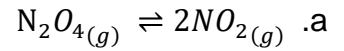


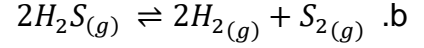
حلول كيمياء 3
التعليم الثانوي
نظام المقررات
الفصل 4 الدرس 1-4

مسائل تدريبية

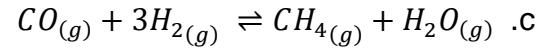
1) اكتب تعابير ثابت الاتزان للمعادلات الآتية :



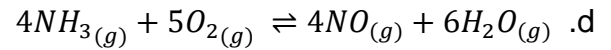
$$K_{eq} = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$$



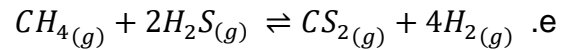
$$K_{eq} = \frac{[H_2]^2[S_2]}{[H_2S]^2}$$



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

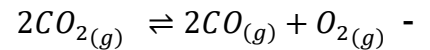


$$K_{eq} = \frac{[NO]^4[H_2O]^6}{[NH_3]^4[O_2]^5}$$



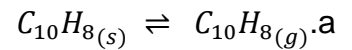
$$K_{eq} = \frac{[CS_2][H_2]^4}{[CH_4][H_2S]^2}$$

2) **تحفيز** اكتب المعادلة الكيميائية التي تمثل تعبير الاتزان الآتي : $K_{eq} = \frac{[CO]^2 [O_2]}{[CO_2]^2}$

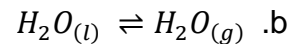


مسائل تدريبية

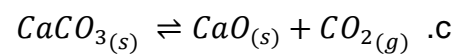
3) اكتب تعبير ثابت الاتزان غير المتجانس لكل مما يلي :



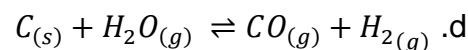
$$K_{eq} = [C_{10}H_{8(g)}]$$



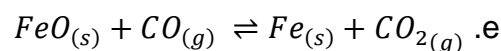
$$K_{eq} = [H_2O_{(g)}]$$



$$K_{eq} = [CO_{2(g)}]$$



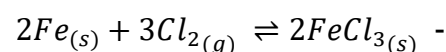
$$K_{eq} = \frac{[CO_{(g)}] [H_{2(g)}]}{[H_2O_{(g)}]}$$



$$K_{eq} = \frac{[CO_{2(g)}]}{[CO_{(g)}]}$$

(4) تحفيز يتفاعل الحديد الصلب مع غاز الكلور لتكوين كلوريد الحديد $FeCl_3$.

اكتب معادلة كيميائية موزونة وتعبير ثابت الاتزان للتفاعل .



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

مسائل تدريبية

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

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

الحل :

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

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

$$[CO] = 0.0613 \text{ mol/l} , [H_2] = 0.1839 \text{ mol/l} , [CH_4] = 0.0387 \text{ mol/l} , [H_2O] = 0.0387 \text{ mol/l}$$

الحل :

$$K_{eq} = \frac{[CH_4] [H_2O]}{[CO] [H_2]^3} = \frac{(0.0387) (0.0387)}{(0.0613) (0.1839)^3} = \mathbf{3.93}$$

(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 $COCl_2$ ؟ علماً أن ثابت الاتزان K_{eq} عند درجة

الحرارة نفسها يساوي 8.2×10^{-2} .

$$\frac{[CO] [Cl_2]}{[COCl_2]} = 8.2 \times 10^{-2} \Rightarrow \frac{(0.150) (0.150)}{[COCl_2]} = 8.2 \times 10^{-2}$$

$$[COCl_2] = \frac{(0.150) (0.150)}{(8.2 \times 10^{-2})} = \mathbf{0.27 \text{ M}}$$

التقويم 4-1

(8) فسر كيف ترتبط قيمة ثابت الاتزان مع كمية النواتج K_{eq} ؟

- كلما زادت قيمة ثابت الاتزان زادت كمية المواد الناتجة المتكوّنة عند الاتزان .

(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 توجد في أكثر من حالة فيزيائية واحدة .

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

1- يجب أن يكون مزيج التفاعل في وعاء مغلق .

2- يجب أن تبقى درجة الحرارة ثابتة .

3- يجب أن توجد النواتج والمتفاعلات معاً في الوعاء نفسه .

(11) احسب قيمة K_{eq} عند درجة حرارة 400 K للتفاعل الآتي : $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$ إذا علمت أن :

$$[PCl_5] = 0.135\text{ mol/l} , \quad [PCl_3] = 0.550\text{ mol/l} , \quad [Cl_2] = 0.550\text{ mol/l}$$

الحل :

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

(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		
373 K	273 K	263 K
4.500	0.500	0.0250

الحل : يكون تركيز النواتج أكبر عند درجة الحرارة 373 K ، بما أن المواد الناتجة في بسط المعادلة لذا فكلما زادت قيمة K_{eq} ، زاد

تركيز المواد الناتجة .

حلول كيمياء 3
التعليم الثانوي
نظام المقررات
الفصل 4 الدرس 4-2

التقويم 4-1

(13) **فسر** كيف يستجيب النظام في حالة الاتزان إلى الجهد ؟ واذكر العوامل التي تؤثر في نظام متزن .

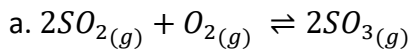
- تبعاً لمبدأ لو شاتيليه فإنه عندما يبذل جهد على نظام متزن فإن ذلك يؤدي إلى إزاحة النظام في الاتجاه الذي يخفف من أثر هذا الجهد.

من العوامل التي تؤثر في نظام متزن :

1- التغير في التركيز 2 -التغير في الحجم والضغط

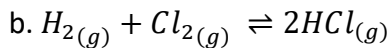
3- درجة الحرارة

(14) **فسر** كيف يؤثر تقليل حجم وعاء التفاعل في كل نظام اتزان مما يأتي ؟



عدد مولات الغاز المتفاعل 3 بينما عدد مولات الغاز الناتج 2 .

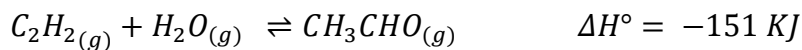
لذلك يؤثر تقليل حجم الوعاء على هذا النظام المتزن فيحدث إزاحة للاتزان جهة اليمين فيكون المزيد من SO_3



عدد مولات الغاز المتفاعل = 2 وعدد مولات الغاز الناتج = 2

عدد مولات الغاز المتفاعل = عدد مولات الغاز الناتج 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 :



- الحل : قيمة ΔH° سالبة . لذا يعد التفاعل طارد للحرارة ، وهذا يعني أنه انطلقت الحرارة على صورة نواتج ،

ويؤدي تناقص النواتج (خفض درجات الحرارة) إلى انزياح التفاعل نحو اليمين لإنتاج مزيد من المواد الناتجة .

لذا سينتج المزيد من CH_3CHO عند خفض درجة الحرارة .

(16) **وضح** يظهر الجدول تراكيز مادتين A و B 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

الحل : نحسب K_{eq} في كلا الحالتين :

$$K_{eq} = \frac{[B]}{[A]^2} = \frac{(0.0200)}{(0.0100)^2} = 200 \quad \text{التفاعل (1) :}$$

$$K_{eq} = \frac{[B]}{[A]^2} = \frac{(0.400)}{(0.0500)^2} = 160 \quad \text{التفاعل (2) :}$$

لذلك فإن المزيجان عند موضعي اتزان مختلفين .

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

حالة الاتزان		العوامل المؤثرة
لا تتأثر		إضافة عوامل مساعدة (حفازات) .
ينزاح في الاتجاه المباشر		زيادة تراكيز المواد المتفاعلة .
ينزاح في الاتجاه العكسي		زيادة تراكيز المواد الناتجة
ينزاح في الاتجاه العكسي		نقصان تراكيز المواد المتفاعلة
ينزاح في الاتجاه المباشر		نقصان تراكيز المواد الناتجة
في حالة تساوي عدد المولات لا يتأثر	ينزاح في الاتجاه ذي عدد المولات الغازية الأقل	زيادة الضغط
	ينزاح في الاتجاه ذي عدد المولات الغازية الأكبر	انخفاض الضغط
التفاعل ناشر للحرارة ينزاح في الاتجاه العكسي		زيادة درجة الحرارة
التفاعل ماص للحرارة ينزاح في الاتجاه المباشر		
التفاعل ناشر للحرارة ينزاح في الاتجاه المباشر		انخفاض درجة الحرارة
التفاعل ماص للحرارة ينزاح في الاتجاه العكسي		

لزيادة النواتج نجعله يتجه في الاتجاه المباشر .

ولزيادة المتفاعلات نجعله يتجه في الاتجاه العكسي .

حلول كيمياء 3
التعليم الثانوي
نظام المقررات
الفصل 4 الدرس 3-4

مسائل تدريبية

18) ينتج 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 $0.933 \text{ mol/l } H_2$ و $1.32 \text{ mol/l } CH_3OH$

$$K_{eq} = \frac{[CH_3OH]}{[CO][H_2]^2} \Rightarrow 10.5 = \frac{(1.32)}{[CO](0.933)^2} \Rightarrow [CO] = \frac{(1.32)}{(10.5)(0.933)^2} = \mathbf{0.144 \text{ M}}$$

b. $[H_2]$ في خليط اتزان يحتوي على $1.09 \text{ mol/l } CO$ و $0.325 \text{ mol/l } CH_3OH$

$$K_{eq} = \frac{[CH_3OH]}{[CO][H_2]^2} \Rightarrow 10.5 = \frac{(0.325)}{(1.09)[H_2]^2} \Rightarrow [H_2] = \sqrt{\frac{(0.325)}{(1.09)(10.5)}} = \mathbf{0.169 \text{ M}}$$

c. $[CH_3OH]$ في خليط اتزان يحتوي على $0.0661 \text{ mol/l } H_2$ و $3.85 \text{ mol/l } CO$

$$K_{eq} = \frac{[CH_3OH]}{[CO][H_2]^2} \Rightarrow 10.5 = \frac{[CH_3OH]}{(3.85)(0.661)^2} \Rightarrow [CH_3OH] = (10.5)(3.85)(0.0661)^2 = \mathbf{0.177 \text{ M}}$$

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

$$[B] = [A] \Rightarrow [B] = 0.450 \text{ mol/l} \quad \text{تركيز المادة B عند الاتزان :}$$

$$[C] = [D] = 1 - 0.450 = 0.550 \text{ mol/l} \quad \text{في حين تركيز كل من C و D يساوي :}$$

والآن نحسب قيمة K_{eq} باستخدام تراكيز المواد عند الاتزان :

$$K_{eq} = \frac{[C][D]}{[A][B]} = \frac{(0.550)(0.550)}{(0.450)(0.450)} = 1.49$$

مسائل تدريبية

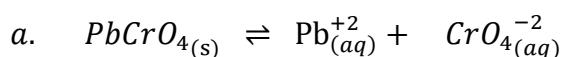
20) استعمل البيانات في الجدول 4-3 لحساب الذوبانية المولارية mol/l للمركبات الأيونية الآتية عند درجة حرارة 298 K

c. $CaCO_3$

b. $AgCl$

a. $PbCrO_4$

الحل : نكتب المعادلة الموزونة لكل تفاعل ثم نحسب المولارية :

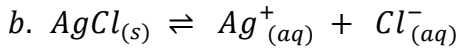


$$s \text{ mol/L} \quad s \text{ mol/L} \quad s \text{ mol/L}$$

$$K_{SP} = [Pb^{+2}][CrO_4^{-2}]$$

$$2.33 \times 10^{-13} = (s)(s) = s^2$$

$$s = \sqrt{2.33 \times 10^{-13}} = 4.8 \times 10^{-7} \text{ M}$$

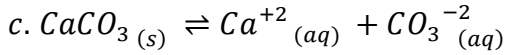


$$s \text{ mol/L} \quad s \text{ mol/L} \quad s \text{ mol/L}$$

$$K_{SP} = [Ag^+][Cl^-]$$

$$1.8 \times 10^{-10} = (s)(s) = s^2$$

$$s = \sqrt{1.8 \times 10^{-10}} = 1.3 \times 10^{-5} \text{ M}$$



$$s \text{ mol/L} \quad s \text{ mol/L} \quad s \text{ mol/L}$$

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

$$3.4 \times 10^{-9} = (s)(s) = s^2$$

$$s = \sqrt{3.4 \times 10^{-9}} = 5.8 \times 10^{-5} \text{ M}$$

(21) **تحفيز** إذا عملت أن K_{SP} لكربونات الرصاص $PbCO_3$ يساوي 7.40×10^{-14} عند 298 K فما ذوبانية كربونات الرصاص g/l ؟
الحل : نحسب الذائبية ب mol/l و ثم نحولها إلى g/l بالضرب ب الكتلة المولية لكربونات الرصاص :

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

$$7.40 \times 10^{-14} = (s)(s) = s^2$$

$$s = \sqrt{7.40 \times 10^{-14}} = 2.72 \times 10^{-7} \text{ mol/l}$$

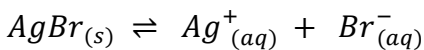
$$\text{الكتلة المولية لكربونات الرصاص} : 267.2 \text{ g/mol} = (3 \times 15.999) + 12.011 + 207.2$$

$$s = 2.72 \times 10^{-7} \text{ mol/l} \times 267.2 \text{ g/mol} = 7.27 \times 10^{-5} \text{ g/l}$$

مسائل تدريبية

(22) استعمل قيم K_{SP} الموجودة في الجدول 3-4 لسحاب :

a. $[Ag^+]$ في محلول $AgBr$ عند الاتزان .



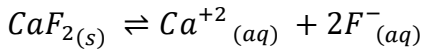
$$s \text{ mol/L} \quad s \text{ mol/L} \quad s \text{ mol/L}$$

$$K_{SP} = [Ag^+][Br^-]$$

$$5.4 \times 10^{-13} = (s)(s) = s^2$$

$$s = \sqrt{5.4 \times 10^{-13}} = 7.3 \times 10^{-7} \text{ M} = [Ag^+]$$

b. $[F^-]$ في محلول مشبع من CaF_2 .



$$s \text{ mol/L} \quad s \text{ mol/L} \quad 2s \text{ mol/L}$$

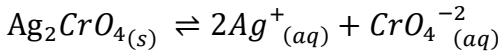
$$K_{SP} = [Ca^{+2}][F^-]^2$$

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

$$s = \sqrt[3]{\frac{3.5 \times 10^{-11}}{4}} = 2.1 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$$

$$[F^-] = 2s \Rightarrow [F^-] = 2 \times (2.1 \times 10^{-4}) = 4.2 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$$

c. $[Ag^+]$ في محلول من Ag_2CrO_4 عند الاتزان .



$$s \text{ mol/L} \quad 2s \text{ mol/L} \quad s \text{ mol/L}$$

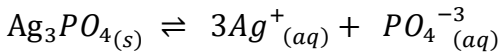
$$K_{SP} = [Ag^+]^2 [CrO_4^{-2}]$$

$$1.1 \times 10^{-12} = (2s)^2 (s) = 4s^3$$

$$s = \sqrt[3]{\frac{1.1 \times 10^{-12}}{4}} = 6.5 \times 10^{-5} M$$

$$[Ag^+] = 2s \Rightarrow [Ag^+] = 2 \times (6.5 \times 10^{-5}) = 1.3 \times 10^{-4} M$$

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



$$s \text{ mol/L} \quad 3s \text{ mol/L} \quad s \text{ mol/L}$$

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

$$2.6 \times 10^{-18} = (3s)^3 (s) = 27s^4$$

$$s = \sqrt[4]{\frac{2.6 \times 10^{-18}}{27}} = 1.8 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$$

(24) تحفيز ذوبانية كلوريد الفضة $(AgCl) = 1.86 \times 10^{-4} g/100g$ في الماء عند درجة حرارة $298 K$.

احسب K_{SP} ل $AgCl$.

الحل : بما أن كثافة الماء = 1 \Leftarrow كتلة الماء = حجم الماء ومنه : نحول الذوبانية من $g/100g$ إلى g/l بالضرب ب 10 :

$$s = 1.86 \times 10^{-4} g/100g = 1.86 \times 10^{-3} g/l$$

ثم نحول الذوبانية من g/l إلى mol/l بالقسمة على الكتلة المولية ل $AgCl$: $s = \frac{1.86 \times 10^{-3}}{143.4} = 1.30 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$

$$K_{SP} = [Ag^+][Cl^-] = s.s$$

$$K_{SP} = (1.30 \times 10^{-5})(1.30 \times 10^{-5}) = 1.7 \times 10^{-10}$$

مسائل تدريبية

(25) استعمل قيم K_{SP} من الجدول 4-3 لتتوقع ما إذا سيتكون راسب عند خلط كميات متساوية من المحاليل الآتية :

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

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

نختبر ترسب PbF_2 : $PbF_{2(s)} \rightleftharpoons Pb^{+2}_{(aq)} + 2F^{-}_{(aq)}$

بما أننا مزجنا حجمين متساويين فإن تركيزهما سوف يقل إلى النصف :

$$[Pb^{+2}] = \frac{0.10 M}{2} = 0.050 M \quad [F^{-}] = \frac{0.030 M}{2} = 0.015 M$$

$$Q_{SP} = [Pb^{+2}][F^{-}]^2 = (0.050 M)(0.015 M)^2 = 1.12 \times 10^{-5}$$

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

ومنه سوف يتكون راسب لأن : $K_{SP} < Q_{SP}$

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

الحل : $K_2SO_4 + 2AgNO_3 \rightleftharpoons Ag_2SO_4 + 2KNO_3$

نختبر ترسب Ag_2SO_4 : $Ag_2SO_{4(s)} \rightleftharpoons 2Ag^{+}_{(aq)} + SO_4^{-2}_{(aq)}$

بما أننا مزجنا حجمين متساويين فإن تركيزهما سوف يقل إلى النصف :

$$[Ag^{+}] = \frac{0.010 M}{2} = 0.0050 M \quad [SO_4^{-2}] = \frac{0.25 M}{2} = 0.125 M$$

$$Q_{SP} = [Ag^{+}]^2[SO_4^{-2}] = (0.0050 M)^2(0.125) = 3.1 \times 10^{-6}$$

من الجدول : $K_{SP} = 1.2 \times 10^{-5}$

ومنه : لن يتكون راسب من Ag_2SO_4 لأن : $K_{SP} > Q_{SP}$

(26) تحفيز هل يتكون راسب عند إضافة $250 ml$ من $0.20 M MgCl_2$ إلى $750 ml$ من $0.0025 M NaOH$ ؟

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

نختبر ترسب $Mg(OH)_2$: $Mg(OH)_{2(s)} \rightleftharpoons Mg^{+2}_{(aq)} + OH^{-}_{(aq)}$

نحسب تراكيز كل من Mg^{+2} و OH^{-} ، وذلك بضرب تركيز المادة بـ $\frac{(\text{حجم المحلول})}{(\text{حجم المزيج})}$.

حجم المزيج : $250 ml + 750 ml = 1000 ml = 1L$

$$[Mg^{+2}] = 0.20 M \times \frac{0.250 L}{1 L} = 0.050 M \quad [OH^{-}] = 0.0025 M \times \frac{0.750 L}{1 L} = 0.0019 M$$

$$Q_{SP} = [Mg^{+2}][OH^{-}]^2 = (0.050 M)(0.0019 M)^2 = 1.8 \times 10^{-7}$$

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

ومنه : سوف يتكون راسب لأن : $K_{SP} < Q_{SP}$

التقويم 3-4

(27) اكتب المعلومات التي تحتاج إليها لحساب تركيز ناتج في خليط التفاعل عند الاتزان .

- سنحتاج إلى : تراكيز المتفاعلات ، وتراكيز النواتج جميعها، و K_{SP} .

(28) فسر كيف تستخدم ثابت حاصل الذوبانية في حساب ذوبانية مركب أيوني قليل الذوبان ؟

- نكتب معادلة التفاعل عند الاتزان وتعبير ثابت حاصل الذوبان ، لتساوي قيمة S الذائبية المولية للمركب .

ونستبدل مضاعفات S المناسبة في تعبير ثابت حاصل الذوبان ، ثم نجد قيمة S .

(29) صف كيف يقلل وجود الأيون المشترك ذوبانية المركب الأيوني ؟

- يقلل الأيون المشترك الذائبية بتحول اتجاه الاتزان نحو المادة الصلبة الراسبة .

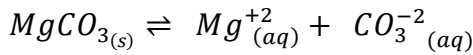
(30) وضح الفرق بين K_{SP} و Q_{SP} . وهل يعد Q_{SP} ثابت اتزان ؟

- يعدّ Q_{SP} حاصل ضرب تراكيز الأيونات التي يمكن أن تكون موجودة في محلول مركب أيوني ، وتقاس قيمته للمقارنة بقيمة

K_{SP} التي تعبر عن حاصل ضرب تراكيز الأيونات الموجودة فعلياً في محلول مشبع .

يحت K_{SP} ثابت الاتزان ، في حين لا يعد Q_{SP} ثابت اتزان .

(31) احسب ذوبانية كربونات الماغنسيوم $MgCO_3$ في الماء النقي إذا كان K_{SP} يساوي 2.6×10^{-9} ؟



$$s \text{ mol/L} \quad 3s \text{ mol/L} \quad s \text{ mol/L}$$

$$K_{SP} = [Mg^{+}] [CO_3] = 2.6 \times 10^{-9}$$

$$2.6 \times 10^{-9} = (s) (s) = s^2$$

$$s = \sqrt{2.6 \times 10^{-9}} = 5.1 \times 10^{-5} M$$

(32) صمم تجربة اعتماداً على الذوبانية لتوضح أي الأيونين Mg^{+2} أو Pb^{+2} يوجد في محلول مائي ؟

- بما أن كرومات الماغنسيوم ذائبة ، وكرومات الرصاص غير ذائبة ، لذا نضيف 10.0 ml من محلول كرومات البوتاسيوم

تركيزه $0.100 M$ إلى 100.0 ml من محلول مائي غير معروف .

فإذا احتوى المحلول المجهول على أيون الماغنسيوم ، فلن يتكوّن راسب من $MgCrO_4$.

أما إذا احتوى المجهول على أيون الرصاص II فسوف تترسب $PbCrO_4$ الصلبة الصفراء اللون .

حلول كيمياء 3
التعليم الثانوي
نظام المقررات
الفصل 4 الدرس (التقويم)

إتقان المفاهيم

(33) صف حالة اتزان تحدث في الحياة اليومية بين عمليتين متعاكستين .

- تسخين الماء في إناء مغلق فيتبخر الماء ثم يتكثف مرة أخرى ويعود سائل .

(34) إذا قيل لك إن تركيز المتفاعلات والنواتج لا تتغير فلماذا تستعمل كلمة ديناميكي لوصف الاتزان الكيميائي ؟

- تستعمل كلمة ديناميكي لوصف الاتزان الكيميائي لوجود تفاعلين عكسيين يجريان بنفس السرعة .

(35) هل المعادلة الآتية تمثل اتزاناً متجانساً أم غير متجانس ؟ فسر إجابتك . $H_2O_{(s)} \rightleftharpoons H_2O_{(l)}$

- تمثل المعادلة اتزاناً غير متجانس ، لأن المتفاعلات والنواتج متمثلة في أكثر من حالة فيزيائية .

(36) ما المقصود بموضع الاتزان ؟

- هي النقطة التي عندها يوازن التفاعل الأمامي والعكسي إحداهما الآخر .

(37) وضح كيفية كتابة تعبير ثابت اتزان .

- نسبة تراكيز النواتج إلى نسبة تراكيز المتفاعلات وكل تركيز مرفوع إلى قوة تمثل معاملها في المعادلة الموزونة .

(38) لماذا يجب أن تعبر انتباهك للحالات الفيزيائية للنواتج والمتفاعلات عند كتابة تعابير ثابت الاتزان ؟

- لأن الاتزان قد يحتوي على حالات غازية وصلبة وسائلة ، فيتم إزالة المواد السائلة، المواد الصلبة النقية من تعبير ثابت الاتزان .

(39) لماذا تعني قيمة K_{eq} الكبيرة عددياً أن النواتج مفضلة في نظام الاتزان ؟

- تعبر قيمة K_{eq} الكبيرة عددياً على أن تراكيز النواتج الموجودة في البسط أكبر من تراكيز المتفاعلات الموجودة في المقام .

(40) ماذا يحدث ل K_{eq} لنظام متزن ، إذا تم إعادة كتابة معادلة التفاعل بطريقة عكسية ؟

- تكون القيمة الجديدة ل K_{eq} هي مقلوب قيمتها الأصلية . $1/K_{eq}$

(41) كيف لنظام الاتزان أن يحتوي على كميات صغيرة وغير متغيرة من النواتج ، وفي الوقت نفسه يحتوي

على كميات كبيرة من المتفاعلات ؟ كيف يمكن أن تبرز K_{eq} لمثل هذا الاتزان .

- يحدث مثل هذا الاتزان إذا تفاعلت النواتج الأولية المتكوّنة بسرعة لدرجة تصبح معها سرعة التفاعل العكسي مساوية لسرعة التفاعل

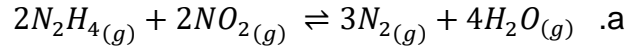
الأمامي . ويجب أن تكون قيمة K_{eq} العددية صغيرة .

ولا تتغير تراكيز المتفاعلات والنواتج ، حيث يمر كل جزيء من المتفاعلات والنواتج بتغيّر كيميائي عندما تتساوى سرعة التفاعلين الأمامي

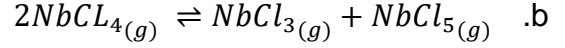
والعكسي .

إتقان حل المسائل

(42) اكتب تعبير ثابت الاتزان لكل ائزان متجانس فيما يأتي :



$$K_{eq} = \frac{[N_2]^2 [H_2O]^4}{[N_2H_4]^2 [NO_2]^2}$$



$$K_{eq} = \frac{[NbCl_3] [NbCl_5]}{[NbCl_4]^2}$$

(43) افترض أن لديك مكعباً من فلز المنجنيز النقي طول ضلعه 5.25 cm

وكتلته تساوي 1076.6 g ، فما التركيز المولاري للمنجنيز في المكعب ؟

الحل : نحسب حجم المكعب بال cm ونحوّله إلى واحدة L بالضرب ب 10^{-3} :

$$\text{حجم الكعب} = (5.25 \text{ cm})^3 = 145 \text{ cm}^3 = 0.145 \text{ L}$$

الكتلة المولية للمنجنيز 54.94 g/mol

$$19.596 \text{ mol Mn} = \frac{1076.6 \text{ g}}{54.94 \text{ g/mol}} = \frac{\text{الكتلة بالجرام}}{\text{الكتلة المولية}} = \text{عدد مولات المنجنيز}$$

$$(M) \text{ المولارية} = \frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{حجم المحلول (L)}} = \frac{19.596 \text{ mol}}{0.145 \text{ L}} = \mathbf{135 \text{ mol/l Mn}}$$

(44) قيمة K_{eq} للتفاعل $A + 2B \rightleftharpoons C$ تساوي 3.63 ، يوضح الجدول 4-5 تراكيز المتفاعلات والنواتج في خليط تفاعلين

عند درجة الحرارة نفسها . حدد ما إذا كان التفاعلان في حالة اتزان .

الجدول 4-5 تراكيز A و B و C		
$C \text{ (mol/l)}$	$B \text{ (mol/l)}$	$A \text{ (mol/l)}$
0.700	0.621	0.5000
0.250	0.525	0.250

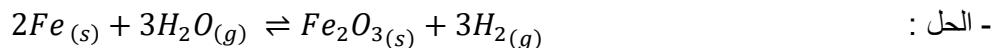
الحل: نحسب K_{eq} باستعمال البيانات الواردة في الجدول أعلاه :

$$K_{eq} = \frac{[C]}{[A] [B]^2} = \frac{(0.700)}{(0.500) (0.621)^2} = \frac{(0.250)}{(0.250) (0.525)^2} = 3.63$$

إذاً التفاعلان في حالة اتزان .

(45) إذا مرّ بخار ماء من خلال برادة حديد ينتج أكسيد الحديد III الصلب وغاز الهيدروجين عن التفاعل العكسي ،

اكتب معادلة كيميائية موزونة وتعبر ثابت الاتزان للتفاعل الذي ينتج أكسيد الحديد III وغاز الهيدروجين .



$$K_{eq} = \frac{[H_2]^3}{[H_2O]^3}$$

إتقان المفاهيم

(46) ما المقصود بالشغل المبذول على تفاعل ما عند الاتزان ؟

- هو أي تغيير يؤثر في اتزان التفاعل (إزاحة اتجاه الاتزان نحو اليمين أو اليسار) ، أي هو تغيير في (التركيز ، الحجم ، الضغط ، درجة الحرارة) .

(47) كيف يصف مبدأ لوتشاتيليه استجابة الاتزان للإجهاد ؟

- ينص مبدأ لوتشاتيليه على أن الاتزان ينزاح في الاتجاه الذي يقلل من التأثير الواقع عليه .

(48) لماذا يسبب إزالة المتفاعل إزاحة الاتزان نحو اليسار ؟

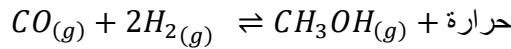
- لكي نعيد نسبة الاتزان للمتفاعلات والنواتج ، ينزاح الاتزان نحو المتفاعلات (نحو اليسار) .

(49) عند إزاحة الاتزان نحو اليمين ، ماذا يحدث لكل من :

a. تركيز المتفاعلات b. تركيز النواتج .

- يقل تركيز المتفاعلات ، في حين يزداد تركيز النواتج .

(50) كيف يمكن للتغيرات الآتية التأثير في موضع الاتزان للتفاعل المستعمل لإنتاج الميثانول من أول أكسيد الكربون والهيدروجين ؟



a. إضافة CO b. خفض درجة الحرارة c. إضافة عامل محفز

d. إزالة CH_3OH e. تقليل حجم وعاء التفاعل .

الحل : a. ينزاح التفاعل نحو اليمين . b. ينزاح التفاعل نحو اليمين .

c. لا ينزاح الاتزان نحو أي اتجاه . d. ينزاح التفاعل نحو اليمين .

e. ينزاح التفاعل نحو اليمين .

(51) المشروبات الغازية استعمل مبدأ لوتشاتيليه لشرح كيف أن إزاحة الاتزان الآتي : $H_2CO_{3(aq)} \rightleftharpoons H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$

تسبب فقدان الشراب طعمه عند ترك غطاء القارورة مفتوحاً ؟

الحل : بما أن $CO_{2(g)}$ يتحرر باستمرار فور فتح غطاء القارورة ،

لذا يستمر الاتزان في تغيير اتجاهه إلى اليمين إلى أن يستنفد $H_2CO_{3(aq)}$.

(52) فسر كيف تؤثر زيادة درجة الحرارة في الاتزان الموضح في المعادلة الآتية : حرارة + $PCL_{5(g)} \rightleftharpoons PCL_{3(g)} + Cl_{2(g)}$.

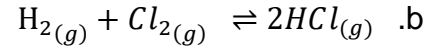
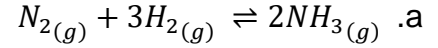
- تميل عملية التسخين إلى تفضيل التفاعل العكسي (الماص للحرارة) وذلك بتحويل الاتزان نحو اليسار .

(53) إذا أضيف مذيب سائل من الكلور إلى ورق يحتوي تفاعل الاتزان الآتي : حرارة + $PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$

فكيف يتأثر الاتزان عند ذوبان كمية من غاز الكلور ؟

- يتجه الاتزان نحو اليمين لتعويض غاز الكلور الذي يذوب .

(54) إذا أعطيت التفاعلين الآتيين عند الاتزان :

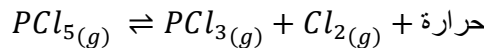


فسر لماذا يسبب تغير حجم وعاء التفاعلين تغير موضع الاتزان لـ a ولا يؤثر في b ؟

- في المعادلة a يختلف عدد مولات الغاز للمتفاعلات والناتج في المعادلة ، في حين يتساوى عدد مولات الغاز على طرفي المعادلة b .

فعندما يتساوى عدد مولات الغاز على طرفي المعادلة فلن يكون لتغير الحجم أي تأثير في الاتزان .

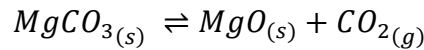
(56) هل تتوقع أن تزداد أو تقل قيمة K_{eq} العددية عند زيادة درجة الحرارة في الاتزان الآتي : فسر إجابتك .



- ستقل قيمة K_{eq} العددية عند زيادة درجة الحرارة وذلك لأن زيادة درجة الحرارة ستؤدي إلى إزاحة الاتزان نحو اليسار

ويقل تركيز النواتج فتقل قيمة K_{eq} .

(57) فسر كيف يمكن أن تنظم الضغط لتعزز تكوين النواتج في نظام الاتزان الآتي :



- عندما نقلل الضغط على التفاعل فإن الحجم يزداد فيقل تركيز CO_2 في الإناء مما يؤدي إلى إزاحة الاتزان جهة اليمين ليزيد من تكوين

النواتج حيث أن هذا التفاعل لا يوجد به غازات سوى CO_2 في النواتج أما المتفاعلات فهي مادة صلبة.

(58) يتفاعل الإيثيلين C_2H_4 مع الهيدروجين لإنتاج الإيثان C_2H_6 وفق المعادلة : حرارة + $C_2H_{4(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons C_2H_{6(g)}$

كيف يمكنك تنظيم درجة الحرارة لهذا الاتزان لكي :

a. تزيد كمية الإيثان الناتج .

b. تقلل تركيز الإيثيلين .

c. تزيد كمية الهيدروجين في وعاء التفاعل .

الحل : a. خفض درجة الحرارة

b. خفض درجة الحرارة .

c. رفع درجة الحرارة .

3-4 إتقان المفاهيم

(59) ماذا تعني بقولك إن لدى محلولين أيوناً مشتركاً ؟ اذكر مثلاً يوضح ذلك .

- إذا كان في المحلولين أيون مشترك ، فإن ذلك يعني أن كليهما يحتوي على الأيون نفسه .

فمثلاً $NaCl_{(aq)}$ و $KCl_{(aq)}$ يحتويان على $Cl_{(aq)}^-$

(60) لماذا لا تعطى بعض المركبات مثل كلوريد الصوديوم قيم K_{SP} ؟

- إذا أعطيناها قيمة K_{SP} ستكون عدداً كبيراً . حيث أن هذه المركبات ومنها كلوريد الصوديوم له ذوبانية عالية في الماء فعند ذوبانها في الماء تتفكك جميعاً إلى أيونات ، وأما ثوابت حاصل الذوبانية فهي تقاس للمركبات قليلة الذوبان . إذا أعطيناها قيمة K_{SP} ستكون عدداً كبيراً .

(61) الأشعة السينية لماذا يعد استعمال كبريتات الباريوم أفضل من كلوريد الباريوم عند التعرض للأشعة السينية ؟

علماً أنه عند درجة حرارة $26^\circ C$ فإن $37.5 g$ من $BaCl_2$ يمكن أن تذوب في $100 ml$ من الماء ؟

- تعد أيونات الباريوم مادة سامة للإنسان ، لكن كبريتات الباريوم يمكن تناولها بأمان ، لأن ذوبانيتها منخفضة جداً ، أما كلوريد الباريوم فله ذائبية عالية ، لذلك يجعل تناوله في غاية الخطورة .

(62) فسر ما يحدث في الشكل 4-23 اعتماداً على K_{SP} و Q_{SP} .

- سيتكون راسب لأن $Q_{SP} > K_{SP}$.

(63) صف المحلول الناتج عن خلط محلولين لهما $Q_{SP} = K_{SP}$ هل يتكون راسب ؟

- سوف يكون المحلول الجديد مشبعاً ، ولن يتكون راسب .

إتقان المسائل

(64) اكتب تعبير K_{SP} لكرومات الرصاص $PbCrO_4$ ، واحسب ذوبانية بوحدة mol/l علماً أن $K_{SP} = 2.3 \times 10^{-13}$.



الحل :

$$s \text{ mol/L} \quad s \text{ mol/L} \quad s \text{ mol/L}$$

$$K_{SP} = [Pb^{+2}][CrO_4^{-2}]$$

$$2.3 \times 10^{-13} = (s)(s) = s^2$$

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

(65) K_{SP} لفلوريد الإسكانديوم ScF_3 عند درجة حرارة $298 K$ يساوي 4.2×10^{-8} . اكتب معادلة الاتزان الكيميائية لذوبانية

فلوريد الإسكانديوم في الماء . ما تركيز أيونات Sc^{+3} اللازمة لتكوين راسب إذا كان تركيز أيون الفلوريد $0.076 M$ ؟



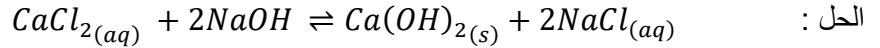
الحل:

$$K_{SP} = [Sc^{+3}][F^{-}]^3 \Rightarrow 4.2 \times 10^{-8} = [Sc^{+3}][0.076]^3$$

$$[Sc^{+3}] = \frac{4.2 \times 10^{-8}}{(0.076)^3} = 9.6 \times 10^{-5} M$$

66) هل يتكون راسب عند خلط 62.6 ml من CaCl_2 الذي تركيزه 0.0322 M مع 31.3 ml من NaOH الذي تركيزه 0.0145 M ؟

استعمل البيانات الموجودة في الجدول 4-3 . وضح إجابتك .



نحسب تراكيز كل من Ca^{+2} و OH^{-} ، وذلك بضرب تركيز المادة ب $\frac{(\text{حجم المحلول})}{(\text{حجم المزيج})}$.

حجم المزيج : $62.6 \text{ ml} + 31.3 \text{ ml} = 93.9 \text{ ml} = 0.0939 \text{ L}$

$$[\text{Ca}^{+2}] = 0.0322 \text{ M} \times \frac{0.0626 \text{ L}}{0.0939 \text{ L}} = 2.15 \times 10^{-2} \text{ M} \quad [\text{OH}^{-}] = 0.0145 \text{ M} \times \frac{0.0313}{0.0939 \text{ L}} = 4.83 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$Q_{SP} = [\text{Ca}^{+2}][\text{OH}^{-}]^2 = (2.15 \times 10^{-2})(4.83 \times 10^{-3})^2 = 5.02 \times 10^{-7}$$

$$K_{SP} = 5.0 \times 10^{-6} \quad \text{من الجدول 3-4 :}$$

ومنه : لن يتكون راسب لأن : $K_{SP} > Q_{SP}$

67) صناعة ايثانوات الإيثيل $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$ مذيب يستعمل في صناعة الورنيش ، ويمكن إنتاجه بتفاعل الإيثانول وحمض

الايثانويك (الخليك) ، يمكن وصف الاتزان بالمعادلة : $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$

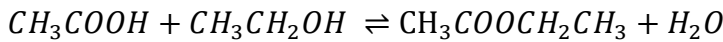
احسب K_{eq} باستعمال تراكيز الاتزان الآتية : $[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0.316 \text{ M}$ ، $[\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3] = 2.90 \text{ M}$ ،

$$[\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}] = 0.313 \text{ M} \quad , \quad [\text{H}_2\text{O}] = 0.114 \text{ M}$$

$$K_{eq} = \frac{[\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}]} = \frac{(2.90 \text{ M})(0.114 \text{ M})}{(0.316 \text{ M})(0.313 \text{ M})} = 3.34$$

مراجعة عامة

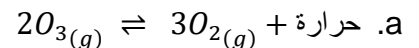
68) تنتج ايثانوات الإيثيل $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$ من الاتزان الموصوف في المعادلة الآتية :



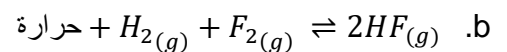
لماذا تسبب إزالة الماء إنتاج المزيد من ايثانوات الإيثيل ؟

- تؤدي إزالة الماء H_2O إلى إزاحة الاتزان نحو اليمين ، وبالتالي إنتاج المزيد من ايثانوات الإيثيل .

69) كيف يتأثر كل اتزان فيما يلي بانخفاض درجة الحرارة ؟

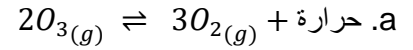


(ينزاح التفاعل نحو اليمين)

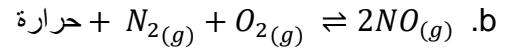


(ينزاح التفاعل نحو اليسار)

70) كيف يتأثر كل اثنان فيما يلي بارتفاع كل من درجة الحرارة والحجم في الوقت نفسه ؟



- ستؤدي زيادة درجة الحرارة إلى انزياح الاتجاه نحو اليسار ، وتؤدي زيادة الحجم إلى انزياح الاتجاه نحو اليسار أيضاً (عدد مولات أقل) .

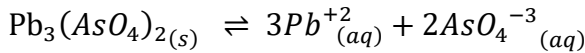


- ستؤدي زيادة درجة الحرارة إلى انزياح الاتجاه نحو اليمين ،

لكن زيادة الضغط لا تؤدي إلى أي تغير (عدد المولات متساوي على الطرفين) .

71) ثابت حاصل الذوبانية لزرنيخات الرصاص $Pb_3(AsO_4)_2$ II هو 4.0×10^{-36} في درجة حرارة $298 K$

احسب الذوبانية بوحدة mol/l لهذا المركب عند درجة الحرارة نفسها .



$$s \text{ mol/L} \quad 3s \text{ mol/L} \quad 2s \text{ mol/L}$$

$$K_{SP} = [Pb^{+2}]^3 [AsO_4^{-3}]^2$$

$$4.0 \times 10^{-36} = (3s)^3 (2s)^2 = 108 s^5$$

$$s = \sqrt[5]{\frac{4.0 \times 10^{-36}}{108}} = 3.3 \times 10^{-8} \text{ mol/l}$$

72) صحح الجملة الآتية : القيمة المنخفضة لثابت الاتزان K_{eq} تعني أن كلا التفاعلين الأمامي والعكسي يحدثان ببطء .

- الجملة ليست صحيحة ، إذ أن قيمة K_{eq} لا تعطي أي معلومات حول سرعة حدوث التفاعل أو بطئه .

وتعني القيمة المنخفضة ل K_{eq} فقط احتواء نظام الاتزان على تراكيز من المتفاعلات أعلى من النواتج عند حدوث التفاعلات الأمامية والعكسية بنسبة متساوية .

73) في نظام الاتزان $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$ ، لون NO_2 بني غامق .

فسر اختلاف اللون للاتزان كما هو موضح في الشكل 4-22 .



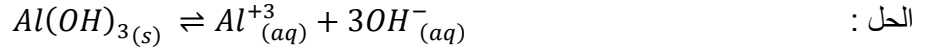
الشكل 4-22

الحل : عند وجود ضغط عالٍ (حجم أقل) يتجه الاتزان نحو الطرف الذي يقلل من قيمة الضغط ،

ويتم ذلك بالاتجاه نحو اليسار مستهلكاً المزيد من NO_2 ذي اللون البين المحمر ، ومنتجاً المزيد من N_2O_4 العديم اللون .

(74) إضافة هيدروكسيد البوتاسيوم إلى محلول هيدروكسيد الألومنيوم المشبع يُقلل من تركيز أيونات الألومنيوم .

اكتب معادلة اتزان الذوبانية وتعبير ثابت حاصل الذوبانية لمحلول مائي مشبع لهيدروكسيد الألومنيوم .



$$K_{SP} = [Al^{+3}] [OH^{-}]^3$$

التفكير الناقد

(75) تحليل افترض أن نظام اتزان عند درجة حرارة معينة K_{eq} له تساوي 1.000 ، ما احتمال أن هذا النظام

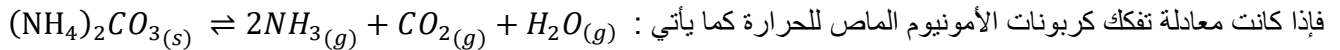
يتكون من 50% متفاعلات و 50% نواتج ؟ فسر إجابتك .

- بما أن K_{eq} هي نسبة النواتج إلى المتفاعلات ، فإنه من الممكن أن يتكون النظام من 50% متفاعلات و 50% نواتج ، ولكن ليس

من الضروري أن يكون الحال كذلك ، حيث يتطلب ثابت حاصل الذائبية عندما تكون قيمته 1.000 أن يكون القيمة العددية لنسبة تركيز

النواتج إلى تركيز المتفاعلات مساوية للقيمة 1.000 ، وذلك عندما تُرفع قيمة كل تركيز إلى قوة تساوي معاملها في المعادلة الموزونة .

(76) تطبيق يستعمل تنشق الأملاح أحياناً لإعادة إنعاش شخص فاقد للوعي ، إذ تتكون هذه الأملاح من كربونات الأمونيوم .



فهل تتوقع أن استنشاق الأملاح يعطي مفعولاً في أيام الشتاء الباردة كما في أيام الصيف الحارة ؟ فسر إجابتك .

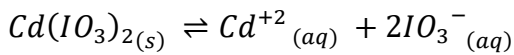
- لا، لأن التفاعل ماص للحرارة وفي فصل الشتاء تنخفض درجة الحرارة وعندها يكون اتجاه إزاحة الاتزان إلى الجهة اليسرى

مما يقلل من تركيز النواتج فلا يعطى المفعول كما كان في أيام الصيف .

(77) إذا علمت أن K_{SP} ليوديدات الكاديوم $Cd(IO_3)_2$ يساوي 2.3×10^{-8} عند درجة حرارة $298 K$ ،

فما تركيز (mol/l) كل من أيونات الكاديوم وأيونات اليوديدات في محلول مشبع مع يوديدات عند درجة حرارة $298 K$ ؟

الحل :



$$s \text{ mol/L} \quad s \text{ mol/L} \quad 2s \text{ mol/L}$$

$$K_{SP} = [Cd^{+2}][IO_3^{-}]^2$$

$$2.3 \times 10^{-8} = (s)(2s)^2 = 4s^3$$

$$s = \sqrt[3]{\frac{2.3 \times 10^{-8}}{4}} = 1.8 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$$

$$[Cd^{+2}] = s \text{ mol/l} = 1.8 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$$

$$[IO_3^{-}] = 2s \text{ mol/l} = 3.6 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$$

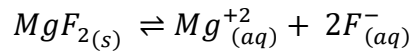
78) **تفسير البيانات** أي المركبات يترسب أولاً إذا تمت إضافة فلوريد الصوديوم الذي تركيزه $0.500 M$ بشكل تدرجي إلى محلول يحتوي على تركيز $0.500 M$ من كل من أيونات الباريوم والمغنسيوم ؟
استعمل الجدول 4-6 واكتب معادلات ائزان الذوبانية وتعابير ثابت حاصل الذوبانية لكلا المركبين . فسر إجابتك .

الجدول 4-6 بيانات المركبين		
المركب	الكتلة المولية g/mol	الذوبانية عند $25^\circ C$ g/l
BaF_2	175.33	1.1
MgF_2	62.30	0.13



$$BaF_{2(s)} \text{ الذائبة المولارية لـ } s = \frac{1.1 g/l}{175.33 g/mol} = 6.3 \times 10^{-3} mol/l$$

$$K_{SP} = [Ba^{+2}] [F^{-}]^2 = (s) (2s)^2 = 4s^3 = 4(6.3 \times 10^{-3})^3 = 1.0 \times 10^{-6}$$



$$MgF_{2(s)} \text{ الذائبة المولارية لـ } s = \frac{0.13 g/l}{62.30 g/mol} = 2.1 \times 10^{-3} mol/l$$

$$K_{SP} = [Mg^{+2}] [F^{-}]^2 = (s) (2s)^2 = 4s^3 = 4(2.1 \times 10^{-3})^3 = 3.7 \times 10^{-8}$$

من المقارنة : قيمة الـ K_{SP} لـ فلوريد المغنسيوم (3.7×10^{-8}) أقل من قيمة K_{SP} لـ فلوريد الباريوم (1.0×10^{-6}) ،
و بالتالي فإن فلوريد المغنسيوم سوف يترسب أولاً .

79) **السبب والنتيجة** افترض أن لديك $2.56 g$ من خليط مكون من كلوريد الصوديوم وكلوريد الباريوم .

فسر كيف يمكن استعمال تفاعل الترسيب لتحديد مقدار كل مركب في الخليط .

1 - نذيب المخلوط في ماء مقطر .

2 : نضيف محلول إضافي يحتوي على الأنيون مثل الكربونات ، الكرومات والكبريتات التي ترسب أيونات الباريوم جميعها .

3 : نرشح الراسب ونجفقه ونقيس كتلته .

4 : نحسب عدد مولات مركب الباريوم المتكون ، الذي يساوي عدد مولات كلوريد الباريوم في المخلوط الأصلي .

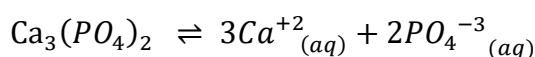
5 : نحسب كتلة كلوريد الباريوم في المخلوط الأصلي ، فيكون المتبقي من الخليط الأصلي هو كلوريد الصوديوم .

80) **قارن** أي المادتين الصلبيتين : فوسفات الكالسيوم وفوسفات الحديد III لها ذوبانية مولارية أكبر ؟

إذا علمت أن $K_{SP} Ca_3(PO_4)_2 = 1.2 \times 10^{-29}$ و $K_{SP} FePO_4 = 1.0 \times 10^{-22}$ أيهما له ذوبانية g/l أعلى ؟

الحل : نحسب الذائبة بالـ mol/l ومن ثم نحولها إلى g/l بالضرب بالكتلة المولية :

أولاً : الذوبانية المولارية لـ $Ca_3(PO_4)_2$:



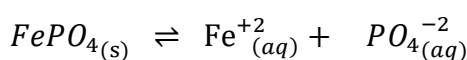
$$s \text{ mol/L} \quad 3s \text{ mol/L} \quad 2s \text{ mol/L}$$

$$K_{SP} = [Ca^{+2}]^3 [PO_4^{-3}]^2$$

$$1.2 \times 10^{-29} = (3s)^3 (2s)^2 = 108 s^5$$

$$s = \sqrt[5]{\frac{1.2 \times 10^{-29}}{108}} = 6.4 \times 10^{-7} \text{ mol/l}$$

ثانياً : الذوبانية المولارية لـ $FePO_4$:



$$s \text{ mol/L} \quad s \text{ mol/L} \quad s \text{ mol/L}$$

$$K_{SP} = [Fe^{+2}] [PO_4^{-2}]$$

$$1.0 \times 10^{-22} = (s) (s) = s^2$$

$$s = \sqrt{1.0 \times 10^{-22}} = 1.0 \times 10^{-11} \text{ mol/l}$$

بالمقارنة نجد أن فوسفات الكالسيوم لها ذائبية مولارية أعلى من فوسفات الحديد .

والآن نحسب الذائبية معبراً عنها بوحدة g/l بالضرب بالكتلة المولية لكل مركب :

$$6.4 \times 10^{-7} \text{ mol/l} \times 310.2 \text{ g/mol} = 2.0 \times 10^{-4} \text{ g/l} \quad : Ca_3(PO_4)_2$$

$$1.0 \times 10^{-11} \text{ mol/l} \times 150.6 \text{ g/mol} = 1.5 \times 10^{-9} \text{ g/l} \quad : FePO_4$$

بالمقارنة نجد أن فوسفات الكالسيوم لها ذائبية أعلى من ذائبية فوسفات الحديد معبراً عنها بوحدة g/l

مسألة تحدّ

(81) تحضير الفوسجين الفوسجين $COCl_2$ غاز سما يستعمل في تصنيع الأصباغ والأدوية والمبيدات الحشرية .

ويمكن تحضيره بتفاعل أول أكسيد الكربون مع غاز الكلور وفق المعادلة : $CO(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons COCl_2(g)$.

بدايةً وضع 1.0000 mol من كلا الغازين في وعاء حجمه 10.00 L وعند وصولهما إلى حالة الاتزان وجد

أن تركيز كل منهما 0.0086 . ما تركيز الفوسجين عند الاتزان ؟ وما K_{eq} للنظام ؟

الحل : التركيز المولاري الابتدائي لكل من CO و Cl_2 يُحسب من حاصل قسمة عدد مولاتها على حجم الوعاء .

$$1.000 \text{ mol} / 10 \text{ L} = 0.1000 \text{ mol/l}$$

وإذا كان تركيز CO و Cl_2 عند الاتزان يساوي 0.0086 mol/l فإن تركيز $COCl_2$:

$$0.1000 \text{ mol/l} - 0.0086 \text{ mol/l} = 0.0914 \text{ mol/l}$$

لذلك، فإن هذه القيمة قد نتجت من خلال التفاعل حيث تمثل قيمة $COCl_2$

$$K_{eq} = \frac{[COCl_2]}{[CO] [Cl_2]} = \frac{(0.0914)}{(0.0086) (0.0086)} = 1236$$

مراجعة تراكمية

82) عندما تقوم بعكس معادلة كيميائية حرارية لماذا يجب عكس إشارة ΔH ؟

- عكس المعادلة الكيميائية الحرارية الطاردة للحرارة مثلاً يجعلها ماصة للحرارة ، وعليه فبدلاً من أن تكون الطاقة ناتجة عن التفاعل ، ستصبح ممتصة . لذا يجب عكس إشارة ΔH .

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

83) مركب جديد تخيل أنك عالم ، وقد قمت بتركيب سائل فريد وجديد وأسميته يولان ومختصره يو .

يولان سائل غير سام ، وتحضيره غير مكلف ، وله القدرة على إذابة كمية كبيرة من غاز ثاني أكسيد الكربون وفق معادلة الاتزان :

$$CO_2(g) \rightleftharpoons CO_2(yo) \quad , \quad K_{eq} = 3.4 \times 10^6$$

84) اكتب مقالة لمجلة أو صحيفة تفسر فيها ميزة يولان في مكافحة الارتفاع في درجات الحرارة العالمي .

- نلاحظ أن ثابت اتزان التفاعل هو رقم كبير (حيث يمتص ثاني أكسيد الكربون) ،
وعليه فالتفاعل ذو كفاءة عالية في إزالة كمية ثاني أكسيد الكربون الزائدة من الغلاف الجوي .
بالإضافة إلى أن مادة اليولان نفسها لا تضر بالبيئة .

85) عسر الماء يسبب وجود أيونات الماغنسيوم والكالسيوم في الماء عسره .

فسر بالاعتماد على الذوبانية لماذا يعد وجود هذين الأيونين أحياناً غير مرغوب فيه . ثم أوجد الطرائق التي يمكن اتخاذها للحد منهما .
الحل : الآثار غير المرغوب بها لوجود هذين الأيونين في الماء :

- تؤدي قلة ذائبية بعض مركبات الماغنسيوم والكالسيوم إلى إتلاف التمديدات الصحية ، وتقليل فاعليتها .
- كما أن قلة ذائبية $CaSO_4$ في الماء الساخن ستؤدي إلى إتلاف الأنابيب الناقلة لها .
- تتفاعل أيونات الماغنسيوم والكالسيوم مع الصابون مكونة مركبات غير ذائبة ، جاعلة الصابون أقل فاعلية ، ومكونة ترسبات على المغاسل .
طرائق يمكن اتخاذها للحد من هذين الأيونين :
- يمكن إزالة أيونات الكالسيوم والماغنسيوم من خلال التنقية ، أو تفاعلات الاستبدال >
- يمكن معالجة الماء الساخن بإضافة كربونات الصوديوم ، مما يؤدي إلى ترسيب كربونات الكالسيوم ، ومنع تكوين $CaSO_4$ في الأنابيب الناقلة .

أسئلة المستندات

التلوث تحتوي عوادم السيارات على الملوثات الخطرة : أول أكسيد النيتروجين NO وأول أكسيد الكربون CO . ويمكن أن تقلل كمية هذين الغازين في الهواء الجوي بتمريرهما فوق سبيكة (عامل محفز) .

عندما يمر غازا NO و CO فوق هذا المحفز ينشأ الاتزان الآتي : $2NO_{(g)} + CO_{(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + 2CO_{2(g)}$ ويتأثر ثابت الاتزان بدرجة الحرارة ، كما هو موضح في الجدول 4-7

جدول 4-7 K_{eq} مقابل درجة الحرارة			
1000 K	900 K	800 K	700 K
3.27×10^{45}	4.66×10^{54}	1.04×10^{66}	9.10×10^{97}

(86) اكتب تعبير ثابت الاتزان لهذا الاتزان .

$$K_{eq} = \frac{[N_2] [CO_2]^2}{[NO]^2 [CO]}$$

(87) ادرس العلاقة بين K_{eq} ودرجة الحرارة . استعمل مبدأ لوتشاتيليه لاستنتاج ما إذا كان التفاعل الأمامي ماصاً أم طارداً للطاقة .

- بما أن قيمة K_{eq} تتناقص مع ازدياد درجة الحرارة لذا نستنتج أن التفاعل الأمامي طارد للحرارة .

(88) فسر كيف أن الراديتر (مبرد السيارة) المطلي بالسبيكة يمكن أن يساعد على تقليل تركيز NO و CO في الغلاف الجوي ؟

عندما يمر غازا NO ، CO على السبيكة المطلى بها الراديتر فإن هذه السبيكة تعمل كعامل محفز يزيد من سرعة التفاعل بين NO و CO فيتكون NO_2 ، CO_2 مما يقلل من تركيز NO و CO في الغلاف الجوي.

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

(1) أي مما يأتي يصف نظاماً وصل إلى حالة الاتزان الكيميائي ؟

a. لا يوجد ناتج جديد يتكون بفعل التفاعل الأمامي .

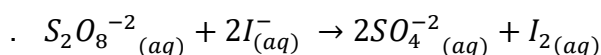
b. لا يحدث التفاعل العكسي في النظام .

c. تركيز المتفاعلات في النظام يساوي تركيز النواتج .

d. سرعة حدوث التفاعل الأمامي تساوي سرعة حدوث التفاعل العكسي .

الجواب : d

(2) يستطيع الطلاب إجراء التفاعل بين أيونات $S_2O_8^{2-}$ وأيونات اليوديد I^- لأنه يسير ببطء كافٍ لقياس سرعته .



تم تحديد رتبة هذا التفاعل في المختبر لتكون الرتبة الأولى في $S_2O_8^{2-}$ والرتبة الأولى في I^- . ما قانون السرعة الكلي لهذا التفاعل ؟

$$R = K [S_2O_8^{2-}]^2 [I^-] . a$$

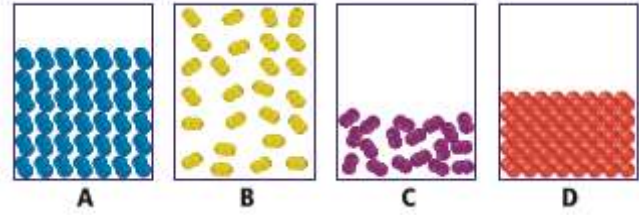
$$R = K [S_2O_8^{2-}] [I^-] . b$$

$$R = K [S_2O_8^{2-}] [I^-]^2 . c$$

$$R = K [S_2O_8^{2-}]^2 [I^-]^2 . d$$

الجواب : b

استعمل الرسوم الآتية للإجابة عن السؤال 3 .



(3) أي الرسوم الأربعة يبين المادة التي لها أضعف قوى بين جزيئية ؟

A .a

B .b

C .c

D .d

الجواب : b

(4) أي نوع من القوى بين الجزيئية ينتج عن عدم توازن مؤقت في الكثافة الإلكترونية حول نواة الذرة ؟

a. الروابط الأيونية

b. قوى التشتت

c. قوى ثنائية القطب

d. الروابط الهيدروجينية .

الجواب : b

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة من 5 إلى 7 .

بيانات التركيز للتوازن الآتي $MnCO_{3(s)} \rightarrow Mn^{+2}_{(aq)} + CO_3^{-2}_{(aq)}$ (عند $289 K$)				
المحاولة	$[Mn^{+2}]$ الابتدائي	$[CO_3^{-2}]$ الابتدائي	$[Mn^{+2}]$ عند الاتزان	$[CO_3^{-2}]$ عند الاتزان
1	0.0000	0.00400	5.60×10^{-9}	4.00×10^{-3}
2	0.0000	0.0000	1.00×10^{-2}	2.24×10^{-9}
3	0.0000	0.0200	1.12×10^{-9}	2.00×10^{-2}

(5) ما قيمة K_{SP} لـ $MnCO_3$ عند درجة حرارة $298 K$ ؟

a. 2.24×10^{-11}

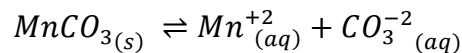
b. 4.00×10^{-11}

c. 1.12×10^{-9}

d. 5.60×10^{-9}

الجواب : a

طريقة الحل :



$$K_{SP} = [Mn^{+2}][CO_3^{-2}] = (5.60 \times 10^{-9})(4.00 \times 10^{-3}) = 2.24 \times 10^{-11}$$

(6) ما ذوبانية $MnCO_3$ عند درجة حرارة $298 K$ ؟

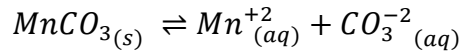
b. $6.32 \times 10^{-2} M$

a. $4.73 \times 10^{-6} M$

d. $3.35 \times 10^{-5} M$

c. $7.48 \times 10^{-5} M$

الجواب : a



طريقة الحل :

$$s = [Mn^{+2}] = [CO_3^{-2}]$$

$$(s)(s) = s^2 = 2.24 \times 10^{-11}$$

$$s = \sqrt{2.24 \times 10^{-11}} = 4.73 \times 10^{-6} M$$

(7) عند خلط $50 ml$ من K_2CO_3 الذي تركيزه $3.00 \times 10^{-6} M$ مع $50 ml$ من $MnCl_2$ ،

سوف يتكون راسب من $MnCO_3$ فقط عندما يكون تركيز محلول $MnCl_2$ أكبر من :

b. $1.49 \times 10^{-5} M$

a. $7.47 \times 10^{-6} M$

d. $3.35 \times 10^{-5} M$

c. $2.99 \times 10^{-5} M$

الجواب : c

طريقة الحل : بما أن حجم المحلول قد تضاعف ، فإن تركيز $[CO_3^{-2}]$ في الخليط يصبح النصف : $\frac{3.00 \times 10^{-6} M}{2} = 1.5 \times 10^{-6} M$

$$[Mn^{+2}][CO_3^{-2}] = [Mn^{+2}](1.5 \times 10^{-6}) = 2.24 \times 10^{-11} \Rightarrow [Mn^{+2}] = \frac{2.24 \times 10^{-11}}{1.5 \times 10^{-6}} = 1.49 \times 10^{-5} M$$

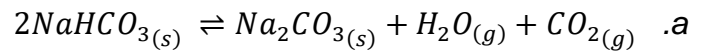
تركيز أيون $[Mn^{+2}]$ يساوي $1.49 \times 10^{-5} M$ ويساوي تركيز أيون $[Mn^{+2}]$ في خليط .

ولتكوين راسب يجب أن يكون تركيز محلول $MnCl_2$ الأصلي كما يلي

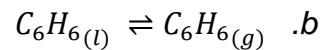
$$= 2(x) = 2(1.49 \times 10^{-5} M) = 2.99 \times 10^{-5} M$$

أسئلة الإجابات القصيرة

(8) اكتب تعبير ثابت الاتزان لكل اتزان غير متجانس فيما يلي :



$$K_{eq} = [H_2O][CO_2]$$



$$K_{eq} = [C_6H_{6(g)}]$$

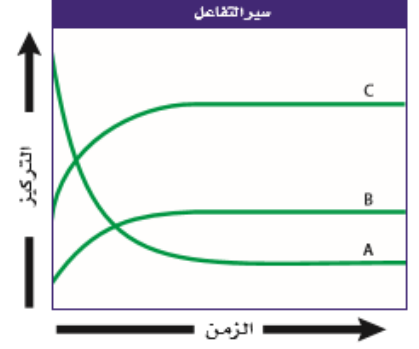
(9) ينتج عن تسخين الحجر الجيري $CaCO_{3(s)}$ الجير الحي $CaO_{(s)}$ وغاز ثاني أكسيد الكربون .

اكتب تعبير ثابت الاتزان للتفاعل العكسي .

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

أسئلة الإجابات المفتوحة

استعمل المخطط الآتي للإجابة عن الأسئلة من 10 - 12



10) صف شكل الرسم البياني عند حدوث الاتزان .

- عند حدوث الاتزان تصبح الخطوط أفقية ، حيث تبقى تراكيز المتفاعلات والنواتج ثابتة عند هذه النقطة .

11) فسر لماذا لا يساوي تركيز المتفاعلات صفرًا عند نهاية هذا التفاعل ؟

- لا يساوي تركيز المتفاعلات صفرًا في نهاية التفاعل ، لأن التفاعل في حالة اتزان .

وحتى يُنتج التفاعل العكسي مزيداً من النواتج يجب أن تكون سرعته مساوية لسرعة التفاعل الأمامي الذي يستهلك المتفاعلات .

12) صنف نوع التفاعل الكيميائي الذي يظهر في هذا الرسم البياني ، وكسف تدعم البيانات فسه استنتاجك ؟

- يعد هذا التفاعل - على الأغلب - تفاعل تفكك . حيث يوجد هناك متفاعل واحد يظهره المنحنى A وتقل ذائبيته كلما استهلك .

كما أن هناك ناتجين ممثلين في الخطين B و C تزداد ذائبيتهما بازدياد الزمن ، حيث إنهما يتكونان من تفكك A .