بدلالة الضغوط الجزئية مقدرة بـ atm وبالتالي تعطى عبارة ثابت التوازن بدلالة الضغوط الجزئية للتفاعل السابق بالعلاقة:

$$K_P = \frac{P_{(C)}^{p} \cdot P_{(D)}^{q}}{P_{(A)}^{m} \cdot P_{(B)}^{n}}$$

ملاحظات:

- إنّ K_c و K_P مقدارين ثابتين ليس لهما واحدة.
- المواد الصلبة (s) والسائلة (ℓ) كمذيب فقط لا تظهر في عبارة ثابت التوازن(علل)

لأنّ تراكيزها تبقى ثابتة مهما اختلفت كميتها.

- قيمة K_c و K_P لتفاعل محدد لا تتغير إلا بتغير درجة الحرارة.

عند مزج حجمين متساويين من غازي الهيدروجين وبخار اليود ذي اللون البنفسجي في شروط مناسبة، يُلاحظ تضاؤل اللون البنفسجي ثم ثباته، اكتب المعادلة الكيميائية المعبرة عن التفاعل الحاصل مفسراً بقاء اللون البنفسجي، ثم اكتب عبارة كل من K_c و K_P.

الحل:

$$H_2 + I_2 \rightleftarrows 2HI$$

سبب ثبات اللون البنفسجي دليل عدم استهلاك اليود كلياً على الرغم من مزج المواد بنسب التفاعل مما يدل على أنّ التفاعل متوازن.

$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2].[I_2]}\ ,$$

$$K_P = \frac{P_{(HI)}^2}{P_{(H_2)} \times P_{(I_2)}}$$

العلاقة بين K_c و K_P:

تعطى العلاقة بين قيمة ثابتي التوازن بدلالة التراكيز والضغوط الجزئية:

$$\mathbf{K_P = K_C.(RT)^{\Delta n}}$$

$\Delta n = n_2 - n_1$ الفرق بين عدد المولات الغازية الناتجة، n_2 : عدد المولات الغازية الناتجة.

n_1 : عدد المولات الغازية المتفاعلة.

تطبيق: اكتب عبارة K_c و K_p والعلاقة بينهما في كل من التفاعلات التالية:

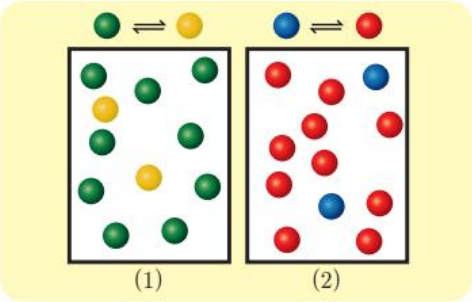
التفاعل	K_c	K_p	العلاقة بين K_c و K_p
$C_{(s)} + 2H_{2(g)} \rightleftarrows CH_{4(g)}$			
$H_{2(g)} + S_{(s)} \rightleftarrows H_2S_{(g)}$			

وظيفة: اكتب عبارة K_c و K_p والعلاقة بينهما في كل من التفاعلات التالية:

التفاعل	K_c	K_p	العلاقة بين K_c و K_p:
$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftarrows 2HI_{(g)}$			
$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftarrows 2NH_3$			

أهمية ثابت التوازن:

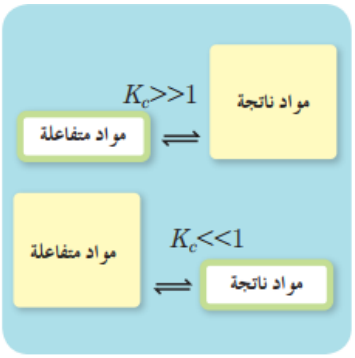
ألاحظ الشكلين الآتيين الذين يُمثلا حالة توازن:



1. قارن بين كمية المواد المتفاعلة وكمية المواد الناتجة في كل من الشكلين.
2. قارن بين قيمة K_c في كل من التفاعلين.
3. على ماذا تدل قيمة K_c

	التفاعل (1)	التفاعل (2)
كمية المواد المتفاعلة		
كمية المواد الناتجة		
قيمة K_c		

نتيجة:



- تُبيّن قيمة ثابت التوازن لتفاعل ما، **مدى تحول المواد المتفاعلة إلى نواتج عند حدوث التوازن.**
- **إذا كانت قيمة $K_c \gg 1$:**

فالتفاعل يحدث إلى مدى كبير في الاتجاه المباشر (كمية النواتج > كمية المتفاعلات)

- **إذا كانت قيمته صغيرة $K_c \ll 1$:**

فالتفاعل لا يحدث إلى مدى كبير في الاتجاه المباشر. (كمية النواتج < كمية المتفاعلات)

السؤال (سادساً صـ 77)– قارن بين كمية المواد المتفاعلة والمواد الناتجة عند بلوغ التوازن في كل من التفاعلين الآتيين:

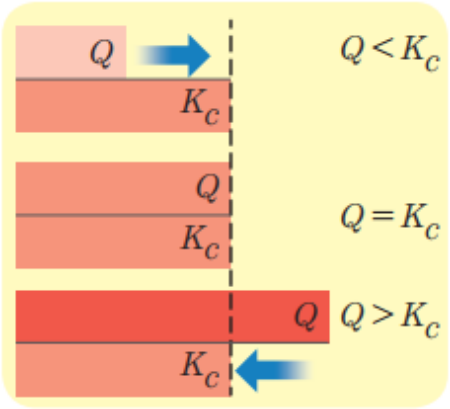
a. $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftarrows 2NO_{(g)} \quad K_c = 1.5 \times 10^{-10}$

b. $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftarrows 2SO_{3(g)} \quad K_c = 14 \times 10^{2}$

الحل:

التوازن الكيميائي

حاصل التفاعل Q:



تُماثل عبارة حاصل التفاعل Q في عبارة ثابت التوازن K_c حيث تؤخذ التراكيز في لحظة ما (دون شرط الوصول لحالة التوازن).

تُفيد قيمة حاصل التفاعل في معرفة فيما إذا كان التفاعل قد وصل إلى حالة التوازن أم لا. وإذا لم يكن قد وصل إلى حالة التوازن يمكن معرفة جهة سير التفاعل.

ونميز ثلاث حالات:

- في حال كان $Q < K_c$ تراكيز المواد الناتجة أقل من تراكيزها في حالة التوازن عندها يرجح التفاعل المباشر على التفاعل العكسي للوصول إلى حالة التوازن.
- في حال كان $Q = K_c$ التفاعل في حالة توازن.
- في حال كان $Q > K_c$ تراكيز المواد الناتجة أكبر من تراكيزها في حالة التوازن، عندها يرجح التفاعل العكسي على التفاعل المباشر للوصول إلى حالة التوازن.

تطبيق: تبلغ قيمة ثابت التوازن $K_c = 50.5$ عند الدرجة $440°C$ للتفاعل الآتي:

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

فإذا وضع $4 \times 10^{-2}mol$ من $HI_{(g)}$ مع $10^{-2}mol$ من $H_{2(g)}$ و $2 \times 10^{-2}mol$ من $I_{2(g)}$ في وعاء سعته $2L$ المطلوب:

1. **احسب حاصل التفاعل Q.**
2. **أحدد التفاعل الراجح (المباشر/العكسي)، مع التعليل.**

المعطيات:	
الحل:	

التوازن الكيميائي

العوامل المؤثرة في حالة التوازن:

يلجأ الكيميائيون إلى **زيادة مردود** بعض التفاعلات المتوازنة مثل زيادة كمية النشادر الناتج من تفاعل غازي النتروجين والهيدروجين بحدوث بعض التغيرات بتأثير عوامل خارجية. **ومن هذه التغيرات تغير التراكيز أو تغير الضغوط الجزئية أو تغير درجة حرارة التفاعل.**

درس العالم لوشاتوليه التغيرات التي تؤثر في حالة التوازن الكيميائي، ووضع قاعدة تنص على ما يلي:

إذا حدث تغير في أحد العوامل المؤثرة في جملة كيميائية متوازنة مثل: درجة الحرارة أو التركيز أو الضغط ... يختل التوازن فيرجح التفاعل في الاتجاه الذي يعاكس فيه هذا التغير.

1. تأثير تغير التراكيز:

- عند زيادة تركيز إحدى مواد الجملة المتوازنة يختل التوازن فيرجح التفاعل في الاتجاه الذي ينقص فيه تركيز هذه المادة (في الاتجاه الذي يعاكس جهة تشكل هذه المادة).
- عند نقصان تركيز إحدى مواد الجملة المتوازنة يختل التوازن، فيرجح التفاعل في الاتجاه الذي يزداد فيه تركيز هذه المادة (في اتجاه تشكل هذه المادة).

ليحدث التفاعل المتوازن في شروط مناسبة والممثل بالمعادلة الآتية: $PCl_{5(g)} \rightleftarrows PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$

المطلوب: ما تأثير كل مما يلي على:

(حالة التوازن – تراكيز المواد المتفاعلة – تراكيز المواد الناتجة – قيمة ثابت التوازن).

1. **زيادة تركيز** PCl_5.
2. **زيادة تركيز** Cl_2
3. **انقاص تركيز** PCl_3.

الحل:

التغير / التأثير على	حالة التوازن	تراكيز المواد المتفاعلة	تراكيز المواد الناتجة	قيمة ثابت التوازن
زيادة تركيز PCl_5				
زيادة تركيز Cl_2				
انقاص تركيز PCl_3				

ليحدث التفاعل المتوازن الممثل بالمعادلة الآتية في شروط مناسبة:

$$NO_{2(g)} + CO_{(g)} \rightleftarrows CO_{2(g)} + NO_{(g)}$$

المطلوب: أكمل الجدول الآتي:

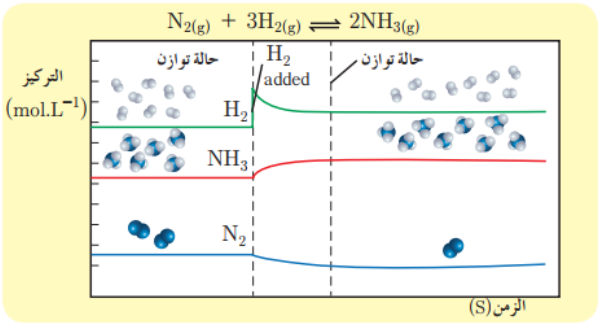
التغير / التأثير على	حالة التوازن	كميات المواد المتفاعلة	كميات المواد الناتجة	قيمة ثابت التوازن
زيادة كمية NO_2				
تناقص كمية NO				
زيادة كمية CO_2				
نقصان كمية CO				

التوازن الكيميائي

لاحظ الشكل المجاور وأجيب:

ما تأثير زيادة كمية الهيدروجين على:

- حالة التوازن.
- كمية النشادر .
- كمية النتروجين.



- عند إضافة كمية من الهيدروجين، يختل التوازن فيرجح التفاعل المباشر على التفاعل العكسي حتى بلوغ حالة توازن جديدة.
- تزداد كمية النشادر.
- تقل كمية النتروجين.

2. تأثير تغير الضغط:

- عند زيادة الضغط (نقصان الحجم) يختل التوازن فيرجح التفاعل باتجاه عدد المولات الغازية الأقل فتزداد كمية المواد الناتجة وتنقص كمية المواد المتفاعلة حتى بلوغ حالة توازن جديدة.
- عند خفض الضغط (زيادة الحجم) يختل التوازن فيرجح التفاعل باتجاه عدد المولات الغازية الأكثر فتزداد كمية المواد المتفاعلة وتنقص كمية المواد الناتجة حتى بلوغ حالة توازن جديدة.

ليكن التفاعل المتوازن الممثل بالمعادلة الآتية في شروط مناسبة:

$$H_2O_{2(g)} \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftarrows}} H_2O_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)}$$

المطلوب: أكمل الجدول الآتي:

التغير / التأثير على	حالة التوازن	كميات المواد المتفاعلة	كميات المواد الناتجة	قيمة ثابت التوازن
زيادة الضغط				
نقصان الضغط				

في التفاعل المتوازن الآتي: $2HI_{(g)} \rightleftarrows H_{2(g)} + I_{2(g)}$

بيّن أثر زيادة الضغط الكلي على حالة التوازن، فسر إجابتك.

الحل:

ملاحظة هامة: إذا كان عدد المولات الغازية متساوياً في طرفي المعادلة $(\Delta n = 0)$، لا يؤثر تغير الضغط على حالة التوازن.

3. تأثير تغير درجة الحرارة:

نميز نوعين من التفاعلات حسب قيمة تغير الانتالبية القياسية للتفاعل ΔH^o_{rxn}:

نوع التفاعل	قيمة ΔH^o_{rxn}	الشكل العام
ماص للحرارة	$\Delta H^o_{rxn} > 0$	النواتج $\underset{\text{ناشر}}{\overset{\text{ماص}}{\rightleftarrows}}$ المتفاعلات
ناشر للحرارة	$\Delta H^o_{rxn} < 0$	النواتج $\underset{\text{ماص}}{\overset{\text{ناشر}}{\rightleftarrows}}$ المتفاعلات

التوازن الكيميائي

- عند زيادة درجة الحرارة يختل التوازن فيرجح التفاعل في الاتجاه الماص للحرارة.
- عند خفض درجة الحرارة يختل التوازن فيرجح التفاعل في الاتجاه الناشر للحرارة.

ملاحظة هامة:

- **عندما يرجح التفاعل المباشر بتأثير تغيّر درجة الحرارة تزداد قيمة ثابت التوازن (علل)**

الجواب: بسبب زيادة كمية المواد الناتجة ونقصان كمية المواد المتفاعلة.

- **عندما يرجح التفاعل غير المباشر بتأثير تغيّر درجة الحرارة تقل قيمة ثابت التوازن (علل)**

الجواب: بسبب نقصان كمية المواد الناتجة وزيادة كمية المواد المتفاعلة.

تطبيق: لحدث التفاعل المتوازن الممثل بالمعادلة الآتية في شروط مناسبة:

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftarrows 2SO_{3(g)} \quad \Delta H = -198\ kJ$$

المطلوب أكمل الجدول الآتي:

التغير/ التأثير على	حالة التوازن	كميات المواد المتفاعلة	كميات المواد الناتجة	قيمة ثابت التوازن
زيادة درجة الحرارة				
خفض درجة الحرارة				

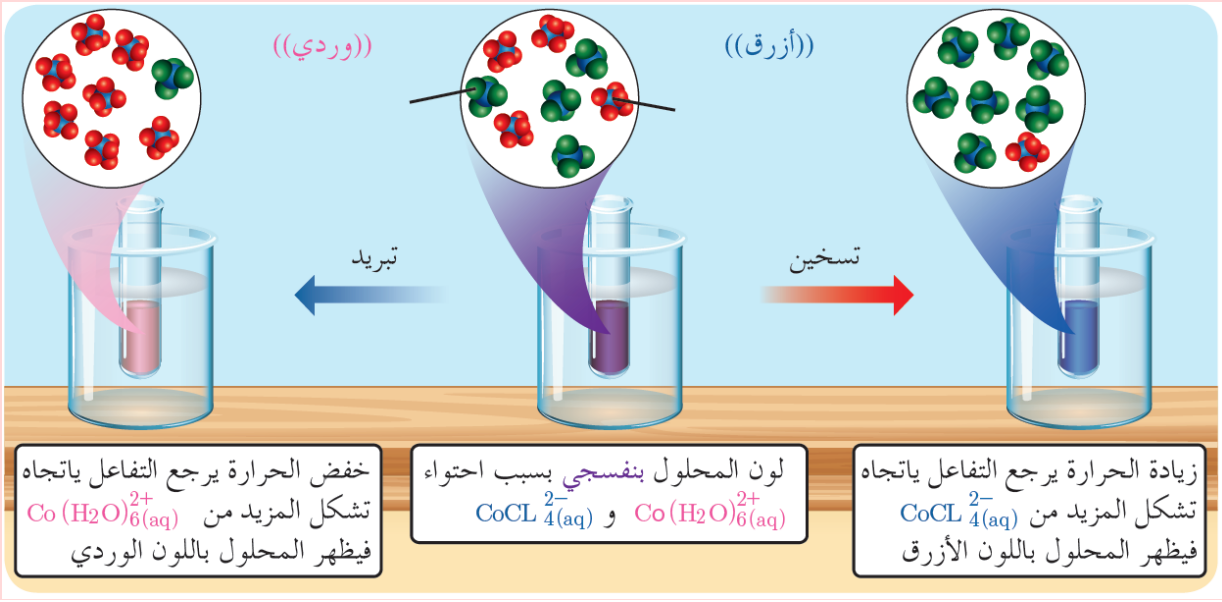
نشاط(12): لحدث التفاعل المتوازن الممثل بالمعادلة الآتية في شروط مناسبة:

$$2NH_{3(g)} \overset{(1)}{\underset{(2)}{\rightleftarrows}} N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \quad \Delta H = +91.54\ kJ$$

المطلوب أكمل الجدول الآتي:

التغير/ التأثير على	حالة التوازن	كميات المواد المتفاعلة	كميات المواد الناتجة	قيمة ثابت التوازن
رفع درجة الحرارة				
خفض درجة الحرارة				

ليكن لدينا التفاعل: $Co(H_2O)_6^{2+}{}_{(aq)} + 4Cl^-_{(aq)} \overset{\text{ماص}}{\underset{\text{ناشر}}{\rightleftarrows}} CoCl_4^{2-}{}_{(aq)} + 6H_2O_{(\ell)} \quad \Delta H_{rxn} > 0$



التوازن الكيميائي

4. تأثير الحفاز في التوازن:

عند إضافة حفاز إلى تفاعل متوازن تزداد سرعة التفاعل المباشر وبالمقدار نفسه سوف تزداد سرعة التفاعل العكسي ، أي أنه يسرع الوصول إلى حالة التوازن ولا يؤثر على قيمة ثابت التوازن.

حساب قيمة ثابت التوازن من خلال المعادلات:

إذا **ضربت معادلة تفاعل بعامل ما** (رقم ما مثلاً) فإنّ **ثابت التوازن الجديد** يُرفع إلى أس يساوي ذلك العامل:

$$A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftarrows C_{(g)} + D_{(g)} \qquad K_{c_1}$$

بضرب التفاعل بالعدد (n):

$$nA_{(g)} + nB_{(g)} \rightleftarrows nC_{(g)} + nD_{(g)} \qquad K_{c_2} = (K_{c_1})^n$$

إذا **عكس التفاعل** فإنّ **قيمة ثابت التوازن الجديد** يساوي **مقلوب قيمة ثابت التوازن الأول**:

$$A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftarrows C_{(g)} + D_{(g)} \qquad K_{c_1}$$

بعكس التفاعل:

$$C_{(g)} + D_{(g)} \rightleftarrows A_{(g)} + B_{(g)} \qquad K_{c_2} = \frac{1}{K_{c_1}}$$

عند **جمع تفاعلين** تكون **قيمة ثابت التوازن للتفاعل الجديد** تساوي **جداء قيم ثوابت التوازن** لكل من التفاعلين:

$$A_{(g)} \rightleftarrows D_{(g)} \qquad K_{c_1}$$
$$B_{(g)} \rightleftarrows C_{(g)} \qquad K_{c_2}$$

بجمع التفاعلين:

$$A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftarrows C_{(g)} + D_{(g)} \qquad K_c = K_{c_1} \times K_{c_2}$$

تطبيق: إذا علمت أنّ قيمة $K_c = 0.36$ للتفاعل:

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

المطلوب: احسب K_c لكلّ من التفاعلين الآتيين:

$$\frac{1}{2}N_2O_{4(g)} \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftarrows}} NO_{2(g)} \qquad K_{c_1}$$

$$2NO_{2(g)} \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftarrows}} N_2O_{4(g)} \qquad K_{c_2}$$

الحل:

التوازن الكيميائي

تطبيق: احسب ثابت التوازن بدلالة التراكيز K_c للتفاعل: $CO_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftarrows CO_{(g)} + H_2O_{(g)}$

اعتماداً على التفاعلات: $Fe_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftarrows FeO_{(s)} + CO_{(g)} \quad K_{c_1} = 1.47$

$Fe_{(s)} + H_2O_{(g)} \rightleftarrows FeO_{(s)} + H_{2(g)} \quad K_{c_2} = 2.38$

الحل:

مسائل وتطبيقات:

تطبيق: مُزج 2mol من الهيدروجين H_2 مع 3 mol من اليود I_2 في وعاء مغلق سعته 10L وكانت كمية يود الهيدروجين HI عند التوازن 3.6 mol، احسب قيمة ثابت التوازن للتفاعل الآتي:

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

ما قيمة K_c؟

المعطيات:

الحل:

التوازن الكيميائي

تطبيق: وضع $4\ mol$ من PCl_5 في وعاء سعته $2L$ وسخن الوعاء إلى درجة $500\ K$ يتفكك منه 10% وفق المعادلة: $PCl_{5(g)} \rightleftarrows PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$

المطلوب حساب: 1. قيمة K_c. 2. قيمة K_P $(R = 0.082\ atm.L.mol^{-1}.K^{-1})$

المعطيات:

الحل:

التوازن الكيميائي
أ. طارق غبرا

اختبر نفسي:

أولاً – اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي:

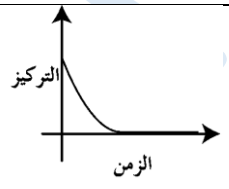
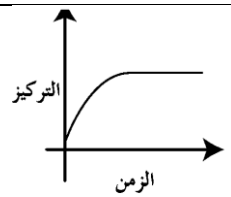
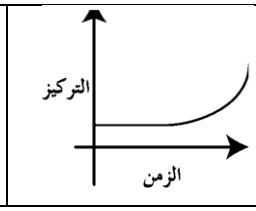
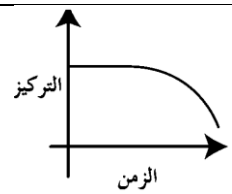
1. تتغير قيمة ثابت التوازن K_c في التفاعلات المتوازنة:

a	بتغير الضغط	b	بإضافة حفاز	c	بخفض درجة الحرارة	d	بزيادة تركيز المواد الناتجة

2. عند بلوغ حالة التوازن في التفاعلات المتوازنة:

a	ينخفض تركيز المواد الناتجة	**b**	تنخفض سرعة التفاعل المباشر	**c**	تثبت تراكيز المواد المتفاعلة	**d**	تزداد سرعة التفاعل المباشر

3. أحد الخطوط البيانية يمثل تغير تركيز مادة ناتجة في تفاعل متوازن:

a		**b**		**c**		d	

4. بفرض أنّ K_c ثابت التوازن للتفاعل الممثل بالمعادلة الآتية: $SO_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightleftarrows SO_{3(g)}$

فتكون قيمة ثابت بدلالة التراكيز K'_c للتفاعل الآتي: $2SO_{3(g)} \rightleftarrows 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$ مساوياً.

a	$2K_c$	b	$\frac{1}{2K_c}$	c	$\frac{1}{K_c^2}$	d	K_c^2

5. أي من التفاعلات المتوازنة الآتية سوف يرجح التفاعل العكسي عند نقصان حجم الوعاء الذي يحدث فيه التفاعل:

a	$2SO_{3(g)} \overset{(1)}{\underset{(2)}{\rightleftarrows}} 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$	b	$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \overset{(1)}{\underset{(2)}{\rightleftarrows}} 2NH_{3(g)}$
c	$4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} \overset{(1)}{\underset{(2)}{\rightleftarrows}} 2Fe_2O_{3(s)}$	d	$H_{2(g)} + I_{2(g)} \overset{(1)}{\underset{(2)}{\rightleftarrows}} 2HI_{(g)}$

6. أي من المتغيرات الآتية سوف يؤدي إلى زيادة كمية النشادر في التفاعل المتوازن الآتي:

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \overset{(1)}{\underset{(2)}{\rightleftarrows}} 2NH_{3(g)} \qquad \Delta H = -91.54\ kJ$$

a	زيادة درجة الحرارة	b	خفض كمية N_2	c	زيادة الضغط الكلي	d	إضافة حفاز

ثانياً – أعطِ تفسيراً علمياً لكل مما يأتي:

1. لا تستهلك المواد المتفاعلة كلياً في التفاعلات المتوازنة.

2. إضافة حفاز تسرع الوصول إلى حالة التوازن.

3. في التفاعل الآتي: $C_{(s)} + 2H_{2(g)} \rightleftarrows CH_{4(g)}$ يرجح التفاعل المباشر بزيادة الضغط.

التوازن الكيميائي

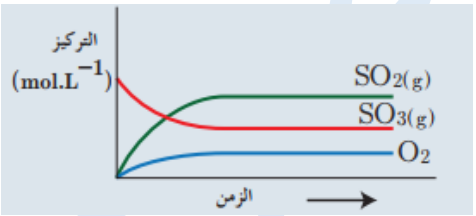
4. في التفاعل الماص للحرارة تقل قيمة ثابت التوازن عند خفض درجة الحرارة.

ثالثاً– لديك التفاعل الآتي $\Delta H < 0$ $2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftarrows 2NO_{2(g)}$ **، المطلوب:**

1. اكتب عبارة ثابت التوازن بدلالة التراكيز K_c.
2. اكتب عبارة ثابت التوازن بدلالة الضغوط الجزئية K_P.
3. اكتب العلاقة بين K_c و K_P.
4. بيّن تأثير خفض درجة الحرارة على حالة التوازن مع التفسير.
5. بيّن تأثير إضافة حفاز على حالة التَّوازن وقيمة ثابت التوازن.

الحل:

رابعاً– لديك الشكل المجاور الذي يمثل تفاعل متوازن، المطلوب:



1. اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل.
2. اكتب عبارة ثابت التوازن بدلالة التراكيز.

الحل:

التوازن الكيميائي

خامساً – قيست قيم ثابت التوازن بدلالة الضغوط الجزئية في درجات حرارة مختلفة :

$3A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftarrows 2C_{(g)}$	
قيمة ثابت التوازن K_P	درجة الحرارة (°C)
4.34×10^{-3}	300
1.64×10^{-4}	400

المطلوب : هل التفاعل ناشر للحرارة أم ماص للحرارة؟ فسّر إجابتك.

الحل:

سادساً – موجود ضمن النوطة (صـ4).

سابعاً : حل المسائل الآتية :

المسألة الأولى:

وعاء حجمه $2L$ يحتوي على $0.08\ mol$ من $CH_3OH_{(g)}$ و $0.4\ mol$ من $H_{2(g)}$ و $0.2\ mol$ من $CO_{(g)}$

يحدث التفاعل وفق المعادلة:

$$CO_{(g)} + 2H_{2(g)} \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftarrows}} CH_3OH_{(g)}$$

فإذا علمت أنّ قيمة $K_c = 7.3$ بين بالحساب إذا كان التفاعل بحالة توازن أم لا وإذا لم يكن بحالة توازن حدد التفاعل الراجح (المباشر/العكسي) مع التفسير.

المعطيات:

الحل:

التوازن الكيميائي

المسألة الثانية:

عند درجة الحرارة $25°C$ يحدث التفاعل المتوازن الآتي: $H_2O_{(\ell)} \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftarrows}} H_2O_{(g)}$ فإذا علمت أن الضغط الجزئي $P_{H_2O} = 0.0131\ atm$ ، المطلوب حساب قيمة K_P لهذا التفاعل.

المعطيات:

الحل:

المسألة الثالثة:

مُزج $2\ mol$ من مادة A مع $2\ mol$ من مادة B في وعاء سعته $10\ L$ فيحدث التفاعل المتوازن وفق المعادلة: $A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftarrows 2C_{(g)}$ فإذا علمت أنّ قيمة ثابت سرعة التفاعل المباشر $k_1 = 8.8 \times 10^{-2}$ وقيمة ثابت سرعة التفاعل العكسي $k_2 = 2.2 \times 10^{-2}$، المطلوب حساب:

1. قيمة K_c ثم قيمة K_P. 2. تراكيز كل من المواد المتفاعلة والناتجة عند بلوغ التوازن.

المعطيات:

الحل:

التوازن الكيميائي

المسألة الرابعة:

يحدث التفاعل الممثل بالمعادلة: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftarrows 2HI_{(g)}$ في وعاء حجمه $10L$ ، عند بلوغ التوازن كان عدد مولات الهيدروجين $7.2\ mol$ وعدد مولات اليود $2.4\ mol$ وعدد مولات يود الهيدروجين $0.04\ mol$ والمطلوب حساب:

1. قيمة ثابت التوازن K_c.
2. قيمة ثابت التوازن K_P.
3. احسب التركيز الابتدائي للمواد المتفاعلة.
4. اقترح طريقتين تزيد من كمية HI.

المعطيات:

الحل:

التوازن الكيميائي

المسألة الخامسة:

ليكن لدينا المعادلات التي تمثل التفاعلات المتوازنة الآتية عند الدرجة $298\ K$:

$$2NO_{(g)} + Br_{2(g)} \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftarrows}} 2NOBr_{(g)} \qquad K_{c_1} = 2$$

$$2NO_{(g)} \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftarrows}} N_{2(g)} + O_{2(g)} \qquad K_{c_2} = 2 \times 10^{+4}$$

المطلوب: احسب قيمة K_c ثم K_P للتفاعل الآتي:

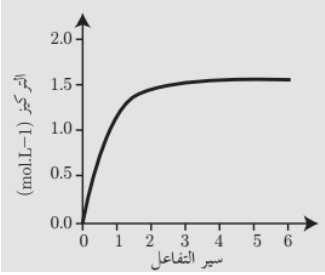
$$N_{2(g)} + O_{2(g)} + Br_{2(g)} \underset{(2)}{\overset{(1)}{\rightleftarrows}} 2NOBr_{(g)}$$

$$R = 0.082\ atm.L.mol^{-1}.K^{-1}$$

الحل:

التوازن الكيميائي

المسألة السادسة:



يتفاعل $1\ mol$ من بخار اليود مع $1\ mol$ من غاز الهيدروجين في وعاء مغلق حجمه $1L$ وفق المعادلة: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftarrows 2HI_{(g)}$

حيث يُبيّن المخطط الآتي تغيّر تركيز يود الهيدروجين بدلالة الزمن، المطلوب:

1. احسب تراكيز التوازن لكل من المواد المتفاعلة والناتجة.
2. احسب قيمة ثابت التوازن K_c.
3. ارسم خطياً بيانياً يوضح تغير تركيز الهيدروجين بدلالة الزمن.

المعطيات:

الحل:

التوازن الكيميائي

انتهى درس التوازن الكيميائي

تمارين وتدريبات في التوازن الكيميائي:

أولاً – اختر الإجابة الصحيحة:

1) لربك التفاعل المتوازن الممثل بالمعادلة الآتية: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftarrows 2NH_3 \quad \Delta H < 0$ إنّ قيمة ثابت التوازن لهذا التفاعل تتغير إذا:

a	تغيرت التراكيز	b	تغير الضغط	c	تغيرت درجة الحرارة	d	أضيف عامل مساعد (حفاز)

2) إذا علمت أنّ $K_c = 0.1$ في التفاعل المتوازن الآتي: $A_{(g)} + 2B_{(g)} \rightleftarrows 2C_{(g)}$
فتكون قيمة K'_c للتفاعل المتوازن الممثل بالمعادلة: $4C_{(g)} \rightleftarrows 2A_{(g)} + 4B_{(g)}$ "د1 2020"

a	10	b	10^{-2}	c	100	d	20

3) تتغير قيمة ثابت التوازن K_c في التفاعلات المتوازنة:

a	بتغير الضغط	b	بإضافة حفاز	c	بخفض درجة الحرارة	d	بزيادة تركيز المواد الناتجة

4) أي من التفاعلات الآتية سوف تكون فيه النسبة $\frac{K_P}{K_c}$ أكبر:

a	$N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftarrows 2NO_{(g)}$	b	$CaCO_{3(s)} \rightleftarrows CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$
c	$H_{2(g)} + S_{(s)} \rightleftarrows H_2S_{(g)}$	d	$Ni(CO)_{2(s)} \rightleftarrows Ni_{(s)} + 2CO_{(g)}$

5) أحد العبارات الآتية صحيحة عند حدوث التوازن في التفاعل الكيميائي:

a	يتوقف التفاعل المباشر فقط	b	يتوقف التفاعل العكسي فقط	c	يتساوى قيمة ثابت سرعة التفاعل المباشر وقيمة ثابت سرعة التفاعل العكسي	d	تتساوى سرعتي التفاعل المباشر والعكسي

ثانياً – أعط تفسير علمياً:

- **في التفاعلات المتوازنة الماصة للحرارة تنقص قيمة ثابت التوازن عند خفض درجة الحرارة (د1 2017)**
- **المواد الصلبة (s) والسائلة (ℓ) كمذيب فقط لا تظهر في عبارة ثابت التوازن (د2 2014، د1 2020).**
- **في التفاعلات المتوازنة الناشرة للحرارة تنقص فيها قيمة ثابت التوازن بارتفاع درجة الحرارة (د2 2017).**

ثالثاً – أجب عن الأسئلة التالية:

1- لربك التفاعل المتوازن الآتي: $\mathbf{mA_{(g)} + nB_{(g)} \rightleftarrows pC_{(g)} + qD_{(g)}}$

a) اكتب عبارة ثابت التوازن الكيميائي لهذا التفاعل.

b) ما دلالة الثابت عندما تكون قيمته كبيرة $\mathbf{K_c \gg 1}$. علل إجابتك.

2- لربك التفاعل المتوازن الآتي: $\mathbf{2NO_{2(g)} \rightleftarrows 2NO_{(g)} + O_{2(g)}}$ (د2010)

a) اكتب عبارة ثابت التوازن لهذا التفاعل.

b) ما أثر زيادة الضغط الكلي فقط على حالة التوازن، علل إجابتك.

3- لربك التفاعل المتوازن الممثل بالمعادلة الآتية: (د2 2015)

$$\mathbf{2SO_{3(g)} \rightleftarrows 2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \quad \Delta H < 0}$$

a) اكتب علاقة ثابت التوازن الكيميائي بدلالة الضغوط الجزئية لهذا التفاعل.

b) ما أثر زيادة درجة الحرارة على قيمة ثابت التوازن، علل إجابتك.

4- لربك التفاعل المتوازن الممثل بالمعادلة الآتية (د1 2016)

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

a) اكتب عبارة ثابت التوازن الكيميائي بدلالة الضغوط الجزئية لهذا التفاعل.

b) اقترح طريقة واحدة لزيادة كمية HI.

5- لربك التفاعل المتوازن الممثل بالمعادلة الآتية: (د2 2016)

$$Fe_3O_{4(s)} + 4H_{2(g)} \rightleftarrows 2Fe_{(s)} + 4H_2O_{(g)}$$

a) اكتب علاقة ثابت التوازن الكيميائي K_p لهذا التفاعل.

b) ما أثر زيادة كمية H_2 فقط على حالة التوازن.

6- لربك التفاعل المتوازن الآتي في درجة حرارة مناسبة: (د1 2017)

$$2H_2O_{2(g)} \rightleftarrows 2H_2O_{(g)} + O_{2(g)}$$

a) اكتب علاقة ثابت التوازن K_p لهذا التفاعل.

b) ما أثر زيادة الضغط الكلي فقط على: 1- حالة التوازن. 2- كمية الأكسجين. 3- قيمة ثابت التوازن.

7- لربك التفاعل المتوازن المعبر بالمعادلة الآتية: (د2 2017)

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

a) اكتب عبارة ثابت التوازن K_p لهذا التفاعل.

b) ما أثر نقصان كمية $CO_{2(g)}$ فقط على حالة التوازن. علل إجابتك.

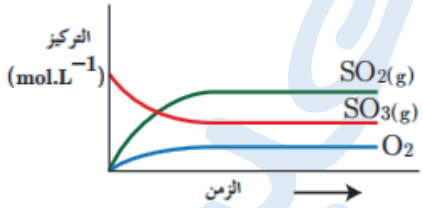
8- يحدث التفاعل المتوازن الممثل بالمعادلة الآتية: $H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftarrows 2HBr_{(g)}$ في شروط مناسبة. (د1 2019)

a) ما أثر زيادة كمية $Br_{2(g)}$ على حالة التوازن. علل إجابتك.

b) اكتب العلاقة التي تربط بين K_c و K_p لهذا التفاعل.

c) اكتب علاقة ثابت التوازن K_p لهذا التفاعل.

يمثل الشكل المجاور تفاعل متوازن: (د1 2020)



a) اكتب المعادلة المعبرة عن التفاعل الحاصل ووازنها.

b) اكتب عبارة ثابت التوازن K_c.

يحدث التفاعل المتوازن الآتي في شروط مناسبة $2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftarrows 2NO_{2(g)}$ المطلوب: (د2 2021)

a) اكتب علاقة ثابت التوازن K_P لهذا التفاعل بدلالة الضغوط الجزئية.

b) بين أثر زيادة درجة الحرارة على كل من: (حالة التوازن، قيمة ثابت التوازن K_c)

التوازن الكيميائي

رابعاً – حل المسائل الآتية:

المسألة(1 – د 2011):

عند بلوغ توازن التفاعل الآتي:

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

تكون التراكيز: $[NH_3] = 2\ mol.L^{-1}$, $[H_2] = 5\ mol.L^{-1}$, $[N_2] = 4\ mol.L^{-1}$ المطلوب:

1- احسب قيمة ثابت التوازن بدلالة التراكيز لهذا التفاعل.

2- احسب التركيز الابتدائية لكل من N_2, H_2.

3- اقترح طريقة واحدة تؤدي إلى زيادة كمية غاز النشادر الناتجة.

المسألة(2-د 2 2013):

عند بلوغ التوازن في التفاعل الآتي: $A_{(g)} + 3B_{(g)} \rightleftarrows 2C_{(g)}$ في درجة حرارة مناسبة، تكون التراكيز:

$[A] = 1\ mol.L^{-1}$, $[B] = 2mol.L^{-1}$, $[C] = 2\ mol.L^{-1}$

المطلوب:

1- احسب قيمة ثابت التوازن K_c لهذا التفاعل.

2- احسب التراكيز الابتدائية لكل من المادتين A و B.

3- بين أثر زيادة الضغط الكلي على: a) حالة التوازن. b)قيمة ثابت التوازن.

المسألة(3-د 1 2014):

وضع $4\ mol$ من HI في وعاء سعته $10L$ ، وسخن الوعاء إلى الدرجة $1000\ K$ فتفكك 10% منه وفق المعادلة:

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

فإذا علمت أنّ: $R = 0.082\ atm.L.mol^{-1}.K^{-1}$

1- احسب قيمة ثابتي التوازن K_c و K_p لهذا التفاعل.

2- بين أثر زيادة الضغط الكلي في حالة التوازن. علل إجابتك.

المسألة(4- د 1 2015):

وضع $5\ mol$ من NO_2 في وعاء سعته $10L$، وسخن الوعاء إلى درجة حرارة مناسبة فحدث التفاعل المتوازن الآتي:

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

وعند بلوغ التوازن كان عدد مولات NO_2 مساوياً $2mol$، المطلوب:

1- احسب قيمة ثابت التوازن بدلالة التراكيز لهذا التفاعل الحاصل.

2- احسب النسبة المئوية المتفككة من NO_2.

4- ما أثر نقصان الضغط الكلي فقط على حالة التوازن، علل إجابتك.

المسألة(5-د 2 2016):

يُمزج $3\ mol$ من SO_2 مع $3mol$ من NO_2 في وعاء مغلق سعته $5L$ وبسخن المزيج إلى درجة حرارة مناسبة، فيحدث التفاعل الآتي:

$$SO_{2(g)} + NO_{2(g)} \rightleftarrows SO_{3(g)} + NO_{(g)}$$

إذا علمت أنّ قيمة ثابت التوازن لهذا التفاعل $K_c = 0.25$ المطلوب:

1- ما قيمة ثابت التوازن K_p لهذا التفاعل.

2- احسب تركيز كل من المواد المتفاعلة والناتجة عند بلوغ التوازن.

3- ما أثر زيادة الضغط الكلي فقط على حالة التوازن. علل إجابتك.

المسألة(6-د 1 2018):

يجري في وعاء مغلق التفاعل المتوازن الممثل بالمعادلة الآتية:

$$A_{(g)} + 2B_{(g)} \rightleftarrows C_{(g)} + 2D_{(g)}$$

عند درجة حرارة مناسبة، فإذا كانت التراكيز الابتدائية: $[A]_o = 0.4\ mol.L^{-1}$, $[B]_o =$ $0.6\ mol.L^{-1}$ وعند بلوغ التوازن كان $[D]_{eq} = 0.4\ mol.L^{-1}$، المطلوب:

1-احسب ثابت التوازن K_c لهذا التفاعل.

2- ما قيمة K_p لهذا التفاعل.

3- ما أثر زيادة كمية المادة B فقط على حالة التوازن.

المسألة(7-د 2 2018):

يجري التفاعل الممثل بالمعادلة الآتية: $A_{(g)} + 2B_{(g)} \rightleftarrows 3D_{(g)}$ عند درجة حرارة مناسبة في وعاء مغلق حجمه $10L$ وعند التوازن كان عدد مولات المادة A يساوي $5\ mol$، عدد مولات المادة B يساوي $2mol$، وعدد مولات المادة D يساوي $3mol$، المطلوب حساب:

1- قيمة ثابت التوازن بدلالة التراكيز لهذا التفاعل.

2- التركيز الابتدائي لكل من المادتين A و B.

3- النسبة المئوية المتفاعلة من المادة B حتى بلوغ التوازن.ا

المسألة(8-د 2 2020):

يتفكك $4mol$ من غاز كلور الهيدروجين في وعاء مغلق سعته $20L$، في شروط مناسبة وفق المعادلة:

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

إذا علمت أنّ قيمة ثابت التوازن $K_c = \frac{1}{36}$، المطلوب:

1- احسب التركيز الابتدائي لغاز HCl.

2- احسب تركيز كل من المواد الثلاث عند بلوغ التوازن.

3- احسب النسبة المئوية المتفككة من غاز HCl.

4- ما قيمة K_p للتفاعل السابق، علل إجابتك.

التوازن الكيميائي

المسألة(9 – د 1 2021):

نضع $4mol$ من غاز SO_2 مع $4mol$ من غاز NO_2 في وعاء حجمه $8L$ ونسخن المزيج إلى درجة حرارة مناسبة فيحدث التفاعل المتوازن الآتي: $SO_{2(g)} + NO_{2(g)} \rightleftarrows SO_{2(g)} + NO_{(g)}$ فإذا علمت أنّ قيمة ثابت التوازن $K_c = \frac{1}{9}$ المطلوب:

1- احسب التركيز الابتدائي لكلّ من غاز NO_2 وغاز SO_2.

2- احسب قيمة تركيز NO_2 عند بلوغ التوازن.

3- ما قيمة K_p للتفاعل السابق، علل إجابتك.

انتهت الأسئلة

لاستفساراتكم يمكنكم التواصل مع الأستاذ طارق غبرا على الحسابات التالية :

على الفيس بوك: (الكيمياء مع المدرس طارق غبرا)
fb.com/Chemsyria

قناتنا على اليوتيوب: (الكيمياء مع المدرس طارق غبرا)
https://www.youtube.com/channel/UCmDrQh-t2mI9gQ3wSeOceTQ

قناتنا على التلغرام: (الكيمياء مع المدرس طارق غبرا)
https://t.me/Chemsyria

وعلى الواتس اب يمكنكم التواصل على الرقم التالي:
0938639857

مع أطيب التمنيات بالتوفيق والنجاح

التوازن الكيميائي