الفصل 4 الاتزان الكيميائي

تجربة استهلالية

ما التساوي في الاتزان؟

التحليل

1. صف ملاحظاتك خلال عملية النقل.

أثناء عملية النقل: كمية الماء التي يتم إنقاصها من كل من المخبار والكأس تساوي كمية الماء التي يتم إضافتها لكل من الكأس والمخبار فتصبح كمية الماء ثابتة في كليهما.

2. فسر هل تختلف النتيجة النهائية إذا تابعت عملية النقل فترة أطول؟

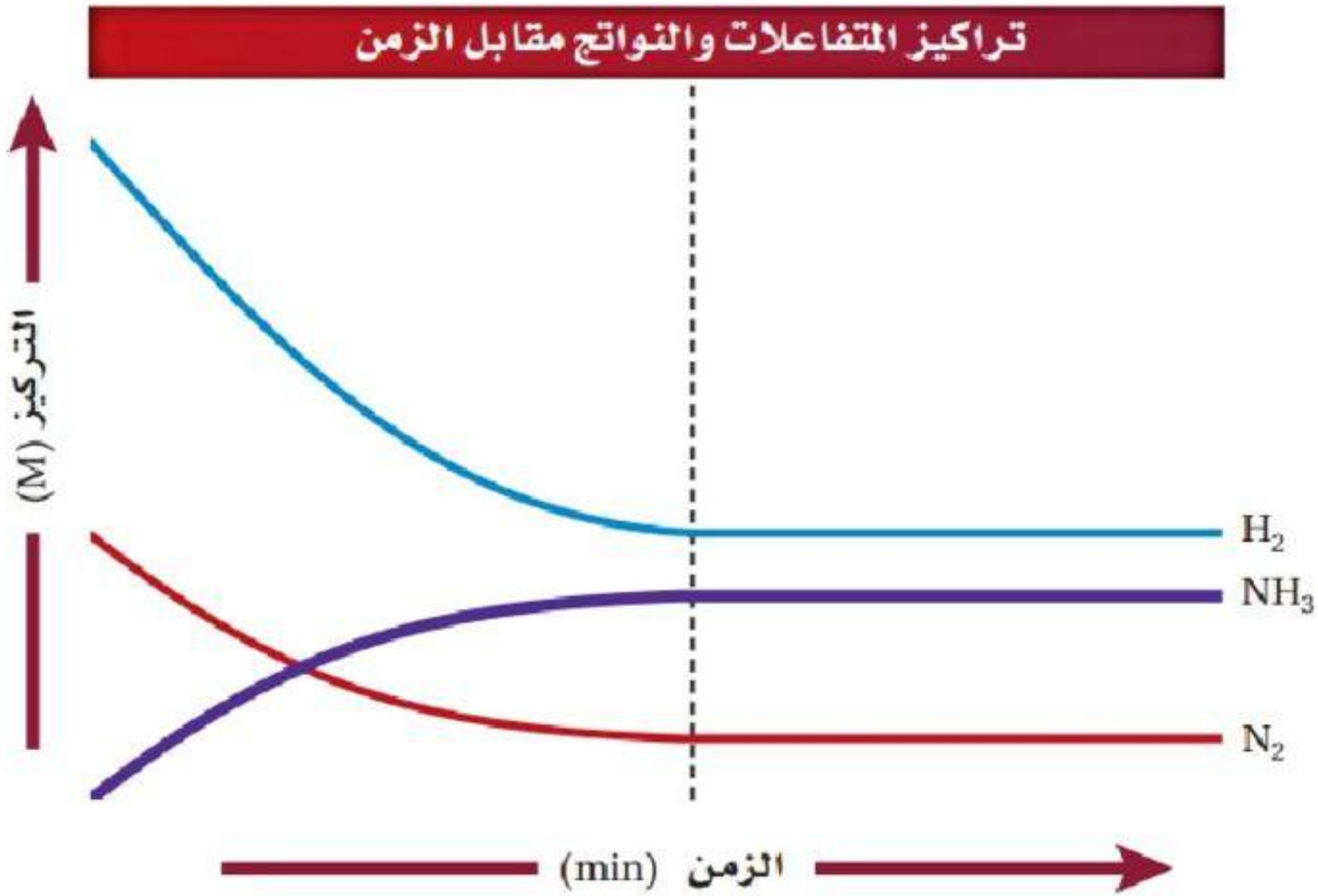
لا تختلف النتيجة النهائية إذا تابعت النقل لفترة أطول لأن كمية الماء المنقوصة من كل من المخبار والكأس تساوي كمية الماء المضافة فتظل كمية الماء ثابتة مهما زادت عدد مرات النقل.

استقصاء هل يمكن توضيح الاتزان إذا استعملت ماصات أو أنابيب زجاجية لها أقطار مختلفة؟ فسر ذلك.

لا يمكن توضيح الاتزان عند استعمال أنابيب زجاجية بأقطار مختلفة؛ وذلك لأنه عند إجراء عملية النقل فإن كمية الماء التي يتم إنقاصها لا تساوي كمية الماء المضافة في كل من المخبار والكأس فتتغير كمية الماء في كل من المخبار والكأس ولا يحدث الاتزان.

4–1 حالة الاتزان الديناميكي

الشكل 2-4 يتناقص تركيز المواد المتفاعلة H_2 ، N_2 في البداية، في حين يزداد تركيز الناتج NH_3، بحيث لا تستهلك المتفاعلات تمامًا وتصبح تراكيز جميع المواد ثابتة.



اختبار الرسم البياني

وضح كيف يبين الرسم البياني أنّ تراكيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة تصبح ثابتة.

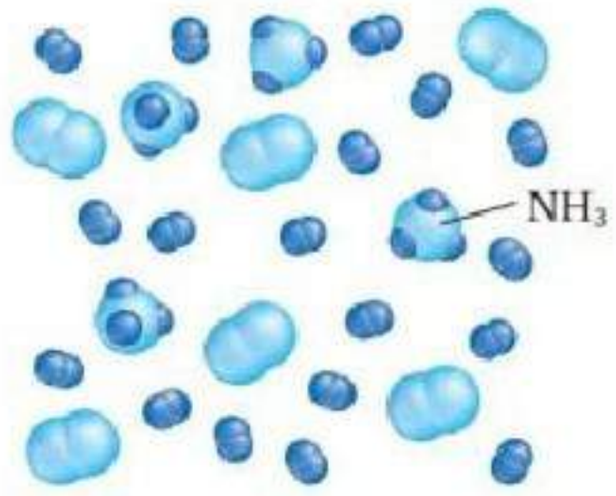
من الرسم البياني الطرف الأيسر يميل فيه منحنى المواد المتفاعلة إلى الأسفل حيث يتم استهلاك المتفاعلات، كما يميل منحنى المواد الناتجة إلى أعلى حيث يزداد تركيز النواتج في مرحلة تكوينها. أما على الطرف الأيمن فإن ميل منحنيات المواد المتفاعلة والمواد الناتجة يساوي صفرًا حيث تصبح تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة ثابتة.

اختبار الرسم البياني صف ميل منحنى كل من الهيدروجين والنيتروجين والأمونيا في الطرف الأيسر من الرسم البياني. كيف يختلف ميل كل منحنى في الطرف الأيسر عن ميله في الطرف الأيمن من الرسم؟

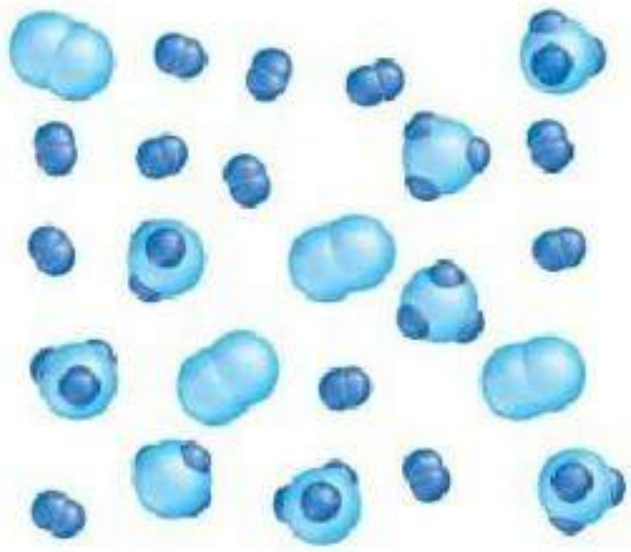
في الطرف الأيسر: يكون ميل المنحنى لكل من الهيدروجين والنيتروجين سالبًا؛ حيث يتم استهلاكما أثناء التفاعل، بينما يكون ميل منحنى الأمونيا موجبًا؛ حيث يزداد تركيزها نتيجة لتكونها.
في الطرف الأيمن: يكون ميل جميع المنحنيات يساوي صفرا حيث يصبح تركيز كل المواد المتفاعلة والناتجة ثابتة.

الشـكل 3-4 توضـح الرسـوم مـن a إلى d سير التفاعـل لتكويـن الأمونيا مـن الهيدروجين والنيتروجين.

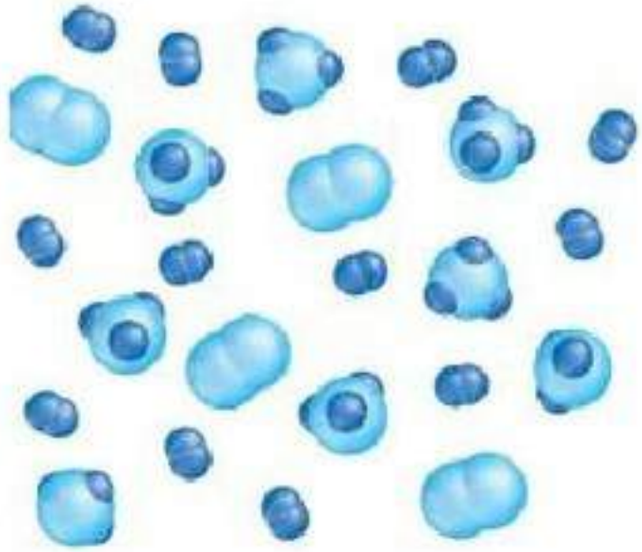
$N_{2(g)} + 3H_{2(g)}$ a



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



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



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

استنتج ادرس الأشكال وأجب عن الأسئلة الآتية:

a : كيف تعلم أن التفاعل لم يبدأ بعد؟

b : ما الدليل الذي يشير إلى بداية التفاعل العكسي؟ قارن الشكلين c و d، كيف تعلم أن النظام وصل إلى حالة الاتزان؟

a. لم يتغير تركيز جزيئات N_2 وH_2 الأصلية، ولم تنتج أمونيا بعد، حيث لم يتكون روابط جديدة بين الجسيمات.

.b

- بمجرد أن تنتج الأمونيا، يحدث التفاعل العكسي ببطء ثم تزداد سرعته مع زيادة تركيزها.

- عند ثبات تراكيز كل من N_2، H_2، NH_3 وتساوي سرعة التفاعلين العكسين فإن النظام يكون قد وصل إلى حالة الاتزان.

ماذا قرأت؟ فسر معنى السهم المزدوج في المعادلات الكيميائية.

السهم المزدوج في المعادلات الكيميائية يعني أن التفاعل وصل إلى حالة الاتزان الديناميكي، وأن سرعات التفاعل العكسي والطردي متساوية.

الشكل 4-4

a: تكون جميع القوى في توازن لذلك لا يتحرك موقع لعبة التوازن (السيسو).

b: تتسبب القوى غير المتوازنة في الجهة اليسرى في تغير موقع لعبة التوازن (السيسو).

وضح كيف تشبه لعبة التوازن (السيسو) الاتزان الكيميائي؟

في الاتزان الكيميائي تتساوى سرعة التفاعلين الطردي والعكسي فتظل تركيز المتفاعلات والنواتج ثابتة، وهو ما يشبه ما يحدث في لعبة السيسو عند تساوي القوة المؤثرة على كلا جانبي اللعبة فتكون القوى متوازنة فلا يحدث أي تغير في موقعها.

الشكل 5-4 افترض أن عددًا معينًا من الأشخاص محصورون في مبنيين متصلين بممر يسمح للناس بالعبور ذهابًا وإيابًا بينهما. إن عدد الأشخاص في كل مبنى يبقى ثابتًا إذا كان عدد الأشخاص الذين يعبرون الممر في أحد الاتجاهين مساويًا لعدد الأشخاص الذين يعبرون في الاتجاه المعاكس.

حدد هل يكون الأشخاص أنفسهم موجودين دائمًا في المبنى نفسه؟

كيف تطبق إجابتك على الاتزان الكيميائي؟

لا، ويمكن تشبيه ذلك بالطبيعة الديناميكية للاتزان الكيميائي حيث تصبح الذرات المكونة للنواتج في لحظة معينة جزءًا من المواد المتفاعلة في لحظة أخرى.

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

(a

المعطيات:

$[A] = [N_2O_4]$, a=1

$[C] = [NO_2]$, c=2

المطلوب: k_{eq}= ?

حساب المطلوب:

$$K_{eq} = \frac{[NO_2]}{[N_2O_4}$$

(b

المعطيات:

[A] = [H_2S], a=2

[C] = [H_2], c=2

[D] = [S_2], d=1

المطلوب: k_{eq} = ?

حساب المطلوب:

$$K_{eq} = \frac{[H_2]^2[}{[H_2S}$$

(c

المعطيات:

[A] = [CO], a=1

[B] = [H_2], b=3

$[C] = [CH_4]$, c=1

$[D] = [H_2O]$, d=1

حساب المطلوب:

$$K_{eq} = \frac{[CH_4]}{[CO]}$$

(d

المعطيات:

$[A] = [NH_3]$, a=4

$[B] = [O_2]$, b=5

$[C] = [NO]$, c=4

$[D] = [H_2O]$, d=6

المطلوب: k_{eq} = ?

حساب المطلوب:

$$K_{eq} = \frac{[NO]^4}{[NH_3]}$$

(e

المعطيات:

$[A] = [CH_4]$, a=1

$[B] = [H_2S]$, b=2

$[C] = [CS_2]$, c=1

$[D] = [H_2]$, d=4

المطلوب:? $= k_{eq}$

حساب المطلوب:

$$K_{eq} = \frac{[CS_2]}{[CH_4]}$$

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

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

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

المطلوب: كتابة المعادلة الكيميائية التي تمثل تعبير ثابت الاتزان =؟

الحل:

$$2CO_2 \rightleftharpoons 2CO + O_2$$

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

-a

المعطيات:

$[A] = [C_{10}H_{8(s)}]$, a=1

$[C] = [C_{10}H_{8(g)}]$, c=1

المطلوب: K_{eq} =?

حساب المطلوب:

الاتزان غير متجانس

التعبير العام لثابت الاتزان:

$$K_{eq} = \frac{[C]^c}{[A]^a}$$

بالتعويض عن A وC وعن المعاملات a وc.

$$K_{eq} = \frac{[C_{10}H}{[C_{10}H}$$

بإزالة المواد الصلبة من تعبير ثابت الاتزان

$$K_{eq} = [C_{10}H_{8(g)}]$$

-b

المعطيات:

هذا الاتزان غير متجانس

$[A] = [H_2O_{(l)}]$, a=1

$[C] = [H_2O_{(g)}]$, c=1

المطلوب: K_{eq} = ?

حساب المطلوب:

التعبير العام لثابت الاتزان:

$$K_{eq} = \frac{[C]^c}{[A]^a}$$

بالتعويض عن A و C وعن المعاملات a و c.

$$K_{eq} = \frac{[H_2O_{(}}{[H_2O_{(}}$$

الماء مادة نقية سائلة، لذلك فإن تركيزه هو كثافته معبر عنها بوحدة mol/L،
ولأن الكثافة ثابتة مهما اختلفت الكمية يمكن دمج تركيز $[H_2O]$ إلى الثابت K
ليصبح K_{eq}.

$$K_{eq} = [H_2O_{(g)}]$$

-c

المعطيات:

$$[A] = [CaCO_3] \qquad a = 1$$

$$[C] = [CaO] \qquad c = 1$$

$$[D] = [CO_2] \qquad d = 1$$

المطلوب: $K_{eq} = ?$

حساب المطلوب:

التعبير العام لثابت الاتزان هو:

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

$$K_{eq} = \frac{[CaO]}{[Ca}$$

الاتزان غير متجانس، يتم إزالة المواد الصلبة من تعبير ثابت الاتزان:

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

-d

المعطيات:

$[A] = [C]$

$[B] = [H_2O]$

$[C] = [CO]$

$[D] = [H_2]$

$a = 1$

$b = 1$

$c = 1$

$d = 1$

المطلوب: K_{eq}=?

حساب المطلوب:

التعبير العام لثابت الاتزان هو:

$$K_{eq} = \frac{[C]^c[D$$

$$K_{eq} = \frac{[CO][$$

الاتزان غير متجانس، يتم إزالة المواد الصلبة من تعبير ثابت الاتزان:

$$K_{eq} = \frac{[CO][$$

-e

المعطيات:

$[A] = [FeO]$ $a = 1$

$[B] = [CO]$ $b = 1$

$[C] = [Fe]$ $c = 1$

$[D] = [CO_2]$ $d = 1$

المطلوب: K_{eq}=?

حساب المطلوب:

التعبير العام لثابت الاتزان هو:

$$K_{eq} = \frac{[C]^c[D$$

$$K_{eq} = \frac{[A]^a[B$$

$$K_{eq} = \frac{[Fe][$$

$$[FeO]$$

الاتزان غير متجانس، يتم إزالة المواد الصلبة من تعبير ثابت الاتزان:

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

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

المعطيات

يتفاعل الحديد مع الكلور ويكون $FeCl_3$

المطلوب: كتابة المعادلة الكيميائية الموزونة، ? = K_{eq}

حساب المطلوب:

المعادلة الكيميائية الموزونة هي:

$$2Fe_{(s)} + 3Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2FeCl_{3(s)}$$

$[A] = [Fe]$ $\quad a = 2$

$[B] = [Cl_2]$ $\quad b = 3$

$[C] = [FeCl_3]$ $\quad c = 2$

التعبير العام لثابت الاتزان هو:

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

بالتعويض عن القيم في التعبير العام:

$$K_{eq} = \frac{[FeC}{[Fe]^2|}$$

الاتزان غير متجانس، يتم إزالة المواد الصلبة من تعبير ثابت الاتزان:

$$K_{eq} = \frac{1}{[Cl_2]^3}$$

ماذا قرأت؟ فسر لماذا يعد من المهم وجود المتفاعلات والنواتج معًا في الاتزان؟

لأن هذا يعني أن الاتزان ديناميكي وليس ساكناً، حيث تتساوى سرعة التفاعلين الطردي والانعكاسي، وعند عدم وجود أحد النواتج أو المتفاعلات فإنه لا يحدث التفاعلان المتعاكسان.

مسائل تدريبية

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

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

المعطيات:

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

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

المطلوب: $K_{eq} = ?$

حساب المطلوب:

تعبير ثابت الاتزان هو:

$$K_{eq} = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{[0.0627]^2}{[0.0185]} = 0.213$$

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

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

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

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

$[H_2O] = 0.0387\ mol/L$

المعطيات:

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

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

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

المطلوب: $K_{eq} = ?$

حساب المطلوب:

من تعبير ثابت الاتزان وبالتعويض عن قيم تراكيز المتفاعلات والنواتج:

$$K_{eq} = \frac{[CH_4][H_2O]}{[CO][H_2]^3} = \frac{[0.0387][0.0387]}{[0.0613][0.1839]^3} = 3.928$$

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}.

المعطيات:

$$COCl_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + Cl_{2(g)}$$

$[CO] = [Cl_2] = 0.150\ M$

$K_{eq} = 8.2 \times 10^{-2}$

المطلوب: $[\ COCl_2]$ = ؟ M

حساب المطلوب:

تعبير ثابت الاتزان لهذه المعادلة هو:

$$K_{eq} = \frac{[CO][(}{[COC}$$

من معادلة ثابت الاتزان يمكن حساب تركيز $COCl_2$ من العلاقة التالية:

$$[COCl_2] = \frac{[CO][Cl_2]}{K_{eq}} = \frac{[0.150][0.150]}{8.2\times10^{-2}} = 0.27\ M$$

$[COCl_2] = 0.27$ M

التقويم 1-4

8. الفكرة الرئيسة **فسر** كيف ترتبط قيمة ثابت الاتـزان مع كمية النواتج K_{eq}؟

ثابت الاتزان هو قيمة عددية لنسبة تراكيز النواتج إلى تركيز المتفاعلات كلاً منهما مرفوع إلى أس مساو للمعامل الخاص به في المعادلة الموزونة. فكلما زادت قيمة

ثابت الاتزان تزداد كمية النواتج عند الاتزان.

$$aA + bB \rightleftharpoons cC + Dd$$

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

9. **قارن** بين الاتزان المتجانس والاتزان غير المتجانس.

- الاتزان المتجانس تكون فيه المتفاعلات والنواتج موجودة في نفس الحالة الفيزيائية. أما الاتزان غير المتجانس تكون فيه المتفاعلات والنواتج في أكثر من حالة فيزيائية واحدة.

10. **عدد** ثلاث خواص يجب أن توجد في خليط تفاعل ليصل إلى حالة اتزان.

1- يجب أن يتم التفاعل في نظام مغلق.
2- يجب أن تبقى درجة الحرارة ثابتة.
3- يجب أن توجد النواتج والمتفاعلات معاً وهي في حركة ديناميكية ثابتة.

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:

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

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

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

المعطيات:

هذا الإتزان متجانس

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

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

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

المطلوب: $K_{eq} = ?$

حساب المطلوب:

من تعبير ثابت الاتزان وبالتعويض عن قيم تراكيز المتفاعلات والنواتج:

$$K_{eq} = \frac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]} = \frac{[0.550][0.550\ ]}{[0.135]} = 2.24$$

$K_{eq} = 2.24$

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		
263 K	273 K	373 K
0.0250	0.500	4.500

يكون تركيز النواتج أكبر عند درجة حرارة 373 k؛ لأنه بزيادة تركيز النواتج تزداد قيمة ثابت الاتزان وعند درجة حرارة 373 k أكبر قيمة لثابت الاتزان.

ماذا قرأت؟ صف اتجاه الاتزان عند إزالة مادة متفاعلة.

يحدث إزاحة لاتجاه الاتزان نحو الجهة اليسرى لإنتاج المزيد من المواد المتفاعلة.

الشكل 11-4 يعرف التاجر المواد الموجودة في متجره كل حين، ولذلك عندما يقل المخزون فإنه يعوّضه.

فسر هذا التشبيه في ضوء مبدأ لوتشاتلييه.

تبعاً لمبدأ لوتشاتلييه فإن أي تغير يؤثر في اتزان نظام معين فإن ذلك يؤدي إلى إزاحة النظام في اتجاه يخفف أثر هذا التغير.
فهذا التاجر عندما يحدث نقص في أحد مواد المتجر يتجه لتعويضه ليظل نظام المتجر كما هو ويستمر التاجر في بيع بضائعه، وكذلك التفاعل الكيميائي فإنه في أي نظام متزن تؤدي إزالة أي كمية من النواتج إلى إزاحة الاتزان نحو الجهة اليمنى وإنتاج المزيد من النواتج للتخفيف من أثر التغير الحادث.

الشكل 12-4 تعمل إضافة أو إزالة إحدى النواتج أو إحدى المتفاعلات على إزاحة الاتزان نحو الاتجاه الذي يخفف الجهد. لاحظ الأسهم غير المتساوية التي تدل على اتجاه الإزاحة.

صف كيف يتم إزاحة الاتزان إذا أضيفت كمية من H_2 أو أزيلت كمية من CH_4.

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

اتجاه الاتزان نحو اليمين

1 $CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightharpoonup CH_{4(g)} + H_2O_{(g)}$

$CO_{(g)}$ إضافة مادة متفاعلة

اتجاه الاتزان نحو اليسار

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

إزالة مادة متفاعلة

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

إزالة ناتج

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

إضافة ناتج $H_2O_{(g)}$

عند إضافة كمية من H_2 يكون اتجاه إزاحة الاتزان إلى اليمين، كما أنه عند إزالة كمية من CH_4 فإن اتجاه إزاحة الاتزان تكون أيضاً جهة اليمين.

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.

يزداد عدد الجزيئات الناتجة ويقل عدد الجزيئات المتفاعلة في الصورة اليسرى، بينما تقل عدد الجزيئات الناتجة ويزداد عدد الجزيئات المتفاعلة في الصورة اليمنى.

التغير في موضع الاتزان

الخطوات

2. ضـع حوالي 2 mL من محلول كلوريد الكوبلت II $CoCl_2$ الذي تركيزه 0.1M في أنبوب اختبار. سجل لون المحلول.

لون المحلول أرجواني.

3. أضف حوالي 3 mL من حمض الهيدروكلـوريك HCl المـركز إلى أنبوب الاختبار، سجل لون المحلول.

عند إضافة حمض الهيدروكلوريك يصبح لون المحلول أزرق.

4. أضـف كمية كافية من المـاء إلى أنبـوب الاختبار حتى يتغير لون المحلول، وسجل اللون الناتج.

٤ـ عند إضافة الماء يصبح لون المحلول بنفسجي.

6. ضع أنبوب الاختبار في حمام ماء بارد، ورُش عليه بعض ملح المائدة، وسجل لون المحلول في أنبوب الاختبار.

٦ـ في حمام الماء البارد يتحول لون المحلول البنفسجي إلى اللون الأرجواني.

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.

في حمام الماء الدافئ يتحول لون المحلول البنفسجي إلى الأزرق.

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

في الخطوة ٣ زيادة أيونات الكلوريد تجعل الاتزان يتجه نحو تكوين الأيون الأزرق بينما في الخطوة ٤ فإن إضافة الماء تدفع الاتزان في اتجاه تكوين الأيون الأرجواني.

2. **صف** كيف يزاح الاتزان عند إضافة طاقة أو إزالتها؟

٢- تدفع عملية التبريد الاتزان في اتجاه تكوين الأيون الأرجواني بينما عند إضافة طاقة بالتسخين يتجه الاتزان في اتجاه تكوين الأيون الأزرق.

3. **فسّر** من ملاحظاتك حول اللون في الخطوات (6 و7) ما إذا كان التفاعل ماصًّا للحرارة أم طاردًا للحرارة؟

التفاعل ماص للحرارة.

التقويم 2-4

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

تبعاً لمبدأ لوتشاتلييه فإن عندما يبذل جهد على نظام متزن فإن ذلك يؤدي إلى إزاحة النظام في الاتجاه الذي يخفف من أثر هذا الجهد.

من العوامل التي تؤثر في نظام متزن

1- التغير في التركيز. **2- التغير في الحجم والضغط.**

3- درجة الحرارة. **4- العوامل الحفازة.**

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

a) عدد مولات الغاز المتفاعل 3 بينما عدد مولات الغاز الناتج 2 لذلك يؤثر تقليل حجم الوعاء على هذا النظام المتزن فيحدث إزاحة للاتزان جهة اليمين (عدد المولات الأقل) فيتكون المزيد من SO_3.

عند تطبيق مبدأ لوتشاتلييه يمكن ملاحظة أن الاتزان يخفف الجهد الواقع عليه من زيادة الضغط - نتيجة نقصان الحجم - في الاتجاه نحو اليمين، لأن هذه الإزاحة نحو اليمين تقلل عدد المولات الكلي للغاز، فيقل الضغط داخل الوعاء.

b) عدد مولات الغاز المتفاعل = عدد مولات الغاز الناتج = 2 لذلك فإن تغير الحجم لا يؤثر على اتزان النظام.

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

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

١٥. هذا التفاعل طارد للحرارة ولذلك يمكن كتابة الحرارة كأحد التوابع.

$$C_2H_{2(g)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CH_3CHO_{(g)} + 151\ kJ$$

عند خفض درجة الحرارة يكون اتجاه إزاحة الاتزان نحو اليمين فينتج المزيد من CH_3CHO.

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

١٦. بحساب K_{eq} في كلا الحالتين:

$$2A \rightleftharpoons B$$

$$K_{eq} = \frac{[B]}{[A]^2}$$

في الحالة الأولى عند:

$$[A] = 0.01 \text{ mol/L}$$

$$[B] = 0.02 \text{ mol/L}$$

$$K_{eq} = \frac{[B]}{[A]^2} = \frac{[0.02]}{[0.01]^2} = 200$$

ثابت الاتزان في الحالة الثانية:

$$[A] = 0.05\ mol/L$$

$$[B] = 0.400\ mol/L$$

$$K_{eq} = \frac{[B]}{[A]^2} = \frac{[0.4]}{[0.05]^2} = 160$$

لا، المزيجان ليسا عند موضعي اتزان مختلفين؛ K_{eq} للتفاعلين غير متساويين.

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

مبدأ لوتشاتيليه

يطبق عن طريق

التغير في التركيز

عن طريق

- إضافة مادة متفاعلة ← يؤدي إلى ← زيادة تركيز النواتج
- إزالة مادة متفاعلة ← زيادة تركيز المتفاعلات
- إزالة النواتج ← يؤدي إلى ← زيادة تركيز النواتج
- إضافة النواتج ← يؤدي إلى ← زيادة تركيز المتفاعلات

التغير في الحجم والضغط

- يؤثر عند: عدد مولات المتفاعلات لا يساوي عدد مولات النواتج. بزيادة الضغط أو نقصان الحجم يتجه التفاعل نحو تكوين عدد المولات الأقل
- لا يؤثر عند: عدد مولات المتفاعلات يساوي عدد مولات النواتج

تغير درجة الحرارة

- تفاعل طارد للحرارة ← خفض درجة الحرارة يؤدي إلى زيادة تركيز النواتج
- تفاعل ماص للحرارة ← رفع درجة الحرارة يؤدي إلى زيادة تركيز النواتج

العوامل الحفازة

يعطل على

- زيادة سرعة التفاعل في الاتجاهين

4—3 استعمال ثوابت الاتزان

مسائل تدريبية

18. يتتج الميثانول عن تفاعل أول أكسيد الكربون مع الهيدروجين: $CO_{(g)} + 2H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_3OH_{(g)}$، فإذا كان $K_{eq} = 10.5$ عند درجة حرارة محددة، فاحسب التراكيز الآتية:

a. [CO] في خليط اتزان يحتوي على $0.933\ mol/L\ H_2$ و $1.32\ mol/L\ CH_3OH$

b. [H_2] في خليط اتزان يحتوي على $1.09\ mol/L\ CO$ و $0.325\ mol/L\ CH_3OH$

c. [CH_3OH] في خليط اتزان يحتوي على $0.0661\ mol/L\ H_2$ و $3.85\ mol/L\ CO$

١٨. المعطيات:

$$CO_{(g)} + 2H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_3OH_{(g)}$$

$$K_{eq} = 10.5$$

-a

$$[H_2] = 0.933\ mol/L$$

$$[CH_3OH] = 1.32\ mol/L$$

المطلوب: $[CO] = ?\ mol/L$

حساب المطلوب:

تعبير ثابت الاتزان هو:

$$K_{eq} = \frac{[CH_3OH]}{[CO][H_2]^2}$$

من تعبير ثابت الاتزان يمكن حساب تركيز CO من العلاقة التالية:

$$[CO] = \frac{[CH_3OH]}{K_{eq}[H_2]^2} = \frac{[1.32]}{10.5 \times [0.933]^2} = 0.144 mol/l$$

[CO] =0.144 mol/L

b- المعطيات:

$[CH_3OH] = 0.325$ mol/L

[CO] = 1.09 mol/L

المطلوب: $[H_2] = ?$ mol.L

حساب المطلوب:

تعبير ثابت الاتزان هو:

$$K_{eq} = \frac{[CH_3OH]}{[CO][H_2]^2}$$

من تعبير ثابت الاتزان يمكن حساب تركيز H_2 من العلاقة التالية:

$$[H_2]^2 = \frac{[CH_3OH]}{K_{eq}[CO]}$$

$$[H_2] = \sqrt{\frac{[CH_3OH]}{K_{eq}[CO]}} = \sqrt{\frac{0.325}{10.5 \times 1.09}} = 0.169\ mol/l$$

c- المعطيات:

$$[CO] = 3.85\ mol/L$$

$$[H_2] = 0.0661\ mol/L$$

المطلوب: $[CH_3OH] = ?\ mol/L$

حساب المطلوب:

تعبير ثابت الاتزان هو: $K_{eq} = \frac{[CH_3OH]}{[CO][H_2]^2}$

من تعبير ثابت الاتزان يمكن حساب تركيز CH_3OH من العلاقة التالية:

$$[CH_3OH] = K$$

$$[CH_3OH] = ($$

19. تحفيز في التفاعل العام $A+B \rightleftharpoons C+D$ إذا سُمح لـ $1.0\,mol/L$ من A بالتفاعل مع $1.0\,mol/L$ من B في دورق حجمه 1L إلى أن يصلا إلى حالة اتزان. فإذا كان تركيز A عند الاتزان $0.450\,mol/L$، فما تراكيز المواد الأخرى عند الاتزان؟ وما قيمة K_{eq}؟

المعطيات:

$$A + B \rightleftharpoons C + D$$

التراكيز الابتدائية للمتفاعلات:

$$[A] = 1.0\ mol/L \qquad [B] = 1.0\ mol/L$$

تركيز A عند الاتزان = 0.450 mol/L

المطلوب:

تراكيز المواد الأخرى عند الاتزان=؟

قيمة ثابت الاتزان K_{eq} = ؟

حساب المطلوب:

من التفاعل العام والتراكيز الابتدائية نستنتج أن عند الاتزان يكون:

$$[A] = [B] \text{ ، } [C] = [D]$$

ومنها يمكن استنتاج تراكيزالمواد الأخرى كما يلي:

$$[B] = 0.450\ mol/L$$

لحساب تركيز النواتج:

$$[C] + [D] = 2mol/L - ([A] + [B]) = 2mol/L - 0.9\ mol/L = 1.1mol/L$$

$$[C] = [D] = 1.1/2 = 0.55\ mol/L$$

لحساب ثابت الاتزان K_{eq}:

$$K_{eq} = \frac{[C][D]}{[A][B]} = \frac{0.55 \times 0.55}{0.45 \times 0.45} = 1.49$$

20. استعمل البيانات في الجدول 3–4 لحساب الذائبية المولارية mol / L للمركبات الأيونية الآتية عند درجة حرارة 298 K

a. $PbCrO_4$ b. AgCl c. $CaCO_3$

a- المعطيات: $K_{sp} = 2.3 \times 10^{-13}$

المطلوب: $S = ?$ mol/L

حساب المطلوب:

بكتابة المعادلة الكيميائية المتزنة

$$PbCrO_4 \rightleftharpoons Pb^{+2} + CrO_4^{-2}$$

$$K_{sp} = [Pb^{2+}]\,[CrO_4^{2-}] = 2.3 \times 10^{-13}$$

$$S = [Pb^{2+}] = [CrO^{2-}]$$

$$K_{sp} = S^2 = 2.3 \times 10^{-13}$$

$$S = \sqrt{2.3 \times 10^{-13}} = 4.8 \times 10^{-7}\ \text{mol/L}$$

b- المعطيات: $K_{sp} = 1.8 \times 10^{-10}$

المطلوب: $S = ?\ mol/L$

حساب المطلوب:

$$AgCl \rightleftharpoons Ag^+ + Cl^-$$

$$K_{sp} = [Ag^+]\,[Cl^-]$$

$$S = [Ag^+] = [Cl^-]$$

$$K_{sp} = S^2 = 1.8 \times 10^{-10}$$

$$S = \sqrt{1.8 \times 10^{-10}} = 1.34 \times 10^{-5}\ mol/L$$

c- المعطيات: $K_{sp} = 3.4 \times 10^{-9}$

المطلوب: $S = ?\ mol/L$

حساب المطلوب:

$$CaCO_3 \rightleftharpoons Ca^{2+} + CO_3^{2-}$$

$$K_{sp} = [Ca^{2+}]\,[CO_3^{2-}]$$

$$S = [Ca^{2+}] = [CO_3^{2-}]$$

$$K_{sp} = S^2 = 3.4 \times 10^{-9}$$

$$S = \sqrt{3.4 \times 10^{-9}} = 5.83 \times 10^{-5}\ mol/L$$

21. تحفيز إذا علمت أن K_{sp} لكربونات الرصاص $PbCO_3$ يساوي 7.40×10^{-14} عند 298 K فما ذائبية كربونات الرصاص g/L؟

٢١. المعطيات: $K_{sp} = 7.40 \times 10^{-14}$

المطلوب: $S = ?\ g/L$

حساب المطلوب:

$$PbCO_3 \rightleftharpoons Pb^{2+} + CO_3^{2-}$$

$$K_{sp} = [Pb^{2+}] + [CO_3^{2-}]$$

$$S = [Pb^{2+}] = [CO_3^{2-}]$$

$$K_{sp} = S^2 = 7.40 \times 10^{-14}$$

$$S = \sqrt{7.40 \times 10^{-14}} = 2.72 \times 10^{-7}\ mol/L$$

للتحويل من وحدة mol/L إلى g/L يتم ضرب قيمة S في الكتلة المولية لـ $PbCO_3$.

الكتلة المولية $PbCO_3$ =

$$(3 \times 15.999\ g/mol) + 12.011\ g/mol + 207.2\ g/mol$$

$$267.208\ g/mol =$$

$$S = 2.72 \times 10^{-7}\ \frac{mol}{L} \times 267.208\ \frac{g}{mol} = 7.27 \times 10^{-5}\ g/L$$

مسائل تدريبية

22. استعمل قيم K_{sp} الموجودة في الجدول **3–4** لحساب:

a. $[Ag^+]$ في محلول AgBr عند الاتزان. **b.** $[F^-]$ في محلول مشبع من CaF_2 **c.** $[Ag^+]$ في محلول مشبع من CaF_2 **c.** $[Ag^+]$ في محلول من Ag_2CrO_4 عند الاتزان.

a- المعطيات: $K_{sp} = 5.4 \times 10^{-13}$

المطلوب: $[Ag^+] = ?$

حساب المطلوب:

$$AgBr \rightleftharpoons Ag^+ + Br^-$$

لكل أيون Br^- يوجد أيون Ag^+

$$[Ag^+] = [Br^-]$$

$$K_{sp} = [Ag^+]\,[Br^-] = [Ag^+]^2 = 5.4 \times 10^{-13}$$

$$[Ag^+] = \sqrt{5.4 \times 10^{-13}} = 7.3 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

b- المعطيات: $K_{sp} = 3.5 \times 10^{-11}$

المطلوب: $[F^-] = ?$ mol/L

حساب المطلوب:

$$CaF_2 \rightleftharpoons Ca^{2+} + 2F^-$$

$$K_{sp} = [Ca^{2+}]\,[F^-]^2 = 3.5 \times 10^{-11}$$

نفرض $X = [Ca^{2+}]$

لكل أيون Ca^{2+} **يوجد أيونين من** F^-

$$[F^-] = 2X$$

$$(X)\,(2X)^2 = 3.5 \times 10^{-11} = 4X^3$$

$$X^3 = 8.75 \times 10^{-12}$$

$$X = \sqrt[3]{8.75 \times 10^{-12}} = 2.06 \times 10^{-4}$$

$$[Ca^{2+}] = 2.06 \times 10^{-4} \text{ M}$$

$$[F^-] = 2X = 4.12 \times 10^{-4} \text{ M}$$

c- المعطيات: $K_{sp} = 1.1 \times 10^{-12}$

حساب المطلوب:

$$Ag_2CrO_4 \rightleftharpoons 2Ag^+ + CrO_4^{2-}$$

$$K_{sp} = [Ag^+]^2\,[CrO_4^{2-}]$$

نفرض أن $X = [CrO_4^-]$

لكل أيون $[CrO_4^-]$ يوجد 2 أيون Ag^+

$$K_{sp} = (2x)^2\,(x) = 1.1 \times 10^{-12}$$

$$K_{sp} = 4x^3 = 1.1 \times 10^{-12}$$

$$x = \sqrt[3]{2.75 \times 10^{-13}} = 6.5 \times 10^{-5}$$

$$[CrO_4^{2-}] = 6.5 \times 10^{-5}$$

$$[Ag^+] = 2x = 1.3 \times 10^{-4}\ M$$

23. احسب ذائبية Ag_3PO_4 ($K_{sp} = 2.6 \times 10^{-18}$).

المعطيات: $K_{sp} = 2.6 \times 10^{-18}$

المطلوب: ذائبية $Ag_3PO_4 = ?$

حساب المطلوب:

$$Ag_3PO_4 \rightleftharpoons 3Ag^+ + PO_4^-$$

لكل 1 مول من Ag_3PO_4 يتيح واحد مول من أيونات PO_4^- إذا ذائبية Ag_3PO_4

$$[PO_4^-] =$$

$$K_{sp} = [Ag^+]^3 [PO_4^-] = 2.6 \times 10^{-18}$$

لفرض أن $x = [PO_4^-]$

لكل أيون PO_4^- يوجد 3 أيون Ag^+

$$[A^+] = 3x$$

$$K_{sp} = [3x]^3 [x] = 27\ x^4 = 2.6 \times 10^{-18}$$

وتكون قيمة $s = x$ الذوبانية

$$x^4 = 9.63 \times 10^{-20}$$

$$s = x = \sqrt[4]{9.63 \times 10^{-20}} = 1.8 \times 10^{-5}\ mol/L$$

24. تحفيز إذا كانت ذائبية كلوريد الفضة $AgCl = 1.86 \times 10^{-4}\ g/100\ g$ في الماء عند درجة حرارة 298 K. احسب K_{sp} لـ AgCl.

المعطيات: $S = 1.86 \times 10^{-4}\ g/100g$

المطلوب: $K_{sp} = ?$

حساب المطلوب:

كثافة الماء = 1000 g/L

حجم 100 g من الماء = $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الكثافة}} = \frac{100\ g}{1000\frac{g}{L}} = 0.1\ L$

$$\frac{1.86 \times 10^{-4} g}{100 g} = \frac{1.86 \times 10^{-4} g}{0.1 L}$$

$$S = 1.86 \times 10^{-3}\ g/L$$

$$AgCl \rightleftharpoons Ag^{+} + Cl^{-}$$

$$S = [Ag^{+}] = [Cl^{-}]$$

$$K_{sp} = [Ag^{+}][Cl^{-}] = (S)\ (S) = (S)^2$$

تحويل الذوبانية من g/L إلى M

الكتلة المولية لـ AgCl = 35.453 g/mol + 107.868 g/mol

= 143.321 g/mol

$$S = 1.86 \times 10^{-3}\ g/L = \frac{1.86 \times 10{-}3\ g/L}{143.321\ g/mol} = 1.298 \times 10^{-5}\ mol/L$$

$$K_{sp} = (S)^2 = 1.68 \times 10^{-10}$$

ماذا قرأت؟ **وضح** الظروف التي تمكّنك من توقع تكون راسب.

يمكن تكون راسب إذا كان تركيز الأيونات Fe^{+3} وأيونات $Fe(CN)_6^{4-}$ أكبر من تركيز الأيونات في المحلول المشبع من $Fe_4(Fe(CN)_6)_3$.

يمكن تكون راسب إذا كان تركيز الأيونات في المحلول أكبر من تركيزها في المحلول المشبع.

مسائل تدريبية

25. استعمل قيم K_{sp} من **الجدول 3–4** لتتوقع ما إذا سيتكون راسب عند خلط كميات متساوية من المحاليل الآتية:

a. $0.030\ M\ NaF$ و $0.10\ M\ Pb(NO_3)_2$

b. $0.010\ M\ AgNO_3$ و $0.25\ M\ K_2SO_4$

المعطيات:

$0.10\ M\ Pb(NO_3)_2$ و $0.030\ M\ NaF$

$K_{sp} = 3.3 \times 10^{-8}$

المطلوب: توقع تكون راسب أم لا؟

حساب المطلوب:

معادلة التفاعل هي:

$$Pb(NO_3)_2 + 2NaF \rightleftharpoons PbF_2 + 2NaNO_3$$

معادلة ذوبان PbF_2

$$PbF_2 \rightleftharpoons Pb^{+2} + 2F^-$$

$$Q_{sp} = [Pb^{+2}]\,[F^-]^2$$

عند مزج المحاليل يخفف تركيزها إلى النصف.

$$[Pb^{+2}] = \frac{0.1M}{2} = 0.050\ M$$

$$[F^-] = \frac{0.030M}{2} = 0.015\ M$$

$$Q_{sp} = (0.05)\,(0.015)^2 = 1.125 \times 10^{-5}$$

من الجدول $K_{sp} = 3.3 \times 10^{-8}$

$$Q_{sp} > K_{sp}$$

لذلك يتكون راسب.

b- المعطيات:

تركيز K_2SO_4 = 0.25 M و تركيز $AgNO_3$ = 0.010 M

المطلوب: توقع تكون راسب أم لا؟

حساب المطلوب:

معادلة التفاعل:

$$K_2SO_4 + AgNO_3 \rightleftharpoons Ag_2SO_4 + KNO_3$$

معادلة ذوبان Ag_2SO_4:

$$Ag_2SO_4 \rightleftharpoons 2Ag^+ + SO_4^{2-}$$

$$Q_{sp} = [Ag^+]^2 [SO_4^{2-}]$$

عند خلط المحاليل تقل تركيز الأيونات إلى النصف

$$[Ag^+] = \frac{0.010M}{2} = 5 \times 10^{-3}M$$

$$[SO_4^{2-}] = \frac{0.25\,M}{2} = 0.125\ M$$

$$Q_{sp} = [Ag^+]^2 [SO_4^{2-}] = 3.125 \times 10^{-6}$$

من الجدول 3-4: $K_{sp} = 1.2 \times 10^{-5}$

$Q_{sp} < K_{sp}$، لا يتكون راسب.

26. تحفيز هل يتكون راسب عند إضافة 250 mL من $0.20\ M\ MgCl_2$ إلى 750 mL من $0.0025\ M\ NaOH$ ؟

المعطيات:

$[MgCl_2]= 0.20\ M$ **250 mL $MgCl_2$**

$[NaOH]= 0.0025\ M$ **750 mL NaOH**

المطلوب: هل سيتكون راسب؟

حساب المطلوب:

$$2NaOH + MgCl_2 \rightleftharpoons 2NaCl + Mg(OH)_2$$

معادلة ذوبان $Mg(OH)_2$

$$Mg(OH)_2 \rightleftharpoons Mg^{2+} + 2OH^-$$

أحجام المحاليل المضافة غير متساوية

تركيز $[Mg^{2+}]$ يقل إلى الربع:

$$[Mg^{2+}] = \frac{0.20\ M}{4} = 0.05\ M$$

يقل تركيز $[OH^-]$ إلى الثلاثة أرباع من تركيزه الاصلي:

$$[OH^-] = \frac{3\times0.0025\ M}{4} = 1.875 \times 10^{-3}$$

$$Q_{sp} = [Mg^{+2}]\,[OH^-]^2 = 0.05 \times 3.5 \times 10^{-6}$$

$$Q_{sp} = 1.76 \times 10^{-7}$$

من الجدول $K_{sp} = 5.6 \times 10^{-12}$

$$Q_{sp} > K_{sp}$$

يتكون راسب من $Mg(OH)_2$

الشـكل 4-20 تقـل ذائبية كرومـات الرصاص كلما زاد تركيز محلول كرومات البوتاسيوم الذائبة فيـه. التغير ناتج عن وجود أيون CrO_4^{2-} في كل من كرومات الرصاص وكرومات البوتاسيوم.

H_2O النقي : $[Pb^{2+}] = 4.8 \times 10^{-7}\ mol/L$

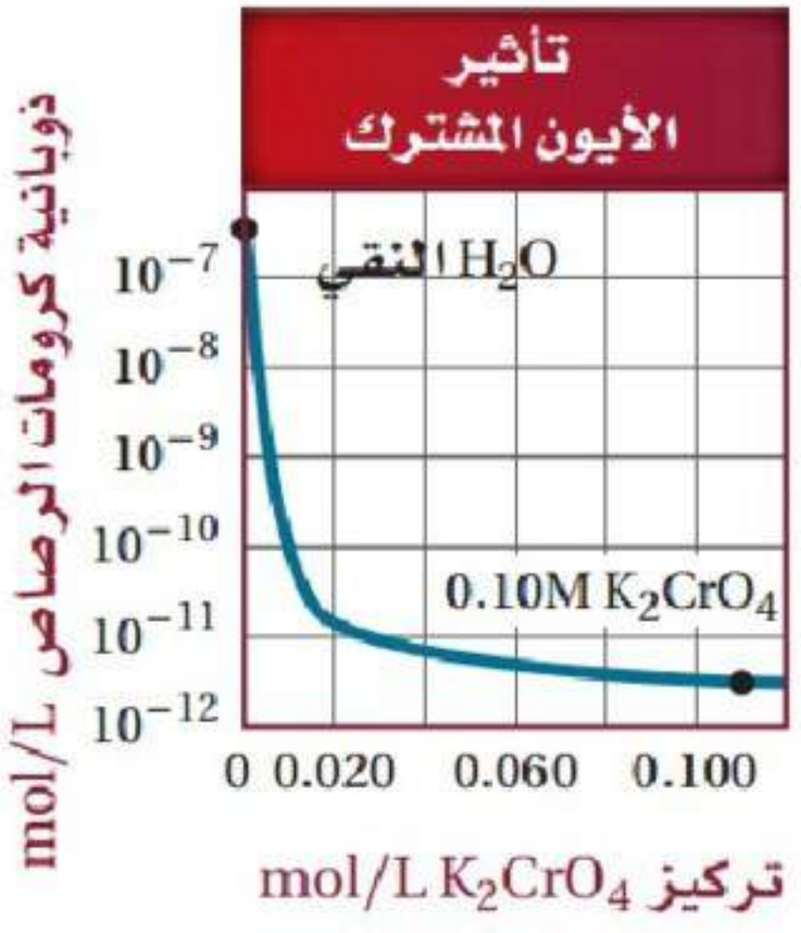
$[CrO_4^{2-}] = 4.8 \times 10^{-7}\ mol/L$

0.10M K_2CrO_4: $[Pb^{2+}] = 2.3 \times 10^{-12}\ mol/L$

$[CrO_4^{2-}] = 1.00 \times 10^{-1}\ mol/L$

اختبـار الـرسـم البيـاني؟

تـحقـق أنّ K_{sp} لا يتغـير مـع زيـادة تركيـز كرومات البوتاسيوم.



عند زيادة تركيز كرومات البوتاسيوم يقل تركيز أيونات الرصاص فيكون حاصل ضرب الأيونات في كل محلول مشبع يساوي K_{sp}.

في الماء النقي:

$$K_{sp} = [Pb^{2+}][CrO_4^{2-}] = 4.8 \times 10^{-7} \times 4.8 \times 10^{-7} = 2.304 \times 10^{-13}$$

في محلول $0.10\ M\ K_2CrO_4$

$$K_{sp} = [Pb^{2+}][CrO_4^{2-}] = 2.3 \times 10^{-12} \times 1.00 \times 10^{-1} = 2.3 \times 10^{-13}$$

التفكير الناقد

1. اكتب معادلة ذوبان هيدروكسي الأباتيت وتعبير ثابت الاتزان له. كيف تختلف الظروف في الفم عن الظروف في الاتزان الفعلي؟

$$Ca_5(PO_4)_3OH_{(s)} \rightleftharpoons 5Ca^{2+}_{(aq)} + 3PO_4^{3-}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

تعبير ثابت الاتزان هو:

$$K_{sp} = [Ca^{2+}]^5[PO_4^{3-}]^3[OH^-]$$

تختلف الظروف في الفم عن الظروف في الاتزان الفعلي بأن الفم ليس نظاما مغلقا لأن اللعاب ينتج ويتم ابتلاعه بانتظام.

2. اكتب معادلة تصف تفاعل الإحلال المزدوج الذي يحدث بين هيدروكسي الأباتيت وفلوريد الصوديوم.

$$Ca_5(PO_4)_3OH + NaF \rightleftharpoons Ca_5(PO_4)_3F + NaOH$$

3. احسب ذائبية هيدروكسي الأباتيت والفلوروأباتيت في الماء، ثم قارن ذوبانيتها.

٣- لحساب ذائبية هيدروكسيد الأباتيت نتبع الخطوات التالية:

معادلة الاتزان هي:

$$Ca_5(PO_4)_3OH_{(s)} \rightleftharpoons 5Ca^{2+}_{(aq)} + 3PO_4^{3-}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

لكل مول من هيدروكسيد الأباتيت يذوب عدد مساو من OH^- لذلك:

$s = [OH^-]$ ولكل أيون من OH^- له ٥ أيونات مصاحبة من Ca^{2+} و٣ أيونات مصاحبة من PO_4^{3-} لذلك فإن:

$$s = [OH^-], \quad [Ca^{2+}] = 5s, \quad [PO_4^{3-}] = 3s$$

تعبير ثابت الاتزان هو:

$$K_{sp} = [Ca^{2+}]^5[PO_4^{3-}]^3[OH^-], \quad K_{sp} = 6.8 \times 10^{-37}$$

$$6.8 \times 10^{-37} = (5s)^5\,(3s)^3\,(s)$$

$$84375s^9 = 6.8 \times 10^{-37} \quad ,s^9 = 8.059 \times 10^{-42}$$

$$s = \sqrt[9]{8.059 \times 10^{-42}} = 2.7 \times 10^{-5}\ M$$

- لحساب ذائبية الفلوروأباتيت في الماء:

معادلة الاتزان هي:

$$Ca_5(PO_4)_3F_{(s)} \rightleftharpoons 5Ca^{2+}_{(aq)} + 3PO_4^{3-}_{(aq)} + F^-_{(aq)}$$

لكل مول من هيدروكسيد الأباتيت يذوب عدد مساو من F^- لذلك:

$[F^-] = s$ ولكل أيون من F^- له ٥ أيونات مصاحبة من Ca^{2+} و٣ أيونات مصاحبة من PO_4^{3-} لذلك فإن:

$$s = [OH^-], \quad [Ca^{2+}] = 5s, \quad [PO_4^{3-}] = 3s$$

تعبير ثابت الاتزان هو:

$$K_{sp} = [Ca^{2+}]^5[PO_4^{3-}]^3[F^-], \quad K_{sp} = 1 \times 10^{-60}$$

$$1 \times 10^{-60} = (5s)^5\,(3s)^3\,(s)$$

$$84375s^9 = 1 \times 10^{-60} \quad ,s^9 = 1.185 \times 10^{-65}$$

$$s = \sqrt[9]{1.185 \times 10^{-65}} = 6.1 \times 10^{-8}\ M$$

للمقارنة بين ذوبانية هيدروكسي الأباتيت وفلوروأباتيت بقسمة ذوبانية كلا منهما:

دروكسي الأباتيت

فلورو الأباتيت

أي أن ذائبية هيدروكسي الأباتيت أكبر من ذوبانية فلوروالأباتيت بـ٤٤٣ مرة تقريبا.

التقويم 3-4

27. الفكرة الرئيسة اكتب المعلومات التي تحتاج إليها لحساب تركيز ناتج في خليط التفاعل عند الاتزان.

٢٧. المعلومات التي أحتاج إليها هي: قيمة ثابت الاتزان وتراكيز المتفاعلات والنواتج الأخرى.

28. فسر كيف تستخدم ثابت حاصل الذائبية في حساب ذائبية مركب أيوني قليل الذوبان؟