

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 H_2 المستهلكة لكل لتر في كل ثانية. بما أن H_2 قد استهلك فتكون إشارة متوسط سرعة التفاعل سالبة.

$$\text{متوسط سرعة التفاعل} = -\frac{[H_2]_{t_2} - [H_2]_{t_1}}{t_2 - t_1} = -\frac{\Delta[H_2]}{\Delta t}$$

$$= -\frac{0.020 \text{ M} - 0.030 \text{ M}}{4.00 \text{ s} - 0.00 \text{ s}}$$

$$= -\frac{-0.010 \text{ M}}{4.00 \text{ s}}$$

$$= 0.0025 \text{ mol/(L.s)}$$

2. احسب متوسط سرعة التفاعل معبراً عنه بعدد مولات Cl_2 المستهلكة لكل لتر في كل ثانية. بما أن Cl_2 قد استهلك، ف تكون إشارة متوسط سرعة التفاعل سالبة.

$$\text{متوسط سرعة التفاعل} = -\frac{[Cl_2]_{t_2} - [Cl_2]_{t_1}}{t_2 - t_1} = -\frac{\Delta[Cl_2]}{\Delta t}$$

$$= -\frac{0.040 \text{ M} - 0.050 \text{ M}}{4.00 \text{ s} - 0.00 \text{ s}}$$

$$= -\frac{-0.010 \text{ M}}{4.00 \text{ s}}$$

$$= 0.0025 \text{ mol/(L.s)}$$

3. تحفيز إذا علمت أن متوسط سرعة التفاعل لحمض الهيدروكلوريك HCl الناتج 0.050 mol/L.s، فما ترکيز HCl الذي يتكون بعد مرور 4.00 s؟
تكون HCl. لهذا، سيكون تعبير متوسط سرعة التفاعل موجباً.

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

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

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

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

مختبر حل المشكلات

الصفحة 98

[N ₂ O ₅]	(min)	الزمن
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 كل فترة زمنية: (0 - 20 min), (20 - 40 min), (40 - 60 min), (60 - 80 min), (80 - 100 min).
عبراً عن سرعة التفاعل في كل فترة بإشارة موجبة، وبوحدة $\text{N}_2\text{O}_5 \cdot \text{mol/L} \cdot \text{min}$.

يمكن حساب متوسط سرعة التفاعل باستعمال المعادلة:

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

(80 – 100 min):

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

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. تفسّر نظرية التصادم كيفية حدوث التفاعلات، وكيفية تعديل سرعة التفاعل. وحتى يحدث التفاعل يجب أن تصادم الجزيئات، أو الذرات، أو الأيونات؛ حيث يحدّد تردد ودوران وطاقة هذه التصادمات متوسط سرعة التفاعل الكلي.

5. فسر علام تدلّ سرعة التفاعل لتفاعل كيميائي محدّد؟ ثبّين سرعة التفاعل التغيير في تراكيز المواد المتفاعلة، أو الناتجة بوحدة $\text{mol/L} \cdot \text{s}$.

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

(0 – 20 min):

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

(40 – 60 min):

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

(80 – 100 min):

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

2. احسب متوسط سرعة التفاعل خلال كلّ فترة زمنية بعدد مولات NO_2 الناتجة لكلّ لتر لكلّ دقيقة (mol/L · 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 ضعفي سرعة استهلاك N_2O_5 ؛ وذلك لأن 2 mol من N_2O_5 تنتج عند استهلاك 1 mol من N_2O_5 .

يمكن حساب متوسط سرعة التفاعل باستعمال المعادلة:

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

(0 – 20 min):

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

(40 – 60 min):

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

13. فَسَرْ تأثير التركيز في سرعة التفاعل بحسب نظرية التصادم. يُؤدي ازدياد تركيز المواد المتفاعلة إلى زيادة عدد التصادمات بين جسيمات المواد المتفاعلة.
14. قارن بين المحفزات والمثبّطات. تزيد المحفزات من سرعة التفاعل وذلك بخفض طاقة التشغيل، في حين تبطّئ المثبّطات التفاعل، أو توقفه أحياناً وذلك بالتدخل في المواد المتفاعلة، أو المحفزات.
15. صِفْ تأثير طحن إحدى المواد الداخلة في التفاعل على شكل مسحوق – بدلاً من وضعها قطعة واحدة – في سرعة التفاعل. تزداد سرعة التفاعل بازدياد مساحة سطح التفاعل المتوفرة.
16. استنتج إذا كانت زيادة درجة حرارة التفاعل بمقدار 10 K يؤدي إلى تضاعف سرعة التفاعل، فهذا توقع أن يكون أثر زيادة درجة الحرارة بمقدار 20 K ؟
ستزداد سرعة التفاعل بمقدار أربعة أضعاف.
17. ابحث في كيفية استعمال المحفزات في الصناعة، أو الزراعة، أو في معالجة التربة الملوثة، أو النفايات، أو الماء الملوث. اكتب تقريراً قصيراً يلخص النتائج التي حصلت عليها حول دور المحفزات في أحد هذه التطبيقات. ستتنوع الإجابات وفقاً لاختيار التطبيق، ولكن يجب أن تُظهر التقارير جميعها قاسماً مشتركاً فيما بينها، وهو أن المحفز يزيد من سرعة التفاعل، ولا يُستهلك فيه.

7. فَسَرْ لماذا يعتمد متوسط سرعة التفاعل على طول الفترة الزمنية اللازمة لحدوث التفاعل؟

علاقة التغيير في سرعة المواد المتفاعلة، والنتاجة ليست علاقة خطية مع الزمن. يتناقص متوسط سرعة التفاعل عندما يتناقص تركيز المواد المتفاعلة، حيث يتناسب متوسط التغيير في سرعة التفاعل تناسباً طردياً مع تركيز المواد المتفاعلة، لذا كلما ازدادت الفترة الزمنية للتفاعل، قلت قيمة متوسط التغيير في سرعته.

8. صِفِ العلاقة بين طاقة التشغيل وسرعة التفاعل الكيميائي. يقل متوسط سرعة التفاعل كلما ازدادت طاقة التشغيل.

لَخَصْ ماذا يحدث خلال فترة تكون المعدن المنشط القصيرة؟
تتكسر الروابط في المواد المتفاعلة، في حين تتشكل روابط جديدة لتكون النواتج.

10. طَبَّقْ نظرية التصادم لتفسير لماذا لا تؤدي الاصطدامات بين جسيمات التفاعل دائمًا إلى تفاعل. يجب أن يحدث التصادم في اتجاه مناسب، وامتلاك الطاقة الكافية لتكوين المعدن 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 .

$$\frac{-\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{-(0.50\text{ M} - 1.00\text{ M})}{2.0\text{ s}} = \frac{0.50\text{ M}}{2.0\text{ s}} = 0.25\text{ mol/(L.s)}$$

3-2 العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل

الصفحات 100 - 104

التقويم 3-2

الصفحة 104

3-3 قوانيين سرعة التفاعل

الصفحات 105 - 108

مسائل تدريبية

الصفحة 108

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

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

12. وَضَّحْ سبب تفاعل فلز الماغنيسيوم مع حمض الهيدروكلوريك HCl أسرع من الحديد.

يُعد فلز الماغنيسيوم أكثر نشاطاً من الحديد؛ لذا سيكون تفاعل الماغنيسيوم مع HCl أسرع من تفاعل الحديد معه.

بدراسة المحاوالتين 1 و 2، تؤدي مضاعفة تركيز $[CH_3CHO]$ إلى زيادة سرعة التفاعل بمقدار المعامل 4، وبدراسة المحاوالتين 2 و 3، نجد أن مضاعفة تركيز المادة [B] سيؤدي إلى مضاعفة سرعة التفاعل أيضاً بمقدار المعامل 4. لذا فالسرعة في المحاولة 3 هي: $43.2 \times 10^{-11} \text{ mol/(L.s)}$

3-3 التقويم

الصفحة 108

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

23. طبق اكتب معادلات قانون سرعة التفاعل التي تظهر الفرق بين التفاعل من الرتبة الأولى والتفاعل من الرتبة الثانية لمدة 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 تركيز المواد المتفاعلة، لذا تُعد سرعة التفاعل هي المعدل خلال الزمن، وليس السرعة عند لحظة معينة.

19. إذا علمت أن التفاعل $2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$ من الرتبة الأولى بالنسبة للأكسجين، والرتبة الكلية للتفاعل هي الرتبة الثالثة، في القانون العام لسرعة التفاعل؟

$$R = k[O_2][NO_2]^2$$

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

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

بدراسة المحاوالتين 1 و 2، سنجد أن مضاعفة تركيز [A] لا يؤثر في سرعة التفاعل؛ لذا فإن رتبة التفاعل للمادة A تساوي صفراء، وبدراسة المحاوالتين 2 و 3، فإن مضاعفة تركيز المادة [B] يؤدي إلى مضاعفة سرعة التفاعل؛ لذا فرتبة التفاعل أحادية بالنسبة إلى المادة B.

$$k[A]^0[B]^1 = k[B]$$

21. تحفيز إذا علمت أن قانون سرعة التفاعل: $R = k[CH_3CHO]^2$ هو: $CH_3CHO_{(g)} \rightarrow CH_4_{(g)} + CO_{(g)}$ فاستعمل هذه المعلومات لتبسيئة البيانات المفقودة في الجدول الآتي:

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

32. كيف يمكن أن تعبّر 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 بأنّها النقصان في [A] خلال وحدة الزمن: $\frac{\Delta[A]}{\Delta t}$, 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 يتفاعلاًن إذا تصادماً، فتحت أيّ ظرف لا يمكن أن يتفاعلاًن؟
لا تحدث التفاعلات بين الجزيئات إذا لم يؤدّ التصادم إلى وجود كمية كافية من الطاقة، وإذا لم يتوافر الاتجاه المناسب لحظة التصادم.

إتقان حل المسائل

35. يتفاعل الماغنيسيوم 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 بدلاًلة 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:

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

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

متوسط السرعة

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 معادلة 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 لتفاعل: $aA + bB \rightarrow \text{نواتج}$
لتحديد رتبة المادة المتفاعلة A. تُقاس سرعة التفاعل لعدة محاولات، حيث تتغير قيمة [A] في كل مرة، في حين تبقى قيمة [B] ثابتة، ولتحديد رتبة المادة المتفاعلة B، تُقاس سرعة التفاعل مرات عدّة، باعتبار تغير قيمة [B]، في حين تبقى قيمة [A] ثابتة.

الفصل 3 مراجعة الفصل

الصفحات 112 - 115

3-1

إتقان المفاهيم

30. ماذا يحدث لتراتيز 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 التغيير في تركيز المواد المتفاعلة أو الناتجة خلال فترة زمنية محددة.

42. طبق 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. يتحلل 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. يُعد ثاني أكسيد المنجنيز محفزاً لتفاعل التحلل؛ لأنه يؤدي إلى تقليل طاقة التنشيط.

إتقان حل المسائل

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

45. استعمل المعلومات في السؤال 44 لتقدير كمية غاز الأكسجين التي تُنتَج عن كمية مماثلة من محلول خلال 100 ثانية وعند درجة حرارة 318 K، ثم قدر 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، سيُنتَج 48 mL من غاز الأكسجين تقريباً. وتقل 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 ؟

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

$$= 1.35 \text{ mol/(L.min)}$$

3 – 2

إتقان المفاهيم

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

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

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

40. فسر 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 طبق نظرية التصادم لتفسير فساد الطعام ببطء عند وضعه في الثلاجة بالمقارنة ببقائه خارجها عند درجة حرارة الغرفة.
 يقل خفض درجة الحرارة عدد التصادمات بين الماء المتفاعلة في الطعام، ولهذا تقل سرعة التفاعلات الكيميائية التي تؤدي إلى فساد الطعام.

3-3

إتقان المفاهيم

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

$$k = k[\text{CH}_3\text{N}_2\text{CH}_3] \text{ متوسط سرعة التفاعل}$$

$$k = \frac{\text{متوسط سرعة التفاعل}}{[\text{CH}_3\text{N}_2\text{CH}_3]} \\ k = \frac{2.5 \times 10^{-6} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}}{0.012 \text{ mol/L}} \\ = 2.1 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$

50. استعمل بيانات الجدول 3-3 لتوقع سرعة التفاعل، إذا كان التركيز الابتدائي لـ $\text{CH}_3\text{N}_2\text{CH}_3$ هو 0.048 M ، ودرجة الحرارة ثابتة.

$$k = k[\text{CH}_3\text{N}_2\text{CH}_3] \text{ متوسط سرعة التفاعل}$$

$$= 2.1 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1} (0.048 \text{ mol/L}) \\ = 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$$

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؛ لأنّ معظم التفاعلات الكيميائية تحدث في صورة سلسلة من الخطوات الابتدائية، ويجب أن يحدّد قانون سرعة التفاعل وفق الطريقة التجريبية.

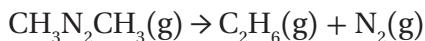
52. يتناقص تركيز المادة المتفاعلة A من 0.400 mol/L إلى 0.384 mol/L خلال 4.00 min . احسب متوسط سرعة التفاعل خلال هذه الفترة بوحدة $\text{mol/L}\cdot\text{min}$.

$$\frac{\Delta[\text{A}]}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta[\text{A}]}{4.00 \text{ min} - 0.00 \text{ min}} \\ = \frac{(0.384 \text{ mol/L} - 0.400 \text{ mol/L})}{4.00 \text{ min}} \\ = 0.0040 \text{ mol/L}\cdot\text{min}$$

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

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

إتقان حل المسائل

48. تم الحصول على البيانات التجريبية المُدرجَة في الجدول 3-4 من تحلُّل مركب الأزوميثان $\text{CH}_3\text{N}_2\text{CH}_3$ عند درجة حرارة محددة بحسب المعادلة:

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

جدول 3-3 تحلل مادة الأزوميثان

السرعة الابتدائية للتفاعل	$[\text{CH}_3\text{N}_2\text{CH}_3]$ الابتدائي	رقم التجربة
$2.5 \times 10^{-6} \text{ mol/L}\cdot\text{s}$	0.012 M	1
$5.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}\cdot\text{s}$	0.024 M	2

تؤدي مضاعفة تركيز الأزوميثان $\text{CH}_3\text{N}_2\text{CH}_3$ في التجربة رقم 2 إلى مضاعفة سرعة التفاعل؛ لذا تكون معادلة متوسط السرعة:

$$k = k[\text{CH}_3\text{N}_2\text{CH}_3] \text{ متوسط سرعة التفاعل}$$

تُعد طاقة تنشيط التفاعل الطردي أكبر من طاقة تنشيط التفاعل العكسي.

56. تأمل خططاً الطاقة لتفاعل ماض للطاقة، مكون من خطوة واحدة، ثم قارن ارتفاع طاقة التنشيط لتفاعل الأمامي والتفاعل العكسي. تمثل مساحة المنطقة الأكبر تظليلًا 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. طبق طريقة مقارنة السرعات الابتدائية لتحديد رتبة التفاعل الكيميائي بالنسبة لل المادة المتفاعلة X. واتكتب مجموعة من البيانات التجريبية الافتراضية التي تقود إلى استنتاج أن تفاعل المادة X من الرتبة الثانية. يجب أن تشير بيانات الطلاب إلى أن التغيير في السرعة الابتدائية للتفاعل يتاسب تناصباً طردياً مع مربع التغيير في تركيز المادة المتفاعلة X.

58. طبق 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 المعدن المشط بمقدار الضعف في معظم الأحيان.

59. ارسم خططاً يبيّن جميع الاحتمالات للتصادمات بين جزيئين من المادة المتفاعلة A، وجزيئين من المادة المتفاعلة B. ثم زد عدد جزيئات A من 2 إلى 4، وارسم جميع احتمالات التصادم التي يتّحد فيها A مع B. كم سيزداد عدد التصادمات التي يتّسّع عنها التحدّد A مع B؟ وعلام يدل ذلك فيها يتعلق بسرعة التفاعل؟ ازداد عدد التصادمات بين A و B 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؟

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

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؟

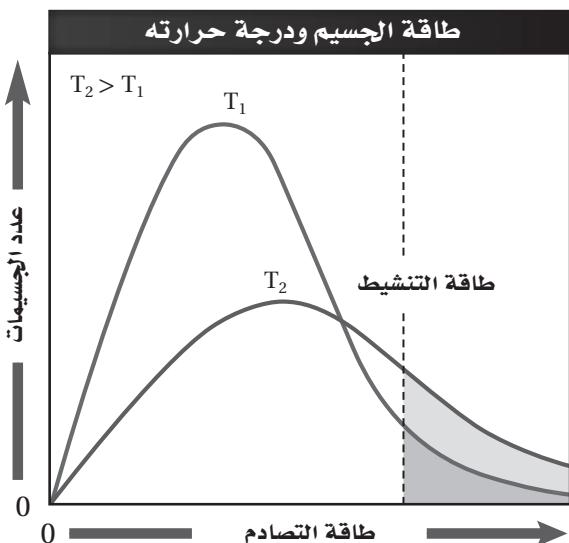
$\text{mol/(L}\cdot\text{s)}$: متوسط سرعة التفاعل

$$\text{mol/(L}\cdot\text{s)} = k(\text{mol/L})^3;$$

$$k: \text{L}^2/(\text{mol}^2\cdot\text{s})$$

التفكير الناقد

55. ميز بين المناطق المظللة 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 3-15

احسب عدد مولات كلوريد الحديد III، ثم احسب كتلته :

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

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

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

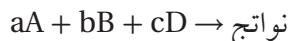
64. إذا كانت ΔH لتفاعل ما سالبة. فقارن طاقة المواد الناتجة بطاقة المواد المتفاعلة، وهل التفاعل ماضٌ أم طارد للطاقة؟
يُعد التفاعل طارداً للطاقة؛ لأن قيمة ΔH سالبة؛ حيث للمواد المتفاعلة طاقة أعلى من المواد الناتجة.

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

65. الأدوية تخيل انتشار مرض الأنفلونزا في بلد ما. ولحسن الحظ قام العلماء باكتشاف محفز جديد يزيد من سرعة إنتاج دواء فعال ضد هذا المرض. اكتب مقالاً صحيفياً يصف كيفية عمل هذا المحفز على أن يشمل المقال مخطط الطاقة في التفاعلات التي تحدث، وشرح مفصلاً لأهمية هذا الاكتشاف.
ستتلوّن الإجابات، غير أنها يجب أن تتضمن وصفاً لطريقة عمل المحفزات، ومخطط الطاقة للتفاعل، ووصف مفصلاً لأهمية هذا الاكتشاف.

60. صمم جدول لكتابه تراكيز المواد المتفاعلة في المعادلة التالية، مبتدئاً بـ 0.100 M لكل متفاعلات، ثم حدد قانون سرعة التفاعل باستعمال طريقة مقارنة السرعات الابتدائية:



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

مسألة تحضير

61. الهيدروكربونات يتحوّل البروبان الحلقي C_3H_6 عند تسخينه إلى بروبين $\text{CH}_2 = \text{CHCH}_3$. فإذا علمت أن سرعة التفاعل من الرتبة الأولى بالنسبة للبروبان الحلقي، وكان ثابت السرعة عند درجة حرارة معينة $6.22 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ ، فما وثبت تركيز البروبان الحلقي عند 0.0300 mol/L ، فيما كتلة البروبين الناتجة خلال 10.0 min في حجم مقداره 2.50 L ؟
احسب متوسط سرعة التفاعل، ثم احسب كتلة البروبان الناتجة :

$$6.22 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1} \times 0.0300 \text{ mol/L} = \text{متوسط سرعة التفاعل}$$

$$= 1.87 \times 10^{-5} \text{ mol/L.s}$$

$$1.87 \times 10^{-5} \text{ mol/L.s} \times 600 \text{ s} = \text{كتلة البروبان الناتجة}$$

$$\times 2.50 \text{ L} \times 42.1 \text{ g/mol}$$

$$= 1.18 \text{ g}$$

مراجعة تراكمية

62. ما كتلة كلوريد الحديد III اللازمة لتحضير محلول مائي منه حجمه 1.0 L وتركيزه 0.225 M ؟
احسب الكتلة المولية لـ كلوريد الحديد III : FeCl_3
 $55.85 \text{ g/mol} + 3(35.45 \text{ g/mol}) = 162.20 \text{ g/mol FeCl}_3$

اختبار مُقْنَن

الصفحتين 116 - 117

أسئلة الاختيار من متعدد

1. جميع العبارات التالية حول سرعة التفاعل الكيميائية صحيحة ما عدا:

- a. السرعة التي يحدث بها التفاعل.
- b. التغيير في تراكيز المواد المتفاعلة خلال وحدة الزمن.
- c. التغيير في تراكيز المواد الناتجة خلال وحدة الزمن.
- d. كمية المواد الناتجة المتكونة في كلّ فترة زمنية.

(d)

2. ادرس العبارات التالية:

العبارة الأولى: من العوامل التي تؤثّر في سرعة التفاعل طبيعة المادة المتفاعلة، والتركيز، ومساحة سطح التفاعل، ودرجة الحرارة، والمحفزات.

العبارة الثانية: تزيد المحفزات من سرعة التفاعلات بزيادة طاقة التنشيط.

العبارة الثالثة: يجب أن تصطدم جسيمات المواد المتفاعلة حتى يحدث تفاعل.

أيّ العبارات السابقة صحيحة؟

- a. الأولى والثانية.
- b. الثانية والثالثة.
- c. الأولى والثالثة.
- d. الأولى والثانية والثالثة.

(c)

أسئلة المستندات

الكاشف الكيميائي يستعمل الكاشف الكيميائي (الفينولفاتالين) للكشف عن القواعد. تبيّن بيانات الجدول 3 انخفاض تركيز الفينولفاتالين مع مرور الزمن عند إضافة محلول الفينولفاتالين ذي التركيز $M = 0.0050$ إلى محلول مركّز من مادة قاعدية تركيزها 0.6 M .

الجدول 3-3 التفاعل بين الفينولفاتالين وكمية فائضة من مادة قاعدية.

الزمن (s)	تركيز الفينولفاتالين (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

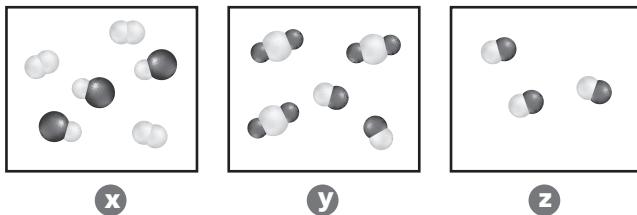
تم الحصول على البيانات من: شبكة بوند للأبحاث 2006 الكيمياء الحركة.

66. ما متوسط سرعة التفاعل في أول 22.3 s معبّراً عنه بوحدة $\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$

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

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

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



3. ما حجم الماء الذي يجب إضافته إلى 6.0 mL من محلول قياسي تركيزه 0.050 M لتخفييفه إلى محلول تركيزه 0.020 M؟
- 15 mL .a
9.0 mL .b
6.0 mL .c
2.4 mL .d

(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 لتخفييف 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:

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

(a)

6. أي العينات تحتوي على جزيئات غاز الأكسجين؟

x .a

y .b

z .c

كل من x و y .d

(b)

أسئلة الإجابات القصيرة

7. أي العينات تحتوي على جزيئات فلوريد الماغنيسيوم؟

x .a

y .b

z .c

كل من x و y .d

(b)

4. أي الوحدات لا تستعمل للتعبير عن سرعة التفاعل؟

M/min .a

L/s .b

mol/mL.h .c

mol/L.min .d

5. أي أنواع القوى بين الجزيئية الآتية يُعد الأقوى؟

.a. الرابطة الأيونية.

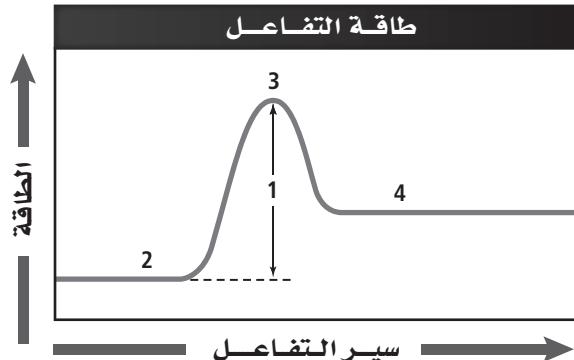
.b. قوى ثنائية القطب.

.c. قوى التشتت.

.d. الرابطة الهيدروجينية.

(a)

استعمل الأشكال أدناه للإجابة عن السؤالين 6 و 7



9. يُبيّن الشكل أعلاه منحنى طاقة تفاعل. إلام يُشير كلّ رقم من الأرقام المُبيّنة على الرسم؟
- 2 : المواد المتفاعلة
 3 : المعدّل المنشّط
 4 : المواد الناتجة
 1 : طاقة التنشيط

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

أسئلة الإجابات المفتوحة

11. يتفاعل اليود والكلور في الحالة الغازية:
- $$I_2 + Cl_2 \rightarrow 2ICl$$
- إذا كان $[I_2]$ يساوي 0.400 M عند بداية التفاعل، وأصبح بعد مضي 4.00 min 0.300 M. فاحسب متوسط سرعة التفاعل بوحدة $mol/L \cdot min$.
 بما أن $[I_2]$ قد استهلك، فيجب أن تكون قيمة متوسط سرعة التفاعل موجبة.

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

الاتزان الكيميائي

4-1 حالة الاتزان الديناميكي



الصفحات 120 - 132

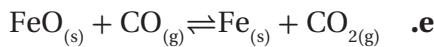
$$K_{\text{eq}} = [\text{CO}_{2(g)}]$$



مسائل تدريبية

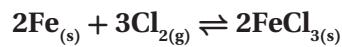
$$K_{\text{eq}} = \frac{[\text{CO}_{(g)}][\text{H}_{2(g)}]}{[\text{H}_2\text{O}_{(g)}]}$$

الصفحات 127 - 131



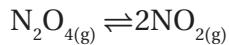
$$K_{\text{eq}} = \frac{[\text{CO}_{2(g)}]}{[\text{CO}_{(g)}]}$$

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



$$K_{\text{eq}} = \frac{1}{[\text{Cl}_{2}]^3}$$

5. احسب قيمة K_{eq} للاتزان:



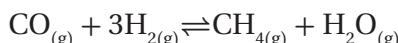
إذا علمت أن:

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

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

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

6. احسب قيمة K_{eq} للاتزان



إذا علمت أن:

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

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

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

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

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

الاتزان الكيميائي

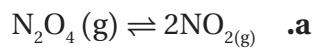
4-1 حالة الاتزان الديناميكي

الصفحات 120 - 132

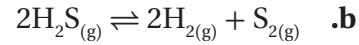
مسائل تدريبية

الصفحات 127 - 131

1. اكتب تعبير ثابت الاتزان للمعادلات الآتية:



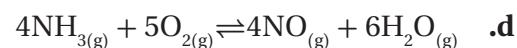
$$K_{\text{eq}} = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$$



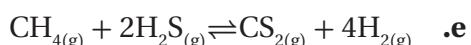
$$K_{\text{eq}} = \frac{[\text{H}_2]^2[\text{S}_2]}{[\text{H}_2\text{S}]^2}$$



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



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



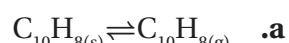
$$K_{\text{eq}} = \frac{[\text{CS}_2][\text{H}_2]^4}{[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{S}]^2}$$

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

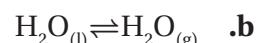
$$K_{\text{eq}} = \frac{[\text{CO}]^2[\text{O}_2]}{[\text{CO}_2]^2}$$



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



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



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

$$K_{\text{eq}} = \frac{[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]}$$

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

12. فسر البيانات يوضح الجدول الآتي قيم ثابت الاتزان عند ثلات 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

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

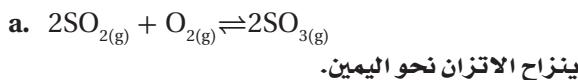
الصفحات 139 – 133

4-2 التقويم

الصفحة 139

13. فسر كيف يستجيب النظام في حالة الاتزان إلى الجهد؟ وذكر العوامل التي تؤثر في نظام متزن. يمكن أن يتحوّل الاتزان نحو الاتجاه الذي يقلّل من أثر التغييرات ومعدلها. ومن العوامل التي يمكن أن تؤثر في الاتزان: التغيير في التركيز، والضغط (أو الحجم)، ودرجة الحرارة.

14. فسر كيف يؤثّر تقليل حجم وعاء التفاعل في كلّ نظام اتزان مما يأني؟



7. تحفيز يصل التفاعل $\text{COCl}_{2(\text{g})} \rightleftharpoons \text{CO}_{(\text{g})} + \text{Cl}_{2(\text{g})}$ إلى حالة الاتزان عند درجة حرارة 900 K، فإذا كان تركيز كلّ من CO و Cl_2 هو 0.150 M عند الاتزان، فما تركيز COCl_2 ؟ علمًا أن ثابت الاتزان K_{eq} عند درجة الحرارة نفسها يساوي 8.2×10^{-2} .

$$\frac{[\text{CO}][\text{Cl}_2]}{[\text{COCl}_2]} = 8.2 \times 10^{-2}$$

$$\frac{(0.150)(0.150)}{[\text{COCl}_2]} = 8.2 \times 10^{-2}$$

$$[\text{COCl}_2] = \frac{(0.150)(0.150)}{(8.2 \times 10^{-2})} = 0.27 \text{ M}$$

4-1 التقويم

الصفحة 132

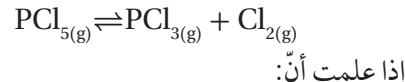
8. فسر كيف ترتبط قيمة ثابت الاتزان مع كمية النواتج؟ K_{eq} كلما زادت قيمة ثابت الاتزان، زادت كمية المواد الناتجة المكونة عند الاتزان.

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. عدد ثلات 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:



$$[\text{PCl}_5] = 0.135 \text{ mol/L}, [\text{PCl}_3] = 0.550 \text{ mol/L}, [\text{Cl}_2] = 0.550 \text{ mol/L}$$

3-4 استعمال ثوابت الاتزان

الصفحات 140 - 150

مسائل تدريبية

الصفحات 141 - 148

18. يتُسْجَّل الميثanol 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 محددة، فاحسب التراكيز الآتية:

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

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

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

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

b. [H₂] في خليط اتزان يحتوي على CO 1.09 mol/L و CH₃OH 0.325 mol/L

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

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

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

c. [CH₃OH] في خليط اتزان يحتوي على H₂ 0.0661 mol/L و CO 3.85 mol/L

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

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

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

15. قرّر ما إذا كان رفع درجة الحرارة أو خفضها يُتّجِّزِي 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 يُعد التفاعل طارداً للطاقة، وانطلقت الحرارة على صورة نواتج، ويؤدي تناقص النواتج (خفض درجات الحرارة) إلى زيادة التفاعل نحو اليمين لإنتاج مزيد من المواد الناتجة. لذا، سينتُجُ مزيداً من CH_3CHO عند درجات الحرارة المنخفضة.

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

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

التفاعل 1:

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

التفاعل 2:

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

المزيجان عند موضع الاتزان نفسه.

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

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

دليل حلول المسائل

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

$$K_{sp} = [\text{Pb}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] = 7.40 \times 10^{-14}$$

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

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

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

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

22. استعمل قيم K_{sp} الموجودة في الجدول 3-4 لحساب: a. في محلول AgBr عند الاتزان.



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

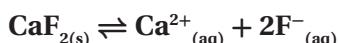
$$K_{sp} = [\text{Ag}^{+}][\text{Br}^{-}]$$

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

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

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

b. في محلول مشبع من CaF_2



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

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

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

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

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

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

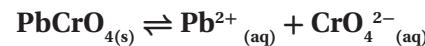
$$\frac{1}{2} [\text{F}^{-}] = 2.1 \times 10^{-4}\text{ M}$$

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

19. تحفيز في التفاعل العام $A + B \rightleftharpoons C + D$ ، إذا سمح لـ A 1.0 mol/L بالتفاعل مع B 1.0 mol/L في دورق حجمه L إلى أن يصل إلى حالة اتزان. فإذا كان تركيز A عند الاتزان 0.450 mol/L ، فما تركيز الماء الأخرى عند الاتزان؟ وما قيمة K_{eq} ؟ استناداً إلى الحسابات الكيميائية للمعادلة، فإن تركيز B يساوي: 0.450 M ، في حين إن تركيز كل من C و D يساوي: $1.00 - 0.450 = 0.550\text{ M}$

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

20. استعمل البيانات في الجدول 3-4 لحساب الذائبيّة المولاريّة mol/L للمركبات الأيونيّة الآتية عند درجة حرارة 298 K. اكتب المعادلة الموزونة لكل تفاعل، ثم احسب المولاريّة:



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

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

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

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

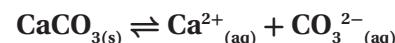


$$s \text{ mol/L} \quad s \text{ mol/L} \quad s \text{ mol/L}$$

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

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

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



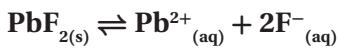
$$s \text{ mol/L} \quad s \text{ mol/L} \quad s \text{ mol/L}$$

$$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}]$$

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

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

25. استعمل قيم K_{sp} من الجدول 3-4 لتوقع هل سيتكون راسب عند خلط كميات متساوية من المحاليل الآتية أم لا: $0.10 \text{ M Pb(NO}_3)_2$ و 0.030 M NaF .a



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

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

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



$$Q_{sp} = [\text{Ag}^{+}]^2[\text{SO}^{2-}_4] = (0.0050 \text{ M})^2(0.125 \text{ M}) \\ = 3.1 \times 10^{-6}$$

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

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

26. تحفيز هل يتكون راسب عند إضافة 250 mL من 0.0025 M NaOH إلى 750 mL من 0.20 M MgCl_2 احسب تراكيز كل من Mg^{2+} و OH^{-} , ثم احسب Q_{sp} وقارنه بـ K_{sp}

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

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

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

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

سيتكون راسب لأن: $K_{sp} < Q_{sp}$

.c في محلول من Ag_2CrO_4 عند الاتزان.



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

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

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

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

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

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

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

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

.23. احسب ذائبية Ag_3PO_4

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

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

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

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

.24. تحفizer ذائية كلوريد الفضة (AgCl) = $1.86 \times 10^{-4} \text{ g}/100 \text{ g}$ في الماء عند درجة حرارة 298 K. احسب K_{sp}

$$s = \frac{1.86 \times 10^{-4} \text{ g}}{100 \text{ g}} \times \frac{1000 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ L}} \\ = 1.86 \times 10^{-3} \text{ g/L}$$

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

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

$$K_{sp} = (1.30 \times 10^{-5} \text{ mol/L})(1.30 \times 10^{-5} \text{ mol/L}) \\ = 1.7 \times 10^{-10}$$

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

$$Ca_5(PO_4)_3OH = 2.7 \times 10^{-5} M$$

بالتسبة إلى الفلوروأباتيت:

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

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

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

$$Ca_5(PO_4)_3F = 6 \times 10^{-8} M$$

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

ذائبية هيدروكسي الأباتيت أكبر بـ 450 مرّة من ذائبية الفلوروأباتيت.

التصويم 4-3

الصفحة 150

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

سنحتاج إلى: تراكيز المتفاعلات، وتراكيز النواتج جميعها، K_{sp} .

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

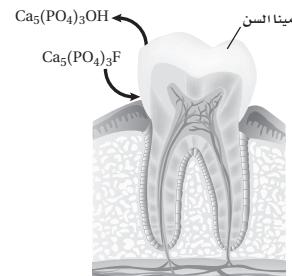
اكتب معادلة التفاعل عند الاتزان وتعبير ثابت حاصل الذوبان؛ لتساوي قيمة s الذائبية المولية للمركب. واستبدل مضاعفات s المناسبة في تعبير ثابت حاصل الذوبان، ثم جد قيمة s .

29. صُف كيف يقلل وجود الأيون المشترك الذائبية المركب الأيوني؟

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

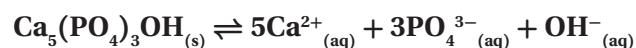
مختبر حل المشكلات

الصفحة 150



التفكير الناقد

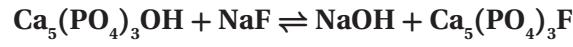
1. اكتب معادلة ذوبان هيدروكسي الأباتيت وتعبير ثابت الاتزان له. كيف تختلف الظروف في الفم عن الظروف في الاتزان الفعلي؟



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

لا يُعد الفم نظاماً مغلقاً؛ وذلك لأن اللعاب يُنَتج ويُبَلَّع بانتظام.

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



3. احسب ذائبية هيدروكسي الأباتيت والفلوروأباتيت في الماء، ثم قارن ذائبيتها. بالنسبة إلى هيدروكسي الأباتيت، افترض أن: $(ذائبية) s = [OH^-]$ ، عندئذٍ

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

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

$$Ca_5(PO_4)_3OH = (5s)^5(3s)^3(s) = 6.8 \times 10^{-37}$$

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

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 157 - 154

4-1

اتقان المفاهيم

33. صُف حالة اتزان تحدث في الحياة اليومية بين عميتيْن متعاكسيْن.

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

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

35. هل تُمثل المعادلة الآتية اتزاناً متجانساً أم غير متجانس؟ فسر إجابتك: $H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2O_{(s)}$ تُمثل المعادلة اتزاناً غير متجانس؛ لأن المتفاعلات والنواتج متمثّلة في أكثر من حالة فيزيائية.

36. ما المقصود بـموضع الاتزان؟
موضع الاتزان مجموعة محددة من تراكيز الاتزان.

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

38. لماذا يجب أن تعيّر انتباحك للحالات الفيزيائية للنواتج والمتفاعلات عند كتابة تعبير ثابت الاتزان؟ تُحدّد تراكيز السوائل والمواد الصلبة النقيّة من تعبير ثابت الاتزان.

30. وُضّح الفرق بين K_{sp} و Q_{sp} . وهل يُعد Q_{sp} ثابت اتزان؟ يُعد Q_{sp} حاصل ضرب تراكيز الأيونات التي يمكن أن تكون موجودة في محلول مركب أيوني. وتُقاس قيمته للمقارنة بقيمة K_{sp} التي تُعبّر عن حاصل ضرب تراكيز الأيونات الموجودة فعليّاً في محلول مشبّع. حيث يُعد K_{sp} ثابت الاتزان، في حين لا يُعد Q_{sp} ثابت اتزان.

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

$$[Mg^{2+}][CO_3^{2-}] = 2.6 \times 10^{-9}$$

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

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

32. صُمّم تجربة اعتماداً على الذائبة لتوضّح أيّ الأيونين Mg^{2+} أو Pb^{2+} يوجد في محلول مائي. بما أن كرومات الماغنيسيوم ذائبة، وクロمات الرصاص غير ذائبة. لذا، أضف 10.0 mL من محلول 0.10 M البوتاسيوم تركيزه إلى 100.0 mL محلول مائي غير معروض. فإذا احتوى محلول المجهول على أيون الماغنيسيوم، فلن يتكون راسب من $MgCrO_4$. أمّا إذا احتوى محلول المجهول على أيون الرصاص $PbCrO_4$ الصلبة الصفراء اللون.

الكيمياء والصحة

الكتابة في الكيمياء

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

قد يؤدّي انقطاع التنفس في أثناء النوم إلى تقليل كمية الأكسجين في الرئتين. ويحدث الأثر نفسه الناتج عن انخفاض في هواء الجبال المرتفعة. ويسبّب 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 للأكسجين هيموجلوبين الدم المؤكسد إلى

دليل حلول المسائل

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:

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

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

الجدول 5-4 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:

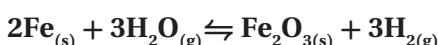
$$K_{\text{eq}} = \frac{[C]}{[A][B]^2} = 3.63$$

$$\frac{(0.700)}{(0.500)(0.621)^2} = 3.63$$

$$\frac{(0.250)}{(0.250)(0.525)^2} = 3.63$$

التفاعلان في حالة اتزان.

45. إذا مرّ بخار ماء من خلال برادة حديد فسيُتّج أكسيد الحديد III الصلب وغاز الهيدروجين عن التفاعل العكسي. اكتب معادلة كيميائية موزونة وتعير ثابت الاتزان للتفاعل الذي يُتّج أكسيد الحديد III وغاز الهيدروجين.



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

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

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

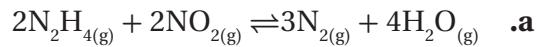
40. ماذا يحدث لـ K_{eq} لنظام متزن، إذا تم إعادة كتابة معادلة التفاعل بطريقة عكسيّة؟ تكون القيمة الجديدة لـ K_{eq} هي مقلوب قيمتها الأصلية.

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 تبرر K_{eq} مثل هذا الاتزان؟

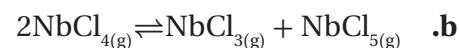
يحدث مثل هذا الاتزان إذا تفاعلت النواتج الأولية المتكوّنة بسرعة لدرجة تصبح معها سرعة التفاعل العكسي مساوية لسرعة التفاعل الأمامي. ويجب أن تكون قيمة K_{eq} العددية صغيرة. ولا تتغير تراكيز المتفاعلات والنواتج، حيث يمر كل جزء من المتفاعلات والنواتج بتغيير كيميائي عندما تتساوى سرعة التفاعلين الأمامي والعكسي.

إتقان حل المسائل

42. اكتب تعديل ثابت الاتزان لكـ اتزان متجانس فيها يأتي:



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



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

43. افترض أن لديك مكعباً من فلز المنجنيز النقي طول ضلعه 5.25 cm، وكتلته تساوي 1076.6 g، في التراكيز المولاري للمنجنيز في المكعب؟ احسب حجم المكعب وحوّله إلى وحدة L:

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

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

4-2

إنقاذ المفاهيم

51. المشروبات الغازية استعمل مبدأ لوتشاتليه لشرح كيف

تسبب إزاحة الاتزان الآتي فقدان الشراب طعمه عند ترك



بما أن $\text{CO}_{2(\text{g})}$ يتحرّر باستمرار فور فتح غطاء القارورة، لذا

يستمر الاتزان في تغيير اتجاهه إلى اليمين إلى أن يستنفد



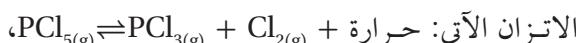
52. فسر كيف تؤثّر زيادة درجة الحرارة في الاتزان الموضّع في



تميل عملية التسخين إلى تفضيل التفاعل العكسي (الماء

للحرارة) وذلك بتحويل الاتزان نحو اليسار.

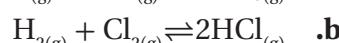
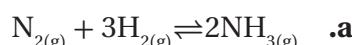
53. إذا أضيف مذيب سائل من الكلور إلى دورق يحتوي تفاعلاً



فكيف يتأثّر الاتزان عند ذوبان كمية من غاز الكلور؟

يتجه الاتزان نحو اليمين لانتاج المزيد من الكلور.

54. إذا أعطيت التفاعلين الآتيين عند الاتزان:



فسّر لماذا يسبّب تغيّر حجم وعاء التفاعلين تغيّر موضع

الاتزان لـ a ولا يؤثّر في b؟

يختلف عدد مولات الغاز للمتفاعلات والنواتج في المعادلة

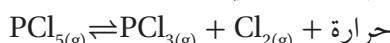
a. في حين يتساوى عدد مولات الغاز على طرفي المعادلة b.

فعندهما يتساوى عدد مولات الغاز على طرفي المعادلة، فلن

يكون لتغيّر الحجم أي تأثير في الاتزان.

55. هل تتوقّع أن تزداد أم تقلّ قيمة K_{eq} العددية عند زيادة درجة

الحرارة في الاتزان الآتي؟ فسر إجابتك:



ستقلّ قيمة K_{eq} العددية عندما يتحوّل 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 لوتشاتليه استجابة الاتزان للإجهاد؟

ينصُّ مبدأ لوتشاتليه على أن الاتزان ينزاح في الاتجاه

الذي يقلّ من التأثير الواقع عليه.

48. لماذا يسبّب إزالة المتفاعل إزاحة الاتزان نحو اليسار؟

لكي يزيد نسبة الاتزان للمتفاعلات والنواتج، ينزاح

الاتزان نحو المتفاعلات.

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

a. تراكيز المتفاعلات

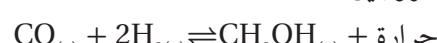
b. تراكيز النواتج

يقلّ تراكيز المتفاعلات، في حين يزداد تراكيز النواتج.

50. كيف يمكن للتغيرات الآتية التأثير في موضع الاتزان

للتفاعل المستعمل لإنتاج الميثanol من أول أكسيد الكربون

والهيدروجين؟



a. إضافة CO

ينزاح الاتزان نحو اليمين

خفض درجة الحرارة

ينزاح الاتزان نحو اليمين

c. إضافة عامل محفّز

لا ينزاح الاتزان نحو أي اتجاه.

d. إزالة CH₃OH

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 التعرض للأشعة السينية؟ علّماً 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. أما كبريتات الباريوم فيمكن تناولها بأمان؛ لأنّ ذائبتها منخفضة جداً. وبسبب ذائبية كلوريد الباريوم العالية؛ فذلك يجعل تناوله غاية في الخطورة.

61. فسر ما يحدث في الشكل 23-4 اعتماداً على Q_{sp} و K_{sp} .
سيكون راسب؛ لأن $K_{\text{sp}} > Q_{\text{sp}}$.

62. صف محلول الناتج عن خلط محلولين لها K_{sp} ، هل يتكون راسب؟
سيكون محلول الجديد مشبعاً، ولا يتكون راسب.

إتقان حل المسائل

63. اكتب تعبير K_{sp} لكرمات الرصاص PbCrO_4 ، واحسب ذاتيّته بوحدة mol/L ، علّماً أن 2.3×10^{-13}

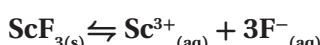
$$K_{\text{sp}} = [\text{Pb}^{2+}][\text{CrO}_4^{2-}] = 2.3 \times 10^{-13}$$

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

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

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

64. لفلوريد الإسكانديوم ScF_3 عند درجة حرارة 298 K يساوي 4.2×10^{-8} . اكتب معادلة الاتزان الكيميائية لذائبية فلوريد الإسكانديوم في الماء. ما ترکیز أيونات Sc^{3+} اللازمة لتكوين راسب إذا كان ترکیز أيون الفلوريد 0.076 M ؟



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

$$4.2 \times 10^{-8} = [\text{Sc}^{3+}][0.076]^3$$

$$[\text{Sc}^{3+}] = \frac{4.2 \times 10^{-8}}{(0.076)^3} = 9.6 \times 10^{-15} \text{ M}$$

56. فسر كيف يمكن أن تُنظم الضغط لتعزّز تكوين الناتج في نظام الاتزان الآتي: $\text{MgCO}_{3(\text{s})} \rightleftharpoons \text{MgO}_{(\text{s})} + \text{CO}_{2(\text{g})}$ 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 + $\text{C}_2\text{H}_{4(\text{g})} + \text{H}_{2(\text{g})} \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_{6(\text{g})}$ كيف يمكنك تنظيم درجة الحرارة لهذا الاتزان لكي:

a. تزيد كمية الإيثان الناتج.
خفض درجة الحرارة.

b. تقلّل ترکیز الإيثيلين.
خفض درجة الحرارة.

c. تزيد كمية الهيدروجين في وعاء التفاعل.
رفع درجة الحرارة.

4.3

إتقان المظاهير

58. ماذا تعني بقولك إن لدى محلولين أيوناً مشتركاً؟ اذكر مثلاً يوضح ذلك.

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

59. لماذا لا تُعطي بعض المركبات مثل كلوريد الصوديوم قيمة K_{sp} لا تعطى المركبات الذائبة في الأغلب قيمة K_{sp} لأنها ستكون أعداداً كبيرة. وبالإضافة إلى ذلك، نادراً ما تترسب مثل هذه المركبات من محلاليها إلا إذا كانت تراكيز الأيونات مرتفعة بصورة كبيرة.

مراجعة عامة

67. تُسْتَجِعُ إِيْثَانُوْتُ الإِيْشِيل $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$ مِنَ الْاتِّزَانِ الموصوف فِي الْمَعَادِلَةِ الآتِيَّةِ:

$$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$$

لِمَاذَا تُسَبِّبُ إِزَالَةُ الْمَاءِ إِنْتَاجَ الْمُزِيدِ مِنَ إِيْثَانُوْتُ الإِيْشِيلِ؟ تَؤَدِي إِزَالَةُ H_2O إِلَى إِزَالَةِ الْاتِّزَانِ نَحْوَ الْيَمِينِ، وَإِنْتَاجِ الْمُزِيدِ مِنَ إِيْثَانُوْتُ الإِيْشِيلِ.

68. كَيْفَ يَتَأَثَّرُ كُلُّ اتِّزَانٍ فِيهَا يَلِي بِانْخَفَاضِ درْجَةِ الْحَرَارَةِ؟

a. حَرَارَةٌ $\rightleftharpoons 3\text{O}_{2(g)}$ سَيَنْزَاحُ التَّفَاعُلَ نَحْوَ الْيَمِينِ.

b. حَرَارَةٌ $\text{H}_{2(g)} + \text{F}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{HF}_{(g)}$ سَيَنْزَاحُ التَّفَاعُلَ نَحْوَ الْيَسَارِ.

69. كَيْفَ يَتَأَثَّرُ كُلُّ اتِّزَانٍ فِيهَا يَلِي بِارْتِفَاعِ كُلِّ مِنْ درْجَةِ الْحَرَارَةِ وَالْحَجْمِ فِي الْوَقْتِ نَفْسِهِ؟

a. حَرَارَةٌ $\rightleftharpoons 3\text{O}_{2(g)}$ سَتُؤَدِي زِيَادَةُ درْجَةِ الْحَرَارَةِ إِلَى تَغْيِيرِ الاتِّجَاهِ نَحْوَ الْيَسَارِ وَتَؤَدِي زِيَادَةُ الْحَجْمِ إِلَى تَغْيِيرِ الاتِّجَاهِ نَحْوَ الْيَمِينِ.

b. حَرَارَةٌ $\text{N}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{(g)}$ سَتُؤَدِي زِيَادَةُ درْجَةِ الْحَرَارَةِ إِلَى تَغْيِيرِ الاتِّجَاهِ نَحْوَ الْيَمِينِ. كَمَا لَا تَؤَدِي زِيَادَةُ الْحَجْمِ إِلَى أَيِّ تَغْيِيرٍ لَآنَ هُنَاكَ أَعْدَادًا مُتَسَاوِيَّةٍ مِنْ جُزِيَّاتِ الْمُتَفَاعِلَاتِ وَالنَّوَافِعِ. وَسِيَتَجَهُ الْاتِّزَانُ نَحْوَ الْيَمِينِ.

70. ثَابَتَ حَاصِلُ الذَّائِبَيَّةِ لِرَنِيْخَاتِ الرَّصَاصِ $\text{Pb}_3(\text{AsO}_4)_2$ II هُوَ 4.0×10^{-36} فِي درْجَةِ حرَارَةِ 298 K احْسَبُ الذَّائِبَيَّةَ بِوَحْدَةِ mol/L لِهَذَا الْمَرْكَبِ عَنْدَ درْجَةِ الْحَرَارَةِ نَفْسِهَا.

$$\text{Pb}_3(\text{AsO}_4)_{2(s)} \rightleftharpoons 3\text{Pb}^{2+}_{(aq)} + 2\text{AsO}_4^{3-}_{(aq)}$$

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

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

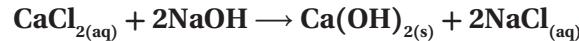
$$4.0 \times 10^{-36} = (3s)^3 (2s)^2$$

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

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

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

65. هُلْ يَتَكَوَّنُ رَاسِبٌ عِنْدَ خُلُطِ 62.6 mL مِنْ CaCl_2 الَّذِي تَرْكِيزُهُ 0.0322 M مَعَ 31.3 mL مِنْ NaOH الَّذِي تَرْكِيزُهُ 0.0145 M ؟ اسْتَعْمِلِ الْبَيَانَاتِ الْمُوْجَودَةِ فِي الجَدْوَلِ 4-4 وَضُّحِّيْ إِجَابَتُكَ.



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

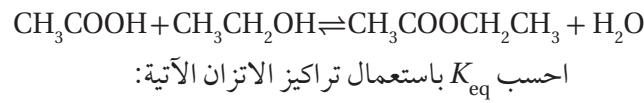
$$[\text{Ca}^{2+}] = \frac{(0.0626 \text{ L}) (0.0322 \text{ mol / L})}{(0.0626 \text{ L} + 0.0313 \text{ L})} = 2.15 \times 10^{-2} \text{ M}$$

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

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

لَا، لَا يَتَكَوَّنُ رَاسِبٌ؛ لَأَنَّ $Q_{sp} = 5.02 \times 10^{-7}$ ، وَهَذَا أَقْلَى مِنْ قِيمَةِ K_{sp} لِهِيْدَرُوكَسِيدِ الْكَالْسِيُومِ الَّتِي تَسَاوِي 5.0×10^{-6} .

66. صِنَاعَةُ إِيْثَانُوْتُ الإِيْشِيل $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$ مُذَبِّبُ يُسْتَعْمِلُ فِي صِنَاعَةِ الْوَرْنِيشِ، وَيُمْكِنُ إِنْتَاجُهُ بِتَفَاعُلِ الإِيْثَانُولِ وَحَمْضِ الإِيْثَانُوِيكِ (الْخَلِّيِّكِ)، وَيُمْكِنُ وَصْفُ الْاتِّزَانِ بِالْمَعَادِلَةِ الآتِيَّةِ:



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

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

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

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

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

$$= 3.34$$

التفكير الناقد

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

من الممكن أن يتكون 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 متساوية لقيمة 1.00، وذلك عندما ترتفع قيمة كل تركيز إلى قوة تساوي معاملها في المعادلة الموزونة.

75. تطبيق يستعمل تنشق الأملاح أحياناً لإعادة إنعاش شخص فقد للوعي؛ إذ تتكون هذه الأملاح من كربونات الأمونيوم. فإذا كانت معادلة تفكك كربونات الأمونيوم الماصل للحرارة كما يأتي:



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

76. إذا علمت أن K_{sp} لiodيدات الكادميوم $Cd(IO_3)_2$ يساوي 2.3×10^{-8} عند درجة حرارة 298 K ، فما تركيز (mol/L) كل من أيونات الكادميوم وأيونات اليوديدات في محلول م Shirley مع يوديدات الكادميوم عند درجة حرارة 298 K ؟

$$Cd(IO_3)_{2(s)} \rightleftharpoons Cd^{2+}_{(aq)} + 2IO_3^{-}_{(aq)}$$

$$s \text{ mol/L } Cd(IO_3)_2$$

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

$$[IO_3^{-}] = 2s \text{ mol/L}$$

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

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

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

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

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

71. صحة الجملة الآتية: القيمة المخضرة لثابت الاتزان K_{eq} تعني أن كلا التفاعلين الأمامي والعكسى يحدثان ببطء.

الجملة ليست صحيحة، إذ إن قيمة K_{eq} لا تعطى أي معلومات حول سرعة حدوث التفاعل أو بطيئه. وتعني القيمة المخضرة لـ K_{eq} فقط احتواء نظام الاتزان على تركيز من المتفاعلات أعلى من النواتج عند حدوث التفاعلات الأمامية والعكسية بنسبة متساوية.

72. في نظام الاتزان $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$ ، لون N_2O بني غامق. فسر اختلاف اللون للاتزان كما هو موضح في الشكل .4-22



الشكل 4-22

عند وجود ضغط عال (حجم أقل) يتجه الاتزان نحو الطرف الذي يقلل من قيمة الضغط، ويتم ذلك بالاتجاه نحو اليسار مستهلكاً المزيد من N_2O 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 هيدروكسيد الألومنيوم.



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

تؤدي إضافة هيدروكسيد البوتاسيوم إلى زيادة تركيز أيونات الهيدروكسيد في محلول. لذا، يتطلب K_{sp} ثابت تحفيض تركيز أيونات الألومنيوم موضحاً أثر الأيون المترافق.

78. السبب والنتيجة افترض أن لديك 12.56 g من خليط مكون من كلوريد الصوديوم وكلوريد الباريوم. فسر كيف يمكن استعمال تفاعل الترسيب لتحديد مقدار كلّ مركب في الخليط.

إجابة محتملة :

1. أذب المخلوط في ماء مقطّر.

2. أضف محلولاً إضافياً يحتوي على الأنيون مثل الكربونات، الأكرومات والكبريتات التي تُرسّب أيونات الباريوم جميعها.

3. رشّ الراسب وجفّفه وقسّ كتلته.

4. احسب عدد مولات مركب الباريوم المتكون، 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 الصلبتين: فوسفات الكالسيوم وفوسفات الحديد III لها ذاتية مولارية أكبر؟ إذا علّمت 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 ذاتية مولارية أعلى؟

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

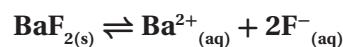
$$[\text{Fe}^{3+}] = [\text{PO}_4^{3-}] = s$$

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

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

77. تفسير البيانات أيّ المركّبات يترسّب أولاً إذا تمت إضافة محلول فلوريد الصوديوم الذي تركيزه 0.500 M بشكل تدريجي إلى محلول يحتوي على تركيز 0.500 M من أيونات الباريوم والماغنيسيوم؟ استعمل الجدول 6-4 واتّكب معادلات اتزان الذائبة وتعابير ثابت حاصل الذائبة لكلا المركّبين، مفسّراً إجابتك.

الجدول 6 – بيانات المركّبين		
الذائبة المولية g/mol	الذائبة المولية g/mol	المرّكب
1.1	175.33	BaF_2
0.13	62.30	MgF_2



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

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

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



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

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

$K_{sp} = [\text{Ba}^{2+}][\text{F}^{-}]^2 = 4s^3 = 4(2.1 \times 10^{-3})^3 = 3.7 \times 10^{-8}$ سيترسّب فلوريد الماغنيسيوم أولاً؛ لأنّ قيمة 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 ماضة للحرارة، وعليه، فبدلاً من أن تكون الطاقة الناتجة عن التفاعل، ستصبح ممتصة. لذا، يجب تغيير إشارة ΔH .

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

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

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

لدى الطالب 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 ثانوي أكسيد الكربون الزائدة من الغلاف الجوي. بالإضافة إلى أن مادة الاليولين نفسها لا تضر البيئة.

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

84. عسر الماء يسبب وجود أيونات الماغنيسيوم والكالسيوم في الماء عسره. فسر بالاعتماد على الذائية لماذا يُعد وجود هذين الأيونين أحياناً غير مرغوب فيه، ثمّ أوجد الطائقات التي يمكن تحاذها للحدّ منها.

ستتنوع تقارير الطالب. ويمكن أن تتضمن:

- تؤدي قلة ذاتية بعض مركبات الماغنيسيوم والكالسيوم إلى إتلاف التمددات الصحية، وتقليل فاعليتها.
- ستؤدي قلة ذاتية $CaSO_4$ في الماء الساخن إلى إتلاف الأنابيب الناقلة لها.

فوسفات الكالسيوم لها ذاتية مولارية أعلى من فوسفات الحديد III.

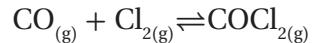
$$\text{ذائية } Ca_3(PO_4)_2 \text{ (g/L)} = 6.4 \times 10^{-7} \text{ mol/L} \times 310.2 \text{ g/mol} \\ = 2.0 \times 10^{-4} \text{ g/L}$$

$$\text{ذائية } FePO_4 \text{ (g/L)} = 1.0 \times 10^{-11} \text{ mol/L} \times 150.6 \text{ g/mol} \\ = 1.5 \times 10^{-9} \text{ g/L}$$

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

مسألة تحضير

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



بدايةً وُضع 1.0000 mol من كل الغازين في وعاء حجمه 10.00 L وعند وصولهما إلى حالة الاتزان وجد أنَّ تركيز كلّ منهما 0.0086 mol/L. ما تركيز الفوسجين عند الاتزان؟ وما K_{eq} للنظام؟

التركيز المولاري الابتدائي لكل من CO و Cl_2 هو:

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

إذا كان تركيز CO_2 عند الاتزان يساوي 0.0086 mol/L فإن تركيز $COCl_2$ هو:

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

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

$$K_{eq} = \frac{[COCl_2]}{[CO][Cl_2]} = \frac{(0.0914)}{(0.0086)(0.0086)} = 1.2 \times 10^3$$

87. فَسْرُ كَيْفَ أَنْ مُبَرْدَ السِّيَارَةِ (الرَّادِيُّو) الْمُطْلِي بِالسِّبِّيْكَةِ يَمْكُنْ أَنْ يَسْاعِدَ عَلَى تَقْلِيلِ تَرْكِيزِ NO وَ CO فِي الْغَلَافِ الْجَوِيِّ؟ يَعْمَلُ مُبَرْدُ السِّيَارَةِ عِنْدَ درَجَاتِ حرَارةٍ مُرْتَفَعَةٍ، وَتَمْسَحُ السِّيَارَاتِ كَمِيَّاتٍ كَبِيرَةٍ مِنَ الْهَوَاءِ عِنْدَمَا تَنْتَقِلُ مِنْ مَكَانٍ إِلَى آخَرَ، لَذَا إِنْ مُبَرْدُ السِّيَارَةِ الْمُطْلِي بِالسِّبِّيْكَةِ يَمْكُنْ أَنْ يَحْوِلْ حَجْمًا مَلْحُوظًا مِنْ مَلْوَثَاتِ NO وَ CO إِلَى موَادٍ أَقْلَى ضَرَرًا هِيَ CO_2 وَ N_2 .

اختبار مُقْنَنٌ

الصفحتان 159 – 158

أسئلة الاختيار من متعدد

1. أَيُّ مِنَ الْأَدْعِيَاتِ يَصِفُ نَظَامًا وَصَلَ إِلَى حَالَةِ الْاَتَرَانِ الْكِيمِيَّيِّ؟
 a. لَا يَوْجِدُ نَاتِجٌ جَدِيدٌ يَتَكَوَّنُ بِفَعْلِ التَّفَاعُلِ الْأَمَامِيِّ.
 b. لَا يَحْدُثُ التَّفَاعُلُ الْعُكْسِيُّ فِي النَّظَامِ.
 c. تَرْكِيزُ التَّفَاعُلَاتِ فِي النَّظَامِ يَسَاوِي تَرْكِيزَ النَّوَاطِجِ.
 d. سُرْعَةُ حدُوثِ التَّفَاعُلِ الْأَمَامِيِّ تَسَاوِي سُرْعَةِ حدُوثِ التَّفَاعُلِ الْعُكْسِيِّ.

④

2. يُسْتَطِعُ الطَّلَابُ إِجْرَاءُ التَّفَاعُلَ بَيْنَ أَيُونَاتِ $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ وَأَيُونَاتِ الْيُودِيدِ I^- ؛ لَأَنَّهُ يُسِيرُ بِطَءَ كَافِ لِقِيَاسِ سُرْعَتِهِ.

$$\text{S}_2\text{O}_8^{2-} \text{ (aq)} + 2\text{I}^- \text{ (aq)} \rightarrow 2\text{SO}_4^{2-} \text{ (aq)} + \text{I}_2 \text{ (aq)}$$

تَمَّ تَحْدِيدُ رَتَبَةِ هَذَا التَّفَاعُلِ فِي الْمُخْتَرِ لِتَكُونُ الرَّتَبَةُ الْأَوَّلِيَّ فِي $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ وَالرَّتَبَةُ الْأَوَّلِيَّ فِي I^- . مَا قَانُونُ السُّرْعَةِ الْكُلِّيِّ لِهَذَا التَّفَاعُلِ؟

$$R = k[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]^2 [\text{I}^-] \quad .a$$

$$R = k[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}] [\text{I}^-]^2 \quad .b$$

$$R = k[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]^2 [\text{I}^-]^2 \quad .c$$

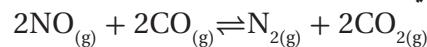
$$R = k[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]^2 [\text{I}^-]^2 \quad .d$$

⑤

- تَتَفَاعُلُ أَيُونَاتِ الْمَاغْنِيْسِيُّومِ وَالْكَالْسِيُّومِ مَعَ الصَّابُونِ مَكَوْنَةً مِنْ مَرَكَبَاتِ غَيْرِ ذَابَةٍ، جَاعِلَةً الصَّابُونَ أَقْلَى فَاعْلَيَّةً، وَمَكَوْنَةً تَرَسِيبَاتٍ عَلَى الْمَفَاسِلِ وَالْحَمَامَاتِ.
- يَمْكُنْ إِزَالَةُ أَيُونَاتِ الْكَالْسِيُّومِ وَالْمَاغْنِيْسِيُّومِ مِنْ خَلَالِ التَّنْقِيَّةِ، أَوْ تَفَاعُلَاتِ الْاِسْتِبْدَالِ، أَوْ إِضَافَةِ $\text{Ca}(\text{OH})_2$. soda (Na_2CO_3) . يَمْكُنْ مَعَالِجَةُ الْمَاءِ السَّاخِنِ بِإِضَافَةِ كَربُونَاتِ الصُّودِيُّومِ، مَمَّا يَؤْدِي إِلَى تَرَسِيبِ كَربُونَاتِ الْكَالْسِيُّومِ، وَمَنْعِ تَكْوِينِ CaSO_4 فِي الْأَنَابِيبِ النَّاقِلَةِ.

أسئلة المستندات

الْتَّلُوُّثُ تَحْتَوِي عَوَادِمَ السِّيَارَاتِ عَلَى الْمَلْوَثَاتِ الْخَطِيرَةِ وَمِنْهَا: أَوَّلُ أَكْسِيدِ الْنِيْتِرُوجِينِ NO وَأَوَّلُ أَكْسِيدِ الْكَرْبُونِ CO . وَيَمْكُنْ أَنْ تَقَلِّلَ كَمِيَّةُ هَذِينِ الْغَازِيْنِ فِي الْهَوَاءِ الْجَوِيِّ بِتَمْرِيرِهِمَا فَوْقَ سِبِّيْكَةِ (عَامِلٌ مُحَفِّزٌ). وَعِنْدَمَا يَمْرُغُ NO وَ CO فَوْقَ هَذَا الْمَحْفَزِ يَنْشَأُ الْاَتَرَانُ الْآتِيُّ:



وَيَتَأَثِّرُ ثَابِتُ الْاَتَرَانِ بِدَرْجَةِ الْحَرَارَةِ، كَمَا هُوَ مُوَضَّحُ فِي الْجَدْوَلِ 4-7.

جدول 4-7 K_{eq} مُقَابِل 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. اكْتُبْ تَعْبِيرَ ثَابِتِ الْاَتَرَانِ لِهَذَا الْاَتَرَانِ.

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

86. ادْرِسْ الْعَلَاقَةَ بَيْنَ K_{eq} وَدَرْجَةِ الْحَرَارَةِ. اسْتَعْمِلْ مَبْدَأَ لَوْتَشَاتِلِيَّهِ لِاستِنْتَاجِ مَا إِذَا كَانَ التَّفَاعُلُ الْأَمَامِيُّ مَاصًًا أَمْ طَارِدًا لِلْطَّاقَةِ.

وَحِيثُ أَنْ قِيمَةَ K_{eq} تَتَنَاقَصُ عِنْدَ اِزْدِيَادِ درجةِ الْحَرَارَةِ، لَذَا، يُعَدُّ التَّفَاعُلُ الْأَمَامِيُّ طَارِدًا لِلْحَرَارَةِ.

دليل حلول المسائل

$$\text{MnCO}_3 \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} \text{ (aq)} + \text{CO}_3^{2-} \text{ (aq)}$$

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

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

6. ما ذائبية MnCO_3 عند درجة حرارة 298 K

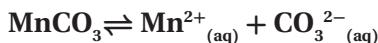
a. $4.73 \times 10^{-6} \text{ M}$

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)



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

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

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

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

مع 50 mL من MnCl_2 ، سيكوّن 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 محلول قد تتضاعف، فإن تركيز $[\text{CO}_3^{2-}]$ في الخليط :

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

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

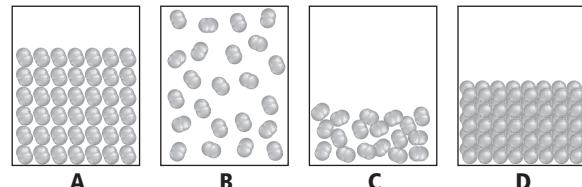
تركيز أيون $[\text{Mn}^{2+}]$ يساوي $1.49 \times 10^{-5} \text{ M}$ ويساوي

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. أي الرسوم الأربع يبيّن المادة التي لها أضعف قوى بين جزيئية؟

A. a

B. b

C. c

D. d

(b)

4. أي 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 الميدروجينية

(b)

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة من 5 إلى 7.

بيانات التركيز للاتزان الآتي				
$\text{MnCO}_3 \text{ (s)} \rightarrow \text{Mn}^{2+} \text{ (aq)} + \text{CO}_3^{2-} \text{ (aq)}$ عند 298 K				
الحاولة	$[\text{CO}_3^{2-}]$ عند الاتزان	$[\text{Mn}^{2+}]$ عند الاتزان	$[\text{CO}_3^{2-}]$ الابتدائي	$[\text{Mn}^{2+}]$ الابتدائي
1	4.00×10^{-3}	5.60×10^{-9}	0.00400	0.0000
2	2.24×10^{-9}	1.00×10^{-2}	0.0000	0.0100
3	2.00×10^{-2}	1.12×10^{-9}	0.0200	0.0000

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}

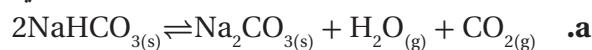
d. 5.60×10^{-9}

(a)

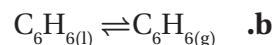
12. صنف نوع التفاعل الكيميائي الذي يظهر في هذا الرسم البياني، وكيف تدعم البيانات فيه استنتاجك؟
 يُعد هذا التفاعل – على الأغلب – تفاعل تفكك. حيث يوجد هناك متفاعلاً واحداً يُظهره المنحنى A، وتقل ذائبيته كلما استهلك. كما أن هناك ناتجين مماثلين في الخطين B وC، تزداد ذائبيتها بازدياد الزمن، حيث إنهم يتكوينان من تفكك A.

أسئلة الإجابات القصيرة

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



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

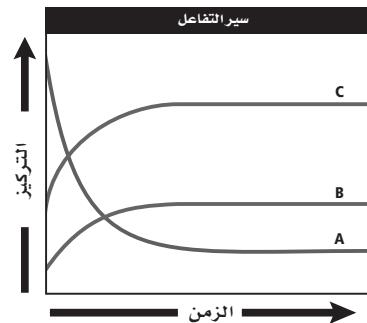


$$K_{eq} = [\text{C}_6\text{H}_6]$$

9. يتّسّع عن تسخين الحجر الجيري $\text{CaCO}_{3(s)}$ الجير الحي وغاز ثاني أكسيد الكربون. اكتب تعبير ثابت الاتزان للتفاعل العكسي.

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

أسئلة الإجابات المفتوحة
 استعمل المخطّط 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. 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 مزيدًا من النواتج، يجب أن تكون سرعته مساوية لسرعة التفاعل الأمامي الذي يستهلك المتفاعلات.