

سرعة التفاعلات الكيميائية

3-1 نظرية التصادم وسرعة التفاعل

الكيميائي

الصفحات 99 - 92

مسائل تدريبية

الصفحة 95

استعمل البيانات الموجودة في الجدول أدناه لحساب متوسط سرعة التفاعل:

بيانات التجربة للتفاعل $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$			
[HCl]	[Cl ₂]	[H ₂]	الزمن s
0.000	0.050	0.030	0.00
	0.040	0.020	4.00

1. احسب متوسط سرعة التفاعل معبراً عنه بعدد مولات H₂ المستهلكة لكل لتر في كل ثانية.

بما أن H₂ قد استهلك فتكون إشارة متوسط سرعة التفاعل سالبة.

$$\begin{aligned} \text{متوسط سرعة التفاعل} &= -\frac{[H_2]_{t_2} - [H_2]_{t_1}}{t_2 - t_1} = -\frac{\Delta[H_2]}{\Delta t} \\ &= -\frac{0.020 \text{ M} - 0.030 \text{ M}}{4.00 \text{ s} - 0.00 \text{ s}} \\ &= -\frac{-0.010 \text{ M}}{4.00 \text{ s}} \\ &= 0.0025 \text{ mol/(L.s)} \end{aligned}$$

2. احسب متوسط سرعة التفاعل معبراً عنه بعدد مولات Cl₂ المستهلكة لكل لتر في كل ثانية.

بما أن Cl₂ قد استهلك، فتكون إشارة متوسط سرعة التفاعل سالبة.

$$\begin{aligned} \text{متوسط سرعة التفاعل} &= -\frac{[Cl_2]_{t_2} - [Cl_2]_{t_1}}{t_2 - t_1} = -\frac{\Delta[Cl_2]}{\Delta t} \\ &= -\frac{0.040 \text{ M} - 0.050 \text{ M}}{4.00 \text{ s} - 0.00 \text{ s}} \\ &= -\frac{-0.010 \text{ M}}{4.00 \text{ s}} \\ &= 0.0025 \text{ mol/(L.s)} \end{aligned}$$

دليل حلول المسائل

3. تحفيز إذا علمت أن متوسط سرعة التفاعل لحمض الهيدروكلوريك HCl الناتج 0.050 mol/L.s، فما تركيز HCl الذي يتكوّن بعد مرور 4.00 s؟
تكوّن HCl. لذا، سيكون تعبير متوسط سرعة التفاعل موجباً.

$$\text{متوسط سرعة التفاعل} = \frac{[HCl]_{t_2} - [HCl]_{t_1}}{t_2 - t_1}$$

$$[HCl]_{t_1} = 0.000 \text{ M}$$

$$\begin{aligned} [HCl]_{t_2} &= (0.0050 \text{ mol/(L.s)})(t_2 - t_1) \\ &= (0.0050 \text{ mol/(L.s)})(4.00 \text{ s} - 0.00 \text{ s}) \\ &= 0.020 \text{ M} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{متوسط سرعة التفاعل} &= \frac{\Delta[HCl]}{\Delta t} = \frac{0.020 \text{ M} - 0.000 \text{ M}}{4.00 \text{ s} - 0.00 \text{ s}} \\ &= 0.0050 \text{ mol/(L.s)} \end{aligned}$$

مختبر حلّ المشكلات

الصفحة 98

[N ₂ O ₅]	الزمن (min)
0.01756	0
0.00933	20.0
0.00531	40.0
0.00295	60.0
0.00167	80.0
0.00094	100.0

1. احسب متوسط سرعة التفاعلات خلال كلّ فترة زمنية: (0 - 20 min)، (40 - 60 min)، (80 - 100 min).
عبّر عن سرعة التفاعل في كلّ فترة بإشارة موجبة، وبوحدة mol/L. min. N₂O₅.
يمكن حساب متوسط سرعة التفاعل باستعمال المعادلة:

$$\text{متوسط السرعة} = \frac{\Delta[N_2O_5]}{\Delta t}$$

(80 – 100 min):

$$\text{متوسط السرعة} = \frac{2(0.00167 \text{ mol/L} - 0.00094 \text{ mol/L})}{20.0 \text{ min}} = 7.30 \times 10^{-5} \text{ mol/(L} \cdot \text{min)}$$

3. فسر البيانات والنتائج التي توصلت إليها، ثم استعملها في وصف كيفية تغير سرعة تحلل N_2O_5 خلال الزمن. تتناقص سرعة تحلل N_2O_5 مع مرور الزمن.

4. طبق نظرية التصادم لتفسير سبب تغير سرعة التفاعل. تنص نظرية التصادم على وجوب تصادم الذرات، أو الجزيئات، أو الأيونات من أجل حدوث التفاعل، واعتماداً على ذلك النموذج، فإنه عندما يتناقص تركيز N_2O_5 خلال فترة التجربة، يقل عدد الجزيئات المتوافرة للتصادم خلال وحدة الزمن؛ لذا تقل سرعة التفاعل.

التقويم 3-1

الصفحة 99

4. أوجد العلاقة بين نظرية التصادم وسرعة التفاعل. تُفسر نظرية التصادم كيفية حدوث التفاعلات، وكيفية تعديل سرعة التفاعل. وحتى يحدث التفاعل يجب أن تصادم الجزيئات، أو الذرات، أو الأيونات؛ حيث يُحدد تردد ودوران وطاقة هذه التصادمات متوسط سرعة التفاعل الكلي.

5. فسر علام تدل سرعة التفاعل لتفاعل كيميائي محدد؟ تُبين سرعة التفاعل التغير في تراكيز المواد المتفاعلة، أو الناتجة بوحدة $\text{mol/L} \cdot \text{s}$.

6. قارن بين تركيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة خلال فترة التفاعل (على افتراض عدم إضافة أي مادة جديدة). تتناقص تراكيز المواد المتفاعلة، في حين تتزايد تراكيز المواد الناتجة بالسرعة نفسها.

(0 – 20 min):

$$\text{متوسط السرعة} = \frac{(0.01756 \text{ mol/L} - 0.00933 \text{ mol/L})}{20.0 \text{ min}} = 4.12 \times 10^{-4} \text{ mol/(L} \cdot \text{min)}$$

(40 – 60 min):

$$\text{متوسط السرعة} = \frac{(0.00531 \text{ mol/L} - 0.00295 \text{ mol/L})}{20.0 \text{ min}} = 1.18 \times 10^{-4} \text{ mol/(L} \cdot \text{min)}$$

(80 – 100 min):

$$\text{متوسط السرعة} = \frac{(0.00167 \text{ mol/L} - 0.00094 \text{ mol/L})}{20.0 \text{ min}} = 3.65 \times 10^{-5} \text{ mol/(L} \cdot \text{min)}$$

2. احسب متوسط سرعة التفاعل خلال كل فترة زمنية بعدد مولات NO_2 الناتجة لكل لتر لكل دقيقة $(\text{mol/L} \cdot \text{min})$ ، واستعمل المعادلة الكيميائية لتفسير العلاقات بين السرعات المحسوبة في هذا السؤال، وتلك المحسوبة في السؤال 1.

من المعادلة الكيميائية الآتية:



نلاحظ أن سرعة إنتاج NO_2 تساوي ضعف سرعة استهلاك N_2O_5 ؛ وذلك لأن 2 mol من NO_2 تنتج عند استهلاك 1 mol من N_2O_5 .

يمكن حساب متوسط سرعة التفاعل باستعمال المعادلة:

$$\text{متوسط السرعة} = \frac{\Delta[\text{NO}_2]}{\Delta t} = \frac{2\Delta[\text{N}_2\text{O}_5]}{\Delta t}$$

(0 – 20 min):

$$\text{متوسط السرعة} = \frac{2(0.01756 \text{ mol/L} - 0.00933 \text{ mol/L})}{20.0 \text{ min}} = 8.24 \times 10^{-4} \text{ mol/(L} \cdot \text{min)}$$

(40 – 60 min):

$$\text{متوسط السرعة} = \frac{2(0.00531 \text{ mol/L} - 0.00295 \text{ mol/L})}{20.0 \text{ min}} = 2.36 \times 10^{-4} \text{ mol/(L} \cdot \text{min)}$$

7. فسر لماذا يعتمد متوسط سرعة التفاعل على طول الفترة الزمنية اللازمة لحدوث التفاعل؟
علاقة التغير في سرعة المواد المتفاعلة، والنتيجة ليست علاقة خطية مع الزمن. يتناقص متوسط سرعة التفاعل عندما يتناقص تركيز المواد المتفاعلة؛ حيث يتناسب متوسط التغير في سرعة التفاعل تناسباً طردياً مع تراكيز المواد المتفاعلة، لذا كلما ازدادت الفترة الزمنية للتفاعل، قلت قيمة متوسط التغير في سرعته.
8. صف العلاقة بين طاقة التنشيط وسرعة التفاعل الكيميائي. يقل متوسط سرعة التفاعل كلما ازدادت طاقة التنشيط.
9. لخص ماذا يحدث خلال فترة تكون المعقد المنشط القصيرة؟ تنكسر الروابط في المواد المتفاعلة، في حين تتشكل روابط جديدة لتكوين النواتج.
10. طبق نظرية التصادم لتفسير لماذا لا تؤدي الاصطدامات بين جسيمات التفاعل دائماً إلى تفاعل. يجب أن يحدث التصادم في اتجاه مناسب، وامتلاك الطاقة الكافية لتكوين المعقد المنشط.
11. احسب متوسط سرعة التفاعل بين جزيئات A و B إذا تغير تركيز A من 1.00 M إلى 0.50 M خلال 2.00 s.
- $$\text{متوسط سرعة التفاعل} = \frac{-\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{-(0.50 \text{ M} - 1.00 \text{ M})}{2.0 \text{ s}} = \frac{0.50 \text{ M}}{2.0 \text{ s}} = 0.25 \text{ mol/(L.s)}$$

2-3 العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل

الصفحات 104 - 100

التقويم 3-2

الصفحة 104

3-3 قوانين سرعة التفاعل

الصفحات 108 - 105

مسائل تدريبية

الصفحة 108

18. اكتب معادلة قانون سرعة التفاعل $aA \rightarrow bB$ إذا كان تفاعل المادة A من الرتبة الثالثة.

$$R = k[A]^3$$

بدراسة المحاولتين 1 و 2، تؤدي مضاعفة تركيز $[\text{CH}_3\text{CHO}]$ إلى زيادة سرعة التفاعل بمقدار المعامل 4، وبدراسة المحاولتين 2 و 3، نجد أن مضاعفة تركيز المادة $[\text{B}]$ سيؤدي إلى مضاعفة سرعة التفاعل أيضاً بمقدار المعامل 4. لذا فالسرعة في المحاولة 3 هي: $43.2 \times 10^{-11} \text{ mol/(L.s)}$

التقويم 3-3

الصفحة 108

22. اشرح ماذا يمكن أن نعرف عن التفاعل من خلال قانون سرعة التفاعل الكيميائي؟
يُعبّر قانون السرعة عن العلاقة الرياضية بين سرعة التفاعل، وتراكيز المواد المتفاعلة.

23. طبق اكتب معادلات قانون سرعة التفاعل التي تُظهر الفرق بين التفاعل من الرتبة الأولى والتفاعل من الرتبة الثانية لمادة متفاعلة واحدة.

إذا كان التفاعل من الرتبة الأولى تكون المعادلة:

$$R = k[A]$$

أما إذا كان التفاعل من الرتبة الثانية فتكون المعادلة:

$$R = k[A]^2$$

24. اشرح وظيفة ثابت سرعة التفاعل في معادلة قانون سرعة التفاعل.

يربط ثابت سرعة التفاعل (k) بين سرعة التفاعل، والتركيز عند درجة حرارة معينة.

25. وضح متى يمكن أن يصبح ثابت سرعة التفاعل k ليس ثابتاً؟ وعلام تدل قيمة k في قانون سرعة التفاعل؟
تتغير قيمة k مع تغير قيمة درجة الحرارة، فكلما كانت قيمة k أكبر، كان التفاعل أسرع.

26. اقترح تفسيراً لأهمية أن نعرف أن قيمة قانون سرعة التفاعل هو متوسط سرعة التفاعل.

تقل سرعة التفاعل مع الزمن كلما قلت تراكيز المواد المتفاعلة، لذا تُعد سرعة التفاعل هي المعدل خلال الزمن، وليست السرعة عند لحظة معينة.

19. إذا علمت أن التفاعل $2\text{NO(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow 2\text{NO}_2\text{(g)}$ من الرتبة الأولى بالنسبة للأكسجين، والرتبة الكلية للتفاعل هي الرتبة الثالثة، فما القانون العام لسرعة التفاعل؟
 $R = k[\text{O}_2][\text{NO}_2]^2$

20. في ضوء البيانات التجريبية الواردة في الجدول الآتي، حدّد قانون سرعة التفاعل: نواتج $aA + bB \rightarrow$ (ملاحظة: أي رقم مرفوع إلى القوة صفر يساوي 1. على سبيل المثال: $((0.22)^0 = 1$ و $(55.6)^0 = 1$).

بيانات تجريبية			
رقم المحاولة	التركيز الابتدائي $[\text{A}]$ (M)	التركيز الابتدائي $[\text{B}]$ (M)	السرعة الابتدائية mol/(L.s)
1	0.100	0.100	2.00×10^{-3}
2	0.200	0.100	2.00×10^{-3}
3	0.200	0.200	4.00×10^{-3}

بدراسة المحاولتين 1 و 2، سنجد أن مضاعفة تركيز $[\text{A}]$ لا يؤثر في سرعة التفاعل؛ لذا فإن رتبة التفاعل للمادة A تساوي صفراً، وبدراسة المحاولتين 2 و 3، فإن مضاعفة تركيز المادة $[\text{B}]$ يؤدي إلى مضاعفة سرعة التفاعل؛ لذا فرتبة التفاعل أحادية بالنسبة إلى المادة B.

$$k[\text{A}]^0[\text{B}]^1 = k[\text{B}]$$

21. تخفيض إذا علمت أن قانون سرعة التفاعل:
 $\text{CH}_3\text{CHO}_{(g)} \rightarrow \text{CH}_{4(g)} + \text{CO}_{(g)}$ هو: $R = k[\text{CH}_3\text{CHO}]^2$. فاستعمل هذه المعلومات لتعبئة البيانات المفقودة في الجدول الآتي:

بيانات تجريبية		
رقم المحاولة	التركيز الابتدائي $[\text{A}]$ (M)	السرعة الابتدائية mol/(L.s)
1	2.00×10^{-3}	2.70×10^{-11}
2	4.00×10^{-3}	10.8×10^{-11}
3	8.00×10^{-3}	

32. كيف يمكن أن تعبر عن سرعة التفاعل الكيميائي $A \rightarrow B$ بالاعتماد على تركيز المادة المتفاعلة A؟ وكيف يمكن مقارنة سرعة التفاعل بالاعتماد على المادة الناتجة B؟

يعبر عن السرعة بأنها النقصان في [A] خلال وحدة الزمن؛
 $R = \frac{\Delta[A]}{\Delta t}$ ، أما رقمياً فتكون السرعتان متساويتين، ولكن تكون إشارة $\frac{\Delta[A]}{\Delta t}$ سالبة، في حين تكون إشارة $\frac{\Delta[B]}{\Delta t}$ موجبة.

33. ما دور المعقد المنشط في التفاعل الكيميائي؟
 يُعد المعقد المنشط حالة وسطية بين المواد المتفاعلة، والمواد الناتجة.

34. افترض أن جزيئين قد يتفاعلا إذا تصادما، فتحت أي ظرف لا يمكن أن يتفاعلا؟
 لا تحدث التفاعلات بين الجزيئات إذا لم يؤد التصادم إلى وجود كمية كافية من الطاقة، وإذا لم يتوافر الاتجاه المناسب لحظة التصادم.

إتقان حل المسائل

35. يتفاعل المغنسيوم مع حمض الهيدروكلوريك حسب المعادلة: $Mg_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow H_2(g) + MgCl_{2(aq)}$
 إذا كانت كتلة Mg تساوي 6.00 g لحظة بدء التفاعل، وبقي منها 4.5 g، بعد مضي 3.00 min فما متوسط سرعة التفاعل بدلالة عدد مولات Mg المستهلكة/دقيقة؟
 احسب كتلة Mg المستهلكة:

$6.00 \text{ g Mg} - 4.50 \text{ g Mg} = 1.50 \text{ g Mg}$
 احسب عدد مولات Mg، ثم احسب متوسط سرعة التفاعل:

$$\text{mol Mg} = \frac{1.50 \text{ g Mg}}{24.3 \text{ g Mg/mol}} = 0.0617 \text{ mol Mg}$$

$$\text{متوسط السرعة} = \frac{0.0617 \text{ mol}}{3.00 \text{ min}} = 2.06 \times 10^{-2} \text{ mol/min}$$

27. فسر كيفية ارتباط الأسس في معادلة قانون سرعة تفاعل كيميائي بالمعاملات في المعادلة الكيميائية التي تمثله.
 لا توجد علاقة بصورة عامة. ولكن في حالة نادرة لتفاعل ذي خطوة واحدة، ومعقد منشط محدد، يمكن أن تتساوى الأسس مع المعاملات في المعادلة.

28. حدد الرتبة الكلية لتفاعل المادتين A و B إذا علمت أن معادله سرعته: $R = k[A]^2[B]^2$.
 الرتبة الكلية للتفاعل 4، وهي مجموع الأسس.

29. صمم تجربة اشرح كيف يمكن تصميم تجربة لتحديد القانون العام لسرعة التفاعل باستعمال طريقة مقارنة السرعات الابتدائية للتفاعل: $aA + bB \rightarrow$
 لتحديد رتبة المادة المتفاعلة A، تقاس سرعة التفاعل لعدة محاولات، حيث تتغير قيمة [A] في كل مرة، في حين تبقى قيمة [B] ثابتة، ولتحديد رتبة المادة المتفاعلة B، تقاس سرعة التفاعل مرات عدة، باعتبار تغير قيمة [B]، في حين تبقى قيمة [A] ثابتة.

الفصل 3 مراجعة الفصل

الصفحات 112 - 115

3-1

إتقان المفاهيم

30. ماذا يحدث لتركيز المواد المتفاعلة والناتجة في أثناء حدوث التفاعل؟
 يقل تركيز المواد المتفاعلة، في حين يزداد تركيز المواد الناتجة.

31. اشرح المقصود بمتوسط سرعة التفاعل.
 متوسط سرعة التفاعل هو التغير في تركيز المواد المتفاعلة أو الناتجة خلال فترة زمنية محددة.

42. طُبِّقَ نظرية التصادم لتفسير سبب تفاعل مسحوق الخارصين لإنتاج غاز الهيدروجين أسرع من تفاعل قطع كبيرة منه عند وضع كليهما في محلول حمض الهيدروكلوريك. تسمح زيادة المساحة السطحية لمسحوق الخارصين للذرات بالتصادم بصورة أكبر مع جسيمات الحمض خلال وحدة الزمن.

43. يتحلَّل فوق أكسيد الهيدروجين إلى ماء وغاز الأكسجين بسرعة أكبر عند إضافة ثاني أكسيد المنجنيز. اشرح دور ثاني أكسيد المنجنيز في هذا التفاعل إذا علمت أنه لا يُستهلك في التفاعل. يُعدّ ثاني أكسيد المنجنيز محفِّزاً لتفاعل التحلُّل؛ لأنه يؤدي إلى تقليل طاقة التنشيط.

إتقان حل المسائل

44. لنفترض أن كمية كبيرة من محلول فوق أكسيد الهيدروجين الذي تركيزه 3% قد تتحلَّل لإنتاج 12 mL من غاز الأكسجين خلال 100 ثانية عند درجة حرارة 298 K. قدّر كمية غاز الأكسجين التي تُنتج عن مقدار مماثل من المحلول في 100 ثانية وعند درجة حرارة 308 K. تتضاعف سرعة التفاعل لكل زيادة في درجة الحرارة مقدارها 10 K. لذا، سيُنتج 24 mL من غاز الأكسجين تقريباً.

45. استعمل المعلومات في السؤال 44 لتقدير كمية غاز الأكسجين التي تُنتج عن كمية مماثلة من المحلول خلال 100 ثانية وعند درجة حرارة 318 K، ثمّ قدّر الزمن اللازم لإنتاج 12 mL من غاز الأكسجين عند درجة حرارة 288 K.

تتضاعف سرعة التفاعل عند ازدياد درجة الحرارة بمقدار 10 K تقريباً. لذا، سيُنتج 48 mL من غاز الأكسجين تقريباً. وتقلّ السرعة بمقدار النصف لكل انخفاض مقداره 10 K؛ لذا سيتضاعف الزمن إلى 200 s تقريباً؛ للحصول على كمية الأكسجين نفسها.

36. إذا وجد أن سرعة تفاعل كيميائي $2.25 \times 10^{-2} \text{ mol/L.s}$ عند درجة حرارة 322 K، فما مقدار هذه السرعة بوحدة mol/L.min ؟

$$\text{متوسط السرعة} = 2.25 \times 10^{-2} \text{ mol/(L.s)} \times \frac{60 \text{ sec}}{1 \text{ min}} = 1.35 \text{ mol/(L.min)}$$

3 – 2

إتقان المفاهيم

37. ما دور نشاط المواد المتفاعلة في تحديد سرعة التفاعل الكيميائي؟ تعتمد سرعة التفاعل على نشاط المواد المتفاعلة، وتكون المواد المتفاعلة ذات النشاط الأعلى تحت ظروف معينة، هي الأسرع في التفاعل.

38. ما العلاقة بين سرعة التفاعل عموماً وتركيز المواد المتفاعلة؟ تؤدي زيادة التركيز إلى زيادة السرعة، في حين يؤدي تقليل التركيز إلى تقليل السرعة.

39. طُبِّقَ نظرية التصادم لتفسير سبب زيادة سرعة التفاعل بزيادة تركيز المواد المتفاعلة. زيادة تركيز المواد المتفاعلة، يزيد من عدد فرص التصادمات بين جسيمات التفاعل.

40. فسّر لماذا تتفاعل المادة الصلبة – التي على شكل مسحوق – مع الغاز أسرع من تفاعل المادة الصلبة نفسها إذا كانت قطعة واحدة؟ للحبيبات الصلبة الناعمة مساحة سطح أكبر من القطع الكبيرة.

41. حفظ الأغذية طُبِّقَ نظرية التصادم لتفسير فساد الطعام ببطء عند وضعه في الثلاجة بالمقارنة ببقائه خارجها عند درجة حرارة الغرفة. يقلل خفض درجة الحرارة عدد التصادمات بين المواد المتفاعلة في الطعام، ولهذا تقلّ سرعة التفاعلات الكيميائية التي تؤدي إلى فساد الطعام.

3-3

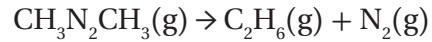
إتقان المفاهيم

46. عند اشتقاق قانون سرعة التفاعل، فسر لماذا يجب الاعتماد على الأدلة التجريبية أكثر من الاعتماد على المعادلات الكيميائية الموزونة للتفاعل؟
لأن معظم التفاعلات الكيميائية تحدث بأكثر من خطوة.

47. كانت معادلة التفاعل العام هي: $A + B \rightarrow AB$ وقد وُجدَ بالاعتماد على البيانات التجريبية أن رتبة التفاعل من الرتبة الثانية بالنسبة للمادة المتفاعلة A، فكيف تتغير سرعة التفاعل إذا انخفض تركيز المادة A إلى النصف، وبقيت جميع الظروف الأخرى ثابتة؟
تقل السرعة إلى ربع قيمة سرعتها الابتدائية.

إتقان حل المسائل

48. تم الحصول على البيانات التجريبية المدرجة في الجدول 3-4 من تحليل مركب الأزوميثان $CH_3N_2CH_3$ عند درجة حرارة محددة بحسب المعادلة:



استعمل البيانات الواردة في الجدول 3-3 لتحديد قانون سرعة التفاعل.

جدول 3-3 تحليل مادة الأزوميثان		
رقم التجربة	$[CH_3N_2CH_3]$ الابتدائي	السرعة الابتدائية للتفاعل
1	0.012 M	$2.5 \times 10^{-6} \text{ mol/L}\cdot\text{s}$
2	0.024 M	$5.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}\cdot\text{s}$

تؤدي مضاعفة تركيز الأزوميثان $CH_3N_2CH_3$ في التجربة رقم 2 إلى مضاعفة سرعة التفاعل؛ لذا تكون معادلة متوسط السرعة:

$$k[CH_3N_2CH_3] = \text{متوسط سرعة التفاعل}$$

49. استعمل بيانات الجدول 3-3 لحساب قيمة ثابت سرعة التفاعل k.

$$k[CH_3N_2CH_3] = \text{متوسط سرعة التفاعل}$$

$$k = \frac{\text{متوسط سرعة التفاعل}}{[CH_3N_2CH_3]}$$

$$k = \frac{2.5 \times 10^{-6} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}}{0.012 \text{ mol/L}}$$

$$= 2.1 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$

50. استعمل بيانات الجدول 3-3 لتوقع سرعة التفاعل، إذا كان التركيز الابتدائي لـ $CH_3N_2CH_3$ هو 0.048 M، ودرجة الحرارة ثابتة.

$$k[CH_3N_2CH_3] = \text{متوسط سرعة التفاعل}$$

$$(0.048 \text{ mol/L}) \times 2.1 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1} = \text{متوسط سرعة التفاعل}$$

$$= 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$$

مراجعة عامة

51. قوّم صحة الجملة الآتية: يمكنك تحديد سرعة تفاعل كيميائي عن طريق معرفة نسبة مولات المواد المتفاعلة في معادلة موزونة. فسر إجابتك.
الجملة غير موثوقة؛ لأن معظم التفاعلات الكيميائية تحدث في صورة سلسلة من الخطوات الابتدائية، ويجب أن يحدد قانون سرعة التفاعل وفق الطريقة التجريبية.

52. يتناقص تركيز المادة المتفاعلة A من 0.400 mol/L إلى 0.384 mol/L خلال 4.00 min. احسب متوسط سرعة التفاعل خلال هذه الفترة بوحدة mol/L.min.

$$= -\frac{\Delta[A]}{t_2 - t_1}$$

$$= -\frac{(0.384 \text{ mol/L} - 0.400 \text{ mol/L})}{4.00 \text{ min} - 0.00 \text{ min}}$$

$$= 0.0040 \text{ mol/L}\cdot\text{min}$$

تُعدّ طاقة تنشيط التفاعل الطردِيّ أكبر من طاقة تنشيط التفاعل العكسيّ.

56. تأمّل مخطّط الطاقة لتفاعل ماصّ للطاقة، مكوّن من خطوة

واحدة، ثمّ قارن ارتفاع طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي والتفاعل العكسيّ.

تُمثّل مساحة المنطقة الأكبر تظليلاً تحت المنحنى ارتفاع درجة الحرارة الأعلى، حيث تشير T_2 إلى أن عدد التصادمات الناتجة في أثناء التفاعل يكون كبيراً عند درجة الحرارة المرتفعة.

57. طبّق طريقة مقارنة السرعات الابتدائية لتحديد رتبة

التفاعل الكيميائي بالنسبة لل مادة المتفاعلة X. واكتب مجموعة من البيانات التجريبية الافتراضية التي تقود إلى استنتاج أن تفاعل المادة X من الرتبة الثانية.

يجب أن تشير بيانات الطلاب إلى أن التغيّر في السرعة الابتدائية للتفاعل يتناسب تناسباً طردياً مع مربع التغيّر في تركيز المادة المتفاعلة X.

58. طبّق نظرية التصادم لتفسير سببين يوضحان أن الزيادة في

درجة حرارة التفاعل بمقدار 10 K تؤدي غالباً إلى مضاعفة سرعة التفاعل.

إن زيادة درجة الحرارة بمقدار 10 K، تزيد من متوسط سرعة تفاعل الجسيمات. وعليه، تزداد وتيرة التصادمات، إضافة إلى ازدياد عدد التصادمات التي لها طاقة كافية لتكوين المعقد المنشط بمقدار الضعف في معظم الأحيان.

59. ارسم مخطّطاً يبيّن جميع الاحتمالات للتصادمات بين

جزيئين من المادة المتفاعلة A، وجزيئين من المادة المتفاعلة B. ثمّ زد عدد جزيئات A من 2 إلى 4، وارسم جميع احتمالات التصادم التي يتحد فيها A مع B. كم سيزداد عدد التصادمات التي ينتج عنها اتحاد A مع B؟ وعلّام يدلّ ذلك فيما يتعلّق بسرعة التفاعل؟

ازداد عدد التصادمات بين A وB من 4 إلى 8؛ أي ما يساوي الضعف، وبما أن سرعة التفاعل تعتمد على عدد التصادمات، فستتضاعف السرعة على الأرجح.

53. إذا زاد تركيز إحدى المواد الناتجة من 0.0882 mol/L إلى

0.1446 mol/L خلال 12.0 min، فما متوسط سرعة التفاعل خلال تلك الفترة؟

$$\begin{aligned} \text{النواتج } \Delta[\text{النواتج}] &= \frac{\Delta t}{\Delta t} \\ &= \frac{0.1446 \text{ mol/L} - 0.0882 \text{ mol/L}}{12.0 \text{ min}} \\ &= 4.70 \times 10^{-3} \text{ mol/(L.min)} \end{aligned}$$

54. يعبر عن التركيز في التفاعل الكيميائي بوحدة mol/L

وعن الزمن بوحدة s. فإذا كان التفاعل الكلي من الرتبة الثالثة، فما وحدة ثابت سرعة التفاعل؟

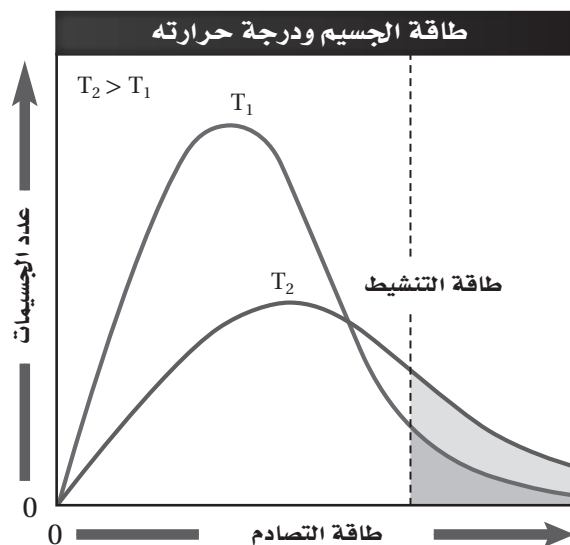
متوسط سرعة التفاعل mol/(L.s)

$$\begin{aligned} \text{متوسط سرعة التفاعل } \text{mol/(L.s)} &= k (\text{mol/L})^3; \\ k &: \text{L}^2/(\text{mol}^2.\text{s}) \end{aligned}$$

التفكير الناقد

55. ميّز بين المناطق المظلّلة في الشكل 15-3 عند درجتي

الحرارة T_1 و T_2 بالاعتماد على عدد الاصطدامات التي تحدث في وحدة الزمن والتي لها طاقة أكبر من أو تساوي طاقة التنشيط.



الشكل 15-3

احسب عدد مولات كلوريد الحديد III، ثم احسب كتلته :

$$\text{عدد مولات المذاب (mol)} = \frac{\text{المولارية } M}{\text{حجم المحلول (L)}}$$

$$1.00 \text{ L} \times \frac{0.225 \text{ mol FeCl}_3}{1 \text{ L}} \times \frac{162.20 \text{ g FeCl}_3}{1 \text{ mol FeCl}_3} = 36.5 \text{ g FeCl}_3$$

63. ما المعلومات التي ينبغي معرفتها لحساب الارتفاع في درجة غليان محلول الهكسان في البنزين؟
مولارية المحلول، وثابت الارتفاع في درجة غليان البنزين.

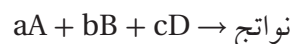
64. إذا كانت ΔH لتفاعل ما سالبة. فقللنا طاقة المواد الناتجة بطاقة المواد المتفاعلة، وهل التفاعل ماص أم طارد للطاقة؟
يُعدُّ التفاعل طارداً للطاقة؛ لأنَّ قيمة ΔH سالبة؛ حيث للمواد المتفاعلة طاقة أعلى من المواد الناتجة.

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

65. الأدوية تحيّل انتشار مرض الأنفلونزا في بلد ما. ولحسن الحظ قام العلماء باكتشاف محفّز جديد يزيد من سرعة إنتاج دواء فعّال ضد هذا المرض. اكتب مقالاً صحفياً يصف كيفية عمل هذا المحفّز على أن يشمل المقال مخطّط الطاقة في التفاعلات التي تحدث، وشرّحاً مفصّلاً لأهمية هذا الاكتشاف.
ستتنوّع الإجابات، غير أنَّها يجب أن تتضمن وصفاً لطريقة عمل المحفّزات، ومخطّط الطاقة للتفاعل، ووصفاً مفصّلاً لأهمية هذا الاكتشاف.

60. صمّم جدولاً لكتابة تراكيز المواد المتفاعلة في المعادلة التالية، مبتدئاً بـ 0.100 M لكل المتفاعلات، ثم حدّد قانون سرعة التفاعل باستعمال طريقة مقارنة السرعات الابتدائية:



يجب أن يتضمّن الجدول مجموعات التجارب التي من خلالها تمّ تثبيت تراكيز المادتين المتفاعلتين، في حين تمّ تغيير تركيز المادة المتفاعلة الثالثة، ويجب أن تُجرى أربع محاولات من التجارب للتفاعلات الثلاثة طلباً للدقة.

مسألة تحفيز

61. الهيدروكربونات يتحوّل البروبان الحلقي C_3H_6 عند تسخينه إلى بروبين $CH_2 = CHCH_3$. فإذا علمت أن سرعة التفاعل من الرتبة الأولى بالنسبة للبروبان الحلقي، وكان ثابت السرعة عند درجة حرارة معينة $6.22 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ ، وثبّت تركيز البروبان الحلقي عند 0.0300 mol/L ، فما كتلة البروبين الناتجة خلال 10.0 min في حجم مقداره 2.50 L ؟

احسب متوسط سرعة التفاعل، ثم احسب كتلة البروبان الناتجة :

$$\begin{aligned} \text{متوسط سرعة التفاعل} &= 6.22 \times 10^{-4} \text{ 1/s} \times (0.0300 \text{ mol/L}) \\ &= 1.87 \times 10^{-5} \text{ mol/L.s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{كتلة البروبان الناتجة} &= 1.87 \times 10^{-5} \text{ mol/L.s} \times 600 \text{ s} \\ &\times 2.50 \text{ L} \times 42.1 \text{ g/mol} \end{aligned}$$

$$= 1.18 \text{ g}$$

مراجعة تراكمية

62. ما كتلة كلوريد الحديد III اللازمة لتحضير محلول مائي منه حجمه 1.0 L وتركيزه 0.225 M ؟
احسب الكتلة المولية لكلوريد الحديد III FeCl_3 :

$$\text{الكتلة المولية} = 55.85 \text{ g/mol} + 3(35.45 \text{ g/mol})$$

$$= 162.20 \text{ g/mol FeCl}_3$$

اختبار مُقنن

الصفحتين 116 - 117

أسئلة الاختيار من متعدد

1. جميع العبارات التالية حول سرعة التفاعل الكيميائية صحيحة ما عدا:
- السرعة التي يحدث بها التفاعل.
 - التغير في تراكيز المواد المتفاعلة خلال وحدة الزمن.
 - التغير في تراكيز المواد الناتجة خلال وحدة الزمن.
 - كمية المواد الناتجة المتكوّنة في كلّ فترة زمنية.

d

2. ادرس العبارات التالية:

- العبارة الأولى: من العوامل التي تؤثر في سرعة التفاعل طبيعة المادة المتفاعلة، والتركيز، ومساحة سطح التفاعل، ودرجة الحرارة، والمحفّزات.
- العبارة الثانية: تزيد المحفّزات من سرعة التفاعلات بزيادة طاقة التنشيط.
- العبارة الثالثة: يجب أن تصطدم جسيمات المواد المتفاعلة حتى يحدث تفاعل.
- أيّ العبارات السابقة صحيحة؟

- الأولى والثانية.
- الثانية والثالثة.
- الأولى والثالثة.
- الأولى والثانية والثالثة.

c

أسئلة المستندات

الكواشف الكيميائية يُستعمل الكاشف الكيميائي (الفينولفثالين) للكشف عن القواعد. تُبيّن بيانات الجدول 3-5 انخفاض تركيز الفينولفثالين مع مرور الزمن عند إضافة محلول الفينولفثالين ذي التركيز 0.0050 M إلى محلول مركّز من مادة قاعدية تركيزها 0.6 M.

الجدول 3-5 التفاعل بين الفينولفثالين وكمية فائضة من مادة قاعدية.	
الزمن (s)	تركيز الفينولفثالين (M)
0.0	0.0050
22.3	0.0040
91.6	0.0020
160.9	0.0010
230.3	0.00050
350.7	0.00015

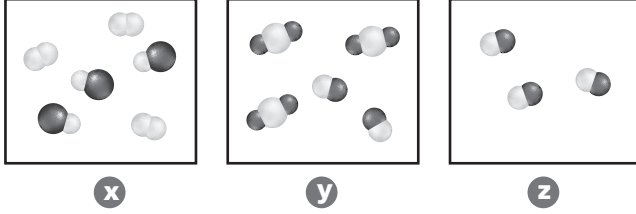
تمّ الحصول على البيانات من: شبكة بوند للأبحاث 2006 الكيمياء الحركة.

66. ما متوسط سرعة التفاعل في أول 22.3 s مُعبراً عنه بوحدة mol/(L.s) ؟

$$\begin{aligned}
 \text{متوسط سرعة التفاعل} &= \frac{\Delta[\text{الفينولفثالين}]}{\Delta t} \\
 &= \frac{0.0050 \text{ mol/L} - 0.0040 \text{ mol/L}}{22.3 \text{ s}} \\
 &= 4.5 \times 10^{-5} \text{ mol/(L.s)}
 \end{aligned}$$

67. ما متوسط سرعة تفاعل الفينولفثالين عندما ينخفض تركيزه من 0.00050 M إلى 0.00015 M ؟

$$\begin{aligned}
 \text{متوسط سرعة التفاعل} &= \frac{0.00050 \text{ mol/L} - 0.00015 \text{ mol/L}}{350.7 \text{ s} - 230.3 \text{ s}} \\
 &= 2.9 \times 10^{-6} \text{ mol/(L.s)}
 \end{aligned}$$



6. أيّ العينات تحتوي على جزيئات غاز الأكسجين؟

- a. x
- b. y
- c. z
- d. كلٌّ من x و y

(a)

7. أيّ العينات تحتوي على جزيئات فلوريد الماغنسيوم؟

- a. x
- b. y
- c. z
- d. كلٌّ من x و y

(b)

أسئلة الإجابات القصيرة

8. افترض أن قانون السرعة العام: $R = [A][B]^3$. ما

رتبة التفاعل بالنسبة لكلٍّ من المادة A والمادة B؟ وما رتبة

التفاعل الكلية؟

يكون التفاعل من الرتبة الأولى بالنسبة للمادة A، ومن

الرتبة الثالثة بالنسبة للمادة B، ومن الرتبة الرابعة

بالنسبة لرتبة التفاعل الكلية.

3. ما حجم الماء الذي يجب إضافته إلى 6.0 mL من محلول قياسي تركيزه 0.050 M لتخفيفه إلى محلول تركيزه 0.020 M؟

- a. 15 mL
- b. 9.0 mL
- c. 6.0 mL
- d. 2.4 mL

(b)

احسب عدد المولات في المحلول الأصلي:

$$(0.050 \text{ mol/L}) \times (6.0 \text{ mL}) \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}}$$

$$= 3.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

وهو العدد نفسه من المولات في المحلول المخفف. احسب الحجم النهائي المطلوب لتخفيف المحلول:

$$\frac{3.0 \times 10^{-3} \text{ mol}}{0.020 \text{ mol/L}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 15.0 \text{ mL}$$

احسب حجم الماء المضاف:

$$15.0 \text{ mL} - 6.0 \text{ mL} = 9.0 \text{ mL}$$

4. أيّ الوحدات لا تُستعمل للتعبير عن سرعة التفاعل؟

- a. M/min
- b. L/s
- c. mol/mL.h
- d. mol/L.min

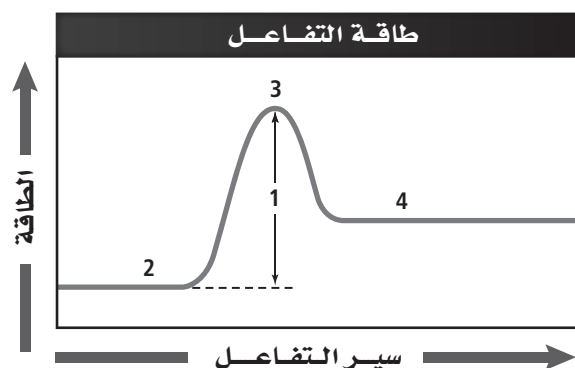
(b)

5. أيّ أنواع القوى بين الجزيئية الآتية يُعدّ الأقوى؟

- a. الرابطة الأيونية.
- b. قوى ثنائية القطب.
- c. قوى التشتت.
- d. الرابطة الهيدروجينية.

(a)

استعمل الأشكال أدناه للإجابة عن السؤالين 6 و 7

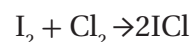


9. يُبين الشكل أعلاه منحنى طاقة تفاعل. إلام يُشير كل رقم من الأرقام المبيّنة على الرسم؟
- 2: المواد المتفاعلة
3: المعقد المنشط
4: المواد الناتجة
1: طاقة التنشيط

10. المعادلة $R = k[A]$ تصف سرعة تفاعل من الرتبة الأولى. إذا تضاعف تركيز المادة المتفاعلة A فماذا يطرأ على سرعة التفاعل؟ ستضاعف

أسئلة الإجابات المفتوحة

11. يتفاعل اليود والكلور في الحالة الغازية:



فإذا كان $[I_2]$ يساوي 0.400 M عند بداية التفاعل، وأصبح 0.300 M بعد مضي 4.00 min. فاحسب متوسط سرعة التفاعل بوحدة mol/L.min.

بما أن $[I_2]$ قد استهلك، فيجب أن تكون قيمة متوسط سرعة التفاعل موجبة.

$$\begin{aligned} \text{متوسط سرعة التفاعل} &= - \frac{[I_2]_{t_2} - [I_2]_{t_1}}{t_2 - t_1} \\ &= - \frac{\Delta[I_2]}{\Delta t} = - \frac{0.300 \text{ M} - 0.400 \text{ M}}{4.00 \text{ min} - 3.00 \text{ min}} \\ &= - \frac{-0.100 \text{ M}}{4.00 \text{ min}} = 0.0250 \text{ mol/(L.min)} \end{aligned}$$

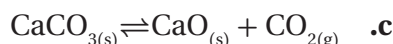
الاتزان الكيميائي

4-1 حالة الاتزان الديناميكي

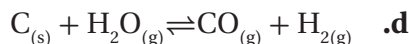
الصفحات 120 - 132

مسائل تدريبية

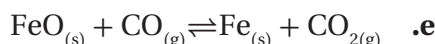
الصفحات 127 - 131



$$K_{eq} = [\text{CO}_{2(g)}]$$

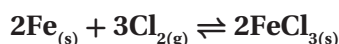


$$K_{eq} = \frac{[\text{CO}_{(g)}][\text{H}_{2(g)}]}{[\text{H}_2\text{O}_{(g)}]}$$



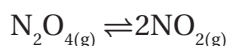
$$K_{eq} = \frac{[\text{CO}_{2(g)}]}{[\text{CO}_{(g)}]}$$

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



$$K_{eq} = \frac{1}{[\text{Cl}_2]^3}$$

5. احسب قيمة K_{eq} للاتزان:



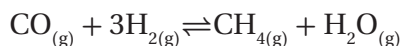
إذا علمت أن:

$$[\text{N}_2\text{O}_4] = 0.0185 \text{ mol/L},$$

$$[\text{NO}_2] = 0.0627 \text{ mol/L}$$

$$K_{eq} = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = \frac{(0.0627)^2}{(0.0185)} = 0.213$$

6. احسب قيمة K_{eq} للاتزان



إذا علمت أن:

$$[\text{CO}] = 0.0613 \text{ mol/L},$$

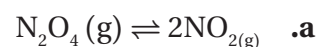
$$[\text{H}_2] = 0.1839 \text{ mol/L},$$

$$[\text{CH}_4] = 0.0387 \text{ mol/L},$$

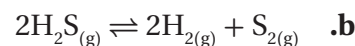
$$[\text{H}_2\text{O}] = 0.0387 \text{ mol/L}$$

$$K_{eq} = \frac{[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^3} = \frac{(0.0387)(0.0387)}{(0.0613)(0.1839)^3} = 3.93$$

1. اكتب تعابير ثابت الاتزان للمعادلات الآتية:



$$K_{eq} = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$$



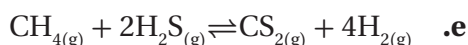
$$K_{eq} = \frac{[\text{H}_2]^2[\text{S}_2]}{[\text{H}_2\text{S}]^2}$$



$$K_{eq} = \frac{[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^3}$$



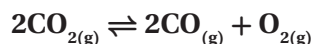
$$K_{eq} = \frac{[\text{NO}]^4[\text{H}_2\text{O}]^6}{[\text{NH}_3]^4[\text{O}_2]^5}$$



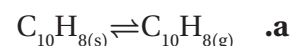
$$K_{eq} = \frac{[\text{CS}_2][\text{H}_2]^4}{[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{S}]^2}$$

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

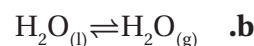
$$K_{eq} = \frac{[\text{CO}]^2[\text{O}_2]}{[\text{CO}_2]^2}$$



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



$$K_{eq} = [\text{C}_{10}\text{H}_{8(g)}]$$



$$K_{eq} = [\text{H}_2\text{O}_{(g)}]$$

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

$$K_{eq} = \frac{(0.550)(0.550)}{(0.135)} = 2.24$$

12. فسّر البيانات يوضح الجدول الآتي قيم ثابت الاتزان عند ثلاث درجات حرارة مختلفة. في أيٍّ منها يكون تركيز النواتج أكبر؟ فسّر إجابتك.

ثابت الاتزان ودرجات الحرارة		
373 K	273 K	263 K
4.500	0.500	0.0250

373K، بما أن المواد الناتجة تكون في بسط المعادلة. لذا، فكلما زادت قيمة K_{eq} ، زاد تركيز المواد الناتجة.

4-2 العوامل المؤثرة في الاتزان الكيميائي

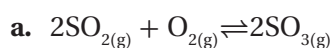
الصفحات 139 – 133

التقويم 4-2

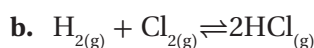
الصفحة 139

13. فسّر كيف يستجيب النظام في حالة الاتزان إلى الجهد؟ واذكر العوامل التي تؤثر في نظام متزن. يمكن أن يتحول الاتزان نحو الاتجاه الذي يقلل من أثر التغيرات ومعدّلها. ومن العوامل التي يمكن أن تؤثر في الاتزان: التغير في التركيز، والضغط (أو الحجم)، ودرجة الحرارة.

14. فسّر كيف يؤثر تقليل حجم وعاء التفاعل في كل نظام اتزان ممّا يأتي؟



ينزاح الاتزان نحو اليمين.



ليس له أي تأثير في الاتزان.

7. تحفيز يصل التفاعل $COCl_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + Cl_{2(g)}$ إلى حالة الاتزان عند درجة حرارة 900 K، فإذا كان تركيز كلٍّ 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} .

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

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

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

التقويم 4-1

الصفحة 132

8. فسّر 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. في حالة الاتزان المتجانس، تكون جميع المواد المتفاعلة والناتجة في الحالة الفيزيائية نفسها، في حين تكون في حالات فيزيائية مختلفة في حالة الاتزان غير المتجانس.

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

للوصول إلى حالة الاتزان، يجب أن يكون مزيج التفاعل في وعاء مغلق، وعند درجة حرارة ثابتة، وأن تتواجد المواد المتفاعلة والناتجة جميعها في الوعاء نفسه.

11. احسب قيمة K_{eq} عند درجة حرارة 400 K للتفاعل الآتي:



إذا علمت أن:

$$[PCl_5] = 0.135 \text{ mol/L}, [PCl_3] = 0.550 \text{ mol/L},$$

$$[Cl_2] = 0.550 \text{ mol/L}$$

3- 4 استعمال ثوابت الاتزان

الصفحات 140 - 150

مسائل تدريبية

الصفحات 141 - 148

18. يُنتج الميثانول عن تفاعل أول أكسيد الكربون مع الهيدروجين: $\text{CO}_{(g)} + 2\text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}_{(g)}$ ، فإذا كان $K_{eq} = 10.5$ عند درجة حرارة محدّدة، فاحسب التراكيز الآتية:

a. $[\text{CO}]$ في خليط اتزان يحتوي على 0.933 mol/L H_2 و $1.32 \text{ mol/L CH}_3\text{OH}$

$$K_{eq} = \frac{[\text{CH}_3\text{OH}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^2}$$

$$10.5 = \frac{(1.32)}{[\text{CO}](0.933)^2}$$

$$[\text{CO}] = 0.144 \text{ M}$$

b. $[\text{H}_2]$ في خليط اتزان يحتوي على 1.09 mol/L CO و $0.325 \text{ mol/L CH}_3\text{OH}$

$$K_{eq} = \frac{[\text{CH}_3\text{OH}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^2}$$

$$10.5 = \frac{(0.325)}{(1.09)[\text{H}_2]^2}$$

$$[\text{H}_2] = 0.169 \text{ M}$$

c. $[\text{CH}_3\text{OH}]$ في خليط اتزان يحتوي على 0.0661 mol/L H_2 و 3.85 mol/L CO

$$K_{eq} = \frac{[\text{CH}_3\text{OH}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^2}$$

$$10.5 = \frac{[\text{CH}_3\text{OH}]}{(3.85)(0.0661)^2}$$

$$[\text{CH}_3\text{OH}] = (10.5)(3.85)(0.0661)^2 = 0.177 \text{ M}$$

15. قرّر ما إذا كان رفع درجة الحرارة أو خفضها يُنتج المزيد من CH_3CHO في معادلة الاتزان الآتية: $\text{C}_2\text{H}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{CHO}_{(g)}$ $\Delta H^\circ = -151 \text{ kJ}$ قيمة ΔH° سالبة. لذا يُعدّ التفاعل طارداً للطاقة، وانطلقت الحرارة على صورة نواتج، ويؤدي تناقص النواتج (خفض درجات الحرارة) انزياح التفاعل نحو اليمين لإنتاج المزيد من المواد الناتجة. لذا، سيُنتج مزيد من CH_3CHO عند درجات الحرارة المنخفضة.

16. وضح يُظهر الجدول تراكيز مادتين A و B في خليط تفاعل، يتفاعلان حسب المعادلة $2A \rightleftharpoons B$ و $K_{eq} = 200$. هل المزيجان عند موضعي اتزان مختلفين؟

التركيز mol/L		
[B]	[A]	تفاعل
0.0200	0.0100	1
0.400	0.0500	2

التفاعل 1:

$$\frac{[B]}{[A]^2} = \frac{(0.0200)}{(0.0100)^2} = 200$$

التفاعل 2:

$$\frac{[B]}{[A]^2} = \frac{(0.500)}{(0.0500)^2} = 200$$

المزيجان عند موضع الاتزان نفسه.

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

يجب أن تُظهر خريطة المفاهيم أن تركيز المواد الناتجة تزداد بازدياد تركيز المواد المتفاعلة، أو بإزالة (أو تقليل) النواتج، أو برفع درجة الحرارة أو تخفيضها؛ اعتماداً على كون التفاعل ماصاً أو طارداً للحرارة.

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

$$K_{sp} = [Pb^{2+}][CO_3^{2-}] = 7.40 \times 10^{-14}$$

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

$$s = \sqrt{7.40 \times 10^{-14}} = 2.72 \times 10^{-7} M$$

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

$$= 7.27 \times 10^{-5} \text{ g/L}$$

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

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



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

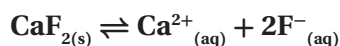
$$K_{sp} = [Ag^+][Br^-]$$

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

$$s = \sqrt{5.4 \times 10^{-13}}$$

$$= 7.3 \times 10^{-7} M = [Ag^+]$$

b. $[F^-]$ في محلول مشبع من CaF_2 .



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

$$s = \frac{1}{2} [F^-]$$

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

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

$$s = \sqrt[3]{\frac{3.5 \times 10^{-11}}{4}}$$

$$= 2.1 \times 10^{-4} M$$

$$\frac{1}{2} [F^-] = 2.1 \times 10^{-4} M$$

$$[F^-] = 4.2 \times 10^{-4} M$$

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 1 L إلى أن يصل إلى حالة اتزان. فإذا كان تركيز A عند الاتزان 0.450 mol/L، فما تراكيز المواد الأخرى عند الاتزان؟ وما قيمة K_{eq} ؟

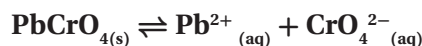
استناداً إلى الحسابات الكيميائية للمعادلة، فإن تركيز B يساوي: 0.450 M، في حين أن تركيز كل من C، و D يساوي: $1.00 - 0.450 = 0.550 M$.

$$K_{eq} = \frac{(0.550)(0.550)}{(0.450)(0.450)} = 1.49$$

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

اكتب المعادلة الموزونة لكل تفاعل، ثم احسب المولارية:

a. $PbCrO_4$



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

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

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

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

b. $AgCl$



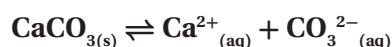
$$s \text{ mol/L} \quad s \text{ mol/L} \quad s \text{ mol/L}$$

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

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

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

c. $CaCO_3$



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

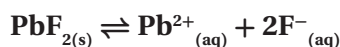
$$K_{sp} = [Ca^{2+}][CO_3^{2-}]$$

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

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

25. استعمل قيم K_{sp} من الجدول 3-4 لتتوقع هل سيتكوّن

راسب عند خلط كميات متساوية من المحاليل الآتية أم لا:
 a. $0.10 \text{ M Pb(NO}_3)_2$ و 0.030 M NaF



$$Q_{sp} = [\text{Pb}^{2+}][\text{F}^{-}]^2 = (0.050 \text{ M})(0.015 \text{ M})^2$$

$$= 1.12 \times 10^{-5}$$

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

سيُتكوّن راسب من PbF_2 ؛ لأن: $K_{sp} < Q_{sp}$
 b. $0.25 \text{ M K}_2\text{SO}_4$ و 0.010 M AgNO_3



$$Q_{sp} = [\text{Ag}^+]^2[\text{SO}_4^{2-}] = (0.0050 \text{ M})^2(0.125 \text{ M})$$

$$= 3.1 \times 10^{-6}$$

$$K_{sp} = 1.2 \times 10^{-5}$$

لن يتكوّن راسب من Ag_2SO_4 ؛ لأن: $K_{sp} > Q_{sp}$

26. تخفّض هل يتكوّن راسب عند إضافة 250 mL من

0.20 M MgCl_2 إلى 750 mL من 0.0025 M NaOH ؟
 احسب تراكيز كل من Mg^{2+} و OH^{-} ، ثم احسب Q_{sp} وقارنه بـ K_{sp}

$$[\text{Mg}^{2+}] = 0.20 \text{ M} \times \frac{250 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}} = 0.050 \text{ M}$$

$$[\text{OH}^{-}] = 0.0025 \text{ M} \times \frac{750 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}} = 0.0019 \text{ M}$$

$$Q_{sp} = [\text{Mg}^{2+}][\text{OH}^{-}]^2 = (0.050 \text{ M})(0.0019 \text{ M})^2$$

$$= 1.8 \times 10^{-7}$$

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

سيُتكوّن راسب؛ لأن: $K_{sp} < Q_{sp}$

c. $[\text{Ag}^+]$ في محلول من Ag_2CrO_4 عند الاتزان.



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

$$s = \frac{1}{2} [\text{Ag}^+]$$

$$K_{sp} = [\text{Ag}^+]^2[\text{CrO}_4^{2-}]$$

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

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

$$= 6.5 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$\frac{1}{2} [\text{Ag}^+] = 6.5 \times 10^{-5} \text{ M}$$

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

23. احسب ذائبية Ag_3PO_4 .

$$K_{sp} = [\text{Ag}^+]^3[\text{PO}_4^{3-}] = 2.6 \times 10^{-18}$$

$$[\text{PO}_4^{3-}] = s, [\text{Ag}^+] = 3s$$

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

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

24. تخفّض ذائبية كلوريد الفضة $\text{g}/100 \text{ g}$ $(\text{AgCl}) = 1.86 \times 10^{-4}$

في الماء عند درجة حرارة 298 K. احسب K_{sp} لـ AgCl .

$$s = \frac{1.86 \times 10^{-4} \text{ g}}{100 \text{ g H}_2\text{O}} \times \frac{1000 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ L}}$$

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

$$s = \frac{1.86 \times 10^{-3} \text{ g}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ mol}}{143.4 \text{ g}} = 1.30 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

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

$$K_{sp} = (1.30 \times 10^{-5} \text{ mol/L})(1.30 \times 10^{-5} \text{ mol/L})$$

$$= 1.7 \times 10^{-10}$$

$$s = \sqrt[9]{\frac{6.8 \times 10^{-37}}{84375}} = 2.7 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ ذائبية $= 2.7 \times 10^{-5} \text{ M}$
بالنسبة إلى الفلوروأباتيت:

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

$$84374s^9 = 1 \times 10^{-60}$$

$$s = \sqrt[9]{\frac{1 \times 10^{-60}}{84375}} = 6 \times 10^{-8} \text{ M}$$

$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ ذائبية $= 6 \times 10^{-8} \text{ M}$

$$\frac{2.7 \times 10^{-5} \text{ M}}{6 \times 10^{-8} \text{ M}} = 450$$

ذائبية هيدروكسي الأباتيت أكبر 450 مرة من ذائبية
الفلوروأباتيت.

التقويم 3- 4

الصفحة 150

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 الذائبية في حساب ذائبية
مركب أيوني قليل الذوبان؟

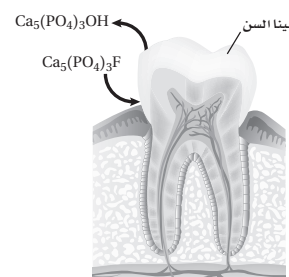
اكتب معادلة التفاعل عند الاتزان وتعبير ثابت حاصل
الذوبان؛ لتساوي قيمة S الذائبية المولية للمركب.
واستبدل مضاعفات S المناسبة في تعبير ثابت حاصل
الذوبان، ثم جد قيمة S .

29. صف كيف يُقلل وجود الأيون المشترك ذائبية المركب
الأيوني؟

يقلل الأيون المشترك الذائبية بتحويل اتجاه الاتزان نحو
المادة الصلبة الراسبة.

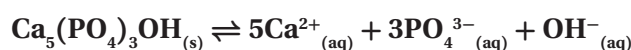
مختبر حل المشكلات

الصفحة 150



التفكير الناقد

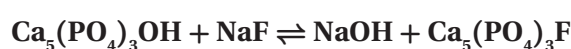
1. اكتب معادلة ذوبان هيدروكسي الأباتيت وتعبير ثابت
الاتزان له. كيف تختلف الظروف في الفم عن الظروف في
الاتزان الفعلي؟



$$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}]^5[\text{PO}_4^{3-}]^3[\text{OH}^{-}]$$

لا يُعدّ الفم نظامًا مغلقًا؛ وذلك لأن اللعاب يُنتج ويُبلع
بانتظام.

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



3. احسب ذائبية هيدروكسي الأباتيت والفلوروأباتيت في الماء،
ثمّ قارن ذائبيتهما.
بالنسبة إلى هيدروكسي الأباتيت:
افترض أن: (الذائبية) $[\text{OH}^{-}] = s$ ، عندئذ:

$$[\text{Ca}^{2+}] = 5s, [\text{PO}_4^{3-}] = 3s$$

$$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}]^5[\text{PO}_4^{3-}]^3[\text{OH}^{-}] = 6.8 \times 10^{-37}$$

$$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH} \text{ ذائبية} = (5s)^5(3s)^3(s) = 6.8 \times 10^{-37}$$

$$84,375 s^9 = 6.8 \times 10^{-37}$$

تحرير كمية أقل من جزيئات الأكسجين في الأجزاء الأخرى من الجسم؛ ونتيجة لذلك ستنتج طاقة أقل تؤدي إلى شعور الشخص بالإعياء والتعب.

الفصل 4 مراجعة الفصل

الصفحات 154 - 157

4-1

إتقان المفاهيم

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

يمكن أن تشمل الحالات مجموعة المركبات التي تعبر الجسر ذهاباً وإياباً، وركوب دراجة هوائية، والتوازن على لعبة السيسو، والتوازن بالوقوف على اليدين، وغيرها.

34. إذا قيل لك إن تراكيز المتفاعلات والنواتج لا تتغير فلماذا تُستعمل كلمة ديناميكي لوصف الاتزان الكيميائي؟ تستمر المتفاعلات في إنتاج النواتج، وتستمر النواتج في إنتاج المتفاعلات.

35. هل تمثل المعادلة الآتية اتزاناً متجانساً أم غير متجانس؟ فسر

$$\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_{(l)}$$
 تمثل المعادلة اتزاناً غير متجانس؛ لأن المتفاعلات والنواتج متمثلة في أكثر من حالة فيزيائية.

36. ما المقصود بموضع الاتزان؟ موضع الاتزان مجموعة محدّدة من تراكيز الاتزان.

37. وضح كيفية كتابة تعبير ثابت الاتزان. نسبة تراكيز النواتج إلى نسبة تراكيز المتفاعلات مع كل تركيز مرفوع إلى قوة حسب معاملها في المعادلة الموزونة.

38. لماذا يجب أن تعير انتباهك للحالات الفيزيائية للنواتج والمتفاعلات عند كتابة تعابير ثابت الاتزان؟ تحذف تراكيز السوائل والمواد الصلبة النقية من تعبير ثابت الاتزان.

30. وضح الفرق بين K_{sp} و Q_{sp} . وهل يُعدّ Q_{sp} ثابت اتزان؟ يُعدّ Q_{sp} حاصل ضرب تراكيز الأيونات التي يمكن أن تكون موجودة في محلول مركب أيوني. وتقاس قيمته للمقارنة بقيمة K_{sp} التي تُعبر عن حاصل ضرب تراكيز الأيونات الموجودة فعلياً في محلول مشبع. حيث يُعدّ K_{sp} ثابت الاتزان، في حين لا يُعدّ Q_{sp} ثابت اتزان.

31. احسب ذائبة كربونات الماغنسيوم MgCO_3 في الماء النقي إذا كان K_{sp} يساوي 2.6×10^{-9} .

$$[\text{Mg}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] = 2.6 \times 10^{-9}$$

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

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

32. صمّم تجربة اعتماداً على الذائبة لتوضح أيّ الأيونين Mg^{2+} أو Pb^{2+} يوجد في محلول مائي.

بما أن كرومات الماغنسيوم ذائبة، وكرومات الرصاص غير ذائبة. لذا، أضف 10.0 mL من محلول كرومات البوتاسيوم تركيزه 0.10 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 المحلول المجهول على أيون الرصاص II فسوف تترسب PbCrO_4 الصلبة الصفراء اللون.

الكيمياء والصحة

الكتابة في الكيمياء

ابحث عن أزمة الاختناق عند النوم، كيف يمكن أن يؤثّر حدوث الاختناق في اتزان هيموجلوبين الجسم؟ للمزيد من المعلومات عن الهيموجلوبين ووظيفته في جسم الإنسان ارجع إلى الموقع www.obeikaneducation.com

قد يؤدي انقطاع التنفس في أثناء النوم إلى تقليل كمية الأكسجين في الرئتين. ويحدث الأثر نفسه الناتج عن التنفس في هواء الجبال المرتفعة. ويسبب الاتزان إنتاج الأكسجين بمعدل مرتفع مما يدفع جزيئات الأكسجين إلى البقاء في الرئتين فيؤدي ذلك إلى خروج الدم حاملاً معه كميات قليلة من الأكسجين. ويؤدي التركيز المنخفض لأكسجين هيموجلوبين الدم المؤكسد إلى

الكتلة المولية للمنجنيز = 54.94 g/mol

احسب عدد مولات المنجنيز:

$$1076.6 \text{ g Mn} \times \frac{1 \text{ mol Mn}}{54.94 \text{ g Mn}} = 19.596 \text{ mol Mn}$$

احسب التركيز المولاري:

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

44. قيمة K_{eq} للتفاعل $A + 2B \rightleftharpoons C$ تساوي 3.63، يوضح الجدول 4-5 تراكيز المتفاعلات والنواتج في خليط تفاعلين مختلفين عند درجة الحرارة نفسها. حدّد ما إذا كان التفاعل في حالة اتزان.

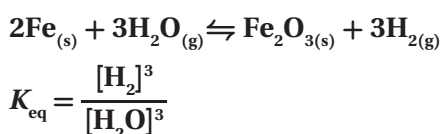
الجدول 4-5 تراكيز A و B و C		
C (mol/L)	B (mol/L)	A (mol/L)
0.700	0.621	0.500
0.250	0.525	0.250

احسب K_{eq} باستعمال البيانات الواردة في الجدول أعلاه:

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

التفاعلان في حالة اتزان.

45. إذا مرّ بخار ماء من خلال برادة حديد فسيُنتج أكسيد الحديد III الصُّلب وغاز الهيدروجين عن التفاعل العكسي. اكتب معادلة كيميائية موزونة وتعبير ثابت الاتزان للتفاعل الذي يُنتج أكسيد الحديد III وغاز الهيدروجين.



دليل حلول المسائل

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

تعبّر قيمة K_{sp} الكبيرة عددياً عن أن تراكيز النواتج الموجودة في البسط أكبر من تراكيز المتفاعلات الموجودة في المقام.

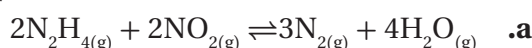
40. ماذا يحدث لـ K_{eq} لنظام متزن، إذا تمّ إعادة كتابة معادلة التفاعل بطريقة عكسية؟ تكون القيمة الجديدة لـ K_{eq} هي مقلوب قيمتها الأصلية.

41. كيف لنظام الاتزان أن يحتوي على كميات صغيرة وغير متغيّرة من النواتج، وفي الوقت نفسه يحتوي على كميات كبيرة من المتفاعلات؟ كيف يمكن أن تبرّر K_{eq} لمثل هذا الاتزان؟

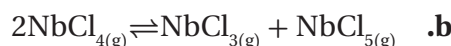
يحدث مثل هذا الاتزان إذا تفاعلت النواتج الأولية المتكوّنة بسرعة لدرجة تصبح معها سرعة التفاعل العكسي مساوية لسرعة التفاعل الأمامي. ويجب أن تكون قيمة K_{eq} العددية صغيرة. ولا تتغيّر تراكيز المتفاعلات والنواتج، حيث يمر كل جزيء من المتفاعلات والنواتج بتغيّر كيميائي عندما تتساوى سرعة التفاعلين الأمامي والعكسي.

إتقان حل المسائل

42. اكتب تعبير ثابت الاتزان لكلّ اتزان متجانس فيما يأتي:



$$K_{eq} = \frac{[\text{N}_2]^3[\text{H}_2\text{O}]^4}{[\text{N}_2\text{H}_4]^2[\text{NO}_2]^2}$$



$$K_{eq} = \frac{[\text{NbCl}_3][\text{NbCl}_5]}{[\text{NbCl}_4]^2}$$

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؟ احسب حجم المكعب وحوّله إلى وحدة L:

$$\text{حجم المكعب} = (5.25 \text{ cm})^3 = 145 \text{ cm}^3$$

$$145 \text{ cm}^3 \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ cm}^3} = 0.145 \text{ L}$$

4-2

إتقان المفاهيم

51. المشروبات الغازية تستعمل مبدأ لوتشاتلييه لشرح كيف

تسبب إزاحة الاتزان الآتي فقدان الشراب طعمه عند ترك غطاء القارورة مفتوحاً $\text{H}_2\text{CO}_{3(aq)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{CO}_{2(g)}$ بما أن $\text{CO}_{2(g)}$ يتحرر باستمرار فور فتح غطاء القارورة، لذا يستمر الاتزان في تغيير اتجاهه إلى اليمين إلى أن يستنفد $\text{H}_2\text{CO}_{3(aq)}$.

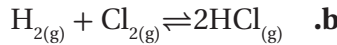
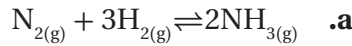
52. فسر كيف تؤثر زيادة درجة الحرارة في الاتزان الموضح في

المعادلة الآتية: حرارة $\text{PCl}_{5(g)} \rightleftharpoons \text{PCl}_{3(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$ تميل عملية التسخين إلى تفضيل التفاعل العكسي (الماص للحرارة) وذلك بتحويل الاتزان نحو اليسار.

53. إذا أضيف مذيب سائل من الكلور إلى دورق يحتوي تفاعل

الاتزان الآتي: حرارة $\text{PCl}_{5(g)} \rightleftharpoons \text{PCl}_{3(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$ فكيف يتأثر الاتزان عند ذوبان كمية من غاز الكلور؟ يتجه الاتزان نحو اليمين لإنتاج المزيد من الكلور.

54. إذا أعطيت التفاعلين الآتيين عند الاتزان:

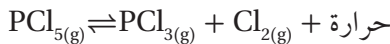


فسر لماذا يسبب تغيير حجم وعاء التفاعلين تغيير موضع الاتزان لـ a ولا يؤثر في b؟

يختلف عدد مولات الغاز للمتفاعلات والنواتج في المعادلة a، في حين يتساوى عدد مولات الغاز على طرفي المعادلة b. فعندما يتساوى عدد مولات الغاز على طرفي المعادلة، فلن يكون لتغيير الحجم أي تأثير في الاتزان.

55. هل تتوقع أن تزداد أم تقل قيمة K_{eq} العددية عند زيادة درجة

الحرارة في الاتزان الآتي؟ فسر إجابتك:



ستقل قيمة K_{eq} العددية عندما يتحول اتجاه الاتزان نحو اليسار، ويحدث امتصاص للحرارة.

46. ما المقصود بالشغل المبذول على تفاعل ما عند الاتزان؟

التأثير الواقع على التفاعل عند الاتزان هو أي تغيير في التركيز، الحجم، الضغط، أو درجة الحرارة، ويؤدي إلى إزاحة اتجاه الاتزان نحو اليمين أو اليسار.

47. كيف يصف مبدأ لوتشاتلييه استجابة الاتزان للإجهاد؟

ينص مبدأ لوتشاتلييه 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.

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

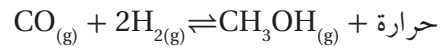
a. تراكيز المتفاعلات

b. تراكيز 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

ينزاح الاتزان نحو اليمين

b. خفض درجة الحرارة

ينزاح الاتزان نحو اليمين

c. إضافة عامل محفز

لا ينزاح الاتزان نحو أي اتجاه.

d. إزالة CH_3OH

ينزاح الاتزان نحو اليمين

e. تقليل حجم وعاء التفاعل

ينزاح الاتزان نحو اليمين

60. الأشعة السينية لماذا يُعدّ استعمال كبريتات الباريوم أفضل من كلوريد الباريوم عند التعرّض للأشعة السينية؟ علماً أنه عند درجة حرارة 26°C فإن 37.5 g من BaCl_2 يمكن أن تذوب في 100 mL من الماء.

تُعدّ أيونات الباريوم مادة سامة للإنسان. أمّا كبريتات الباريوم فيمكن تناولها بأمان؛ لأن ذائبيتها منخفضة جداً. وبسبب ذائبية كلوريد الباريوم العالية؛ فذلك يجعل تناوله غاية في الخطورة.

61. فسّر ما يحدث في الشكل 23-4 اعتماداً على Q_{sp} و K_{sp} . سيتكوّن راسب؛ لأن $Q_{sp} > K_{sp}$.

62. صف المحلول الناتج عن خلط محلولين لهما $Q_{sp} = K_{sp}$ ، هل يتكوّن راسب؟ سيكون المحلول الجديد مشبعاً، ولا يتكوّن راسب.

إتقان حلّ المسائل

63. اكتب تعبير K_{sp} لكرومات الرصاص PbCrO_4 ، واحسب ذائبيته بوحدة mol/L، علماً أن $K_{sp} = 2.3 \times 10^{-13}$.

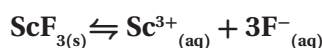
$$K_{sp} = [\text{Pb}^{2+}] [\text{CrO}_4^{2-}] = 2.3 \times 10^{-13}$$

$$s = [\text{Pb}^{2+}] = [\text{CrO}_4^{2-}]$$

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

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

64. K_{sp} لفلوريد الإسكانديوم ScF_3 عند درجة حرارة 298 K يساوي 4.2×10^{-18} . اكتب معادلة الاتزان الكيميائية لذائبية فلوريد الإسكانديوم في الماء. ما تركيز أيونات Sc^{3+} اللازمة لتكوين راسب إذا كان تركيز أيون الفلوريد 0.076 M؟



$$K_{sp} = [\text{Sc}^{3+}] [\text{F}^{-}]^3;$$

$$4.2 \times 10^{-18} = [\text{Sc}^{3+}] [0.076]^3$$

$$[\text{Sc}^{3+}] = \frac{4.2 \times 10^{-18}}{(0.076)^3} = 9.6 \times 10^{-15} \text{ M}$$

56. فسّر كيف يمكن أن تُنظّم الضغط لتُعزّز تكوين النواتج في نظام الاتزان الآتي: $\text{MgCO}_{3(s)} \rightleftharpoons \text{MgO}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)}$. يعزّز تقليل الضغط تكوين MgO و CO_2 ؛ لأن الناتج الغازي يميل إلى إعادة الضغط واسترجاعه.

57. يتفاعل الإيثيلين C_2H_4 مع الهيدروجين لإنتاج الإيثان C_2H_6 وفق المعادلة: حرارة $\text{C}_2\text{H}_{4(g)} + \text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_{6(g)}$. كيف يمكنك تنظيم درجة الحرارة لهذا الاتزان لكي:

a. تزيد كمية الإيثان الناتج.

خفض درجة الحرارة.

b. تُقلّل تركيز الإيثيلين.

خفض درجة الحرارة.

c. تزيد كمية الهيدروجين في وعاء التفاعل.

رفع درجة الحرارة.

4-3

إتقان المفاهيم

58. ماذا تعني بقولك إن لدى محلولين أيوناً مشتركاً؟ اذكر مثالاً يوضّح ذلك.

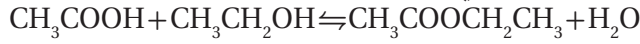
إذا كان في المحلولين أيون مشترك، فإن ذلك يعني أن كليهما يحتوي على الأيون نفسه. فمثلاً $\text{NaCl}_{(aq)}$ و $\text{KCl}_{(aq)}$ يحتويان على $\text{Cl}^{-}_{(aq)}$.

59. لماذا لا تُعطى بعض المركّبات مثل كلوريد الصوديوم قيم K_{sp} ؟

لا تُعطى المركّبات الذائبة في الأغلب قيم K_{sp} لأنها ستكون أعداداً كبيرة. وبالإضافة إلى ذلك، نادراً ما تترسّب مثل هذه المركّبات من محاليلها إلا إذا كانت تراكيز الأيونات مرتفعة بصورة كبيرة.

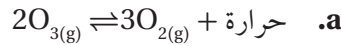
مراجعة عامة

67. تتنحج إيثانوات الإيثيل $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$ من الاتزان الموصوف في المعادلة الآتية:

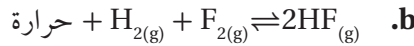


لماذا تسبب إزالة الماء إنتاج المزيد من إيثانوات الإيثيل؟
تؤدي إزالة H_2O إلى إزاحة الاتزان نحو اليمين، وإنتاج المزيد من إيثانوات الإيثيل.

68. كيف يتأثر كل اتزان فيما يلي بانخفاض درجة الحرارة؟

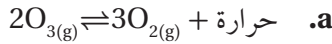


سينزاح التفاعل نحو اليمين.

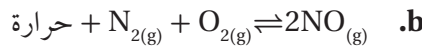


سينزاح التفاعل نحو اليسار.

69. كيف يتأثر كل اتزان فيما يلي بارتفاع كل من درجة الحرارة والحجم في الوقت نفسه؟



ستؤدي زيادة درجة الحرارة إلى تغيير الاتجاه نحو اليسار، وتؤدي زيادة الحجم إلى تغيير الاتجاه نحو اليمين.



ستؤدي زيادة درجة الحرارة إلى تغيير الاتجاه نحو اليمين. كما لا تؤدي زيادة الحجم إلى أي تغيير؛ لأن هناك أعداداً متساوية من جزيئات المتفاعلات والنواتج. وسيتجه الاتزان نحو اليمين.

70. ثابت حاصل الذائبية لزرنيخات الرصاص $\text{Pb}_3(\text{AsO}_4)_2$ هو 4.0×10^{-36} في درجة حرارة 298 K احسب الذائبية بوحدة mol/L لهذا المركب عند درجة الحرارة نفسها.



$$s \text{ mol/L} \rightleftharpoons 3s \text{ mol/L} + 2s \text{ mol/L}$$

$$K_{sp} = [\text{Pb}^{2+}]^3 [\text{AsO}_4^{3-}]^2$$

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

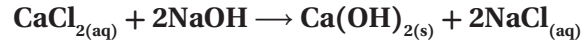
$$4.0 \times 10^{-36} = 108 s^5$$

$$s^5 = \frac{4.0 \times 10^{-36}}{108} = 3.7 \times 10^{-38}$$

$$s = \sqrt[5]{3.7 \times 10^{-38}} = 3.3 \times 10^{-8} \text{ M}$$

67 الكيمياء. الفصل 4

65. هل يتكوّن 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 4-4. وضح إجابتك.



$$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}] [\text{OH}^{-}]^2 = 5.0 \times 10^{-6}$$

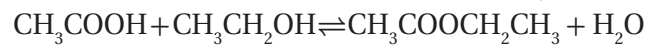
$$[\text{Ca}^{2+}] = \frac{(0.0626 \text{ L}) (0.0322 \text{ mol/L})}{(0.0626 \text{ L} + 0.0313 \text{ L})} = 2.15 \times 10^{-2} \text{ M}$$

$$[\text{OH}^{-}] = \frac{(0.0313 \text{ L}) (0.0145 \text{ mol/L})}{(0.0626 \text{ L} + 0.0313 \text{ L})} = 4.83 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$Q_{sp} = [2.15 \times 10^{-2}] [4.83 \times 10^{-3}]^2 = [5.02 \times 10^{-7}]$$

لا، لا يتكوّن راسب؛ لأن $Q_{sp} = 5.02 \times 10^{-7}$ ، وهذا أقل من قيمة K_{sp} لهيدروكسيد الكالسيوم التي تساوي 5.0×10^{-6} .

66. صناعة إيثانوات الإيثيل $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$ مذيب يُستعمل في صناعة الورنيش، ويمكن إنتاجه بتفاعل الإيثانول وحمض الإيثانويك (الخلّيك)، ويمكن وصف الاتزان بالمعادلة الآتية:



احسب K_{eq} باستعمال تراكيز الاتزان الآتية:

$$[\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3] = 2.90 \text{ M},$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0.316 \text{ M},$$

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

$$K_{eq} = \frac{[\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}]}$$

$$= \frac{(2.90 \text{ M}) (0.114 \text{ M})}{(0.316 \text{ M}) (0.313 \text{ M})}$$

$$= 3.34$$

التفكير الناقد

74. تحليل افترض أن نظام اتزان عند درجة حرارة معينة K_{eq} له تساوي 1.000، ما احتمال أن هذا النظام يتكوّن من 50% متفاعلات و 50% نواتج؟ فسّر إجابتك.

من الممكن أن يتكوّن النظام من 50% من المتفاعلات و 50% من النواتج، ولكن ليس من الضروري أن يكون الحال كذلك، حيث يتطلب ثابت حاصل الذائبية عندما تكون قيمته 1.000، أن تكون القيمة العددية لنسبة تركيز النواتج إلى تركيز المتفاعلات مساوية للقيمة 1.00، وذلك عندما ترفع قيمة كل تركيز إلى قوة تساوي معاملها في المعادلة الموزونة.

75. تطبيق يُستعمل تنشّق الأملاح أحياناً لإعادة إنعاش شخص فاقد للوعي؛ إذ تتكوّن هذه الأملاح من كربونات الأمونيوم. فإذا كانت معادلة تفكك كربونات الأمونيوم الماص للحرارة كما يأتي:

$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_{3(s)} \rightleftharpoons 2\text{NH}_{3(g)} + \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)}$

فهل تتوقع أن استنشاق الأملاح يعطي مفعولاً في أيام الشتاء الباردة كما في أيام الصيف الحارة؟ فسّر إجابتك. لا؛ لأن تحلل كربونات الأمونيوم ماص للحرارة. وعليه، يتحلل المركب بسرعة أكبر عند درجة حرارة أكبر.

76. إذا علمت أن K_{sp} ليوديدات الكاديوم $\text{Cd}(\text{IO}_3)_2$ 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 الكاديوم عند درجة حرارة 298 K؟



$$s \text{ mol/L } \text{Cd}(\text{IO}_3)_2$$

$$[\text{Cd}^{2+}] = s \text{ mol/L}$$

$$[\text{IO}_3^{-}] = 2s \text{ mol/L}$$

$$K_{sp} = [\text{Cd}^{2+}][\text{IO}_3^{-}]^2$$

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

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

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

$$[\text{IO}_3^{-}] = 2s \text{ mol/L} = 3.6 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

دليل حلول المسائل

71. صحّح الجملة الآتية: القيمة المنخفضة لثابت الاتزان K_{eq} تعني أن كلا التفاعلين الأمامي والعكسي يحدثان ببطء. الجملة ليست صحيحة، إذ إن قيمة K_{eq} لا تعطي أي معلومات حول سرعة حدوث التفاعل أو بطئه. وتعني القيمة المنخفضة لـ K_{eq} فقط احتواء نظام الاتزان على تراكيز من المتفاعلات أعلى من النواتج عند حدوث التفاعلات الأمامية والعكسية بنسبة متساوية.

72. في نظام الاتزان $\text{N}_2\text{O}_{4(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(g)}$ ، لون NO_2 بني غامق. فسّر اختلاف اللون للاتزان كما هو موضح في الشكل 4-22.



الشكل 4-22

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 البني المحمر اللون، ومنتجاً المزيد من N_2O_4 العديم اللون.

73. إضافة هيدروكسيد البوتاسيوم إلى محلول هيدروكسيد الألومنيوم المشبع يقلل من تركيز أيونات الألومنيوم. اكتب معادلة اتزان الذائبية وتعبير ثابت حاصل الذائبية لمحلول مائي مشبع لهيدروكسيد الألومنيوم.



$$K_{sp} = [\text{Al}^{3+}][\text{OH}^{-}]^3$$

تؤدي إضافة هيدروكسيد البوتاسيوم إلى زيادة تركيز أيونات الهيدروكسيد في المحلول. لذا، يتطلب K_{sp} الثابت تخفيض تركيز أيونات الألمنيوم موضحاً أثر الأيون المشترك.

78. السبب والنتيجة افترض أن لديك 12.56 g من خليط مكوّن

من كلوريد الصوديوم وكلوريد الباريوم. فسّر كيف يمكن استعمال تفاعل الترسيب لتحديد مقدار كل مركّب في الخليط.

إجابة محتملة :

1. أذب المخلوط في ماء مقطر.

2. أضف محلولاً إضافياً يحتوي على الأنيون مثل

الكربونات، الكرومات والكبريتات التي تُرسّب أيونات

الباريوم جميعها.

3. رشّح الراسب وجفّفه وقس كتلته.

4. احسب عدد مولات مركّب الباريوم المتكوّن، الذي يساوي

عدد مولات كلوريد الباريوم في المخلوط الأصلي.

5. احسب كتلة كلوريد الباريوم في المخلوط الأصلي، فيكون

المتبقي من الخليط الأصلي هو كلوريد الصوديوم.

79. قارن أيّ المادتين الصّلبتين: فوسفات الكالسيوم

وفوسفات الحديد III لها ذائبية مولارية أكبر؟ إذا علمت أن

$K_{sp} \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 = 1.2 \times 10^{-29}$ و $K_{sp} \text{FePO}_4 = 1.0 \times 10^{-22}$

أيّهما له ذائبية g/L أعلى؟

$$K_{sp} (\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 1.2 \times 10^{-29}$$

$$[\text{Ca}^{2+}]^3 [\text{PO}_4^{3-}]^2 = 1.2 \times 10^{-29}$$

$$s = \text{mol/L Ca}_3(\text{PO}_4)_2$$

$$[\text{Ca}^{2+}] = 3s; [\text{PO}_4^{3-}] = 2s$$

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

$$108 s^5 = 1.2 \times 10^{-29}$$

$$s^5 = \frac{1.2 \times 10^{-29}}{108} = 1.1 \times 10^{-31}$$

$$s = \sqrt[5]{1.1 \times 10^{-31}} = 6.4 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

$$K_{sp} (\text{FePO}_4) = 1.0 \times 10^{-22}$$

$$[\text{Fe}^{3+}] [\text{PO}_4^{3-}] = 1.0 \times 10^{-22}$$

$$s = \text{mol/L of FePO}_4$$

$$[\text{Fe}^{3+}] = [\text{PO}_4^{3-}] = s$$

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

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

77. تفسير البيانات أيّ المركّبات يترسّب أولاً إذا تمّت إضافة

محلول فلوريد الصوديوم الذي تركيزه 0.500 M بشكل

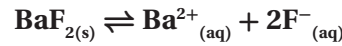
تدريجي إلى محلول يحتوي على تركيز 0.500 M من أيونات

الباريوم والماغنيسيوم؟ استعمال الجدول 4-6 واكتب

معادلات اتران الذائبية وتعابير ثابت حاصل الذائبية لكلا

المركّبين، مفسّراً إجابتك.

الجدول 4 - 6 بيانات المركّبين		
المركّب	الكتلة المولية g/mol	الذائبية عند 25°C g/L
BaF ₂	175.33	1.1
MgF ₂	62.30	0.13



$$K_{sp} = [\text{Ba}^{2+}][\text{F}^{-}]^2$$

$$\text{BaF}_{2(s)} \text{ الذائبية المولارية } s = \frac{1.1 \text{ g/L}}{175.33 \text{ g/mol}} = 6.3 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

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



$$K_{sp} = [\text{Mg}^{2+}][\text{F}^{-}]^2$$

$$\text{MgF}_{2(s)} \text{ الذائبية المولارية } s = \frac{0.13 \text{ g/L}}{62.30 \text{ g/mol}} = 2.1 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

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

سيترسّب فلوريد الماغنيسيوم أولاً؛ لأن قيمة K_{sp} المحسوبة له التي تساوي 3.7×10^{-8} أقلّ من قيمة K_{sp} لفلوريد الباريوم التي تساوي 1.0×10^{-6} .

مراجعة تراكمية

81. عندما تقوم بعكس معادلة كيميائية حرارية لماذا يجب عكس إشارة ΔH ؟

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

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

82. مركّب جديد تخيل أنك عالم، وقد قمت بتركيب سائل فريد وجديد أسميته يولان ومختصره يو. يولان سائل غير سام، وتحضيره غير مكلف، وله القدرة على إذابة كمية كبيرة من غاز ثاني أكسيد الكربون وفق معادلة الاتزان:

$$\text{CO}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_{2(yo)}, K_{eq} = 3.4 \times 10^6$$

لدى الطلاب الكثير من المعلومات الإيجابية لاستعمالها. لذا، يتعين عليهم أن يلاحظوا أن ثابت اتزان التفاعل — حيث يمتص ثاني أكسيد الكربون — هو رقم كبير، وعليه فالتفاعل ذو كفاءة عالية في إزالة كمية ثاني أكسيد الكربون الزائدة من الغلاف الجوي. بالإضافة إلى أن مادة اليولين نفسها لا تضر البيئة.

83. اكتب مقالة لمجلة أو صحيفة تفسّر فيها ميزة يولان في مكافحة الارتفاع في درجات الحرارة عالمياً. ستتنوع تقارير الطلاب.

84. عسر الماء يسبب وجود أيونات الماغنسيوم والكالسيوم في الماء عسره. فسّر بالاعتماد على الذائبية لماذا يُعدّ وجود هذين الأيونين أحياناً غير مرغوب فيه، ثم أوجد الطرائق التي يمكن اتخاذها للحدّ منها. ستتنوع تقارير الطلاب. ويمكن أن تتضمن:

- تؤدي قلة ذائبية بعض مركّبات الماغنسيوم والكالسيوم إلى إتلاف التمديدات الصحية، وتقليل فاعليتها.
- تؤدي قلة ذائبية CaSO_4 في الماء الساخن إلى إتلاف الأنابيب الناقلة لها.

فوسفات الكالسيوم لها ذائبية مولارية أعلى من فوسفات الحديد III.

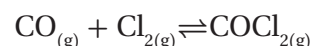
$$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 (g/L) = 6.4 \times 10^{-7} \text{ mol/L} \times 310.2 \text{ g/mol} = 2.0 \times 10^{-4} \text{ g/L}$$

$$\text{FePO}_4 (g/L) = 1.0 \times 10^{-11} \text{ mol/L} \times 150.6 \text{ g/mol} = 1.5 \times 10^{-9} \text{ g/L}$$

ذائبية فوسفات الكالسيوم أعلى من ذائبية فوسفات الحديد III معبراً عنها بوحدة (g/L)

مسألة تحفيز

80. تحضير الفوسجين الفوسجين COCl_2 غاز سام يُستعمل في تصنيع بعض الأصباغ والأدوية والمبيدات الحشرية. ويمكن تحضيره بتفاعل أول أكسيد الكربون مع غاز الكلور وفق المعادلة:



بدايةً وُضع 1.0000 mol من كلا الغازين في وعاء حجمه 10.00 L وعند وصولهما إلى حالة الاتزان وجد أن تركيز كل منهما 0.0086 mol/L. ما تركيز الفوسجين عند الاتزان؟ وما K_{eq} للنظام؟ التركيز المولاري الابتدائي لكل من Cl_2 و CO هو:

$$1.0000 \text{ mol} / 10.00 \text{ L} = 0.1000 \text{ mol/L}$$

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 .

$$K_{eq} = \frac{[\text{COCl}_2]}{[\text{CO}][\text{Cl}_2]} = \frac{(0.0914)}{(0.0086)(0.0086)} = 1.2 \times 10^3$$

87. فسّر كيف أن مُبرّد السيارة (الراديتر) المطلي بالسبيكة يمكن أن يساعد على تقليل تركيز NO و CO في الغلاف الجوي؟ يعمل مُبرّد السيارة عند درجات حرارة مرتفعة، وتمسح السيارات كميات كبيرة من الهواء عندما تنتقل من مكان إلى آخر، لذا فإن مُبرّد السيارة المطلي بالسبيكة يمكن أن يحوّل حجمًا ملحوظًا من ملوثات NO و CO إلى مواد أقل ضررًا هي N_2 و CO_2 .

اختبار مقنن

الصفحتان 158 - 159

أسئلة الاختيار من متعدد

1. أيّ مما يأتي يصف نظامًا وصل إلى حالة الاتزان الكيميائي؟
 - a. لا يوجد ناتج جديد يتكوّن 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.

Ⓐ

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

$$S_2O_8^{2-} (aq) + 2I^- (aq) \rightarrow 2SO_4^{2-} (aq) + I_2(aq)$$

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

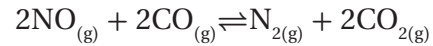
- a. $R = k[S_2O_8^{2-}]^2 [I^-]$
- b. $R = k[S_2O_8^{2-}][I^-]$
- c. $R = k[S_2O_8^{2-}][I^-]^2$
- d. $R = k[S_2O_8^{2-}]^2 [I^-]^2$

Ⓑ

- تتفاعل أيونات الماغنسيوم والكالسيوم مع الصابون مكونة مركّبات غير ذائبة، جاعلة الصابون أقل فاعلية، ومكوّنة ترسبات على المغاسل والحّمّامات.
- يمكن إزالة أيونات الكالسيوم والماغنسيوم من خلال التنقية، أو تفاعلات الاستبدال، أو إضافة $Ca(OH)_2$ soda (Na_2CO_3).
- يمكن معالجة الماء الساخن بإضافة كربونات الصوديوم، ممّا يؤدي إلى ترسيب كربونات الكالسيوم، ومنع تكوين $CaSO_4$ في الأنابيب الناقلة.

أسئلة المستندات

التلوث تحتوي عوادم السيارات على الملوثات الخطرة ومنها: أول أكسيد النيتروجين NO وأول أكسيد الكربون CO. ويمكن أن تقلّل كمية هذين الغازين في الهواء الجوي بتمريرهما فوق سبيكة (عامل محفّز). وعندما يمر غازا NO و CO فوق هذا المحفّز ينشأ الاتزان الآتي:



ويتأثر ثابت الاتزان بدرجة الحرارة، كما هو موضّح في الجدول 4-7.

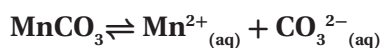
جدول 4-7 K_{eq} مقابل درجة الحرارة			
1000 K	900 K	800 K	700 K
3.27×10^{45}	4.66×10^{54}	1.04×10^{66}	9.10×10^{97}

85. اكتب تعبير ثابت الاتزان لهذا الاتزان.

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

86. ادرس العلاقة بين K_{eq} ودرجة الحرارة. استعمل مبدأ لوتشاتيليه لاستنتاج ما إذا كان التفاعل الأمامي ماصًا أم طاردًا للطاقة.

وحيث إن قيمة K_{eq} تتناقص عند ازدياد درجة الحرارة، لذا، يُعدّ التفاعل الأمامي طاردًا للحرارة.



$$K_{\text{sp}} = [\text{Mn}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] = (5.60 \times 10^{-9})(4.00 \times 10^{-3})$$

$$= 2.24 \times 10^{-11}$$

6. ما ذائبية MnCO_3 عند درجة حرارة 298 K ؟

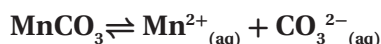
a. $4.73 \times 10^{-6} \text{ M}$

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

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

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

(a)



$$s = [\text{Mn}^{2+}] = [\text{CO}_3^{2-}]$$

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

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

7. عند خلط 50 mL من K_2CO_3 الذي تركيزه $3.00 \times 10^{-6} \text{ M}$

مع 50 mL من MnCl_2 ، سيتكوّن راسب من MnCO_3

فقط عندما يكون تركيز محلول MnCl_2 أكبر من :

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

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

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

d. $1.02 \times 10^{-5} \text{ M}$

(c)

بما أن حجم المحلول قد تتضاعف، فإن تركيز $[\text{CO}_3^{2-}]$ في الخليط،

$$\frac{3.00 \times 10^{-6} \text{ M}}{2} = 1.5 \times 10^{-6} \text{ M}$$

$$[\text{Mn}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] = [\text{Mn}^{2+}][1.5 \times 10^{-6}] = 2.24 \times 10^{-11} \text{ M}$$

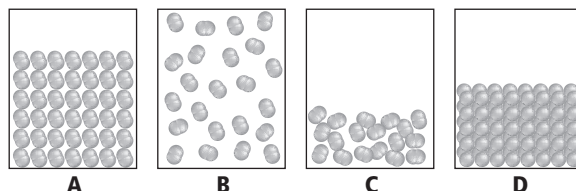
تركيز أيون $[\text{Mn}^{2+}]$ يساوي $1.49 \times 10^{-5} \text{ M}$ ويساوي

تركيز أيون $[\text{Mn}^{2+}]$ في الخليط. ولتكوين راسب يجب أن

يكون تركيز محلول MnCl_2 الأصلي كما يلي:

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

استعمل الرسوم الآتية للإجابة عن السؤال 3.



3. أيّ الرسوم الأربعة يُبين المادة التي لها أضعف قوى بين جزيئية؟

a. A

b. B

c. C

d. D

(b)

4. أيّ نوع من القوى بين الجزيئية يتّج عن عدم توازن مؤقت

في الكثافة الإلكترونية حول نواة الذرة؟

a. الروابط الأيونية

b. قوى التشتت

c. قوى ثنائية القطب

d. الروابط الهيدروجينية

(b)

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة من 5 إلى 7.

بيانات التركيز لتوازن الآتي $\text{MnCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$ (عند 298 K)				
المحاولة	$[\text{Mn}^{2+}]$ الابتدائي	$[\text{CO}_3^{2-}]$	$[\text{Mn}^{2+}]$ عند الاتزان	$[\text{CO}_3^{2-}]$ عند الاتزان
1	0.0000	0.00400	5.60×10^{-9}	4.00×10^{-3}
2	0.0100	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 298K؟

a. 2.24×10^{-11}

b. 4.00×10^{-11}

c. 1.12×10^{-9}

d. 5.60×10^{-9}

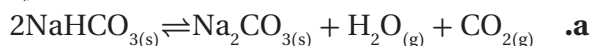
(a)

12. صنّف نوع التفاعل الكيميائي الذي يظهر في هذا الرسم

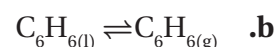
البياني، وكيف تدعم البيانات فيه استنتاجك؟
يُعدّ هذا التفاعل - على الأغلب - تفاعل تفكّك. حيث يوجد هناك متفاعل واحد يُظهره المنحنى A، وتقلّ ذائبيته كلما استُهلك. كما أن هناك ناتجين ممثّلين في الخطّين B و C، تزداد ذائبيتهما بازدياد الزمن، حيث إنهما يتكوّنان من تفكّك A.

أسئلة الإجابات القصيرة

8. اكتب تعبير ثابت الاتزان لكلّ اتزان غير متجانس فيما يلي:



$$K_{eq} = [\text{H}_2\text{O}][\text{CO}_2]$$



$$K_{eq} = [\text{C}_6\text{H}_6]$$

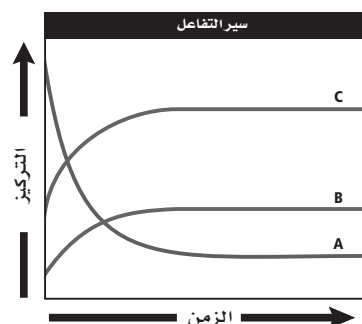
9. ينتج عن تسخين الحجر الجيري $\text{CaCO}_{3(s)}$ الجير الحي

$\text{CaO}_{(s)}$ وغاز ثاني أكسيد الكربون. اكتب تعبير ثابت الاتزان للتفاعل العكسي.

$$K_{eq} = [\text{CO}_2]$$

أسئلة الإجابات المفتوحة

استعمل المخطط الآتي للإجابة عن الأسئلة من 10 إلى 12.



10. صف شكل الرسم البياني عند حدوث الاتزان. يحدث الاتزان عندما تصبح الخطوط أفقية، حيث تبقى تراكيز المتفاعلات والنواتج ثابتة عند هذه النقطة.

11. فسّر 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 مزيدًا من النواتج، يجب أن تكون سرعته مساوية لسرعة التفاعل الأمامي الذي يستهلك المتفاعلات.