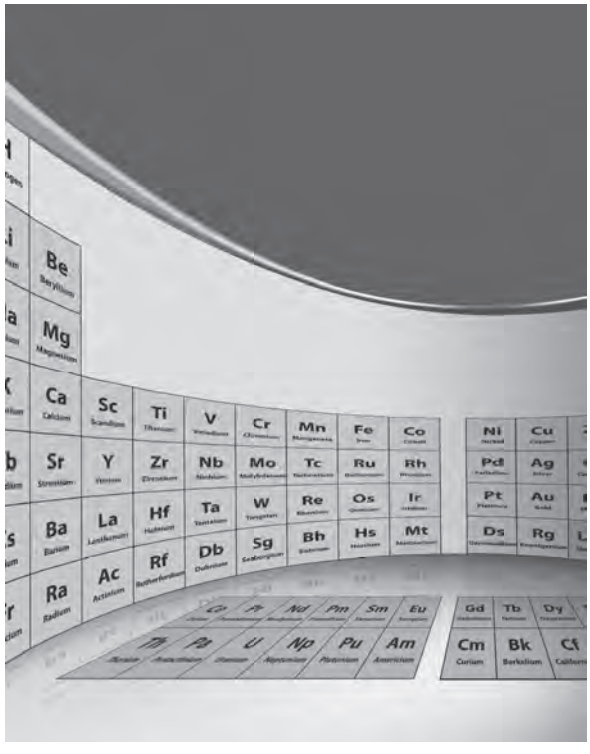
وزارة التربية والتعليم
Ministry of Education
المملكة العربية السعودية

دليل حلول المسائل

الصف الثاني الثانوي

قسم العلوم الطبيعية



العبيكان
Obeikan

١٤٣٤ هـ - ٢٠١٣ م

McGraw Hill Education

الكيميـاء ـ الصف الثاني الثانوي

Glencoe Sience

دليل حلول المسائل

SOLUTIONS MANUAL

Chemistry

أعدَّ النسخة العربية: شركة العبيكان للتعليم

www.obeikaneducation.com

Mc Graw Hill Education

العبيكان Obeikan

حقوق الطبعة الإنجليزية محفوظة لشركة ماجروهل .

The McGraw-

الطبعة العربية: مجموعة العبيكان للاستثمار
وفقًا لاتفاقيتها مع شركة ماجروهل ٢٠٠٨م/ ١٤٢٩هـ.

لا يسمح بإعادة إصدار هذا الكتاب أو نقله في أي شكل أو واسطة، سواءً أكانت إلكترونية أو ميكانيكية، بما في ذلك التصوير بالنسخ «فوتوكوبي»، أو التسجيل، أو التخزين و الاسترجاع، دون إذن خطي من الناشر.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

قائمة المحتويات

إلى المعلم		4
الفصل 1:	الإلكترونات في الذرات	**5**
	التقويم 1–**1**	**5**
	التقويم 1–2	**7**
	التقويم 1–3	**9**
	مراجعة الفصل 1	**10**
	اختبار مقنن	**18**
الفصل 2:	الجدول الدوري والتدرج في خواص العناصر	**21**
	التقويم 2–1	**21**
	التقويم 2–2	**22**
	التقويم 2–3	**23**
	مراجعة الفصل 2	**25**
	اختبار مقنن	**35**
الفصل 3:	المركبات الأيونية والفلزات	**37**
	التقويم 3–1	**37**
	التقويم 3–2	**37**
	التقويم 3–3	**39**
	التقويم 3–4	**41**
	مراجعة الفصل 3	**42**
	اختبار مقنن	**51**
الفصل 4:	الروابط التساهمية	**54**
	التقويم 4–1	**54**
	التقويم 4–2	**55**
	التقويم 4–3	**56**
	التقويم 4–4	**58**
	التقويم 4–5	**59**
	مراجعة الفصل 4	**60**
	اختبار مقنن	**70**

قائمة المحتويات

الفصل 5:	الحسابات الكيميائية	**73**
	التقويم 1–5	**73**
	التقويم 2–5	**76**
	التقويم 3–5	**78**
	التقويم 4–5	**80**
	مراجعة الفصل 5	**82**
	اختبار مقنن	**100**
الفصل 6:	حالات المادة	**104**
	التقويم 1–**6**	**104**
	التقويم 2–6	**105**
	التقويم 3–6	**106**
	التقويم 4–6	**107**
	مراجعة الفصل 6	**107**
	اختبار مقنن	**117**
الفصل 7:	الغازات	**119**
	التقويم 1–7	**119**
	التقويم 2–7	**122**
	التقويم 3–7	**125**
	مراجعة الفصل 7	**127**
	اختبار مقنن	**140**
الفصل 8:	الهيدروكربونات	**143**
	التقويم 1–8	**143**
	التقويم 2–8	**143**
	التقويم 3–8	**145**
	التقويم 4–8	**146**
	التقويم 5–8	**147**
	مراجعة الفصل 8	**148**
	اختبار مقنن	**157**

إلى المـعـلم.....

يُعدّ دليل حلول المسائل دليلا شاملا لجميع الأسئلة والمسائل الموجودة في كتاب الطالب الكيمياء – الصف الثاني الثانوي، إضافة إلى المسائل التدريبية، وقسم التقويم، وتقويم الفصل، ويحتوي دليل حلول المسائل هذا على نصوص الأسئلة حتى لا تكون بحاجة إلى الرجوع للكتاب عند مراجعة المسائل مع الطلاب.

الإلكترونات في الذرات

1-1 الضوء وطاقة الكمّ

الصفحات 21 10

مسائل تدريبية

الصفحات 19 - 16

1. تحصل الأجسام على ألوانها من خلال عكسها أطوالًا موجية معينة عندما يصطدم بها اللون الأبيض. فإذا كان الطول الموجي للضوء المنعكس من ورقة خضراء يساوي 4.90×10^{-7} m. فما تردد موجة هذا الضوء؟

$$c = \lambda\nu$$
$$(3.00\times10^{8}\ \text{m/s}) = (4.90 \times 10^{-7}\ \text{m})\nu$$
$$\nu = \frac{(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{(4.90 \times 10^{-7}\ \text{m})} = 6.12 \times 10^{14}\ \text{Hz}$$

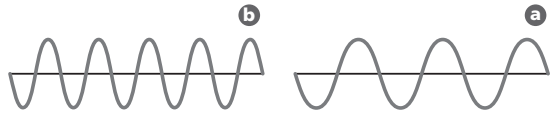
2. يمكن للأشعّة السينية أنْ تخترق أنسجة الجسم، وتُستعمَل على نطاق واسع لتشخيص اضطرابات أجهزة الجسم الداخلية ومعالجتها. ما تردد أشعّة سينية طولها الموجي 1.15×10^{-10} m؟

$$c = \lambda\nu$$
$$(3.00\times10^{8}\ \text{m/s}) = (1.15 \times 10^{-10}\ \text{m})\nu$$
$$\nu = \frac{(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{(1.15\times 10^{-10}\ \text{m})} = 2.61 \times 10^{18}\ \text{Hz}$$

3. بعد تحليل دقيق، وُجد أنّ تردد موجة كهرومغناطيسية يساوي 7.8×10^{2} Hz. ما سرعة هذه الموجة؟

3.00×10^{8} m/s

4. **تحفيز** تُذيع محطة راديو FM بتردد مقداره 94.7 MHz، في حين تُذيع محطة AM بتردد مقداره 820 kHz. ما الطول الموجي لكلٍّ من المحطتين؟ أيّ الرسمين أدناه يعود إلى محطة FM، وأيّها يعود إلى محطة AM؟



محطة FM:

$$c = \lambda\nu \longrightarrow \lambda = \frac{c}{\nu}$$
$$\lambda = \frac{(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{(9.47 \times 10^{7}\ \text{s}^{-1})} = 3.17\ \text{m}$$

موجات FM يمثّلها الرسم b

محطة AM:

$$c = \lambda\nu \longrightarrow \lambda = \frac{c}{\nu}$$
$$\lambda = \frac{(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{(8.20\times 10^{5}\ \text{s}^{-1})} = 366\ \text{m}$$

المحطة التي ترددها 820 kHz لها طول موجة أكبر.

موجات AM يمثّلها الرسم a

5. احسب طاقة الفوتون الواحد في كلٍّ من الإشعاعات الكهرومغناطيسية التالية:

a. $6.32 \times 10^{20}\text{s}^{-1}$

$$E_{photon} = h\nu$$
$$= (6.626 \times 10^{-34}\ \text{J.s})\ (6.32 \times 10^{-20}\ \text{s}^{-1})$$
$$E_{photon} = 4.19 \times 10^{-13}\ \text{J}$$

b. $9.50 \times 10^{13}\text{Hz}$

$$E_{photon} = h\nu$$
$$= (6.626 \times 10^{-34}\ \text{J.s})\ (9.50 \times 10^{13}\ \text{s}^{-1})$$
$$E_{photon} = 6.29 \times 10^{-20}\ \text{J}$$

c. $1.05 \times 10^{16}\text{s}^{-1}$

$$E_{photon} = h\nu$$
$$= (6.626 \times 10^{-34}\ \text{J.s})\ (1.05 \times 10^{16}\ \text{s}^{-1})$$
$$E_{photon} = 6.96 \times 10^{-18}\ \text{J}$$

6. تُستخدَم موجات الميكروويف التي طولها الموجي 0.125 m لتسخين الطعام. ما طاقة فوتون واحد من إشعاع الميكروويف؟

$$E_{photon} = h\frac{c}{\lambda}$$
$$= \frac{(6.626\times10^{-34}\ \text{J.s})\ (3.00\times10^{8}\ \text{m.s}^{-1})}{(1.25\times10^{-1}\ \text{m})}$$
$$= 1.59\times10^{-24}\ \text{J}$$

7. **تحفيز** يدخل مركّب كلوريد النحاس الأحادي في صناعة الألعاب النارية، فعندما يُسخَّن إلى درجة حرارة 1500 K تقريبًا، يُشعّ لونًا أزرق ذا طول موجي 4.50×10^{2} nm. ما طاقة فوتون واحد في هذا الضوء؟

$$E_{photon} = h\frac{c}{\lambda}$$
$$= \frac{(6.626\times10^{-34}\ \text{J.s})\ (3.00\times10^{8}\ \text{m.s}^{-1})}{(4.50\times10^{-9}\ \text{m})}$$
$$= 4.42\times10^{-17}\ \text{J}$$

التقويم 1 - 1

الصفحة 21

8. **قارن** بين الطبيعة الموجية والطبيعة المادّية للضوء.

يسلك الضوء سلوك الموجات عند انتقاله في الفضاء، في حين يسلك سلوك الجسيمات عند تفاعله مع المادة.

9. **صف** الظاهرة التي يمكن أنْ تُفسّر النموذج المادّي للضوء فقط.

ينبغي استخدام نموذج الجسيمات في تفسير التأثير الكهروضوئي ولون الأجسام الساخنة وطيف الانبعاث الذري.

10. **قارن** بين الطيف المستمر وطيف الانبعاث.

يُظهِر الطيف المستمر (المتصل) ألوان الأطوال الموجية جميعها، أمّا طيف الانبعاث فيُظهِر الأطوال الموجية لعنصر محدَّد.

11. **قوِّم** استعمل نظرية بلانك لمعرفة كمية الطاقة التي تكتسبها المادة أو تفقدها.

الكمّ هو أقلّ كمية من الطاقة يمكن أن تفقدها أو تكسبها الذرة؛ لذا تفقد المادة أو تكتسب طاقة بمضاعفات الكمّ فقط.

12. **ناقش** الطريقة التي استَخدَم فيها أينشتاين مفهوم الكمّ عند بلانك لتوضيح التأثير الكهروضوئي.

اقترح أينشتاين أن الإشعاع الكهرومغناطيسي له طبيعة مادية –موجيّة، حيث تعتمد طاقة الكمّ أو الفوتون على تردد الإشعاع، ويُعبر عن طاقة الفوتون بالمعادلة التالية: $E_{photon} = h\nu$؛ لذا فإن الفوتونات التي لها طاقة أكبر من طاقة الإفلات تسبب انبعاث الفوتو إلكترون.

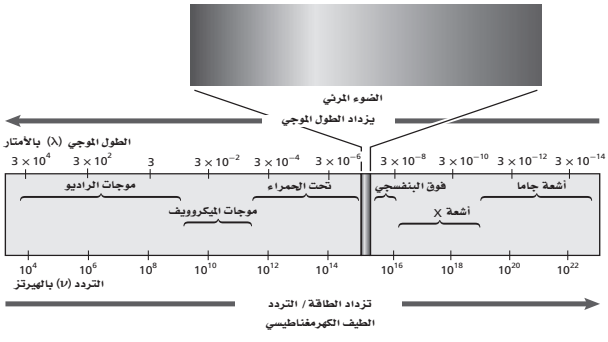
13. **احسب** يتطلب تسخين 235g ماء من درجة حرارة 22.6°C إلى 94.4°C في الميكروويف 7.06×10^{4} J من الطاقة، إذا كان تردد الميكروويف يساوي $2.88\times10^{10}\ \text{s}^{-1}$، فما عدد الكمَّات اللازمة للحصول على 7.06×10^{14} J من الطاقة؟

$$n = \frac{E}{E_{photon}}$$
$$n = \frac{E}{h\nu} = \frac{(7.06\times10^{14}\ \text{J})}{(6.626\times10^{-34}\ \text{J.s})/(2.88\times10^{10}\ \text{s}^{-1})}$$
$$= 3.70\times10^{37}$$

14. **تفسير الرسوم العلمية** استعن **بالشكل 5–1** وما تعرفه عن الإشعاع الكهرومغناطيسي للمقابلة بين القائمتين التاليتين: *(يمكن استخدام المفاهيم المرقمة أكثر من مرة)*

1. أطول طول موجة	**a.** أشعّة جاما
2. أعلى تردد	**b.** موجة تحت الحمراء
3. أعلى طاقة	**c.** موجات الراديو

الشكل 5–1 يشمل الطيف الكهرومغناطيسي مدى واسعًا من الترددات، ويشكّل جزء الطيف المرئي منه حيّزًا ضيقًا جدًّا. وكلما زادت الطاقة والتردد قلّ الطول الموجي.



1. c

2. a

3. a

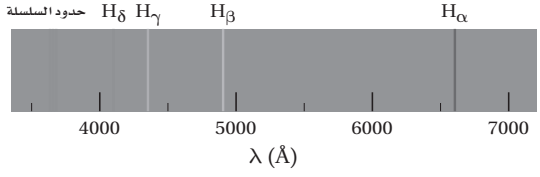
2 - 1 نظرية الكمّ والذرة

الصفحات 31 - 22

مختبر حلّ المشكلات

الصفحة 25

التفكير الناقد



1. احسب الطول الموجي لانتقال الإلكترون بين المدارات:

a. $n_i = 3 ؛ n_f = 2$

$$\frac{1}{\lambda} = (1.09678\times10^{7}\ \mathrm{m^{-1}})\left(\frac{1}{n_f^{2}} - \frac{1}{n_i^{2}}\right)$$
$$\frac{1}{\lambda} = (1.09678\times10^{7}\ \mathrm{m^{-1}})\left(\frac{1}{2^{2}} - \frac{1}{3^{2}}\right)$$
$$\frac{1}{\lambda} = 0.152331\times10^{7}\ \mathrm{m^{-1}}$$
$$\lambda = 6.565\times10^{-7}\ \mathrm{m}$$

b. $n_i = 4 ؛ n_f = 2$

$$\frac{1}{\lambda} = (1.09678\times10^{7}\ \mathrm{m^{-1}})\left(\frac{1}{2^{2}} - \frac{1}{4^{2}}\right)$$
$$\frac{1}{\lambda} = 0.205646\times10^{7}\ \mathrm{m^{-1}}$$
$$\lambda = 4.863\times10^{-7}\ \mathrm{m}$$

c. $n_i = 5 ؛ n_f = 2$

$$\frac{1}{\lambda} = (1.09678\times10^{7}\ \mathrm{m^{-1}})\left(\frac{1}{2^{2}} - \frac{1}{5^{2}}\right)$$
$$\frac{1}{\lambda} = 0.230324\times10^{7}\ \mathrm{m^{-1}}$$
$$\lambda = 4.342\times10^{-7}\ \mathrm{m}$$

d. $n_i = 6 ؛ n_f = 2$

$$\frac{1}{\lambda} = (1.09678\times10^{7}\ \mathrm{m^{-1}})\left(\frac{1}{2^{2}} - \frac{1}{6^{2}}\right)$$
$$\frac{1}{\lambda} = 0.243729\times10^{7}\ \mathrm{m^{-1}}$$
$$\lambda = 4.103\times10^{-7}\ \mathrm{m}$$

2. اربط بين الطول الموجي في سلسلة بالمر، والتي حسبتَها في السؤال 1، والقيم المحسوبة تجريبيًّا. هل تتوافق أطوال الموجات مع الأخذ في الحسبان خطأ التجربة وعدم دقة الحسابات؟ وضِّح إجابتك. 1 إنجستروم (Å) يساوي $10^{-10}\mathrm{m}$.

انظر الجدول أدناه.

3. طبِّق معادلة: $E = hc/\lambda$ لتحديد طاقة الكمّ لكلّ انتقال في السؤال 1.

a.

$$\lambda_a = 6562\ \text{Å} \times (1\mathrm{m} / 10^{10}\ \text{Å}) = 6.562\times10^{-7}\mathrm{m}$$
$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.626\times10^{-34}\ \mathrm{J.s})(3.00\times10^{8}\ \mathrm{m.s^{-1}})}{(6.562\times10^{-7}\ \mathrm{m})}$$
$$= 3.027\times10^{-19}\ \mathrm{J}$$

b.

$$\lambda_\beta = 4861\ \text{Å} \times (1\mathrm{m} / 10^{10}\ \text{Å}) = 4.861\times10^{-7}\mathrm{m}$$
$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.626\times10^{-34}\ \mathrm{J.s})\ (3.00\times10^{8}\ \mathrm{m.s^{-1}})}{(4.861\times10^{-7}\ \mathrm{m})}$$
$$= 4.087\times10^{-19}\ \mathrm{J}$$

c.

$$\lambda_\gamma = 4340\ \text{Å} \times (1\mathrm{m} / 10^{10}\ \text{Å}) = 4.340\times10^{-7}\mathrm{m}$$
$$\mathrm{E} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.626\times10^{-34}\ \mathrm{J.s})\ (3.00\times10^{8}\ \mathrm{m.s^{-1}})}{(4.340\times10^{-7}\ \mathrm{m})}$$
$$= 4.577\times10^{-19}\ \mathrm{J}$$

d.

$$\lambda_\delta = 4101\ \text{Å} \times (1\mathrm{m} / 10^{10}\ \text{Å}) = 4.101\times10^{-7}\mathrm{m}$$
$$\mathrm{E} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.626\times10^{-34}\ \mathrm{J.s})\ (3.00\times10^{8}\ \mathrm{m.s^{-1}})}{(4.101\times10^{-7}\ \mathrm{m})}$$
$$= 4.844\times10^{-19}\ \mathrm{J}$$

انتقالات مجموعات بالمر في نموذج بور

رقم المدار النهائي	القيمة التجريبيّة للطول الموجي	القيمة المحسوبة للطول الموجي	نسبة الخطأ %	التعليق
3	$6.562\times10^{-7}\ \mathrm{m} = 6562\ \text{Å}$	$6.565\times10^{-7}\ \mathrm{m} = 6565\ \text{Å}$	− 0.0404 %	قيم الطول الموجي المحسوب تطابق قيم الطول الموجي التجريبيّ
4	$4.861\times10^{-7}\ \mathrm{m} = 4861\ \text{Å}$	$4.863\times10^{-7}\ \mathrm{m} = 4863\ \text{Å}$	− 0.0356 %	
5	$4.340\times10^{-7}\ \mathrm{m} = 4340\ \text{Å}$	$4.342\times10^{-7}\ \mathrm{m} = 4342\ \text{Å}$	− 0.0394 %	
6	$4.101\times10^{-7}\ \mathrm{m} = 4101\ \text{Å}$	$4.103\times10^{-7}\ \mathrm{m} = 4103\ \text{Å}$	− 0.0468 %	

التقويم 2 - 1

الصفحة 31

15. فسِّر لماذا يحتوي طيف الانبعاث الذري على ترددات معينة للضوء بحسب نموذج بور الذري؟

لأن طاقة الذرات محدَّدة؛ لذا تنبعث ترددات معيَّنة فقط من الإشعاع الصادر عن الذرة.

16. عدِّد المستويات الثانوية الموجودة في مستويات الطاقة الرئيسة الأربعة لذرة الهيدروجين.

1s, 2s 2p, 3s 3p 3d, 4s 4p 4d 4f

مستوى الطاقة الأول s، مستوى الطاقة الثاني s وp، مستوى الطاقة الثالث s وp وd، مستوى الطاقة الرابع s و p وd وf. كلّ مستوى من s يتعلق بمستوى كروي s. كلّ مستوى فرعي من p يتعلق بثلاثة مستويات في صورة عصا رفع الأثقال (p_z, p_y, p_x).

17. حدِّد المستويات الفرعية في كلّ مستوى ثانوي s، وفي كلّ مستوى ثانوي p لمستويات الطاقة الرئيسة الأربعة لذرة الهيدروجين.

كلّ مستوى من s يحتوي على مستوى كروي (s)، وكلّ مستوى ثانوي من p يحتوي على ثلاثة مستويات فرعية (p_z, p_y, p_x).

18. فسِّر، لماذا يكون موقع الإلكترون في ذرة غير معلوم بدقة؟ اعتمادًا على مبدأ هايزنبرج للشكّ والطبيعة الموجية الجسيمية؟ وكيف يُعرَف موقع الإلكترونات في الذرات؟

للإلكترون خواص الموجة – الجسيم، وليس له موقع محدَّد في الفضاء. وينصّ مبدأ هايزنبرج للشكّ على أنه من المستحيل أن نعرف بدقة كلاً من السرعة وموقع الجسيم في الوقت نفسه. فعملية الرؤية تعني التفاعل مع الفوتون ممّا يؤدي إلى عدم معرفة المكان وحالة الحركة؛ لذا يُعرَف مكان الإلكترون بالتوزيع المحتمل.

19. احسب مستعينًا بالمعلومات في **الجدول 1—1**، كم مرّة يساوي نصفُ قطر مدار ذرة الهيدروجين السابع بالنسبة إلى نصفَ قطر مدارها الأول بحسب نظرية بور؟

$n = 7$ نصف القطر $= 2\ 59\ nm$

$n = 1$ نصف القطر $= 0\ 0529\ nm$

$\frac{n_1}{n_2} = \frac{2.59nm}{0.0529nm}$ **49 مرة أكبر**

20. قارن بين نموذج بور والنموذج الميكانيكي الكمِّي للذرة.

نموذج بور: يُعدّ الإلكترون جسيمًا؛ ولذرة الهيدروجين حالات طاقة معيَّنة مسموح بها. ولكنه لم يفسِّر السلوك الكيميائي للذرات.

النموذج الميكانيكي الكمِّي: للإلكترون خواص موجية جسيمية، وطاقة الإلكترون و ترددة وطوله الموجي، كل ذلك محدَّد بقيم معيَّنة، كما أنه لم يفترض أيّ افتراضات بخصوص مسار الإلكترون حول النواة.

الجدول 1-1 وصف بور لذرة الهيدروجين

مدار بور الذري	العدد الكمي	نصف القطر المداري ( )	عدد المستويات الثانوية	الطاقة النسبية
الأول	n=1	0.0529	1	E_1
الثاني	n=2	0.212	2	$E_2 = 4E_1$
الثالث	n=3	0.476	3	$E_3 = 9E_1$
الرابع	n=4	0.846	4	$E_4 = 16E_1$
الخامس	n=5	1.32	5	$E_5 = 25E_1$
السادس	n=6	1.90	6	$E_6 = 36E_1$
السابع	n=7	2.59	7	$E_7 = 49E_1$

3 - 1 التوزيع الإلكتروني

الصفحات 38 – 32

استراتيجية حلّ المسألة

الصفحة 36

طبِّق الاستراتيجية

اكتب التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة للزركونيوم Zr.

Zr: $[Kr]5s^24d^2$

مسائل تدريبية

الصفحات من 38 – 36

21. اكتب التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة للعناصر الآتية:

a. البروم Br — **$[Ar]4s^23d^{10}4p^5$**

b. الإسترانشيوم Sr — **$[KR]5s^2$**

c. الأنتيمون Sb — **$[Kr]5s^24d^{10}5p^3$**

d. الرينيوم Re — **$[Xe]6s^24f^{14}5d^5$**

e. التيربيوم Tb — **$[Xe]6s^24f^9$**

f. التيتانيوم Ti — **$[Ar]4s^23d^2$**

22. تحتوي ذرة الكلور في الحالة المستقرة على سبعة إلكترونات في المستويات الفرعية لمستوى الطاقة الرئيس الثالث. ما عدد الإلكترونات التي تشغل مستويات p الفرعية من الإلكترونات السبعة الأصلية؟ وما عدد الإلكترونات التي تشغل مستويات p من الإلكترونات السبعة عشر الأصلية الموجودة في ذرة الكلور؟

عدد الإلكترونات التي تشغل مستويات p الفرعية من الإلكترونات السبعة الأصلية 5، وعدد الإلكترونات التي تشغل مستويات p من الإلكترونات السبعة عشر الأصلية الموجودة في ذرة الكلور 11.

23. عندما تتفاعل ذرة كبريت مع ذرات أخرى فإن إلكترونات مستوى الطاقة الثالث هي التي تشارك في التفاعل. ما عدد هذه الإلكترونات في ذرة الكبريت؟

لذرة الكبريت التوزيع الإلكتروني $[Ne]3s^23p^4$

لذا توجد 6 إلكترونات في المستويات الثانوية في مستوى الطاقة الثالث لذرة الكبريت.

24. عنصر توزيعه الإلكتروني في الحالة المستقرة $[Kr]5s^24d^{10}5p^1$، وهو ينتمي إلى أشباه الموصلات، ويُستخدَم في صناعة سبائك عدّة. ما هذا العنصر؟

الإنديوم

25. **تحفيز** تحتوي ذرة عنصر في حالتها المستقرة على إلكترونين في مستوى الطاقة الرئيس السادس. اكتب التوزيع الإلكتروني لهذا العنصر باستخدام ترميز الغاز النبيل، وحدِّد العنصر.

$[Xe]6s^2$، الباريوم

26. ارسم التمثيل النقطي لإلكترونات العناصر الآتية:

a. الماغنسيوم Mg — **$\cdot Mg \cdot$**

b. الثاليوم Tl — **$\cdot \dot{T}l \cdot$**

c. الزينون Xe — **$:\ddot{X}e:$**

27. تحتوي ذرة عنصر على 13 إلكترونًا. ما هذا العنصر؟ وكم إلكترونًا يَظهَر في التمثيل النقطي للإلكترونات؟

الألومنيوم؛ 3 إلكترونات.

28. **تحفيز** يُحتَمل أنْ يكون عنصر في الحالة الغازية عند درجة حرارة الغرفة والضغط الجوي العادي أحد العناصر الآتية: الهيدروجين، أو الهيليوم، أو النيتروجين، أو الأكسجين، أو الفلور، أو النيون. ما هذا العنصر إذا علمت أنّ التمثيل النقطي الإلكتروني له **$\cdot X \cdot$**؟

الهيليوم He

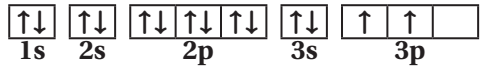
التقويم 3 - 1

الصفحة 38

29. طبِّق مبدأ باولي، ومبدأ أوفباو، وقاعدة هوند، لكتابة التوزيع الإلكتروني لكلٍّ من العناصر الآتية.

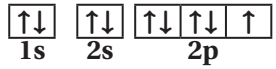
a. السليكون Si

Si: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$



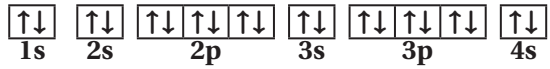
b. الفلور F

F: $1s^2 2s^2 2p^5$



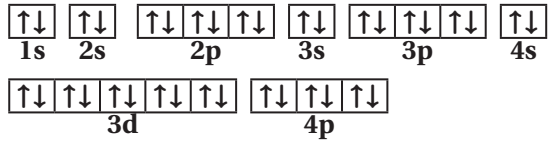
c. الكالسيوم Ca

Ca: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$



d. الكربتون Kr

Kr: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6$



30. عرِّف إلكترونات التكافؤ.

إلكترونات المستوى الخارجي للذرة.

31. ارسم تسلسل ملء المستويات الفرعية الخمسة للمستوى الثانوي d بعشرة إلكترونات، مستخدمًا قاعدة هوند.

تشغل الإلكترونات المفردة في اتجاه الدوران نفسه المستويات المتساوية الطاقة قبل أن تشغل الإلكترونات الإضافية ذات اتجاه الدوران المعاكس المستوياتِ نفسها. ويوضِّح الجدول التالي هذه العملية.

الإلكترون 1	↑				
الإلكترون 2	↑	↑			
الإلكترون 3	↑	↑	↑		
الإلكترون 4	↑	↑	↑	↑	
الإلكترون 5	↑	↑	↑	↑	↑
الإلكترون 6	↑↓	↑	↑	↑	↑
الإلكترون 7	↑↓	↑↓	↑	↑	↑
الإلكترون 8	↑↓	↑↓	↑↓	↑	↑
الإلكترون 9	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑
الإلكترون 10	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓	↑↓

32. التوسُّع عنصر لم يُعرف بعد ولكن إلكتروناته تملأ المستويات الفرعية للمستوى الثانوي 7p. ما عدد إلكترونات ذرة هذا العنصر؟ اكتب توزيعه الإلكتروني باستخدام ترميز الغاز النبيل.

يجب أن يحتوي هذا العنصر على عدد من الإلكترونات يزيد على عدد إلكترونات عنصر الرادون Rn الذي يحتوي على 86 إلكترونًا ليملأ:

مدار 7s واحد (إلكترونين)

سبعة مدارات 5f (14 إلكترونًا)

خمسة مدارات 6d (10 إلكترونات)

ثلاثة مدارات 7p (6 إلكترونات)

ممّا يجعل العدد الكليّ للإلكترونات 118

وتوزيعه الإلكتروني: $[Rn]7s^2 5f^{14} 6d^{10} 7p^6$

33. تفسير الرسوم العلمية ما التمثيل النقطي لإلكترونات ذرة السيلينيوم؟ فسِّر إجابتك.

a. ·Se·

b. ·Se·

c. ·Se·

d. ·S·

الجواب الصحيح C؛ حيث يُظهِر الخيار a ثلاثة مستويات تحتوي على إلكترونين. أمّا B فيُظهِر مستوى واحدًا يحتوي على 3 إلكترونات. في حين يُظهِر d رمزًا غير صحيح.

الفصل 1 مراجعة الفصل

الصفحات 45 - 41

1 - 1
إتقان المفاهيم

34. عرِّف المصطلحات الآتية:

a. التردد

عدد الموجات التي تمرّ بنقطة معيَّنة في الثانية الواحدة.

b. الطول الموجي

أقصر مسافة بين النقاط المتساوية على موجة متصلة.

c. الكمّ

أقلّ كمية من الطاقة يمكن أن تحصل عليها الذرة أو تفقدها.

d. الحالة المستقرة

هي الحالة التي يكون فيها الإلكترون عند أقلّ طاقة ممكنة.

35. رتِّب الأنواع الآتية من الإشعاعات الكهرومغناطيسية تصاعديًّا بحسب الطول الموجي:

a. الضوء فوق البنفسجي.

b. الميكروويف.

c. موجات الراديو.

d. الأشعّة السينية.

d ثُمّ a ثُمّ b ثُمّ c

36. ما الذي تعنيه عبارة أشعّة جاما لها تردّد $2.88 \times 10^{21}\ \text{Hz}$ ؟

هذا يعني أن $2\ 88 \times 10^{21}$ موجة من أشعّة جاما تعبر نقطة معيَّنة في الثانية الواحدة.

37. ما المقصود بالتأثير الكهروضوئي؟

ظاهرة يبعث فيها الفلز الإلكترونات من سطحه عندما يسطع عليه ضوء له تردد كافٍ.

38. مصباح النّيون كيف يختلف الضوء المنبعث من مصباح نيون عن ضوء الشمس؟

يتكوّن ضوء موجات النيون من ألوان مرئيّة معيَّنة، في حين يتكوّن ضوء الشمس من طيف الألوان كاملة.

39. وضِّح مفهوم بلانك للكمّ من حيث علاقته باكتساب المادة للطاقة أو فقدها.

تستطيع المادة بحسب مبدأ بلانك، وعند تردد معين ν، إطلاق الطاقة أو امتصاصها بكميات منفصلة فقط، وتُسمّى الكمّ، وهي مضاعفات أرقام كاملة من $h\nu$.

40. كيف وضَّح أينشتاين التأثير الكهروضوئي؟

اقترح أن يكون للفوتونات قيم دنيا أو حدٌّ معيَّن، حتى تؤدي إلى إطلاق الفوتوإلكترون.

41. قوس المطر اذكر فرقين بين الموجات الكهرومغناطيسية الحمراء والخضراء في قوس المطر.

للموجات الحمراء طول موجة أطول من موجات الضوء الأخضر، وتردد أقلّ.

42. درجة الحرارة ماذا يحدث للضوء المنبعث من جسم ساخن ومشعّ كلّما ازدادت درجة حرارته؟

يتغير لون الضوء كلّما حصل الجسم على طاقة أكبر.

43. اذكر ثلاث خصائص لم يستطع النموذج الموجي للضوء تفسيرها، بسبب طبيعتها الجسيمية.

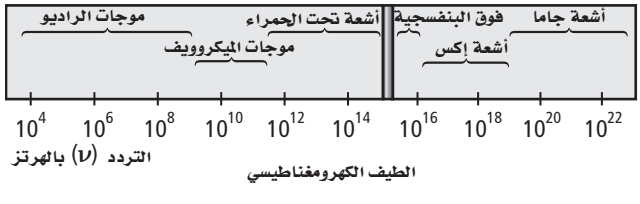
لا يوضِّح نموذج الموجة التأثير الكهروضوئي، ولا يوضِّح طيف الانبعاث الذري، ولا يوضِّح لماذا تبعث المادة ترددات مختلفة للضوء عند درجات حرارة مختلفة.

44. كيف تتشابه موجات الراديو والموجات فوق البنفسجية؟ وكيف تختلف؟

ينتقل كلا النوعين من الموجات بالسرعة نفسها في الفراغ $3\ 00 \times 10^{8}\ \text{m/s}$. وكلاهما لا يُرى بالعين المجردة ويسببان إطلاق طاقة من المادة عند اصطدامه بها. وموجات الراديو لها طول موجة أطول، وتردد أقلّ من الموجات فوق البنفسجية.

إتقان حلّ المسائل

45. الإشعاع استخدم **الشكل 19–1** لتحديد الأنواع الآتية من الإشعاع.



الشكل 19–1

a. إشعاع بتردد $8.6 \times 10^{11}\ \text{s}^{-1}$

تحت الحمراء.

b. إشعاع بطول موجي 4.2 nm

الأشعّة السينية.

c. إشعاع بتردد 5.6 MHz

راديو AM.

d. إشعاع ينتقل بسرعة 3.00×10^{8m} /s

أيّ موجة كهرومغناطيسية.

46. ما الطول الموجي للإشعاع الكهرومغناطيسي الذي تردده 5.00×10^{12} Hz؟ وما نوع هذا الإشعاع؟

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{(5.00\times10^{12}\ \text{s}^{-1})} = 6.00 \times 10^{-5}\ \text{m}$$

الأشعّة تحت الحمراء.

47. ما تردد الإشعاع الكهرومغناطيسي الذي طوله الموجي 3.33×10^{-8} m؟ وما نوع هذا الإشعاع؟

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{(3.33\times10^{-8}\ \text{m})} = 9.01 \times 10^{-15}\ \text{s}^{-1}$$

الأشعّة فوق البنفسجية.

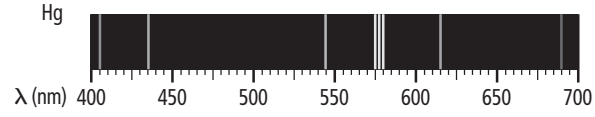
48. ما سرعة الموجة الكهرومغناطيسية التي ترددها 1.33×10^{17} Hz، وطول موجتها 2.25 nm؟

$$c = \lambda\nu = (2.25 \times 10^{-9}\text{m})(1.33 \times 10^{17}\ \text{s}^{-1})$$
$$c = 3.00 \times 10^{8}\ \text{m/s}$$

49. ما طاقة فوتون من الضوء الأحمر تردده 4.48×10^{14} Hz؟

$$E_{photon} = h\nu = (6.626 \times 10^{-34}\ \text{J.s})\ (4.48 \times 10^{14}\ \text{s}^{-1})$$
$$= 2.97 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

50. **الزئبق** يظهر في **الشكل 20–1** طيف الانبعاث الذري للزئبق. قدِّر الطول الموجي للخط البرتقالي. ما تردده؟ وما طاقة الفوتون لهذا الخط المنبعث من ذرة الزئبق؟



الشكل 20–1

$$\lambda = 615\ \text{nm} = 6.15\times10^{-7}\ \text{m}$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{(6.15\times10^{-7}\ \text{m})} = 4.88 \times 10^{14}\ \text{s}^{-1}$$

$$E_{photon} = h\nu = (6.626 \times 10^{-34}\ \text{J.s})\ (4.88 \times 10^{14}\ \text{s}^{-1})$$
$$= 3.23 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

51. ما طاقة الفوتون فوق البنفسجي الذي طول موجته 1.18×10^{-8} m؟

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{(1.18\times10^{-8}\ \text{m})} = 2.54 \times 10^{16}\ \text{s}^{-1}$$

$$E_{photon} = h\nu = (6.626 \times 10^{-34}\ \text{J.s})\ (2.54 \times 10^{16}\ \text{s}^{-1})$$
$$= 1.68 \times 10^{-17}\ \text{J}$$

52. فوتون له طاقة مقدارها 2.93×10^{-25}J، فما تردده؟ وما نوع الإشعاع الكهرومغناطيسي لهذا الفوتون؟

$$\nu = \frac{E_{photon}}{h} = \frac{(2.93\times10^{-25}\ \text{J})}{(6.626\times10^{-34}\ \text{J.s})} = 4.42 \times 10^{8}\ \text{s}^{-1}$$

موجة FM أو موجة TV .

53. فوتون له طاقة مقدارها 1.10×10^{-13} J، فما طول موجته؟ وما نوع الإشعاع الكهرومغناطيسي لهذا الفوتون؟

$$\nu = \frac{E_{photon}}{h} = \frac{(1.10\times10^{-13}\ \text{J})}{(6.626\times10^{-34}\ \text{J.s})} = 1.66 \times 10^{20}\ \text{s}^{-1}$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})}{(1.66\times10^{20}\ \text{s}^{-1})} = 1.81\times 10^{-12}\ \text{m}$$

الأشعّة السينية أو أشعّة جاما.

54. **السفينة الفضائية** ما الوقت التي تحتاج إليه إشارة الراديو من سفينة الفضاء فويجر حتى تصل إلى الأرض إذا كانت المسافة بين فويجر والأرض 2.72×10^{9} km؟

$$t = \frac{d}{c}\text{؛}\quad d = (2.72\times10^{9}\ \text{km})\left(\frac{1000\ \text{m}}{1\text{km}}\right) = 2.72\times10^{12}\text{m}$$

$$t = \frac{d}{c} = \frac{(2.72\times10^{12}\ \text{m})}{(3.00\times10^{8}\ \text{m/s})} = 9070\ \text{s}$$ أو 151 min

55. موجات الراديو إذا كانت محطة إذاعة FM تبث على تردد 104.5 MHz، فما الطول الموجي لإشارة المحطة بالأمتار؟ وما طاقة الفوتون لهذه المحطة؟

$$\nu = (104.5\ \text{MHz})\left(\frac{10^6\ \text{Hz}}{1\text{MHz}}\right) = 1.045\times10^8\text{Hz}$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{(3.00\times10^8\ \text{m/s})}{(1.045\times10^8\ \text{s}^{-1})} = 2.87\text{m}$$

$$E_{photon} = h\nu = (6.626\times10^{-34}\text{J.s})\,(1.045\times10^8\text{s}^{-1})$$
$$= 6.92\times10^{-26}\text{ J}$$

56. بلاتين ما أقلّ تردد للضوء الذي يتطلبه إرسال فوتوإلكترون واحد من ذرات البلاتين والتي تحتاج على الأقلّ إلى $(9.08\times10^{-19}\text{ J/photon})$؟

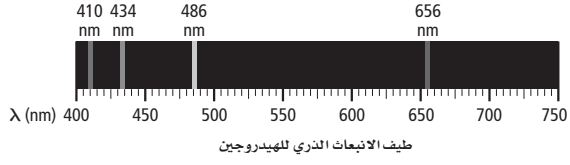
$$\nu = \frac{E_{photon}}{h} = \frac{(9.08\times10^{-19}\text{ J})}{(6.626\times10^{-34}\text{ J.s})} = 1.37\times10^{15}\text{Hz}$$

57. جراحة العين يُستخدَم ليزر فلوريد الأرجون (ArF) في بعض جراحات تصحيح العين، وهو يبعث إشعاعًا كهرومغناطيسيًّا طول موجته 193.3 nm. فما تردد إشعاع ليزر ArF؟ وما طاقة كمٍّ واحد من هذا الإشعاع؟

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{(3.00\times10^8\ \text{m/s})}{(1.933\times10^{-7}\ \text{m})} = 1.55\times10^{15}\text{ s}^{-1}$$

$$E_{photon} = h\nu = (6.626\times10^{-34}\text{J.s})\,(1.55\times10^{15}\text{s}^{-1})$$
$$= 1.03\times10^{-18}\text{ J}$$

58. الهيدروجين إذا كان طول موجة خط واحد في طيف انبعاث الهيدروجين 486 nm، فاستعن **بالشكل 21–1** على تحديد لون الخط وتردده؟



طيف الانبعاث الذري للهيدروجين

الشكل 21–1

لون الخط أزرق مخضرّ، وتردده $6.17\times10^{14}\text{ s}^{-1}$.

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{(3.00\times10^8\ \text{m/s})}{4.86\times10^{-7}\ \text{m})} = 6.17\times10^{14}\text{ s}^{-1}$$

1-2

إتقان المفاهيم

59. اعتمادًا على نموذج بور، كيف تتحرك الإلكترونات في الذرات؟

تتحرك الإلكترونات في مستويات دائرية حول النواة.

60. ما الذي تمثله n في نموذج بور الذري؟

يحدِّد عدد الكمّ n مستوى الإلكترون.

61. ما الفرق بين حالة الاستقرار وحالة الإثارة للذرة؟

حالة استقرار الذرة هي الحالة الأقلّ طاقة، في حين أنّ أيّ حالة طاقة أعلى من حالة الاستقرار تُعدّ حالة إثارة للذرة.

62. ما اسم النموذج الذري الذي تُعامَل فيه الإلكترونات على أنّها موجات؟ ومن أول من كتب معادلات موجة الإلكترون التي أدت إلى هذا النموذج؟

النموذج الميكانيكي الكمّي للذرة، ويُعدّ العالم إيروين شرودنجر Schrodinger أول من كتب معادلات موجة الإلكترون.

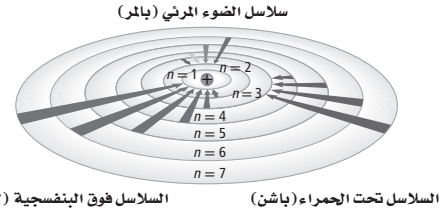
63. ما المقصود بالمستوى الذري؟

منطقة ثلاثية الأبعاد تصف موقع الإلكترون المحتمل حول النواة.

64. ما الذي ترمز إليه n في النموذج الميكانيكي الكمّي للذرة؟

يُمثِّل n عدد الكم الرئيس، ويُعبر عن الحجم النسبي وطاقة المستوى.

65. **انتقال الإلكترون** اعتمادًا على نموذج بور الموضَّح في **الشكل 22–1**، ما نوع انتقالات الإلكترون التي تُنتِج سلاسل فوق بنفسجية في سلسلة ليمان لذرة الهيدروجين؟



الشكل 22–1

تحدث سلسلة ليمان Lyman بسبب انتقال الإلكترون من مستويات بور عالية الطاقة إلى المستوى n=1 .

66. ما عدد مستويات الطاقة الثانوية في المستويات الثلاثة الرئيسة الأولى للطاقة في ذرة الهيدروجين؟

لمستوى الطاقة الرئيس الأول مستوى ثانوي واحد، ولمستوى الطاقة الرئيس الثاني مستويان ثانويان، ولمستوى الطاقة الرئيس الثالث ثلاثة مستويات ثانوية، فيصبح المجموع عندئذٍ– ستة مستويات فرعية.

67. ما عدد المستويات الفرعية في المستوى الثانوي d؟

عدد المستويات الفرعية في المستوى الثانوي d خمسة مستويات.

68. فيم تتشابه المستويات الفرعية في المستويات الثانوية s,p ,d ,f؟

تتشابه في أشكالها.

69. ما اتجاهات المستويات الفرعية الخمسة المرتبطة في المستوى الثانوي d؟

xy، xz، yz ، $x^2 - y^2 - z^2$.

70. ما أقصى عدد يمكن أنْ يَسَعَه المستوى الفرعي من الإلكترونات؟

إلكترونان.

71. صف الاتجاهات النسبية للمستويات الفرعية المرتبطة في المستوى الثانوي 2p؟

تقع على طول محاور الإحداثيات x، y، z والمستويات الفرعية الثلاثة لـ p متعامد بعضها على بعض.

72. ما عدد الإلكترونات التي يمكن أن توجد في جميع المستويات الفرعية للمستوى الرئيس الثالث للطاقة في ذرة الأرجون؟

ثمانية إلكترونات.

73. كيف يصف النموذج الميكانيكي الكمِّي مسار الإلكترونات في الذرة؟

لا يعطي النموذج الكمِّي أيّ وصف لمسارات الإلكترونات في الذرة.

74. لماذا يكون من المستحيل لنا أن نعرف بدقة سرعة الإلكترون وموقعه في الوقت نفسه؟

لأنّه من الصعب تحديد مسارات ثابتة للإلكترونات، وأنّ ما يمكن معرفته فقط هو المكان الذي يُحتمَل أنْ يكون فيه الإلكترون حول النواة.

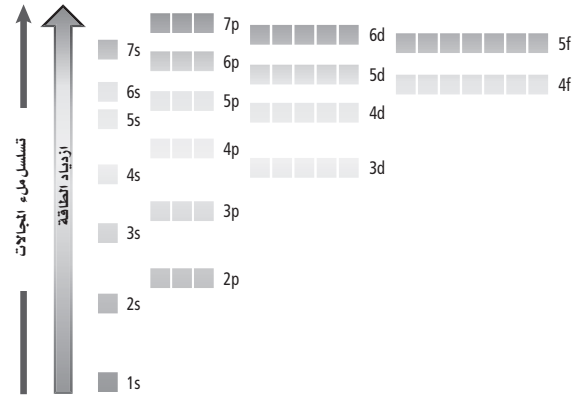
1-3

إتقان المفاهيم

75. ما تسلسل ملء الإلكترونات في المستويات الفرعية للمستوى الثانوي؟

لا بُدّ أنْ يحتوي كلّ مستوى على إلكترون واحد قبل أنْ يدخله إلكترون آخر.

76. الروبيديوم وضِّح باستخدام **الشكل 23–1**، لماذا يشغل إلكترون واحد في ذرة الروبيديوم مستوى 5s بدلًا من 4d أو 4f؟



الشكل 23–1

لأن طاقة المستوى الفرعي المتعلقة بالمستوى 5s أقلّ من طاقة المستويات الفرعية المتعلقة بالمستوى 4d أو المستوى 4f.

77. ما إلكترونات التكافؤ؟ وكم إلكترون تكافؤ في ذرة الماغنسيوم من الإلكترونات الاثني عشر التي تحتوي عليها؟

هي إلكترونات مستويات الذرة الخارجية؛ وعددها 2.

78. للضوء طبيعة مزدوجة (موجة–جسيم). فماذا تعني هذه العبارة؟

يسلك الضوء سلوكًا مشابهًا للموجة في بعض الحالات ومشابهًا للجسيمات في حالات أخرى.

79. صف الفرق بين الكمّ والفوتون.

الكمّ هو أقلّ طاقة يمكن أن تفقدها الذرة أو تكتسبها، في حين أن الفوتون جسيم يحمل طاقة مقدارها كمٌّ واحد.

80. ما عدد الإلكترونات التي تَظهر في التمثيل النقطي للإلكترونات لذرات العناصر الآتية؟

a. الكربون **4**

b. اليود **7**

c. الكالسيوم **2**

d. الجاليوم **3**

81. ما المبادئ الثلاثة أو القواعد التي يجب اتباعها عند كتابة التوزيع الإلكتروني لذرة عنصر ما؟

مبدأ باولي، ومبدأ أوفباو، وقاعدة هوند.

82. اكتب التوزيع الإلكتروني لذرات الأكسجين والكبريت بطريقة الترميز الإلكتروني.

الأكسجين: $1s^2 2s^2 2p^4$، يحتوي رسم المربعات على خمسة صناديق؛ سهمان في كلٍّ من الصناديق الثلاثة الأولى، وسهم واحد في كلّ صندوق من الصندوقين الأخيرين. أمّا الكبريت $[Ne]3s^2 3p^4$ فيحتوي رسم المربعات على تسعة صناديق؛ سهمان في كلٍّ من الصناديق السبعة الأولى، وسهم واحد في كلّ صندوق من الصندوقين الأخيرين.

إتقان حلّ المسائل

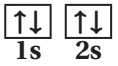
83. اكتب تسلسل أوفباو للمستويات من 1s إلى 7p.

1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s, 5f, 6d, 7p

84. اكتب التوزيع الإلكتروني للعناصر الآتية بطريقتي الترميز الإلكتروني ورسم مربعات المستويات:

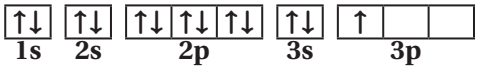
a. البيريليوم

Be: $1s^2 2s^2$



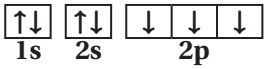
b. الألومنيوم

AI: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$



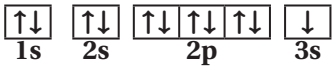
c. النيتروجين

N: $1s^2 2s^2\ 2p^3$



d. الصوديوم

Na: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$



85. استخدم ترميز الغاز النبيل لكتابة التوزيع الإلكتروني للعناصر الآتية:

a. Zr — **Zr: [Kr] $5s^2 4d^2$**

b. Pb — **Pb: [Xe] $6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^2$**

c. Kr — **Kr: [Ar] $4s^2 3d^{10} 4p^6$**

d. P — **P: [Ne] $3s^2 3p^3$**

86. حدِّد العناصر التي تُمثَّل بالتوزيعات الإلكترونية الآتية:

a. $1s^2 2s^2 2p^5$ — **F**

b. $[Ar]4s^2$ — **Ca**

c. $[Xe]6s^2 4f^4$ — **Nd**

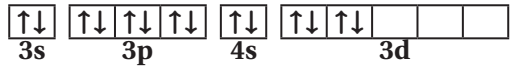
d. $[Kr]5s^2 4f^{10}\ 5p^4$ — **Te**

e. $[Rn]7s^2 5f^{13}$ — **Md**

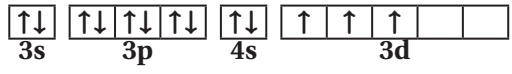
f. $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^5$ — **Br**

87. أيّ رسوم مربعات المستويات في **الشكل 24—1** صحيحة للذرة في حالة الاستقرار؟

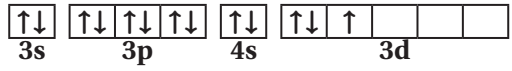
a.



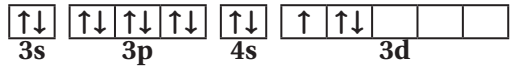
b.



c.



d.



الشكل 24—1

(b)

88. ارسم التمثيل النقطي لإلكترونات ذرات العناصر الآتية:

a. الكربون — **$\cdot\dot{C}\cdot$**

b. الزرنيخ — **$\cdot\ddot{As}\cdot$**

c. البولونيوم — **$:\ddot{Po}\cdot$**

d. البوتاسيوم — **$K\cdot$**

e. الباريوم — **$\cdot Ba\cdot$**

89. ما عدد المستويات الرئيسة الموجودة في ذرة الزرنيخ؟ وما عدد المستويات الفرعية الممتلئة بصورة كاملة؟ وما عدد المستويات الفرعية في مستوى الطاقة الرئيس $n = 4$؟

18؛ 15؛ 4

90. ما العنصر الذي قد يكون لذرته التمثيل النقطي للإلكترونات للحالة المستقرة والموضَّحة في **الشكل 25—1**؟

a. المنجنيز

b. الأنتيمون

c. الكالسيوم

d. الساماريوم

(b)

$\cdot\ddot{X}\cdot$

الشكل 25—1

91. اكتب التوزيع الإلكتروني لذرة القصدير في الحالة المستقرة، باستخدام ترميز الغاز النبيل، وارسم تمثيلها النقطي للإلكترونات.

$[Kr]5s^2 4d^{10}\ 5p^2$ — **$\cdot\dot{Sn}\cdot$**

مراجعة عامّة

92. ما أقصى عدد من الإلكترونات يمكن أنْ يوجد في مستويات الطاقة في الذرات التي لديها أعداد الكمّ الرئيسة الآتية؟

a. 3 — **18**

b. 4 — **32**

c. 6 — **72**

d. 7 — **98**

93. ما عدد الاتجاهات المحتملة للمستويات الفرعية المتعلقة في كلّ مستوى ثانوي ممّا يأتي:

a. s **1**

b. p **3**

c. d **5**

d. f **7**

94. أيّ العناصر الآتية لديها إلكترونان فقط في تمثيلها النقطي: الهيدروجين، الهيليوم، الليثيوم، الألومنيوم، الكالسيوم، الكوبالت، البروم، الكربتون، الباريوم؟

الهيليوم، الكالسيوم، الكوبالت، الباريوم.

95. أيّ انتقال للإلكترون عبر المدارات يُنتِج خطًّا أخضر– أزرق في طيف الانبعاث الذري للهيدروجين بحسب نموذج بور للذرة؟

$n = 4 \rightarrow n = 2$

96. **الخارصين:** تحتوي ذرة الخارصين على 18 إلكترونًا في المستويات 3s و3p و3d. فلماذا يَظهرَ في تمثيلها النقطي للإلكترونات نقطتان فقط؟

النقطتان هما إلكترونا تكافؤ المستوى 4s في الذرة.

97. أيّ عنصر له التوزيع الإلكتروني الممثَّل بترميز الغاز النبيل $[Rn]7s^1$؟

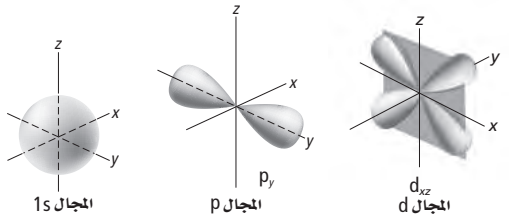
الفرانسيوم

98. كيف وضَّح بور طيف الانبعاث الذري؟

اقترح بور أن الذرات تبعث ضوءًا لها أطوال موجية وطاقات معيَّنة عندما تنتقل الإلكترونات من مستويات عالية الطاقة إلى مستويات منخفضة الطاقة.

التفكير الناقد

99. **صف** أشكال المستويات الفرعية الموضَّحة في **الشكل 26–1**، وحدِّد اتجاهاتها.



الشكل 26–1

المستوى الفرعي s كرويّ ويرتبط بمستوى الطاقة الثانوي s. أمّا المستوى الفرعي p_y في صورة فصوص موجية على طول محور y، وهو جزء من مستوى الطاقة الثانوي p. أمّا المستوى الفرعي d_{xz} في صورة فصّين متعامدين يقعان في المستوىxz ، وترتبط بالمستوى الثانوي d.

100. **استنتج** تخيَّل أنك تعيش في عالم ينصّ فيه مبدأ باولي على أنّ ثلاثة إلكترونات على الأكثر، وليس اثنين، قد تكون في كلّ مستوى طاقة فرعي. اشرح الخواص الكيميائية الجديدة لعناصر الليثيوم والفوسفور.

سيصبح كلٌّ من الليثيوم والفوسفور غازًا نبيلًا، أمّا الليثيوم فله التوزيع الإلكتروني $1s^3$ ويكون مشابهًا للهيليوم $1s^2$، أمّا الفوسفور فله التوزيع الإلكتروني $1s^3 2s^3 2p^9$ ويكون مشابهًا للنيون $1s^2 2s^2 2p^6$.

مراجعة تراكمية

101. **حدِّد** الجمل الآتية التي تصف خاصية كيميائية أو فيزيائية:

a. الزئبق سائل عند درجة حرارة الغرفة. **خواص فيزيائية**

b. السكروز صُلب، أبيض بلوري. **خواص فيزيائية**

c. يصدأ الحديد عندما يتعرض للهواء الرطب. **خواص كيميائية**

d. يحترق الورق عندما يشتعل. **خواص كيميائية**

102. إذا كان العدد الذري لذرة الجادولينيوم 64، وعددها الكتلي 153، فما عدد كلٍّ من الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات التي توجد فيها؟

64 إلكترونًا، 64 بروتونًا، 89 نيوترونًا.

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

103. لوحات النيون: لعمل لوحات نيون تبعث ألوانًا مختلفة، يملأ المصنِّعون اللوحات بغازات غير النيون. اكتب مقالة تُعبِّر فيها عن استخدام الغازات في لوحات النيون والألوان التي تُنتِجها تلك الغازات.

قد تشمل إجابات الطلاب العناصر والألوان الآتية: الهيليوم (أصفر)؛ النيون (برتقالي أحمر)؛ الصوديوم (أصفر)؛ الأرجون (لافندر)؛ الكربتون (أبيض)؛ الزينون (أزرق).

104. نموذج رذرفورد: تخيَّل أنك عالِمٌ في أوائل القرن العشرين، وقد علمت بتفاصيل النموذج الذري الجديد المقترح من الفيزيائي البريطاني إرنست رذرفورد. بعد تحليلك لهذا النموذج وضِّح أهمّ نقاط الضعف التي تعتقد أنّه يتضمّنها، ثُمّ اكتب رسالة موجهة إلى رذرفورد تُعبِّر فيها عن اهتمامك بنموذجه، مستخدمًا رسومًا وأمثلة على عناصر محدَّدة لمساعدتك على إظهار وجهة نظرك.

ستتنوّع الإجابات.

أسئلة المستندات

عند تبخر فلز الصوديوم في أنبوب التفريغ يَنتُج خطّان متقاربان، أحدهما أصفر والآخر برتقالي. ولأن أنابيب بخار الصوديوم فعالة كهربائيًّا فإنها تُستخدَم على نطاق واسع في الإضاءة خارج المنازل، كما في إنارة الشوارع، وأضواء (التحذير) الآمن.
يُبيّن **الشكل 27—1** الطيف المرئي وطيف الانبعاث للصوديوم.

الشكل 27—1

105. ما الفرق بيْن الطيفين في الشكل أعلاه.

أحدهما يُوضِّح ألوان الطيف المرئي جميعها، أمّا الآخر فيُوضِّح ألوانًا محدَّدة منبعثة من ذرات الصوديوم ويُعرَف بطيف الانبعاث الذري للصوديوم.

106. يُشعّ الصوديوم خطّين طولاهما 588.9590 nm، و589.9524 nm على الترتيب. اكتب التوزيع الإلكتروني الأكثر استقرارًا للصوديوم. ما علاقة التوزيع الإلكتروني للصوديوم بالخطوط؟

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$، يَظهَر الخطّان عندما تنتقل ذرات الصوديوم من حالة أكثر إثارة تكون فيها الطاقة أعلى إلى حالة تكون فيها طاقة أقلّ، ويحدث هذا عندما تنتقل الإلكترونات من مستويات طاقة أعلى إلى مستويات طاقة أدنى.

107. احسب طاقة الفوتونات المرتبطة بالخطّين، مستخدمًا المعادلات التالية.

$$E_{photon} = \frac{hc}{\lambda} ; c = \lambda\nu ; E_{photon} = h\nu$$

$$E_1 = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.626\times10^{-34}\ \text{J.s})\ (3.00\times10^{8}\ \text{m.s}^{-1})}{(5.889590\times10^{-7}\ \text{m})} = 3.38 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

$$E_2 = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.626\times10^{-34}\ \text{J.s})\ (3.00\times10^{8}\ \text{m.s}^{-1})}{(5.899524\times10^{-7}\ \text{m})} = 3.37 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

اختبار مُقنَّن

الصفحتان 47 - 46

أسئلة الاختيار من متعدد

1. الأشعّة الكونية أشعّة عالية الطاقة قادمة من الفضاء الخارجي، ما تردد هذه الأشعّة التي طولها الموجي 2.67×10^{-13} m عندما تصل إلى الأرض؟ (سرعة الضوء هي 3×10^{8} m/s)

a. $8.90 \times 10^{-22}\ s^{-1}$ **c.** $8.01 \times 10^{-5}\ s^{-1}$

b. $3.75 \times 10^{12}\ s^{-1}$ **d.** $1.12 \times 10^{21}\ s^{-1}$

d

$$c = \lambda\nu \rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{(3\times10^{8}\ \text{m/s})}{(2.67\times10^{-13}\ \text{m})} = 1.12 \times 10^{21}\ \text{s}^{-1}$$

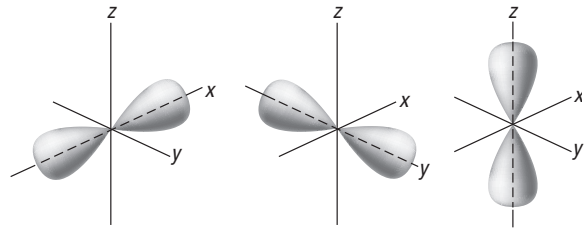
2. أيّ ممّا يأتي يُعبِّر عن التمثيل النقطي لإلكترونات الإنديوم؟

a. In **c.** $\dot{\text{In}}$.

b. In. **d.** $\dot{\text{I}}\dot{\text{n}}$.

c

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 3و4.



3. ما المستوى الثانوي الذي تنتمي إليه المستويات الفرعية الموضَّحة في الشكل أعلاه؟

a. s **c.** d

b. p **d.** f

(b)

4. ما مجموع الإلكترونات التي يمكن أن توجد في المستوى الثانوي السابق؟

a. 2 **c.** 6

b. 3 **d.** 8

(c)

5. ما أكبر عدد من الإلكترونات يمكن أن يوجد في مستوى الطاقة الرئيس الخامس للذرة؟

a. 10 **c.** 25

b. 20 **d.** 50

(d)

استخدم البيانات في الجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة من 6 إلى 8.

التوزيع الإلكتروني لمجموعة من العناصر الانتقالية

العنصر	رمز العنصر	العدد الذري	التوزيع الإلكتروني
الفناديوم		23	[ ]4 ²3 ³
اليتريوم		39	[ ]5 ²4 ¹
			[ ]6 ²4 ¹⁴5 ⁶
الإسكانديوم		21	[ ]4 ²3 ¹
الكادميوم		48	

6. ما التوزيع الإلكتروني للحالة المستقرة لعنصر Cd باستخدام ترميز الغاز النبيل؟

a. $[Kr]4d^{10}4f^{2}$ **c.** $[Kr]5s^{2}4d^{10}$

b. $[Ar]4s^{2}3d^{10}$ **d.** $[Xe]5s^{2}4d^{10}$

(c)

7. ما العنصر الذي له التوزيع الإلكتروني الآتي في الحالة المستقرة $[Xe]6s^{2}4f^{14}5s^{6}$؟

a. La **c.** W

b. Ti **d.** Os

(d)

8. ما التوزيع الإلكتروني لذرة الإسكانديوم Sc؟

a. $1s^{2}2s^{2}2p^{6}3s^{2}3p^{6}4s^{2}3d^{1}$

b. $1s^{2}2s^{2}2p^{7}3s^{2}3p^{7}4s^{2}3d^{1}$

c. $1s^{2}2s^{2}2p^{5}3s^{2}3p^{5}4s^{2}3d^{1}$

d. $1s^{2}2s^{2}2p^{7}3s^{1}3p^{7}4s^{2}3d^{1}$

(a)

استخدم رسوم مربعات المستويات الموضَّحة أدناه للإجابة عن السؤالين 9 و 10:

A ↑↓ $1s^2$

B ↑↓ $1s^2$ ↑↓ $2s^2$

C ↑↓ $1s^2$ ↑↓ $2s^2$ ↑ ↑ ↑ $2p^3$

D ↑↓ $1s^2$ ↑ $2s^1$ ↑↓ ↑↓ ↑↓ $2p^6$

9. أيّ ممّا سبق يوضِّح رسمًا لمربعات المستويات يخالف مبدأ أوفباو؟

a. A **c.** C

b. B **d.** D

(d)

10. أيّ ممّا سبق يوضِّح رسم مربعات المستويات لعنصر البريليوم؟

a. A **c.** C

b. B **d.** D

(b)

أسئلة الإجابات القصيرة

11. ما أكبر عدد من الإلكترونات يمكن أنْ يوجد في مستوى الطاقة الرئيس الرابع في الذرة؟

32 إلكترونًا.

ادرس العبارة الآتية:

عنصر مُمثِّل، عدده الذري 13، في مستوى طاقته الخارجي ثلاثة إلكترونات.

12. ما عدد المستويات الثانوية في مستويات الطاقة فيه؟

لمستوى الطاقة الرئيس الأول مستوى ثانوي واحد، أما مستويا الطاقة الرئيسان الثاني والثالث فلكلٍّ منهما مستويان ثانويان، فيصبح المجموع 5 مستويات.

13. ما عدد المستويات الفرعية في كافة مستويات الطاقة الثانوية فيه؟

9 مستويات فرعية.

أسئلة الإجابات المفتوحة

14. قارن بين المعلومات التي يمكن الحصول عليها من التمثيل النقطي للإلكترونات والمعلومات التي يمكن الحصول عليها من التوزيع الإلكتروني لذرات العناصر.

يُوفِّر بناء التمثيل النقطي للإلكترونات معلومات عن عدد الإلكترونات الخارجية أو إلكترونات التكافؤ في الذرة، في حين يُوضِّح التوزيع الإلكتروني مستويات الطاقة الرئيسة والمستويات الفرعية للإلكترونات جميعها في الذرة.

15. وضِّح لماذا لا يُمثِّل التوزيع $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 4d^{10} 4p^2$ التوزيع الإلكتروني الصحيح للجرمانيوم Ge؟ اكتب التوزيع الإلكتروني الصحيح له.

لأن الإلكترونات في مستوى الطاقة الثانوي d تقع في مستوى الطاقة الرئيس الثالث، وليس الرابع، كما هو مبين في التوزيع أعلاه.

والتوزيع الإلكتروني الصحيح هو:

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^2$

الجدول الدوري والتدرّج في خواص العناصر

2-1 تطور الجدول الدوري الحديث

الصفحات 57 – 50

مختبر حلّ المشكلات

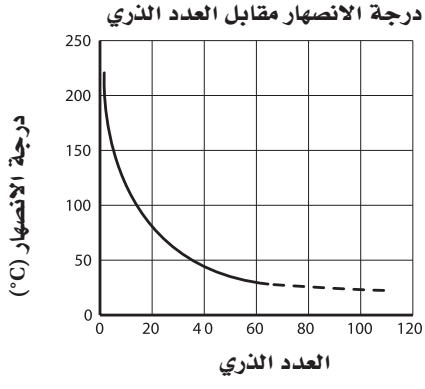
الصفحة 56

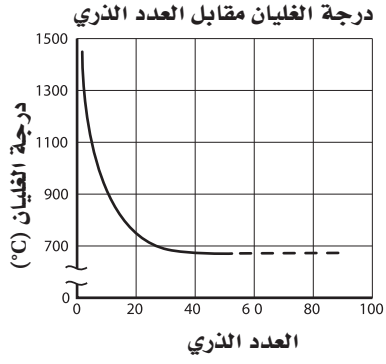
التفكير الناقد

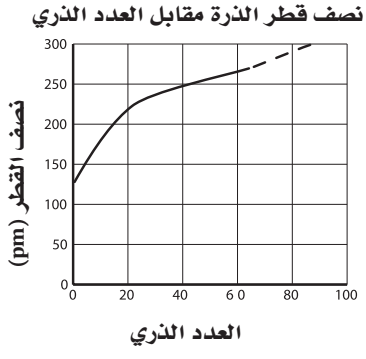
بيانات الفلزات القلوية			
العنصر	درجة الانصهار °C	درجة الغليان °C	نصف القطر (pm)
الليثيوم	180.5	1347	152
الصوديوم	97.8	897	186
البوتاسيوم	63.3	766	227
الروبيديوم	39.31	688	248
السيزيوم	28.4	674.8	248
الفرانسيوم			

1. **استنبط** نمط التغيّر في كلّ خاصية واردة في الجدول، بحيث يمكنك استقراء القيم الخاصة بعنصر الفرانسيوم، مسترشدًا بقانون دورية الخواص.

إن أفضل طريقة هي المنحنى البيانيّ لكلّ خاصية مقابل العدد الذري، وباستكمال المنحنى إلى العدد الذري 87 للفرانسيوم يمكن تحديد كلٍّ من نصف القطر، ودرجة الانصهار، ودرجة الغليان؛ حيث يتراوح نصف القطر بين 290 pm – 280، ودرجة الانصهار 25°C، ودرجة الغليان 675 °C تقريبًا.







2. **توقَّع** ما إذا كان عنصر الفرانسيوم صُلبًا أم سائلًا أم غازًا. وكيف يمكن دعم هذا التوقّع؟

قد يكون الفرانسيوم سائلاً عند درجة حرارة الغرفة؛ لأن درجة انصهاره 20°C تقريبًا بحسب النمط الظاهر في الجدول الدوري.

3. **استدلّ** أيّ عمود من أعمدة البيانات يُظهِر احتمالًا أكبر للخطأ في التوقّع؟ اشرح ذلك.

إنّ توقُّع نصف القطر هو الأكثر احتمالاً للخطأ؛ فمن الصعب استقراء تأثير مستويات الطاقة الرئيسة في نصف القطر بسبب تغيّرها من دورة إلى أخرى.

4. **حدِّد** لماذا لا يكفي إنتاج مليون ذرة من عنصر الفرانسيوم في الثانية لإجراء قياسات؛ مثل قياس الكثافة ودرجة الانصهار؟

إنّ تجمّع مليون ذرة معًا من جسم ما يمكن رؤيته بالمجهر، ولكنه يُعدّ عددًا صغيرًا جدًّا إذا ما قارنته مع حبة من الملح؛ فحبة ملح واحدة تحتوي على 10^{15} تقريبًا من ذرات الصوديوم.

التقويم 2-1

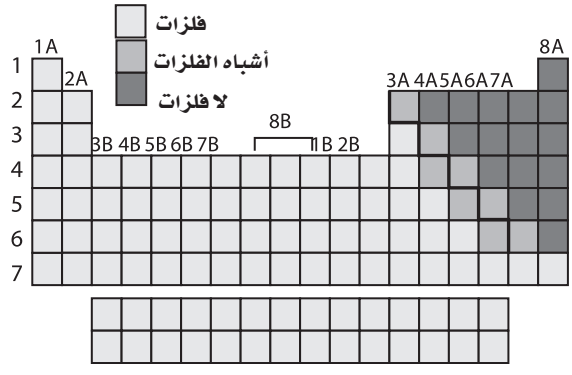
الصفحة 57

1. **صف** التطور في الجدول الدوري الحديث، واذكر مساهمات كلٍّ من لافوازييه، ونيولاندز، ومندليف، وموزلي في ذلك.

رتَّب لافوازييه العناصر المعروفة في زمنه في أربعة أقسام. وكان نيولاندز أول من رتَّب العناصر وأشار إلى تكرار الخواص بشكل دوري. وقدَّم كلٌّ من مندليف وماير الجداول الدورية موضِّحين العلاقة بين الكتل الذرية وخواص العناصر، أمّا موزلي فقد رتَّب العناصر وفق العدد الذري بدلاً من الكتل الذرية.

2. **ارسم** مخططًا مبسطًا للجدول الدوري، وأَشِر إلى مواقع الفلزات، واللافلزات وأشباه الفلزات.

ينبغي أن تشبه الجداول المبسطة الشكل التالي، بحيث تَظهَر أسماء المجموعات والدورات.



3. **صف** الخواص العامة للفلزات واللافلزات وأشباه الفلزات.

الفلزات: لامعة، قابلة للسحب والطرق، جيدة التوصيل للحرارة والكهرباء. أما اللافلزات: فمعتمة، هشَّة رديئة التوصيل للحرارة والكهرباء. في حين أن لأشباه الفلزات خواص وسطًا بين خصائص الفلزات واللافلزات.

4. **حدِّد** أيّ العناصر الآتية عناصر مُمثِّلة، وأيّها عناصر انتقالية؟

a. ليثيوم Li — **مُمثِّلة**

b. بلاتين Pt — **انتقالية**

c. بروميثيوم Pm — **انتقالية**

d. كربون C — **مُمثِّلة**

5. **قارن** اكتب اسمَيْ عنصرين لهما خصائص مشابهة لكلٍّ من:

a. اليود I — **أيّ عنصر آخر في المجموعة 17**

b. الباريوم Ba — **أيّ عنصر آخر في المجموعة 2**

c. الحديد Fe — **أيّ عنصر آخر في المجموعة 8**

6. **قارن** استنادًا إلى الجدول الدوري الحديث، ما العنصران اللذان تكون قيمة الكتلة الذرية لكلٍّ منهما أقلّ من ضعف عدده الذري؟

الهيدروجين، والأكسجين.

7. **تفسير البيانات** تُخطط شركة لتصنيع جهاز إلكتروني، ويتطلب ذلك استخدام عنصر له خواص كيميائية شبيهة بالسليكون Si والرصاص Pb، والكتلة الذرية له أكبر من كتلة الكبريت S، ولكنها أقلّ من كتلة الكادميوم Cd. استخدم الجدول الدوري لتحديد العنصر الذي يمكن أنْ تستخدِمه الشركة.

الجرمانيوم Ge.

2-2 تصنيف العناصر

الصفحات 62 – 58

مسائل تدريبية

الصفحة 62

8. حدِّد– من دون الرجوع إلى الجدول الدوري – المجموعة والدورة والفئة التي تنتمي إليها ذرات العناصر ذات التوزيع الإلكتروني الآتي:

a. $[Ne]\ 3s^2$ **b.** $[He]\ 2s^2$ **c.** $[Kr]\ 5s^2$

التركيب الإلكتروني	المجموعة	الدورة	الفئة
a. $[Ne]\ 3s^2$	**2**	**3**	**s**
b. $[He]\ 2s^2$	**2**	**2**	**s**
c. $[Kr]\ 5s^2$	**2**	**5**	**s**

9. بالرجوع إلى الجدول الدوري، ما الرمز الكيميائي للعناصر التي لها التوزيعات الآتية لإلكترونات تكافئها:

a. s^2d^1 **Sc, Y, La, Ac**

b. s^2p^3 **N, P, As, Sb, Bi**

c. s^2p^6 **Ne, Ar, Kr, Xe, Rn**

10. تحفيز اكتب التوزيع الإلكتروني لكلٍّ من العناصر الآتية:

a. عنصر في المجموعة 2 والدورة 4

$1s^22s^22p^63s^23p^64s^2$

b. عنصر في المجموعة 12 والدورة 4

$1s^22s^22p^63s^23p^64s^23d^{10}$

c. غاز نبيل في الدورة 5

$1s^22s^22p^63s^23p^64s^23d^{10}4p^65s^24d^{10}5p^6$

d. عنصر في المجموعة 16 الدورة 2

$1s^22s^22p^4$

التقويم 2-2

الصفحة 62

11. فسِّر ما الذي يحدِّد فئات الجدول الدوري؟

مستوياتُ الطاقة الفرعية التي تُعبأ بالإلكترونات هي التي تُحدِّد فئاتِ الجدول الدوري.

12. حدِّد فئة العناصر التي توزيع إلكتروناتها تكافئها على النحو الآتي:

a. s^2p^4 **فئة p** **c.** s^2d^1 **فئة d**

b. s^1 **فئة s** **d.** s^2p^1 **فئة p**

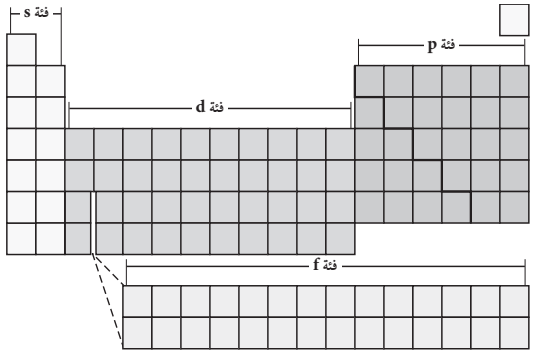
13. استنتج عنصر الزينون غاز نبيل لا يتفاعل، ويُستخدَم في المصابيح الومضية، وهو رديء التوصيل للحرارة والكهرباء. فهل تتوقَّع أن يكون عنصر الزينون من الفلزات أو اللافلزات أو أشباه الفلزات؟ وأين يقع هذا العنصر في الجدول الدوري؟ فسِّر إجابتك.

يُعدّ عنصر الزينون لافلزًّا؛ حيث تقع الغازات النبيلة غير النشطة في المجموعة 18 في الجهة اليمنى من الجدول الدوري.

14. فسِّر لماذا تكون عناصر المجموعة الواحدة متشابهة في خواصها الكيميائية؟

لأن توزيع إلكترونات التكافؤ لها هو نفسه.

15. نَمذِج ارسم مخططًا بسيطًا للجدول الدوري، وبيّن فئات s، وp، وd، وf.



الشكل 8– 2

ينبغي أن تَظهَر المخططات مشابهةً للشكل 8–2.

2-3 تدرّج خواص العناصر

الصفحات 63 – 70

مسائل تدريبية

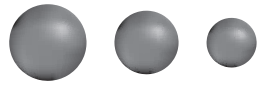
الصفحة 65

استعن بمعرفتك بأنماط التغيّر في نصف قطر الذرة عبر الدورة والمجموعة؛ للإجابة عن الأسئلة الآتية، دون استخدام قيم نصف قطر الذرة في الشكل 11–2 الموجود في كتاب الطالب صفحة 64.

16. أيّ العناصر له أكبر نصف قطر: الماغنسيوم Mg، أو السليكون Si، أو الكبريت S، أو الصوديوم Na، وأيّها له أصغر نصف قطر؟

عنصر الصوديوم Na له أكبر نصف قطر، في حين عنصر الكبريت S له أصغر نصف قطر.

17. يُبيّن الشكل الآتي عناصر الهيليوم، والكربتون، والرادون. أيّها يُمثِّل عنصر الكربتون؟ وكيف يمكن الاستدلال على ذلك؟



تُمثل الكرة B عنصر الكربتون؛ حيث يزداد نصف قطر الذرة كلّما اتجهنا من أعلى المجموعة إلى أسفلها؛ لذا فإن الهيليوم هو الأصغر؛ لأن له أصغر نصف قطر، أمّا الرادون فهو الأكبر؛ لأن له أكبر نصف قطر.

18. هل يمكن تحديد أيّ العنصرين المجهولين له أكبر نصف قطر إذا علمت فقط أنّ العدد الذري لأحدهما أكبر 20 مرة من العدد الذري للآخر؟ فسِّر إجابتك.

لا، إذا كان كلّ ما هو معلوم أنّ العدد الذري لأحد العنصرين أكبر بمقدار 20 مرة من العدد الذري للعنصر الآخر، فإنه لا يمكن معرفة المجموعات والدورات التي يقع فيها العنصران بالتحديد. كما لا يمكن تطبيق الاتجاهات الدورية لحجم الذرة؛ لتحديد أيّ العنصرين نصف قطره أكبر من الآخر.

19. **تحفيزٌ** حدِّد أيّ العنصرين في كلّ زوج ممّا يلي له نصف قطر أكبر؟

a. العنصر في الدورة 2 والمجموعة 1، أو عنصر في الدورة 3 والمجموعة 18.

العنصر في الدورة 2 والمجموعة 1.

b. العنصر في الدورة 5 والمجموعة 2، أو عنصر في الدورة 3 والمجموعة 16.

العنصر في الدورة 5 والمجموعة 2.

c. العنصر في الدورة 3 والمجموعة 14، أو عنصر في الدورة 6 والمجموعة 15.

العنصر في الدورة 6 والمجموعة 15.

d. عنصر في الدورة 4 والمجموعة 18، أو عنصر في الدورة 2 والمجموعة 16.

عنصر في الدورة 4 والمجموعة 18.

التقويم 3-2

الصفحة 68

20. **فسِّر** العلاقة بين التدرّج في نصف قطر الذرة عبر الدورات والمجموعات في الجدول الدوري والتوزيع الإلكتروني.

تزداد أنصاف أقطار الذرات كلّما اتجهنا من أعلى المجموعة إلى أسفلها؛ حيث تُضاف إلكترونات إلى مستويات الطاقة الخارجية، فتحجب الإلكتروناتُ الداخلية إلكتروناتِ التكافؤ عن شحنة النواة المتزايدة. وتتناقص أنصاف أقطارِ الذرات كلّما اتجهنا من اليسار إلى اليمين عبر الدورة؛ حيث تزيد الشحنة الموجبة للنواة، ويرافق ذلك عدم حجب إلكترونات التكافؤ بواسطة الإلكترونات الداخلية لأنها تُضاف إلى مستوى الطاقة نفسه، ويبقى عدد مستويات الطاقة ثابتًا فتقترب إلكترونات التكافؤ من النواة.

21. **بيِّن** أيّهما له أكبر قيمة لكلٍّ ممّا يأتي: الفلور أم البروم؟

a. الكهروسالبية — **الفلور**

b. نصف قطر الأيون — **البروم**

c. نصف قطر الذرة — **البروم**

d. طاقة التأيُّن — **الفلور**

22. **فسِّر** لماذا يحتاج انتزاع الإلكترون الثاني من ذرة الليثيوم إلى طاقة أكبر من الطاقة اللازمة لانتزاع الإلكترون الرابع من ذرة الكربون؟

لأن الإلكترون الثاني الذي يُنتزع من ذرة الليثيوم هو من الإلكترونات الداخلية وليس من إلكترونات التكافؤ؛ لذا فإنه يحتاج إلى طاقة أكبر لنزعه، في حين أن الإلكترون الرابع الذي يُنتزع من ذرة الكربون هو إلكترون تكافؤ.

23. **احسب** فرق الكهروسالبية، ونصف قطر الأيون، ونصف قطر الذرة، وطاقة التأيُّن الأولى للأكسجين والبريليوم.

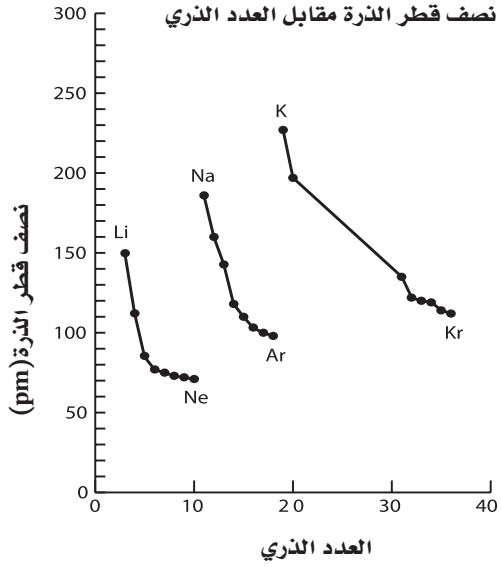
الكهروسالبية = 3.44 − 1.57 = 1.87

نصف قطر الأيون = 140 − 31 = 109 pm

نصف قطر الذرة = 73 − 112 = −39 pm

طاقة التأيُّن الأولى = 1310 kJ/mol − 900 KJ/mol = 410 KJ/mol

24. عمل الرسوم البيانيّة واستخدامها مثِّل بيانيًّا أنصاف أقطار العناصر المُمثِّلة في الدورات 2 و3 و4 مقابل أعدادها الذرية. على أن تحصل على ثلاثة منحنيات منفصلة (منحنى لكلّ دورة). ثُمّ لخّص نمط التغيّر (التدرّج) في نصف قطر الذرة عبر الدورة في ضوء الرسم الذي عملته. فسِّر إجابتك.



يقلّ نصف قطر الذرات عمومًا كلّما اتجهنا من اليسار إلى اليمين عبر الدورة الواحدة في الجدول الدوري بسبب زيادة شحنة النواة، ويزداد نصف قطر الذرات كلّما اتجهنا من أعلى المجموعة إلى أسفلها بسبب زيادة إلكترونات التكافؤ في أفلاك أكبر تنتمي إلى مستويات أعلى من الطاقة الرئيسة.

الفصل 2 مراجعة الفصل

الصفحات 79 – 74

2 - 1

إتقان المفاهيم

25. ما النقص في الجدول الدوري لمندليف؟

استعمل مندليف الكتلة الذرية بدلاً من العدد الذري لترتيب العناصر، ممّا نتج عنه وضع بعض العناصر في غير مكانها الصحيح.

26. وضِّح كيف ساهمت قاعدة الثمانيات لنيولاندز في تطور الجدول الدوري؟

قدَّم نيولاندز فكرة الدورية في الخواص.

27. أعدَّ كلٌّ من لوثر ماير وديمتري مندليف جداول دورية متشابهة في عام 1869م. فلماذا حظي مندليف بسمعة أكبر بالجدول الدوري الذي أعدّه؟

لأن أعمال مندليف نُشرت أولًا، ولأنه وضَّح عددًا أكبر من الخواص الدورية، وتوقَّع خواص بعض العناصر التي لم تكن قد اكتشفت.

28. ما المقصود بتدرّج خواص العناصر؟

يَظهَر التدرّج في الخواص الكيميائية والفيزيائية عند ترتيب العناصر في الجدول الدوري تصاعديًّا وفق تزايد العدد الذري.

29. صف الخواص العامة للفلزات.

عادة ما تكون الفلزات ذات كثافة عالية وصلبة ولامعةً في درجة حرارة الغرفة، وجيّدة التوصيل للحرارة والكهرباء، ويمتاز معظمها بالليونة والقابلية للطرق والسحب.

30. ما الخواص العامة لأشباه الفلزات؟

أشباه الفلزات لها خواص فيزيائية وكيميائية متوسطة بين الفلزات واللافلزات.

31. صنِّف العناصر الآتية إلى فلزات أو لافلزات أو أشباه فلزات:

a. الأكسجين O — **لا فلز**

b. الباريوم Ba — **فلز**

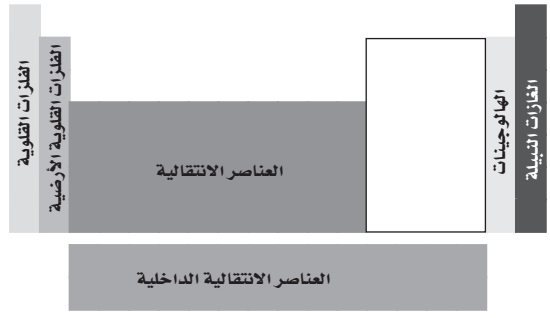
c. الجرمانيوم Ge — **شبه فلز**

d. الحديد Fe — **فلز**

32. صِلْ كلّ بند في العمود الأيمن بما يناسبه من المجموعات في العمود الأيسر:

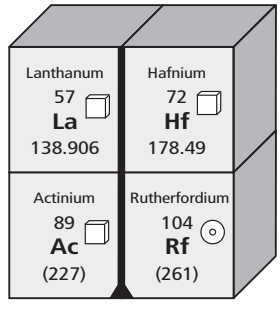
2	**a.** العناصر القلوية	**1.**	المجموعة 18
4	**b.** الهالوجينات	**2.**	المجموعة 1
3	**c.** العناصر القلوية الأرضية	**3.**	المجموعة 2
1	**d.** الغازات النبيلة	**4.**	المجموعة 17

33. ارسم مخططًا بسيطًا للجدول الدوري، وحدِّد عليه مواقع كلٍّ من الفلزات القلوية والفلزات القلوية الأرضية والعناصر الانتقالية والعناصر الانتقالية الداخلية والغازات النبيلة والهالوجينات، باستخدام الملصقات.



يجب أن يكون المخطط مشابهًا للشكل أعلاه، كما يمكن الرجوع إلى المعلم للحصول على نموذج جدول.

34. وضِّح ما يُشير إليه الخط الداكن في منتصف **الشكل 19—2**.



الشكل 19—2

يُشير الخط الداكن إلى موقع سلسلة عناصر اللانثانيدات والأكتنيدات إذا توافر المكان الأفقي لذلك في الصفحة.

35. ما الرمز الكيميائي لكلٍّ من العناصر الآتية؟

a. فلز يُستخدَم في مقياس الحرارة.

Hg

b. غاز مشعّ يُستخدَم في التنبؤ بحدوث هزات أرضية، وهو غاز نبيل له أكبر كتلة ذرية مقارنةً بعناصر مجموعته.

Rn

c. يُستخدَم لطلاء علب المواد الغذائية، وهو فلز له أقلّ كتلة ذرية في المجموعة 14.

Sn

d. عنصر انتقالي يُستخدَم في صناعة الخزائن، ويقع في المجموعة 12 في الجدول الدوري.

Ni

36. إذا اكتُشف عنصر جديد من الهالوجينات وآخر من الغازات النبيلة، فما العدد الذري لكلٍّ منهما؟

سيكون العدد الذري للهالوجين الجديد 117 ، في حين سيكون العدد الذري للغاز النبيل الجديد 118.

إتقان حلّ المسائل

37. لو رُتِّبت العناصر وفق كتلها الذرية، فأيّ العناصر الـ 55 الأولى يكون ترتيبها مختلفًا عمّا هو عليه في الجدول الدوري الحالي؟

ينبغي أن يحلّ كلٌّ من عنصري البوتاسيوم والأرجون أحدهما مكان الآخر في الجدول الدوري، ويحلّ كلٌّ من الكوبلت والنيكل أحدهما مكان الآخر، وكذلك الحال مع عنصري التيليريوم واليود؛ حيث يجب أن يحلّ أحدهما مكان الآخر.

38. **عنصر ثقيل جديد** لو اكتشف العلماء عنصرًا يحتوي على 117 بروتونًا، فما المجموعة والدورة التي ينتمي إليها؟ وهل يكون فلزًّا أو لافلزًّا أو شبه فلز؟

سينتمي العنصر الثقيل الجديد إلى المجموعة ، 17 وسيقع في الدورة 7، وسيكون شبه فلز.

39. ما الرمز الكيميائي لكل عنصر ينطبق عليه الوصف؟

a. عنصر في الدورة 3 يمكن استخدامه في صناعة رقائق الحاسوب لأنه شبه فلز.

Si

b. عنصر في المجموعة 13 والدورة 5 يُستخدَم في صناعة الشاشات المسطحة في أجهزة التلفاز.

In

c. عنصر يُستخدَم فتيلة في المصابيح، وله أكبر كتلة ذرية بين العناصر الطبيعية في المجموعة 6.

W

2 - 2

إتقان المفاهيم

40. **المنتجات المنزلية** ما أوجه الشبه في الخواص الكيميائية بين الكلور الذي يُستخدَم في تبييض الملابس واليود الذي يضاف إلى ملح الطعام؟ فسِّر إجابتك.

لهما توزيع إلكترونات التكافؤ نفسه s^2p^5.

41. ما علاقة مستوى طاقة إلكترون التكافؤ برقم دورة العنصر في الجدول الدوري؟

رقم مستوى طاقة إلكترونات تكافؤ الذرة يساوي رقم دورة العنصر.

42. ما عدد إلكترونات تكافؤ كلّ عنصر من الغازات النبيلة؟

لكلٍّ من الغازات النبيلة ثمانية إلكترونات تكافؤ، ما عدا غاز الهيليوم فله إلكترونا تكافؤ فقط.

43. ما الفئات الأربع الرئيسة في الجدول الدوري؟

فئةs، وفئةp، وفئةd، وفئة f.

44. ما التوزيع الإلكتروني الأكثر استقرارًا؟

ns^2np^6، حيث n رقم مستوى الطاقة.

45. فسِّر كيف يمكن أنّ يحدِّد توزيع إلكترونات التكافؤ موقع الذرة في الجدول الدوري؟

لعناصر المجموعة نفسها عدد إلكترونات التكافؤ نفسه. ويحدِّد رقمُ مستوى طاقة إلكترونات التكافؤ رقمَ الدورة التي يقع ضمنها.

46. اكتب التوزيع الإلكتروني لكل عنصر ينطبق عليه الوصف؟

a. عنصر في المجموعة 15، وغالبًا ما يكون جزءًا من مركّبات مساحيق التجميل.

Bi: $[Xe]6s^24f^{14}5d^{10}6p^3$

b. هالوجين في الدورة 3، يدخل في تركيب مُنظِّفات الملابس، ويُستخدَم في صناعة الورق.

Cl: $[Ne]3s^23p^5$

c. فلز انتقالي سائل عند درجة حرارة الغرفة، ويُستخدَم أحيانًا في مقاييس درجة الحرارة.

Hg: $[Xe]6s^24f^{14}5d^{10}$

47. حدِّد كلًّا من المجموعة، والدورة والفئة لكلّ عنصر ممّا يأتي:

a. $[Kr]5s^24d^1$ — **المجموعة 3، الدورة 5، فئة d**

b. $[Ar]4s^23d^{10}4p^3$ — **المجموعة 15، الدورة 4، فئة p**

c. $[He]2s^22p^6$ — **المجموعة 18، الدورة 2، فئة p**

d. $[Ne]3s^23p^1$ — **المجموعة 13، الدورة 3، فئة p**

48. عنصران في المجموعة نفسها، فهل يكون نصف قطر ذرة العنصر الذي له عدد ذري أكبر، أصغر أم أكبر من نصف قطر ذرة العنصر الآخر؟

أكبر.

49. يوضِّح **الجدول 6—2** عدد العناصر في الدورات الخمس الأولى من الجدول الدوري. فسِّر لماذا تحتوي بعض الدورات على أعداد مختلفة من العناصر؟

الجدول 6-2 عدد العناصر في الدورات من 1 إلى 5

الدورة	1	2	3	4	5
عدد العناصر	2	8	8	18	18

وذلك بسبب اختلاف عدد مستويات الطاقة الفرعية في مستوى الطاقة الرئيس من عنصر لآخر؛ إذ يحتوي مستوى الطاقة الرئيس الأول على المستوى الفرعي s، ويحتوي مستويا الطاقة الثاني والثالث على المستويين الفرعيين s وp، ويحتوي

المستويان الرابع والخامس على المستويات الفرعية s وp و d.

50. النُّقود تُعرفَ إحدى مجموعات العناصر الانتقالية بمجموعة النُّقود؛ لأنّ معظم قطع النُّقود المعدنية تُصنع من عناصر هذه المجموعة. ما رقم هذه المجموعة؟ وما العناصر التي تنتمي إليها؟ وهل ما زالت مستخدَمة في صناعة النُّقود حتى الآن؟

المجموعة 11؛ النحاس، والفضة، والذهب، وأصبحت النُّقود المعدنية تُصنع من مخاليط من مواد أخرى مثل القصدير والنيكل، حيث تُسمّى هذه المخاليط السبائك.

51. هل توجد إلكترونات تكافؤ جميع عناصر المجموعة 17 في مستوى الطاقة الرئيس نفسه؟ فسِّر إجابتك.

لا؛ لأن كلّ هالوجين يقع في دورة مختلفة عن الهالوجين الآخر. لذا فإن إلكترونات التكافؤ تقع في أفلاك تنتمي إلى مستويات طاقة مختلفة.

إتقان حلّ المسائل

52. الألعاب الناريّة يُكسِب فلزُّ الباريوم الألعابَ الناريّة اللونَ الأخضر. اكتب التوزيع الإلكتروني للباريوم وصف موقعه من حيث المجموعة والدورة والفئة في الجدول الدوري.

التوزيع الإلكتروني لفلزّ الباريوم $[Xe]6s^2$، ويقع في المجموعة 2، والدورة 6، وضمن الفئة s.

53. السمّاعات تُستخدَم المغانط المصنوعة من فلز النيوديميوم في صناعة السمّاعات؛ لأنها قوية وخفيفة. اكتب التوزيع الإلكتروني لهذا العنصر، وأين يقع في الجدول الدوري؟

التوزيع الإلكتروني لفلزّ النيوديميوم $[Xe]6s^24f^4$؛ ويقع ضمن الفئة f.

54. علب الصودا التوزيع الإلكتروني للفلز المُستخدَم في صناعة علب الصودا هو $[Ne]3s^23p^1$. ما اسم هذا الفلز؟ حدِّد رقم مجموعته، ودورته، وفئته في الجدول الدوري.

الفلزّ هو الألومنيوم؛ ويقع في المجموعة 13، وفي الدورة 3، وضمن الفئة p.

55. املأ الفراغ في **الجدول 7—2**.

الجدول 7-2 التوزيع الإلكتروني

الدورة	المجموعة	رمز العنصر	التوزيع الإلكتروني
3	a.		[ ] 3^2
4	14		b.
c.	12		[ ] $4^{10}5^2$
2	1	d.	[ ] 2^1

a. 2 **c. 5**

b. [ ] **d. Li**

2-3

إتقان المفاهيم

56. ما المقصود بطاقة التأيُّن؟

طاقة التأيُّن هي الطاقة اللازمة لانتزاع إلكترون من ذرة متعادلة في الحالة الغازية.

57. يُشكِّل عنصر ما أيونًا سالبًا عند التأيُّن. فأين يقع هذا العنصر في الجدول الدوري؟ فسِّر إجابتك.

يقع هذا العنصر في الجزء الأيمن من الجدول الدوري، حيث تكسب هذه العناصر عادةً إلكترونات لتصل إلى حالة الثمانية في مستوى طاقتها الأخير، فيصبح توزيعها الإلكتروني مشابهًا للتوزيع الإلكتروني للغاز النبيل، لتصل إلى حالة الاستقرار.

58. أيّ العناصر الآتية: الماغنسيوم أم الكالسيوم أم الباريوم، نصف قطر أيونه أكبر؟ وأيّها نصف قطر أيونه أصغر؟ وما نمط التغيّر الذي يفسِّر ذلك؟

عنصر الباريوم Ba^{2+} نصف قطر أيونه أكبر، أمّا عنصر الماغنسيوم Mg^{2+} فنصف قطر أيونه أصغر؛ بسبب ازدياد نصف قطر الأيون كلّما اتجهنا من أعلى المجموعة إلى أسفلها.

59. فسِّر لماذا تزداد طاقة تأيُّن العناصر المتتالية في الجدول الدوري عبر الدورة؟

عند إزالة أيّ إلكترون، يتبقى عدد أقلّ من الإلكترونات لحجب ما تبقى من إلكترونات التكافؤ عن قوة جذب النواة الكهروستاتيكي؛ لذا تزداد قوة جذب النواة فتزداد طاقة التأيُّن، ممّا يجعل إزالة الإلكترونات المتبقية أكثر صعوبة.

60. كيف يمكن مقارنة نصف قطر أيون اللافلز بنصف قطر الذرة؟ فسِّر ذلك.

تكون أنصاف أقطار أيونات اللافلزات أكبر من أنصاف أقطار ذراتها المتعادلة. تكتسب اللافلزات إلكترونات إلى مستوى طاقة الذرة الأخير، حيث تتنافر هذه الإلكترونات الإضافية فيما بينها، فيزداد حجم الأيون.

61. فسِّر لماذا يقلّ نصف قطر الذرة كلّما اتجهنا من اليسار إلى اليمين عبر الدورة؟

تتناقص أنصاف أقطار الذرات كلّما اتجهنا من اليسار إلى اليمين عبر الدورة في الجدول الدوري؛ لأن شحنة النواة تزداد، في حين يبقى مقدار حجب الإلكترونات الداخلية ثابتًا؛ لذا فإن زيادة قوة جذب النواة للإلكترونات نحو الداخل يُقلّل حجم الذرة.

62. حدِّد أيّ العنصرين له أكبر طاقة تأيُّن في كلٍّ من الأزواج الآتية؟

a. Li و N — **N**

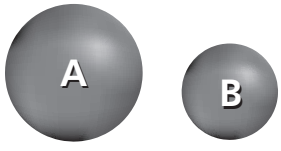
b. Ne و Kr — **Ne**

c. Li و Cs — **Li**

63. ما المقصود بقاعدة الثمانية؟ ولماذا لا يتبع غازَا الهيدروجين والهيليوم هذه القاعدة؟

يُعرف التوزيع الإلكتروني ns^2np^6 بتوزيع الثمانية، ويحتوي على ثمانية إلكترونات وله أقلّ طاقة، وينتُج عنه حالة الاستقرار للذرة. تكتسب الذرات الإلكترونات أو تخسرها أو تشارك بها؛ لتحصل على توزيع الثمانية في مستوى طاقتها الأخير، حيث إن هذا التوزيع يجعل الذرة أكثر استقرارًا. ونلاحظ أن هذه القاعدة لا تشمل كلا من الهيدروجين والهيليوم اللذين يُمثِّلان عناصر الدورة الأولى؛ بسبب احتواء كلٍّ منهما على مستوى طاقة واحد يكتمل بوجود إلكترونين من إلكترونات التكافؤ فقط.

64. استخدم **الشكل 20–2** للإجابة عن الأسئلة الآتية، فسِّر إجابتك.



الشكل 20– 2

a. إذا كانت A تُمثِّل أيونًا، وB تُمثِّل ذرة للعنصر نفسه. فهل يكون الأيون موجبًا أم سالبًا؟

يكون الأيون سالبًا؛ لأن الأيون السالب أكبر حجمًا من ذرته دائمًا.

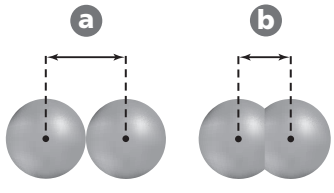
b. إذا كان A وB يُمثِّلان نصفي قطري ذرتي عنصرين في الدورة نفسها، فما ترتيبهما في الدورة؟

سيكون A على يسار B، حيث يتناقص نصف قطر الذرة كلّما اتجهنا من اليسار إلى اليمين عبر الدورة.

c. إذا كان A وB يُمثِّلان نصفي قطري أيونين لعنصرين في المجموعة نفسها، فما ترتيبهما في المجموعة؟

سيكون A أسفل B، حيث يتزايد نصف قطر الأيون كلّما اتجهنا من أعلى المجموعة إلى أسفلها.

65. يُمثِّل **الشكل 21–2** طريقتين لتعريف نصف قطر الأيون. صف كلّ طريقة، واذكر متى تُستخدَم كلٌّ منهما؟



الشكل 21– 2

تُستخدَم الطريقة a للفلزّات، حيث نصف قطر الذرة هو نصف المسافة بين ذرتين متجاورتين في البلورة الفلزية. وتُستخدَم الطريقة b للافلزّات الموجودة في صورة جزيئات؛ حيث نصف قطر الذرة هو نصف المسافة بين نواتي ذرتين متماثلتين ترتبطان معًا.

66. الكلور التوزيع الإلكتروني لذرة الكلور هو $[Ne]3s^2 3p^5$ وعندما يكتسب إلكترونًا يصبح توزيعه الإلكتروني $[Ne]3s^2 3p^6$، وهو التوزيع الإلكتروني للأرجون. فهل تغيّرت ذرة الكلور إلى ذرة أرجون؟ فسِّر إجابتك.

لا؛ إن التوزيع الإلكتروني لأيون الكلور وذرة الأرجون هو التوزيع نفسه، ولكن ما زال لأيون الكلور 17 بروتونًا ويحتفظ بنوعه كذرة كلور.

إتقان حلّ المسائل

67. تُصنَع بعض العبوّات من مادة اللكسان Lexan، وهي مادة بلاستيكية يدخل في تركيبها مركّب مكوَّن من الكلور والكربون والأكسجين. رتِّب هذه العناصر تنازليًّا بحسب نصف قطر الذرة ونصف قطر الأيون.

بحسب نصف قطر الذرة؛ الكلور، ثُمّ الكربون، ثُمّ الأكسجين.

بحسب نصف قطر الأيون؛ الكلور، ثُمّ الأكسجين، ثُمّ الكربون.

68. العدسات اللاصقة تُصنَع العدسات اللاصقة المرنة من اتحاد ذرات السليكون والأكسجين معًا. اعمل جدولًا يحتوي على قائمة بالتوزيع الإلكتروني وأنصاف أقطار كلٍّ من ذرات وأيونات السليكون والأكسجين. ثُمّ اشرح أيّ الذرات تُصبح أكبر، وأيّها تُصبح أصغر عند اتحاد السليكون بالأكسجين؟ ولماذا؟

	السليكون	الأكسجين
التوزيع الإلكتروني للذرة	$[Ne]3s^2 3p^2$	$[He]2s^2 2p^4$
التوزيع الإلكتروني للأيون	[Ne]	[Ne]
نصف قطر الذرة ($\times 10^{-12}$ m)	118	73
نصف قطر الأيون ($\times 10^{-12}$ m)	41	140

عندما يتَّحد السليكون والأكسجين معًا تُصبح ذرات السليكون أصغر حجمًا؛ لأنها تفقد الإلكترونات، في حين تصبح ذرات الأكسجين أكبر حجمًا لأنها تكسب الإلكترونات.

69. المُحلِّي الصناعي تحتوي بعض المشروبات الغازية التي تُجنِّب زيادة الوزن على المُحلِّي الصناعي أسبارتيم، وهو مركّب يحتوي على الكربون والنيتروجين والأكسجين وذرات أخرى. اعمل جدولًا يوضِّح أنصاف أقطار الذرات والأيونات للكربون والنيتروجين والأكسجين. افترض حالة التأيُّن الموضَّحة في **الشكل 14–2** من كتاب الطالب واستخدم الجدول الدوري للتنبؤ بما إذا كانت أحجام ذرات الكربون والنيتروجين والأكسجين تتزايد أم تتناقص عند تكوين الروابط الكيميائية في الأسبارتيم.

العنصر	نصف قطر الذرة ($\times 10^{-12}$m)	نصف قطر الأيون ($\times 10^{-12}$m)
كربون	77	15
نيتروجين	75	146
أكسجين	73	140

يتناقص حجم ذرات الكربون، في حين يتزايد حجم ذرات النيتروجين والأكسجين.

مراجعة عامة

70. عرّف الأيون.

الأيون ذرة اكتسبت إلكترونًا أو أكثر أو فقدته.

71. اشرح لماذا لا يمكن قياس نصف قطر الذرة بطريقة مباشرة؟

بسبب عدم وجود نهاية محدَّدة، ولا حدود ثابتة للذرة.

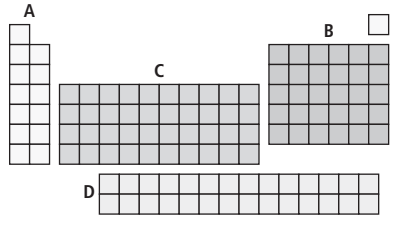
72. ما شبه الفلز في الدورة 2 من الجدول الدوري، الذي يكون جزءًا من مركّب يُستعمَل لإزالة عسر الماء؟

البورون B.

73. أيّهما أكثر كهروسالبية: عنصر السيزيوم في المجموعة 1 المستخدَم في مصابيح الأشعّة تحت الحمراء، أم البروم وهو الهالوجين المستخدَم في مركّبات مقاومة الحريق؟ ولماذا؟

البروم Br أكثر كهروسالبية من السيزيوم Cs؛ حيث تزداد الكهروسالبية كلّما اتجهنا من اليسار إلى اليمين عبر الدورة في الجدول الدوري.

74. يوضِّح **الشكل 22–2** فئات الجدول الدوري. سمِّ كلّ فئة، واشرح الخواص المشتركة بين عناصر كلّ فئة.



الشكل 22– 2

A عبارة عن عناصر فئة s، ذات مستوى s ممتلئ أو شبه ممتلئ.
B عبارة عن عناصر فئة p، ذات مستويات p ممتلئة أو شبه ممتلئة.
C عبارة عن عناصر فئة d، ذات مستويات d ممتلئة أو شبه ممتلئة.
D عبارة عن عناصر فئة f، ذات مستويات f ممتلئة أو شبه ممتلئة.

75. أيّ عنصر في الأزواج التالية له كهروسالبية أعلى؟

a. As أو K — **As**

b. Sb أو N — **N**

c. Be أو Sr — **Be**

76. فسِّر لماذا تمتدُّ الفئة s من الجدول الدوري على هيئة مجموعتين، والفئة p على هيئة 6 مجموعات، والفئة d على هيئة 10 مجموعات؟

تُمثِّل الفئة s تعبئة مستوى s الذي يتَّسع لإلكترونين كحدٍّ أقصى، في حين تُمثِّل الفئة p تعبئة مستويات p الثلاثة التي تتَّسع لستة إلكترونات كحدٍّ أقصى، أمّا الفئة d فتُمثِّل تعبئة مستويات d الخمسة التي تتسع لعشرة إلكترونات كحدٍّ أقصى.

77. لماذا تختلف معظم قيم الكتل الذرية في جدول مندليف عن القيم الحالية؟

لقد عدَّل العلماء طرائق قياس الكتل الذرية.

78. رتِّب العناصر: الأكسجين والكبريت والتيلريوم والسلينيوم، تصاعديًّا بحسب نصف قطر الذرة. وهل يُعدّ ترتيبك مثالًا على تدرّج الخواص في المجموعة أم في الدورة؟

الترتيب على النحو الآتي: الأكسجين O، ثُمّ الكبريت S، ثُمّ السلينيوم Se، ثُمّ التيلريوم Te. ويُعدّ هذا الترتيب مثالاً على تدرّج الخواص في المجموعة.

79. الحليب يُعدّ العنصر ذو التوزيع الإلكتروني $[Ar]4s^2$ من أهم الفلزات الموجودة في الحليب. حدِّد مجموعة ودورة وفئة هذا العنصر في الجدول الدوري.

يقع عنصر الكالسيوم Ca في المجموعة 2؛ والدورة 4، وضمن الفئة s.

80. لماذا لا توجد عناصر من الفئة p في الدورة الأولى؟

لأنه لا يوجد مستوى ثانوي p في مستوى الطاقة الرئيس1 الذي يتألف من مستوى طاقة s الوحيد، والذي يتَّسع لإلكترونين كحدٍّ أقصى.

81. المجوهرات ما الفلزان الانتقاليان المستخدَمان في صناعة المجوهرات، واللذان يقعان في المجموعة 11، ولهما أقلّ كتلة ذرية؟

النحاس، والفضة.

82. أيّهما له طاقة تأيُّن أكبر: البلاتين المُستخدَم في عمل تاج الضروس، أم الكوبلت الذي يُكسِب الفخار ضوءه الأزرق الساطع؟

البلاتين.

التفكير الناقد

83. طبِّق يُكوِّن الصوديوم Na أيونًا موجبًا 1+؛ في حين يُكوِّن الفلور F أيونًا سالبًا 1−. اكتب التوزيع الإلكتروني لكلّ أيون منهما. وفسِّر لماذا لا يُشكِّل هذان العنصران أيونات ثنائية؟

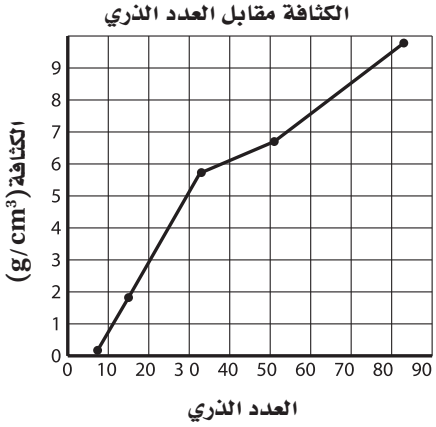
التوزيع الإلكتروني للصوديوم يسمح بفقدان إلكترون واحد من مستوى الطاقة الثانوي s، والفلور يسمح باكتساب إلكترون واحد في مستوى الطاقة الثانوي p ليصبح كلا الأيونين له التوزيع الإلكتروني المشابه للتوزيع الإلكتروني للغاز النبيل $1s^2 2s^2 2p^6$.

84. اعمل رسمًا بيانيًّا واستخدمه استعن بالبيانات الواردة في **الجدول 8—2**. ومثِّل بيانيًّا الكثافة مقابل العدد الذري، واذكر أيّ نمط تغيّر يمكن أن تلاحظه.

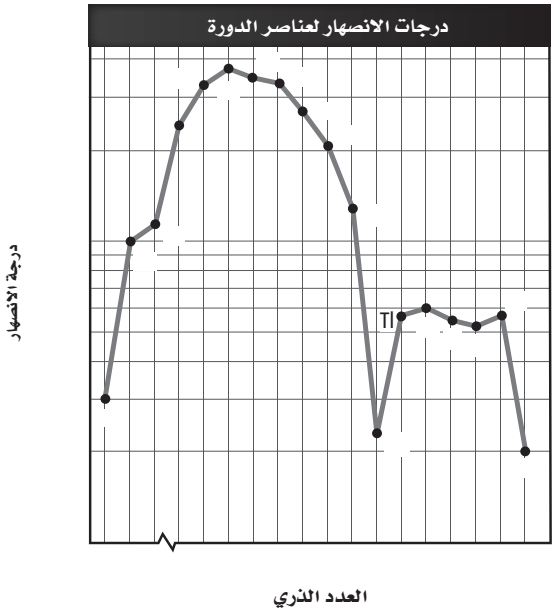
الجدول 8-2 بيانات الكثافة لعناصر المجموعة 15

العنصر	العدد الذري	الكثافة (g/cm^3)
النيتروجين	7	1.25×10^{-3}
الفوسفور	15	1.82
الزرنيخ	33	5.73
الأنتيمون	51	6.70
البزموث	83	9.78

يوضِّح الرسم البيانيّ زيادة الكثافة بزيادة العدد الذري، لاحظ أن كثافة النيتروجين منخفضة جدًّا؛ لأنه العنصر الوحيد الذي يوجد في الحالة الغازية (بقية العناصر في الحالة الصلبة).



85. فسِّر البيانات رُسمت درجات انصهار عناصر الدورة 6 مقابل العدد الذري، كما في **الشكل 23—2**. حدِّد نمط التغيّر في درجات الانصهار والتوزيع الإلكتروني للعناصر، ثُمّ ضع فرضية لتفسير هذا النمط.



الشكل 23— 2

تحدث القيم العظمى لعناصر الفئة d عندما تكون المستويات نصف ممتلئة تقريبًا. (التوزيع الإلكتروني للعنصر W يحتوي على $5d^6$؛ لذا يكون له أعلى درجة انصهار). ووفق قاعدة هوند، تزداد الرابطة الفلزية قوة كلّما زاد عدد الإلكترونات غير المرتبطة، وتصل إلى القيمة العظمى عندما تكون المستويات نصف ممتلئة. لاحظ أن Hg وRn لا يحتويان على إلكترونات غير مرتبطة؛ لذا فإنَّ درجتي انصهارهما منخفضتان. أما عناصر الفئة p (86—81) فتكون العناصر التي يتوافر فيها إلكترونات غير مرتبطة ذات درجات انصهار عالية.

86. التعميم يُعبِّر الرمز ns^1 عن التوزيع الإلكتروني للمستوى الخارجي لعناصر المجموعة الأولى، حيث n هو رقم دورة العنصر ومستوى طاقته الرئيس. اكتب رمزًا مشابهًا لكلّ مجموعات العناصر المُمثِّلة.

المجموعة	التوزيع الإلكتروني	المجموعة	التوزيع الإلكتروني
1	ns^1	15	ns^2np^3
2	ns^2	16	ns^2np^4
13	ns^2np^1	17	ns^2np^5
14	ns^2np^2	18	ns^2np^6

87. تعرَّف أحد العناصر المُمثِّلة في الدورة 3 جزء من المواد الخشنة التي تُستعمَل على سطوح علب الثقاب. و**الجدول 9—2** يوضِّح طاقات التأيُّن لهذا العنصر. استعن بالمعلومات الواردة في هذا الجدول على استنتاج نوع العنصر.

الجدول 9-2 طاقات التأين بوحدة kJ/mol

العدد	الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس
طاقة التأين	1010	1905	2910	4957	6265	21238

العنصر هو الفوسفور؛ حيث تُشير القفزة الكبيرة في مقدار طاقة التأيُّن بعد المستوى الخامس إلى أن للعنصر خمسة إلكترونات تكافؤ.

مسألة تحفيز

88. يُعبَّر عن طاقات التأيُّن بوحدة (kJ /mol)، إلّا أنه يُعبَّر عن الطاقة اللازمة لانتزاع إلكترون من الذرة بالجول (J). استخدم القيم في **الجدول 5—2** لحساب الطاقة اللازمة لانتزاع الإلكترون الأول بوحدة الجول من ذرة كلٍّ من B، وBe، وLi، وC، ثُمّ استخدم العلاقة $1eV = 1.6 \times 10^{-19}J$ لتحويل القيم إلى الإلكترون فولت.

Li: 8.64×10^{-19} J, أو 5.4 eV
Be: 1.5×10^{-18} J, أو 9.38 eV
B: 1.33×10^{-18} J, أو 8.31 eV
C: 1.81×10^{-18} J, أو 11.3 eV

Li:

$$520\,\frac{kJ}{mol} \times \frac{1000\,J}{kJ} \times \frac{1mol}{6.02 \times 10^{23}\,atom} = 8.64 \times 10^{-19}J$$

$$8.64 \times 10^{-19}J \times \frac{1eV}{1.06 \times 10^{-19}J} = 5.4\,eV$$

Be:

$$900\,\frac{kJ}{mol} \times \frac{1000\,J}{kJ} \times \frac{1mol}{6.02 \times 10^{23}\,atom} = 1.50 \times 10^{-18}J$$

$$1.50 \times 10^{-18}J \times \frac{1eV}{1.06 \times 10^{-19}J} = 9.38\,eV$$

B:

$$800\,\frac{kJ}{mol} \times \frac{1000\,J}{kJ} \times \frac{1mol}{6.02 \times 10^{23}\,atom} = 1.33 \times 10^{-18}J$$

$$1.33 \times 10^{-18}J \times \frac{1eV}{1.06 \times 10^{-19}J} = 8.31\,eV$$

C:

$$1090\,\frac{kJ}{mol} \times \frac{1000\,J}{kJ} \times \frac{1mol}{6.02 \times 10^{23}\,atom} = 1.81 \times 10^{-18}J$$

$$1.81 \times 10^{-18}J \times \frac{1eV}{1.06 \times 10^{-19}J} = 11.3\,eV$$

مراجعة تراكمية

89. عرِّف المادة، وحدِّد ما إذا كان كلّ ممّا يلي مادة أم لا:

المادة كلّ شيء له كتلة ويشغَل حيّزًا من الفراغ.

a. موجات الميكروويف

لا

b. الهيليوم داخل بالون

نعم

c. حرارة الشمس

لا

d. السرعة

لا

e. ذرة من الغبار

نعم

f. اللون الأزرق

لا

90. حوِّل كلًّا من وحدات القياسات الآتية إلى ما هو مُبيَّن:

a. 1.1 cm إلى m — **1.1×10^{-2}m**

b. 76.2 pm إلى mm — **7.62×10^{-8}m**

c. 11 mg إلى kg — **1.1×10^{-5}kg**

d. 7.23 mg إلى kg — **7.23×10^{-6}kg**

91. ما العلاقة بين الطاقة التي تنبعث من الإشعاع وتردده؟

تُحسَب طاقة الكمّ بوصفها حاصل ضرب التردد في ثابت بلانك كما هو موضَّح في المعادلة الآتية:

$$E_{photon} = hv$$

92. ما العنصر الذي توزيعه الإلكتروني $[Ar]4s^23d^6$ وهو في حالة الاستقرار؟

الحديد.

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

93. **الثُّلاثيّات** في بداية القرن التاسع عشر اقترح العالم الألماني دوبيرنر ما يُعرف باسم الثُّلاثيّات. ابحث عن ثلاثيّات دوبيرنر، واكتب تقريرًا حولها. ما العناصر التي تُمثِّل الثُّلاثيّات؟ وكيف كانت صفات العناصر فيها متشابهة؟

لاحظ دوبيرنر أن الكتلة الذرية للإسترانشيوم تقع في الوسط بين الكتلة الذرية للكالسيوم والباريوم، وهي عناصر لها خواص كيميائية متشابهة. كما درس ثُلاثيّة الهالوجينات المؤلفة من الكلور والبروم واليود وثُلاثيّة الفلزات القلوية المؤلفة من الليثيوم والصوديوم والبوتاسيوم. واقترح دوبيرنر أن الطبيعة تحتوي على ثُلاثيّات من العناصر؛ فللعنصر الأوسط (عند ترتيب العناصر وفق الكتلة الذرية)، خواص متوسطة بين العنصرين الآخرين.

94. **الميل الإلكتروني** خاصية دورية أخرى. اكتب تقريرًا عن الميل الإلكتروني، وصف تدرّجه عبر المجموعة وعبر الدورة.

سيجد الطلاب أن الميل الإلكتروني EA هو تغير في الطاقة المصاحبة لإضافة مول واحد من الإلكترونات إلى مول واحد من الذرات أو الأيونات في الحالة الغازية. ومع أن هناك الكثير من عدم الانتظام (ما عدا الغازات النبيلة)، إلا أن قيمة الميل الإلكتروني الأولى EA_1 غالبًا ما تقلّ كلّما اتجهنا من أعلى المجموعة إلى أسفلها، وتزداد كلّما اتجهنا من يسار الدورة إلى يمينها في الجدول الدوري.

أسئلة المستندات

كان الجدول الدوري الأصلي لمندليف جديرًا بالملاحظة في ضوء المعلومات التي كانت متوافرة عن العناصر المعروفة في حينه؛ لذلك فهو يختلف عن النسخة الحديثة. قارن بين جدول مندليف الموضَّح في **الجدول 10—2** والجدول الدوري الموضَّح في **الشكل 5—2**.

الجدول 10-2 مجموعات العناصر

التسلسل	0								
1 2 3	—		—	—	—		—	—	
4 5									( )
6 7								—	( )
8 9					— —	— —	— —	— —	— —
10 11	—	—	—		—		— —	— —	( )
12	—	—		—	Th	—			

المعلومات متوافرة في أساسيات في الكيمياء ، ديمتري مندليف، 1891م.

95. وضَع مندليف الغازات النبيلة في يسار الجدول. فلماذا يُعدّ وضْع هذه العناصر في جهة اليمين– كما في الجدول الدوري الحديث– منطقيًّا أكثر؟

إن وضْع الغازات النبيلة في الجهة اليمنى يجعل العناصر المُمثِّلة مرتَّبة من اليسار إلى اليمين وفق تسلسل تعبئة مستويات الطاقة، فكلّما تمّ تعبئة مستويات الطاقة استقرت الغازات النبيلة التي لها مستويات طاقة خارجية ممتلئة في الجهة اليمنى.

96. أيّ أجزاء جدول مندليف يُعدّ أكثر تشابهًا مع موقعه الحالي، وأيّها كان أبعد عن موقعه الحالي في الجدول الحديث؟ ولماذا ؟

يُشبه He عناصر فئة s والتي تُعدّ الأكثر تشابهًا في جدول

مندليف مع موقعه الحالي، وتُعدّ فئة f الأقلّ تشابهًا معه في الجدول الحالي. حيث كانت عناصر فئة s هي المعروفة على نحو واسع في ذلك الوقت، في حين عُرف القليل عن عناصر فئة f.

97. تختلف معظم الكتل الذرية في جدول مندليف عن القيم الحالية. ما سبب ذلك؟

بسبب مراجعة العلماء طرائقهم في قياس الكتل الذرية للعناصر.

اختبار مُقنَّن

الصفحتان 81 – 80

أسئلة الاختيار من متعدد

1. عناصر المجموعة الواحدة في الجدول الدوري لها نفس:

a. عدد إلكترونات التكافؤ.

b. الخواص الفيزيائية.

c. عدد الإلكترونات.

d. التوزيع الإلكتروني.

ⓐ

2. أيّ العبارات الآتية غير صحيحة؟

a. نصف قطر ذرة الصوديوم Na أصغر من نصف قطر ذرة الماغنسيوم Mg.

b. قيمة الكهروسالبية للكربون C أكبر من قيمة الكهروسالبية للبورون B.

c. نصف قطر الأيون Br^- أكبر من نصف قطر ذرة Br.

d. طاقة التأيُّن الأولى لعنصر K أكبر من طاقة التأيُّن الأولى لعنصر Rb.

ⓓ

3. التوزيع الإلكتروني لذرة عنصر هو $[Ar]4s^23d^{10}4p^4$. ما المجموعة والدورة والفئة التي يقع ضمنها هذا العنصر في الجدول الدوري؟

a. مجموعة 14، دورة 4، فئة d

b. مجموعة 16، دورة 3، فئة p

c. مجموعة 14، دورة 4، فئة p

d. مجموعة 16، دورة 4، فئة p

ⓓ

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 4 و5:

خواص العناصر		
العنصر	الفئة	الخواص
		صُلب، يتفاعل بسرعة مع الأكسجين.
		غاز عند درجة حرارة الغرفة، يكوّن الأملاح.
		غاز نبيل

4. أيّ مجموعة في الجدول الدوري يقع فيها العنصر X؟

a. 1 **c.** 18

b. 17 **d.** 4

ⓐ

5. الفئة التي يقع فيها العنصر Z هي:

a. s **c.** d

b. p **d.** f

ⓑ

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 6 و7

النسبة المئوية لمكونات أكاسيد النيتروجين		
المركب	نسبة النيتروجين	نسبة الأكسجين
N_2O_4	30.4%	69.6%
N_2O_3		
N_2O	63.6%	36.4%
N_2O_5	25.9%	74.1%

6. ما النسبة المئوية للنيتروجين في المركّب N_2O_3؟

a. 44.75% **c.** 28.1%

b. 46.7% **d.** 36.8%

ⓓ

N: $2 \times 14.0g = 28.0$ g; O: $3 \times 16.0g = 48.0$ g;
$28.0g + 48.0g = 76.0$ g
$$\frac{28.0g}{76.0g} \times 100 = 36.8\ \%$$

7. تحتوي عيّنة من أكسيد النيتروجين على 1.29g من النيتروجين، و3.71g من الأكسجين. أيّ الصيغ الآتية يُحتمَل أن تُمثِّل المركّب؟

a. N_2O_4 **c.** N_2O

b. N_2O_3 **d.** N_2O_5

d

$$1.29g + 3.71g = 5.00g$$

$$\%N = \frac{1.29g}{5.00g} \times 100\% = 25.8\%\ N$$

$$\%O = \frac{3.71g}{5.00g} \times 100\% = 74.2\%\ O$$

N_2O_5

8. توجد أشباه الفلزات في الجدول الدوري فقط في:

a. الفئة d

b. المجموعات 13 إلى17

c. الفئة f

d. المجموعتين 1 و2

b

9. ما المجموعة التي تحتوي على اللافلزات فقط؟

a. 1 **c.** 15

b. 13 **d.** 18

d

10. يمكن توقُّع أن العنصر 118 له خواص تشبه:

a. الفلزات القلوية الأرضية **c.** أشباه الفلزات

b. الهالوجين **d.** الغاز النبيل

d

أسئلة الإجابات القصيرة

ادرس التوزيع الإلكتروني الآتي، ثُمّ أجب عن الأسئلة التي تليه:

$[Ne]3s^23p^1$

11. في أيّ دورة في الجدول الدوري يوجد هذا العنصر؟

الدورة 3

12. في أيّ مجموعة في الجدول الدوري يوجد هذا العنصر؟

المجموعة 13

13. ما اسم هذا العنصر؟

الألومنيوم

أسئلة الإجابات المفتوحة

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 14 و 15.

طاقات التأين لعناصر مختارة من الدورة 2 بوحدة kJ/mol

العنصر				
إلكترونات التكافؤ	1	2	3	4
طاقة التأين الأولى	520	900	800	1090
طاقة التأين الثانية	7300	1760	2430	2350
طاقة التأين الثالثة		14,85	3660	4620
طاقة التأين الرابعة			25,020	6220
طاقة التأين الخامسة				37,830

14. بيِّن العلاقة التي تربط بيْن التغيّر الكبير جدًّا في طاقة التأيُّن وعدد إلكترونات التكافؤ لكلّ ذرة.

من الأسهل انتزاع إلكترون تكافؤ من مستوى طاقة شبه ممتلئ. أمّا بالنسبة لذرة الليثيوم فإننا بحاجة إلى طاقة أكبر كثيراً لانتزاع الإلكترون الثاني من مداره؛ حيث إن الإلكترون الثاني جزء من مستوى طاقة خارجي ممتلئ. وانتزاعه يجعل الذرة أقلّ استقرارًا؛ لذا نحتاج إلى قدر أكبر من الطاقة لانتزاعه.

15. توقَّع أيّ طاقات التأيُّن سوف تُظهِر أكبر تغيّر لعنصر الماغنسيوم؟ فسِّر إجابتك.

سيُظهِر الماغنسيوم أكبر تغير لطاقة التأيُّن عند طاقة التأيُّن الثالثة؛ حيث تُعبر كلٌّ من طاقة التأيُّن الأولى والثانية عن مقدار الطاقة المطلوبة لإزالة إلكتروني التكافؤ من الماغنسيوم، إن طاقة التأيُّن الثالثة ستكسر قاعدة الثمانية؛ لذا سنحتاج إلى طاقة أكبر من الطاقة اللازمة في الحالتين السابقتين.

المركّبات الأيونية والفلزات

3-1 تكوُّن الأيون

الصفحات 87 – 84

التقويم 3-1

الصفحة 87

1. **قارن** بيْن استقرار ذرة الليثيوم وأيون الليثيوم Li^+.

أيون الليثيوم Li^+ هو الأكثر استقرارًا؛ لأن له مدارًا خارجيًّا مكتملًا.

2. **صف** سببين لوجود قوة تجاذب في الرابطة الكيميائية.

e. قوة التجاذب بين النواة الموجبة الشحنة في إحدى الذرات والإلكترونات السالبة الشحنة للذرة الأخرى.

f. قوة التجاذب بين الأيونات الموجبة والأيونات السالبة.

3. **طبِّق** لماذا تكون عناصر المجموعة 18 غير قادرة على التفاعل نسبيًّا، في حين تُعدّ عناصر المجموعة 17 شديدة التفاعل؟

تُعرف عناصر المجموعة 18 بالغازات النبيلة، ولها مستويات طاقة خارجية مملوءة بالإلكترونات، ولا تُشكِّل أيونات بسهولة، أمّا عناصر المجموعة 17 فهي شديدة التفاعل؛ لأن ذرة كلّ عنصر فيها تحتاج إلى اكتساب إلكترون واحد فقط لتصل إلى حالة الاستقرار أو حالة الثمانية.

4. **لخِّص** تكوين الرابطة الأيونية من خلال وضع المصطلحات التالية في صورة أزواج صحيحة: الكاتيون، الأنيون، اكتساب الإلكترونات، فقد الإلكترونات.

[الأنيون؛ اكتساب الإلكترونات]، [الكاتيون؛ فقد الإلكترونات]

5. **طبِّق** اكتب التوزيع الإلكتروني لكلٍّ من الذرات الآتية، ثُمّ توقّع التغيّر الذي ينبغي حدوثه لتصل كلّ ذرة إلى التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل.

a. النيتروجين

$[He]2s^2 2p^3$؛ اكتساب 3 إلكترونات (أيون شحنته -3 ؛ N^{3-})

أو فقدان 5 إلكترونات (أيون شحنته $+5$ ؛ N^{5+})

b. الكبريت

$[Ne]3s^2 3p^4$؛ اكتساب إلكترونين (أيون شحنته -2 ؛ S^{2-})

c. الباريوم

$[Xe]6s^2$؛ فقدان إلكترونين (أيون شحنته $+2$ ؛ Ba^{2+})

d. الليثيوم

$[He]2s^1$؛ فقدان إلكترون واحد (أيون شحنته $+1$ ؛ Li^+)

6. **نموذج** ارسم نموذجين يُمثِّلان تكوين أيون الكالسيوم الموجب وأيون البروميد السالب.

يجب أن يوضِّح النموذجان أن ذرة الكالسيوم تفقد إلكترونين ليتكوّن أيون الكالسيوم Ca^{2+}، بينما تكتسب ذرة البروم إلكترونًا واحدًا ليتكوّن أيون البروميد Br^-، كما يجب أن يُبين النموذجان الطاقة المضافة عند تكوّن أيون الكالسيوم Ca^{2+} والطاقة المفقودة عند تكوّن أيون البروميد Br^-.

3-2 الروابط والمركّبات الأيونية

الصفحات 95 – 90

مسائل تدريبية

الصفحة 90

وضِّح كيف تتكوّن المركّبات الأيونية من العناصر الآتية؟

7. الصوديوم والنيتروجين

تفقد ثلاث ذرات من الصوديوم Na ثلاثة إلكترونات، واحدًا لكلٍّ منها، فتُكوِّن ثلاثة أيونات موجبة الشحنة Na^+. وتكتسب ذرة نيتروجين N واحدة الإلكترونات الثلاثة $3e^-$، لتُكوِّن أيونًا سالب الشحنة N^{3-}؛ لتتجاذب الأيونات معًا وتُنتج المركّب ذا الصيغة Na_3N، حيث الشحنة الإجمالية للصيغة Na_3N تساوي صفرًا.

$$3\,\cancel{Na\ Ions}\left(\frac{1+}{\cancel{Na\ Ion}}\right) + 1\,\cancel{N\ Ion}\left(\frac{3-}{\cancel{N\ Ion}}\right)$$
$$= 3(1+) + 1(3-) = 0$$

8. الليثيوم والأكسجين

تفقد ذرتا ليثيوم Li إلكترونين، واحدًا لكلٍّ منهما، فتُكوِّن أيونين موجبي الشحنة Li^{+}. وتكتسب ذرة أكسجين O واحدة الإلكترونين $2e^{-}$، فتُكوِّن أيونًا سالب الشحنة O^{2-}؛ لتتجاذب الأيونات معًا وتُنتِج المركّب ذا الصيغة Li_2O، حيث الشحنة الإجمالية للصيغة Li_2O تساوي صفرًا.

$$1\,\cancel{Li\text{ ions}}\left(\frac{2+}{\cancel{Li\text{ ion}}}\right) + 2\,\cancel{O\text{ ion}}\left(\frac{1-}{\cancel{O\text{ ion}}}\right)$$
$$= 1(2+) + 2(1-) = 0$$

9. الإسترانشيوم والفلور.

تفقد ذرة إسترانشيوم Sr واحدة إلكترونين، فتُكوِّن أيونًا موجب الشحنة Sr^{2+}. وتكتسب ذرتا فلور F الإلكترونين $2e^{-}$، واحدًا لكلٍّ منهما، فتُكوِّن أيونين سالبي الشحنة F^{-}؛ لتتجاذب الأيونات معًا وتُنتِج المركّب ذا الصيغة SrF_2، حيث الشحنة الإجمالية للصيغة SrF_2 تساوي صفرًا.

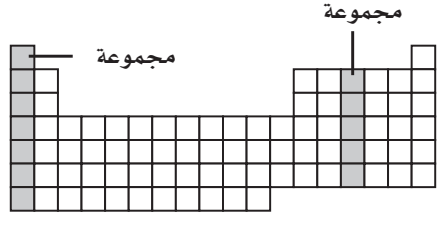
$$1\,\cancel{Sr\text{ ions}}\left(\frac{2+}{\cancel{Sr\text{ ion}}}\right) + 2\,\cancel{F\text{ ion}}\left(\frac{2-}{\cancel{F\text{ ion}}}\right)$$
$$= 1(2+) + 2(1-) = 0$$

10. الألومنيوم والكبريت.

تفقد ذرتا ألومنيوم Al ستة إلكترونات، ثلاثة لكلٍّ منها، فتُكوِّن أيونين موجبي الشحنة Al^{3+}. وتكتسب ثلاث ذرات كبريت S الإلكترونات الستة $6e^{-}$،اثنين لكلٍّ منها، فتُكوِّن ثلاثة أيونات سالبة الشحنة S^{2-}،لتتجاذب الأيونات معًا وتُنتِج المركّب الذي صيغته Al_2S_3،حيث الشحنة الاجمالية للصيغة Al_2S_3تساوي صفرًا.

$$2\,\cancel{Al\text{ ions}}\left(\frac{3+}{\cancel{Al\text{ ion}}}\right) + 3\,\cancel{S\text{ ion}}\left(\frac{2-}{\cancel{S\text{ ion}}}\right)$$
$$= 2(3+) + 3(2-) = 0$$

11. تحفيز وضِّح كيف يتّحد عنصران من عناصر المجموعتين المُبيَّنتين في الجدول الدوري لتكوين مركّب أيوني؟



تفقد ثلاث ذرات من المجموعة 1 ثلاثة إلكترونات، إلكترونًا لكلٍّ منها، فتُكوِّن ثلاثة أيونات موجبة الشحنة X^{+}.وتكتسب كلّ ذرة من المجموعة 15 الإلكترونات الثلاثة $3e^{-}$، فتُكوِّن أيونًا سالب الشحنة Y^{3-}؛ لتتجاذب الأيونات معًا وتُنتِج المركّب الذي صيغته X_3Y، حيث الشحنة الإجمالية للصيغة X_3Y تساوي صفرًا.

$$3\,\cancel{X\text{ ions}}\left(\frac{1+}{\cancel{X\text{ ion}}}\right) + 1\,\cancel{Y\text{ ion}}\left(\frac{3-}{\cancel{Y\text{ ion}}}\right)$$
$$= 3(1+) + 1(3-) = 0$$

التقويم 3-2

الصفحة 95

12. وضِّح كيف يمكن لمركّب أيوني يتكوّن من جسيمات مشحونة أن يكون متعادلًا كهربائيًّا؟

لأن مجموع الشحنة الموجبة للأيونات الموجبة في المركّب يساوي مجموع الشحنة السالبة للأيونات السالبة في المركّب الأيوني نفسه حتى يكون متعادلا كهربائيًّا.

13. صف التغيّرات في الطاقة المصاحبة لتكوين الرابطة الأيونية، وعلاقة ذلك باستقرار المركّبات الأيونية؟

إن تَكوُّن الرابطة الأيونية طاردٌ للحرارة، وكلّما قلّت طاقة الناتج زاد استقراره، مقارنة بالمواد المتفاعلة.

14. حدِّد ثلاث خواص فيزيائية للمركّبات الأيونية تعتمد على الرابطة الأيونية، وبيّن علاقتها بقوة الرابطة.

توجد المركّبات الأيونية على شكل بلّورات؛ ودرجتا انصهارها وغليانها عاليتان، كما أنها قاسية وصُلبة وهشّة؛ وموصلة للكهرباء عند ذوبانها أو انصهارها، ولكنها غير موصلة في الحالة الصُّلبة، وتُعزى هذه الخواص إلى قوة التجاذب الكهروستاتيكي بين الأيونات المختلفة الشحنة.

15. فسِّر كيف تُكوّن الأيونات الروابط؟ وصف بناء المركّب الناتج؟

تنتقل الإلكترونات بين الذرات لتُشكِّل الأيونات، وتربط القوى الكهروستاتيكية الأيونات معًا في المركّبات الأيونية، ثُمّ تترتَّب الأيونات بصورة منتظمة ومتكرِّرة في البلورة الأيونية.

16. **اربط** بين طاقة الشبكة البلوريّة وقوة الرابطة الأيونية.

كلّما أصبحت طاقة الشبكة البلوريّة أكثر سالبية زاد التجاذب بين الأيونات؛ لذا تزداد قوة الرابطة الأيونية.

17. **طبِّق** باستعمال التوزيع الإلكتروني ورسم مربعات المستويات والتمثيل النقطي للإلكترونات طريقة تكوين المركّب الأيوني من فلز الإسترانشيوم ولافلز الكلور.

يتكون المركّب من ذرة إسترانشيوم واحدة وذرتي كلور؛ لذا يجب أن يتضمَّن الرسم ذرة Sr واحدة تفقد إلكترونين $2e^-$ وتُكوِّن الأيون الموجب الشحنة Sr^{2+}، وذرتا Cl تكتسب كلّ واحدة منهما إلكترونًا واحدًا $1e^-$ وتُكوِّن أيونين سالبي الشحنة Cl^-، حيث تتجاذب هذه الأيونات ليَنتُج المركّب $SrCl_2$، كما هو موضَّح في الشكل أدناه.

18. **صمِّم** خريطة مفاهيم لتوضيح العلاقة بين قوة الرابطة الأيونية والخواص الفيزيائية للمركّبات الأيونية، وطاقة الشبكة البلوريّة واستقرارها.

ستتنوّع خرائط المفاهيم، ولكنها يجب أن توضِّح أن ازدياد قوة الرابطة يؤدي إلى زيادة استقرار المركّبات الأيونية، ومن ثَمَّ زيادة سالبية طاقة الشبكة البلورية. وتُعزى الخواص الفيزيائية مثل ارتفاع درجتي الانصهار والغليان والهشاشة والتوصيل الكهربائي إلى قوة الرابطة الأيونية.

3-3 صيغ المركّبات الأيونية وأسماؤها

الصفحات 102 - 96

مسائل تدريبية

الصفحات 101 - 99

اكتب الصيغ الكيميائية للمركّبات الأيونية المتكوّنة من الأيونات الآتية:

19. اليود والبوتاسيوم — **KI**

20. البروم والألومنيوم — **$AlBr_3$**

21. الكلور والماغنسيوم — **$MgCl_2$**

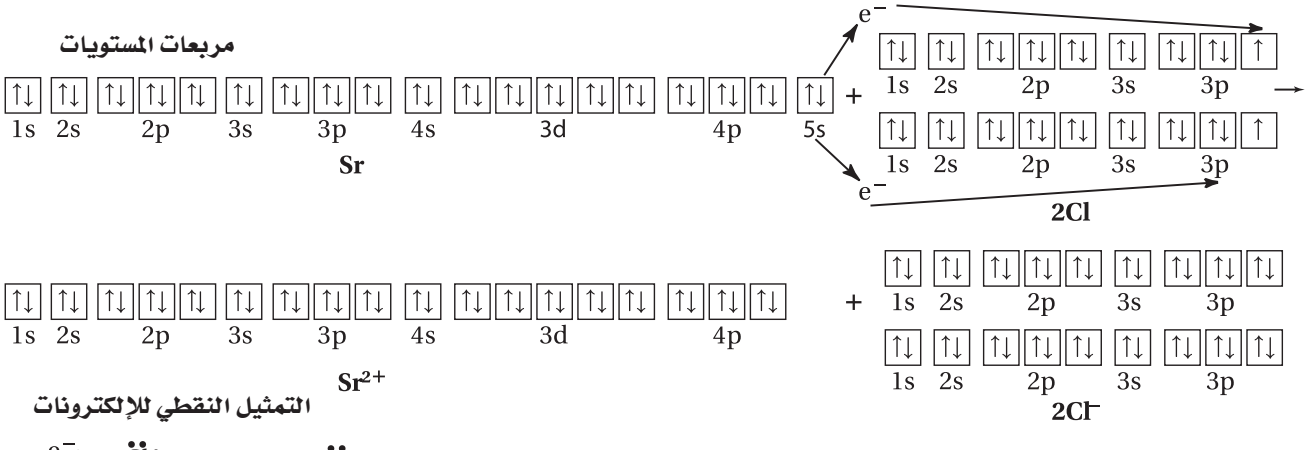
22. النيتروجين والسيزيوم — **Cs_3N**

التوزيع الإلكتروني

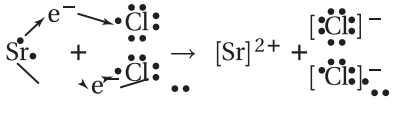
$$[Kr]5s^2 + \begin{matrix}[Ne]3s^23p^5\\[Ne]3s^23p^5\end{matrix} \rightarrow [Kr] + \begin{matrix}[Ar]\\[Ar]\end{matrix}$$

Sr 2Cl Sr^{2+} $2Cl^-$

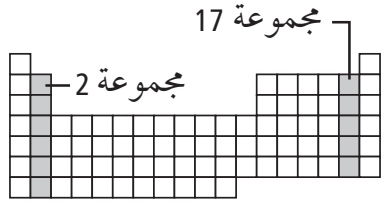
مربعات المستويات



التمثيل النقطي للإلكترونات



23. تحفيز اكتب الصيغة العامة للمركّب الأيوني الذي يتكوّن من عنصري المجموعتين المُبيَّنتين في الجدول أدناه. استخدِم الرمز X ليُمثِّل عنصرًا في المجموعة 2، والرمز Y ليُمثِّل عنصرًا في المجموعة 17.



الصيغة العامة للمركّب هي XY_2؛ حيث تُمثِّل X عنصر المجموعة 2، في حين تُمثِّل Y عنصر المجموعة 17.

اكتب صيغ المركّبات الأيونية المكوَّنة من الأيونات الآتية:

24. الصوديوم والنترات **$NaNO_3$**

25. الكالسيوم والكلورات **$Ca(ClO_3)_2$**

26. الألومنيوم والكربونات **$Al_2(CO_3)_3$**

27. تحفيز اكتب صيغة المركّب الأيوني المكوَّن من أيونات عنصر من عناصر المجموعة 2 مع الأيون العديد الذرات المكوَّن من الكربون والأكسجين فقط.

ستتنوّع الإجابات؛ الأيون العديد الذرات هو الكربونات CO_3^{2-}. الصيغة العامة للمركّب الأيوني XCO_3 حيث يمثل الرمز X عنصرًا من عناصر المجموعة 2، مثل: $MgCO_3$.

سمِّ المركّبات الآتية:

28. $NaBr$ **بروميد الصوديوم**

29. $CaCl_2$ **كلوريد الكالسيوم**

30. KOH **هيدروكسيد البوتاسيوم**

31. $Cu(NO_3)_2$ **نترات النحاس (II)**

32. Ag_2CrO_4 **كرومات الفضة**

33. تحفيز يُعدّ المركّب NH_4ClO_4 من أهمّ المواد المتفاعلة الصُّلبة المستخدَمة في وقود إطلاق مركَبات الفضاء، ومنها تلك التي تحمل المحطات الفضائية إلى مداراتها. ما اسم هذا المركّب؟

بيركلورات الأمونيوم.

التقويم 3-3

الصفحة 102

34. صف ترتيب الأيونات عند كتابة صيغة المركّب المكوَّن من البوتاسيوم والبروم، وعند ذكر اسمه.

عند كتابة صيغة المركّب KBr؛ يُكتَب رمز الأيون الموجب أولاً (K^+)، ثُمّ رمز الأيون السالب (Br^-)، أمّا عند كتابة اسم المركّب، فيُكتَب اسم الأيون السالب (بروميد) أولاً متبوعًا باسم الأيون الموجب (البوتاسيوم). مثال: KBr (بروميد) (البوتاسيوم).

35. صف الفرق بين الأيونات الأحادية الذرة والأيونات العديدة الذرات، وأعطِ مثالًا على كلٍّ منهما.

تتكوَّن الأيونات الأحادية الذرة من ذرة واحدة فقط مثل Cl^-، في حين تتكوَّن الأيونات العديدة الذرات من ذرتين أو أكثر مرتبطتين معًا، ولها شحنة محصلة ومنها ClO_3^-.

36. طبِّق شحنة الأيون X هي 2+ وشحنة الأيون Y هي 1−. اكتب صيغة المركّب الذي يتكوَّن من هذين الأيونين.

XY_2

37. اذكر اسم المركّب المكوَّن من Mg وCl وصيغته.

كلوريد الماغنسيوم $MgCl_2$.

38. اكتب اسم المركّب المكوَّن من أيونات الصوديوم وأيونات النيتريت وصيغته.

نيتريت الصوديوم $NaNO_2$.

39. حلّل ما الأرقام السفلية المصغَّرة التي ستستعملها في كتابة صيغ المركّبات الأيونية في الحالات الآتية (تقرأ النسب من اليمين إلى اليسار):

a. فلز قلوي مع هالوجين.

1 : 1

b. فلز قلوي ولافلز من المجموعة 16.

2 : 1

c. فلز قلوي أرضي وهالوجين.

1 : 2

d. فلز قلوي أرضي ولافلز من المجموعة 16.

1 : 1

3-4 الروابط الفلزية وخواص الفلزات

الصفحات 105 – 103

التقويم 3-4

الصفحة 105

40. قارن بين تركيب المركّبات الأيونية والفلزات.

تترتَّب الأيونات في المركّبات الأيونية بأنماط متكرّرة وبالتناوب بين الشحنات، في حين تتألف الفلزات من أيونات موجبة محاطة ببحر من الإلكترونات الحرّة الحركة أو غير المستقرة.

41. اشرح كيف يمكن تفسير كلٍّ من التوصيل الكهربائي وارتفاع درجة غليان الفلزات بواسطة الرابطة الفلزية؟

يمكن أن تتحرك الإلكترونات الحرّة الحركة من خلال المادة الصُّلبة لتوصيل التيار الكهربائي، ويحدِّد عددُ الإلكترونات الحرّة الحركة وقوةُ الرابطة الفلزية مقدارَ درجة الغليان.

42. قارن بين أسباب قوى التجاذب في الروابط الأيونية والروابط الفلزية.

تتكوَّن الروابط الأيونية بواسطة قوى التجاذب الكهروستاتيكية بين الأيونات، في حين تتكوَّن الرابطة الفلزية من قوى التجاذب بين الأيونات الموجبة للفلزات والإلكترونات الحرّة الحركة.

43. صمِّم تجربة للتمييز بين المواد الأيونية الصُّلبة والمواد الفلزية الصُّلبة. بحيث تشتمل على الأقل على طريقتين مختلفتين للمقارنة بين المواد الصُّلبة. فسِّر إجابتك.

ربما تتضمَّن التجارب استعمال جهاز الموصلية الكهربائية؛ لفحص المواد الصُّلبة والمحاليل، واستعمال المطرقة لفحص القابلية للطرق والهشاشة.

تجربة نموذجية

1. افحص التوصيل الكهربائي.

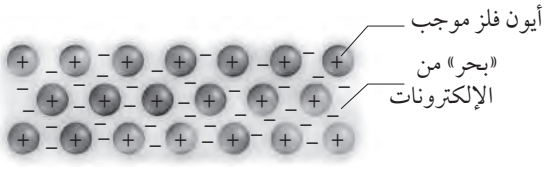
2. ضع المادة الصُّلبة في الماء لمعرفة إمكانية تكوين محلول.

3. افحص قابلية المحلول للتوصيل الكهربائي.

4. اطرق كليهما بالمطرقة ودوّن ملاحظاتك.

تُوصِل المواد الصُّلبة الفلزية الكهرباء في الحالة الصُّلبة في حين لا تُوصِلها المواد الأيونية. ويمكن أن تتفاعل الفلزات مع الماء ولكنها لا تذوب؛ كما تُوصِل محاليل المركّبات الأيونية التيار الكهربائي. والفلزات قابلة للطرق والسحب، أما المركّبات الأيونية فلا.

44. نموذج ارسم نموذجًا يوضِّح قابلية الفلزات للطَّرق، أو السحب إلى أسلاك، مستعينًا بنموذج بحر الإلكترونات، كما هو موضَّح في **الشكل 10–3**.



الشكل 10– 3

يجب أن توضِّح النماذج حركة أيونات الفلز لمسافة أطول وأقلّ سُمْكًا خلال بحر الإلكترونات.

الكيمياء من واقع الحياة

الكتابة في الكيمياء

الإحساس بالخطر تستطيع حاسة التذوق لدى الإنسان اكتشاف بعض السموم التي توجد بشكل طبيعي في النباتات. ابحث في السموم الحديثة الأخرى– ومنها الرصاص ومضاد التجمد (إيثيلين جلايكول)– لمعرفة لماذا لا تُظهِر براعم التذوق لدينا استجابة سالبة لها؟

يجب أن يُشير البحث إلى توقُّعات العلماء أن حياة الإنسان قد مضت دون أن يشعر بِكُرْهٍ طبيعي لتناول بعض السموم في الطعام؛ وذلك أنه لم يصادف الرصاص منفردًا في البيئة في صورة عنصر، كما أن بعض مركّبات الرصاص الموجودة في الأصباغ – ومنها أسيتات الرصاص– لها مذاق حلو. كما يجب أن يناقش البحث كيف أن العديد من النباتات التي تُنتِج مواد سامّة تكون ذات مذاق لاذع مخالف لمذاق الرصاص.

الفصل 3 مراجعة الفصل

الصفحات 113 – 109

3 - 1

إتقان المفاهيم

45. كيف تتكوَّن الأيونات الموجبة والسالبة؟

تكتسب الذرة الإلكترونات أو تفقدها للوصول إلى التوزيع الإلكتروني المستقر.

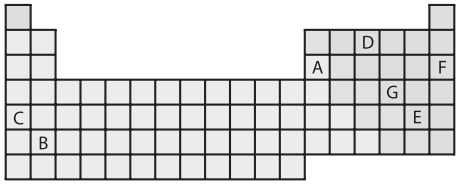
46. متى تتكوَّن الروابط الأيونية؟

عندما تجذب النواة الموجبة إلكترونات ذرة أخرى، أو عندما تتجاذب الأيونات ذات الشحنات المختلفة.

47. لماذا تُكوِّن الهالوجينات والفلزات القلوية الأيونات؟ فسِّر إجابتك.

تحتاج الهالوجينات إلى اكتساب إلكترون واحدٍ فقط لتصل إلى التوزيع الإلكتروني للغازات النبيلة، أمّا الفلزات القلوية فتحتاج إلى فقد إلكترون واحد.

48. يوضِّح **الشكل 13—3** العناصر التي يشار إليها بالأحرف من A إلى G، اذكر عدد إلكترونات تكافؤ كلّ عنصر، وتعرَّف الأيون الذي يكوِّنه.



الشكل 13– 3

A. ثلاثة إلكترونات تكافؤ، Al^{3+}.

B. إلكترونا تكافؤ، Ba^{2+}.

C. إلكترون تكافؤ واحد، Rb^{+}.

D. خمسة إلكترونات تكافؤ، N^{3-}.

E. سبعة إلكترونات تكافؤ، I^{-}.

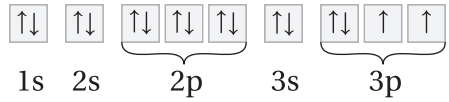
F. ثمانية إلكترونات تكافؤ، لا يتكون أيون.

G. ستة إلكترونات تكافؤ، Se^{2-}.

49. ناقش أهمية طاقة التأيُّن عند تكوُّن الأيونات.

طاقة التأيُّن المنخفضة : تفقد الذرة الإلكترون بسهولة.

50. يُوضِّح **الشكل 14—3** رسم مربعات مستويات الكبريت. اشرح كيف يُكوِّن الكبريت أيونه؟



الشكل 14– 3

يكتسب الكبريت إلكترونين في المستوى 3p، مكوِّنًا توزيع حالة الثمانية المكتمل أو الغاز النبيل.

إتقان حلّ المسائل

51. ما عدد إلكترونات تكافؤ كلّ من العناصر الآتية؟

a. السيزيوم **1**

b. الخارصين **2**

c. الروبيديوم **1**

d. الإسترانشيوم **2**

e. الجاليوم **3**

52. وضِّح لماذا لا تكوّن الغازات النبيلة روابط كيميائية؟

لأن لجميعها مستوى طاقة خارجيًّا ممتلئًا.

53. وضِّح كيف يتكوَّن أيون الباريوم؟

يفقد الباريوم Ba إلكترونين $2e^-$، ويكوِّن Ba^{2+} الذي له التوزيع الالكتروني المستقر للغاز النبيل Xe.

54. وضِّح كيف يتكوَّن أيون النيتروجين السالب؟

يكسب النيتروجين N ثلاثة إلكترونات $3e^-$، ويكوّن N^{3-}، الذي له التوزيع الالكتروني المستقر للغاز النبيل Ne.

55. كلّما زاد نشاط الذرة ارتفعت طاقة الوضع لها. فأيّهما له طاقة وضع أكبر: النيون أم الفلور؟ فسِّر إجابتك.

الفلور F؛ سيكسب إلكترونًا إضافيًّا واحدًا لملء مستوى الطاقة الخارجي.

56. اشرح كيف تُكوِّن ذرة الحديد أيون الحديد Fe^{2+}، وأيون الحديد Fe^{3+} أيضًا؟

للحديد التوزيع الإلكتروني $[Ar]4s^23d^6$،ويُكوِّن أيونًا شحنته+2، عندما تفقد ذرة الحديد إلكترونات $4s^2$. وعندما تتكوّن أيونات +3 فإن ذرة الحديد تفقد إلكترونات $4s^2$ وأحد إلكترونات $3d^6$.

57. تنبّأ بالنشاط الكيميائي لذرات العناصر الآتية استنادًا إلى توزيعها الإلكتروني.

a. البوتاسيوم

$[Ar]4s^1$ نشيط جدًّا، يفقد $1e^-$، ويكوّن أيونًا شحنته +1.

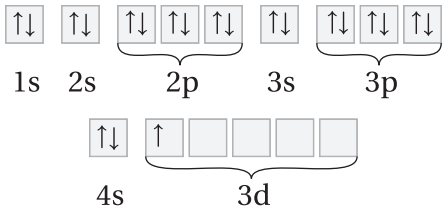
b. الفلور

$[He]2s^22p^5$ نشيط جدًّا، يكسب $1e^-$، ويكوّن أيونًا شحنته −1.

c. النيون

$1s^22s^22p^6$ غير نشيط، مستوى طاقته الخارجي ممتلئ بالإلكترونات.

58. اشرح تكوين أيون الإسكانديوم Sc^{3+} اعتمادًا على رسم مربعات المستويات الموضَّح في **الشكل 15—3**.



الشكل 15— 3

التركيب الإلكتروني للإسكانديوم $[Ar]4s^23d^1$، حيث يفقد الإسكانديوم إلكترونات $4s^2$ و $3d^1$ ليكوِّن أيونًا شحنته 3+.

3-2

إتقان المفاهيم

59. ماذا يعني مصطلح متعادل كهربائيًّا عند مناقشة المركّبات الأيونية؟

عدد الإلكترونات المفقودة مساوٍ لعدد الإلكترونات المكتسبة.

60. وضِّح كيف تتكوَّن الروابط الأيونية؟

ينجذب أيون موجب إلى أيون سالب وتنطلق طاقة الشبكة البلورية.

61. وضِّح لماذا لا يتَّحد البوتاسيوم والنيون لتكوين مركّب؟

لغاز النيون توزيع حالة الثمانية؛ لذا فهو مستقر.

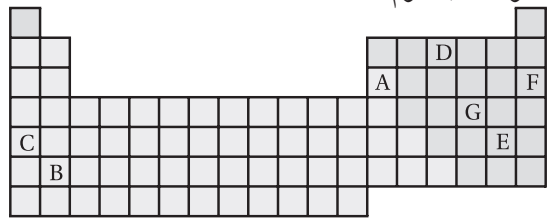
62. ناقش باختصار ثلاث خواص فيزيائية للموادّ الصُّلبة الأيونية التي ترتبط في روابط أيونية.

المركّبات الأيونية صُلبة، بلورية، ودرجتا حرارة الانصهار والغليان عاليتان بسبب قوة الرابطة الأيونية.

63. صف البلورة الأيونية، واشرح لماذا تختلف أشكال بلورات المركّبات الأيونية؟

ترتيب هندسي ثلاثي الأبعاد للأيونات. يختلف الشكل بسبب حجم الأيونات وعددها.

64. يَظهَر في **الشكل 13—3** الرمز B وهو للباريوم، والرمز E وهو لليود. اشرح لماذا لا يكون ناتج تفاعل هذين العنصرين يوديد الباريوم BaI؟



الشكل 13— 3

يُكوِّن Ba أيون Ba^{2+}، ويُكوِّن اليود أيون I^-، ولتكوين مركّب متعادل كهربائيًّا يلزم اتحاد أيون واحد من Ba^{2+} وأيونين من I^-،والمركّب الناتج BaI_2 وليس BaI.

إتقان حلّ المسائل

65. حدِّد نسبة الأيونات الموجبة إلى الأيونات السالبة في كلٍّ ممّا يأتي:

a. كلوريد البوتاسيوم، الذي يحلّ محلّ ملح الطعام.

1:1

b. فلوريد الكالسيوم، الذي يُستخدَم في صناعة الفولاذ.

1:2

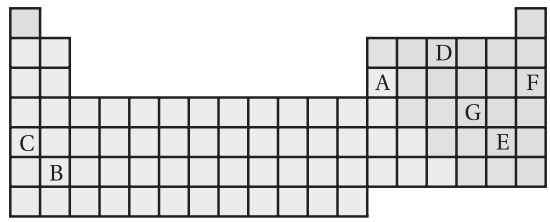
c. أكسيد الكالسيوم، يُستخدَم لإزالة ثاني أكسيد الكبريت من عوادم محطات الطاقة.

1:1

d. كلوريد الإسترانشيوم، المُستخدَم في الألعاب النارية.

1:2

66. انظر **الشكل 13—3**، ثُمّ صف المركّب الأيوني الذي يُكوِّنه العنصران C وD.



الشكل 13— 3

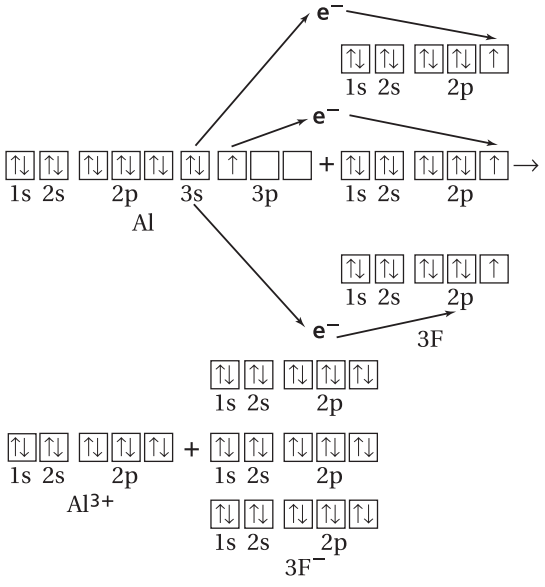
يُمثِّل الرمز C عنصر Rb الذي يفقد إلكترون تكافؤ مكوِّنًا Rb^+،ويُمثِّل الرمز D عنصرN الذي يكسب ثلاثة إلكترونات مكوِّنًا N^{3-}، وعند اتحاد ثلاث أيونات Rb^+ مع أيون واحد من N^{3-} يتكوَّن Rb_3N.

67. وضِّح كيف تتكوَّن الرابطة الأيونية بيْن الخارصين والأكسجين؟

يفقد الخارصين Zn إلكتروني المستوى 4s مكوِّنًا Zn^{2+}، ويكسب الأكسجين O إلكترونين مكوِّنًا O^{2-}، تتجاذب Zn^{2+} إلى O^{2-} فتُكوِّن ZnO.

68. وضِّح بالرسم تكوُّن الرابطة الأيونية بيْن الألومنيوم والفلور مستخدمًا رسم مربعات المستويات.

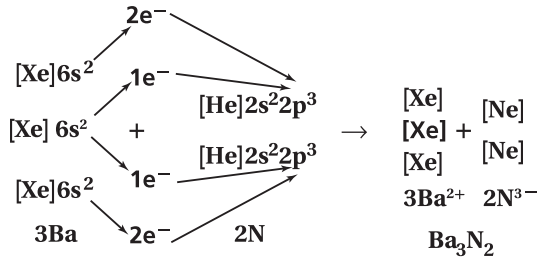
تتجاذب أيونات Al^{3+} مع أيونات F^- وتكوِّن AlF_3، كما هو موضَّح في الرسم الآتي:



69. وضِّح بالرسم تكوُّن الرابطة الأيونية بين الباريوم والنيتروجين باستخدام التوزيع الإلكتروني.

$$[Xe]6s^2 + [He]2s^22p^3$$
Ba N

لتكوين مركّب، يجب نقل ستة إلكترونات من ثلاث ذرات من الباريوم إلى ذرتين من النيتروجين، كما هو موضَّح فيما يأتي:



70. **الموصلات:** توصل المركّبات الأيونية التيار الكهربائي في ظروف محدَّدة. وضِّح هذه الظروف، وفسِّر لماذا لا توصِل المركّبات الأيونية الكهرباء في جميع الحالات؟

توصِل المركّبات الأيونية الكهرباء وهي في حالة المصهور أو بوصفها محاليل في الماء، ولكنها تكون غير موصلة للكهرباء في الحالة الصُّلبة عند درجة حرارة الغرفة.

71. أيّ المركّبات الآتية لا يمكن توقُّع حدوثه: CaKr،Na_2S $BaCl_3$، MgF؟ فسِّر إجابتك.

CaKr؛ لأن Kr من الغازات النبيلة. $BaCl_3$ وMgF؛ لأن الشحنات غير متساوية.

72. استخدم **الجدول 5—3** لتحديد المركّب الأيوني الذي له أعلى درجة انصهار: AgCl، KI، MgO، وفسِّر إجابتك.

الجدول 5-3 طاقات الشبكات البلورية لبعض المركبات الأيونية

المركب	طاقة الشبكة البلورية /kJ mol	المركب	طاقة الشبكة البلورية /kJ mol
KI	632	KF	808
KBr	671	AgCl	910
RbF	774	NaF	910
NaI	682	LiF	1030
NaBr	732	$SrCl_2$	2142
NaCl	769	MgO	3795

MgO له أعلى درجة انصهار؛ لأن له أعلى طاقة شبكة بلورية؛ لذا يحتاج إلى طاقة أكبر لكسر الروابط الأيونية.

73. أيّ المركّبات الآتية له أكبر طاقة شبكة بلورية: CsCl أو KCl أو CaO أو K2O؟ فسِّر إجابتك.

CaO؛ أيون Ca له شحنة 2+ بينما أيون Cs له شحنة 1+ فكلما زادت شحنة الأيون زادت قيمة طاقة الشبكة البلورية السالبة.

K2O؛ يحتوي أيونين من K، بينما يحتوي KCl على أيون واحد من K. المركب الذي يحتوي على عدد أيونات أكثر يكون له طاقة شبكة بلورية سالبة أكبر.

3-3

إتقان المفاهيم

74. ما المعلومات التي تحتاج إليها لكتابة الصيغة الكيميائية الصحيحة للمركّبات الأيونية؟

الأيون الفلزي والأيون اللافلزي وشحناتهما.

75. متى يُستخدَم الرقم السفلي في صيغ المركّبات الأيونية؟

تُكتَب هذه الأرقام حينما يوجد أكثر من وحدة من الأيون في أبسط نسبة للأيونات.

76. اشرح كيف تُسمّي المركّب الأيوني؟

يُكتَب اسم الأيون السالب أولاً متبوعًا باسم الأيون الموجب، ويُستخدَم اسم العنصر نفسه عند تسمية أيونه الموجب الأحادي الذرة، وفي حالة الأيونات السالبة أحادية الذرة يُشتَقّ الاسم من اسم العنصر مضافًا إليه مقطع (يد)، وعند وجود أكثر من عدد تأكسد، يُكتَب عدد التأكسد بالأرقام الرومانية بين قوسين بعد اسم الأيون الموجب، وعندما يحتوي المركّب على أيون عديد الذرات يُسمّى الأيون السالب أولاً ثُمّ الموجب.

77. اشرح باستخدام أعداد التأكسد، لماذا تكون الصيغة الكيميائية NaF_2 غير صحيحة؟

يجب أن تكون أيونات 1+، و1− بنسبة 1 : 1، فتكون الصيغة الصحيحة NaF وليس NaF_2.

78. اشرح ماذا يعني اسم أكسيد الإسكانديوم III بلغة الإلكترونات المفقودة والمكتسبة؟ اكتب الصيغة الكيميائية الصحيحة له.

يُشير الرمز III إلى أن الإسكانديوم Sc خسر ثلاثة إلكترونات، أمّا الأكسيد فيُشير إلى أن ذرة الأكسجين O اكتسبت إلكترونين. والصيغة الكيميائية الصحيحة له هي Sc_2O_3.

إتقان حلّ المسائل

79. اكتب صيغة كلٍّ من المركّبات الأيونية الآتية:

a. يوديد الكالسيوم **CaI_2**

b. بروميد الفضة I **AgBr**

c. كلوريد النحاس II **$CuCl_2$**

d. بيرأيودات البوتاسيوم **KIO_4**

e. أسيتات الفضة **$AgC_2H_3O_2$**

80. سمِّ كلًّا من المركّبات الأيونية الآتية:

a. K_2O **أكسيد البوتاسيوم**

b. $CaCl_2$ **كلوريد الكالسيوم**

c. Mg_3N_2 **نيتريد الماغنسيوم**

d. $NaClO$ **هيبوكلورات الصوديوم**

e. KNO_3 **نترات البوتاسيوم**

81. أكمل **الجدول 13—3** بالبيانات الناقصة.

الجدول 13-3 تعرُّف المركبات الأيونية

الكاتيون (الأيون الموجب)	الأنيون (الأيون السالب)	الاسم	الصيغة الكيميائية
NH_4^+	SO_4^{2-}	كبريتات الأمونيوم	$(NH_4)_2SO_4$
Pb^{2+}	F^-	فلوريد الرصاص ( )	PbF_2
Li^+	Br^-	بروميد الليثيوم	LiBr
Na^+	CO_3^{2-}	كربونات الصوديوم	Na_2CO_3
Mg^{2+}	PO_4	فوسفات الماغنسيوم	$Mg_3(PO_4)_2$

82. **الكروم** عنصر انتقالي يُستخدَم في الطلاء الكهربائي، ويُكوِّن الأيونات Cr^{2+} وCr^{3+}. اكتب صيغ المركّبات الأيونية الناتجة عن تفاعل هذه الأيونات مع أيونات الفلور والأكسجين.

الفلور؛ CrF_2، CrF_3.

الأكسجين؛ CrO، Cr_2O_3.

83. أيّ الصيغ الأيونية الآتية صحيح؟ وإذا كانت الصيغة غير صحيحة فاكتب الصيغة الصحيحة، وفسِّر إجابتك.

a. $AlCl$ **غير صحيح، الصحيح $AlCl_3$؛ أيون واحد من Al^{3+} يرتبط مع ثلاثة أيونات من Cl^-.**

b. Na_3SO_4 **غير صحيح، الصحيح Na_2SO_4؛ أيونان اثنان من Na^+ يرتبطان مع أيون واحدٍ من SO_3^{2-}.**

c. $Ba(OH)_2$ **الصيغة صحيحة .**

d. **غير صحيح؛ الصحيح إما F_2O_3 الذي يرتبط فيه أيون واحد من Fe^{3+} مع ثلاثة أيونات من O^{2-}، أو FeO الذي يرتبط فيه أيون واحد من Fe^{2+} مع أيون واحد من O^{2-}.**

84. اكتب صيغ المركّبات الأيونية جميعها التي قد تَنتُج عن تفاعل كلّ من الأيونات الموجبة والسالبة الموجودة في **الجدول 14—3**، واذكر اسم كلّ مركّب ناتج.

الجدول 14-3 قائمة الأيونات الموجبة والسالبة

الأيون الموجب	الأيون السالب
$^{+}$	$^{2-}_{3}$
$^{+}_{4}$	$^{-}$
$^{3+}$	$^{-}_{3}$

K_2SO_3 كبريتيت البوتاسيوم، KI يوديد البوتاسيوم، KNO_3 نترات البوتاسيوم، $(NH_4)_2SO_4$ كبريتيت الأمونيوم، NH_4I يوديد الأمونيوم، NH_4NO_3 نترات الأمونيوم، $Fe_2(SO_3)_3$ كبريتيت الحديد III، FeI_3 يوديد الحديد III، $Fe(NO_3)_3$ نترات الحديد III.

3—4

إتقان المفاهيم

85. صف الرابطة الفلزية.

كلّ أيون فلزّي موجب ينجذب إلى إلكترونات تكافؤ حرّة الحركة.

86. اشرح باختصار لماذا تُصنَّع السبائك المعدنية؟

للسبائك خواص مختلفة عن الفلزات النقية المكوِّنة لها، فبعض السبائك أكثر قساوة وصلابة من الفلز النقي.

87. صف باختصار كيف تُفسِّرُ الرابطة الفلزية قابلية الفلزات للطرق والسحب؟

حينما تؤثر قوة في فلز صُلب تتحرك الأيونات الفلزية، وكذلك تتحرك الإلكترونات حرّة الحركة.

88. فسِّر كيف تتشابه الرابطة الفلزية والرابطة الأيونية؟

الروابط متشابهة؛ لأنها تتشكَّل نتيجة تجاذب جسيمات مختلفة الشحنة، وتتكوَّن الروابط الأيونية بين أيونات مختلفة الشحنة، في حين تتكوَّن الروابط الفلزية بين أيون الفلز والإلكترونات التكافؤ السالبة الحرّة الحركة.

إتقان حلّ المسائل

89. كيف تختلف الرابطة الفلزية عن الرابطة الأيونية؟

الرابطة الفلزية تجاذب كهربائي بين أيون الفلز الموجب والإلكترونات التكافؤ الحرّة الحركة، أمّا الرابطة الأيونية فهي تجاذب كهربائي بين أيون فلزي موجب وأيون لافلزي سالب.

90. **الفضة** اشرح باختصار لماذا يُعدّ عنصر الفضة موصلًا جيّدًا للكهرباء؟

بسبب وجود إلكترونات حرّة الحركة.

91. **الفولاذ** اشرح باختصار لماذا يُستخدَم الفولاذ –أحد سبائك الحديد– في دعائم هياكل العديد من المباني.

يُكوِّن الحديد الموجود في الفولاذ رابطة فلزية قوية؛ ممّا يعطيه قوة وصلابة.

92. تبلغ درجة انصهار البريليوم 1287 °C، في حين تبلغ درجة انصهار الليثيوم 180 °C. اشرح سبب هذا الاختلاف الكبير في درجات الانصهار.

لكلّ ذرة Be إلكترونان قابلان للحركة بحرّية، ولليثيوم إلكترون واحد، وكلّما ازداد عدد الإلكترونات الحرّة الحركة زادت طاقة الشبكة البلورية، ممّا يرفع من درجة الانصهار.

93. تبلغ درجة غليان التيتانيوم 3297 °C، في حين تبلغ درجة غليان النحاس 2570 °C. اشرح سبب هذا الاختلاف في درجات غليان هذين الفلزين.

لعنصر Ti أربعة إلكترونات الحرّة الحركة، في حين أن لعنصر Cu اثنين من الإلكترونات الحرّة الحركة؛ لذلك تكون الرابطة الفلزية في Ti أكبر.

مراجعة عامة

94. ما عدد إلكترونات تكافؤ كلٍّ من ذرات الأكسجين والكبريت والزرنيخ والفوسفور والبروم؟

6، 6، 5، 5، 7 على الترتيب.

95. اشرح لماذا يُكوِّن الكالسيوم أيون Ca^{2+} وليس أيون Ca^{3+}؟

التوزيع الإلكتروني لذرة الكالسيوم Ca؛ $[Ar]4S^2$، تفقد إلكترونين $2e^-$ من المستوى s، أمّا إذا فقدت إلكترونًا من المستوى الفرعي P فسوف تُصبح غير مستقرة.

96. أيّ المركّبات الأيونية الآتية له أكبر طاقة شبكة بلورية: NaCl أو $MgCl_2$ أو ؟ فسِّر إجابتك.

$MgCl_2$؛ تزداد طاقة الشبكة البلورية بازدياد الشحنة.

97. ما صيغ المركّبات الأيونية الآتية؟

a. كبريتيد الصوديوم **Na_2S**

b. كلوريد الحديد III **$FeCl_3$**

c. كبريتات الصوديوم **Na_2SO_4**

d. فوسفات الكالسيوم **$Ca_3(PO_4)_2$**

e. نترات الخارصين **$Zn(NO_3)_2$**

98. يُكوِّن الكوبلت– وهو عنصر انتقالي– أيونات Co^{2+} وأيونات Co^{3+} أيضًا. اكتب الصيغ الكيميائية الصحيحة لأكاسيد الكوبلت التي تتكوَّن من كلا الأيونين.

CoO؛ أكسيد الكوبلت II، Co_2O_3؛ أكسيد الكوبلت III.

99. أكمل **الجدول 15—3**:

الجدول 15-3 بيانات العنصر والإلكترون والأيون

العنصر	إلكترونات التكافؤ	الأيون الناتج
السيلينيوم	**6**	**Se^{2-}**
القصدير	**4**	**Sn^{2+}**
اليود	**7**	**I^-**
الأرجون	**8**	**لا يوجد**

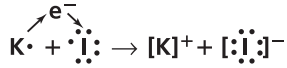
100. الذهب اشرح باختصار لماذا يُستخدَم الذهب في صناعة الحليّ والموصلات الكهربائية في الأجهزة الإلكترونية؟

تسمح له الإلكترونات الحرّة الحركة بتوصيل الكهرباء، وهو قابل للطرق والتشكيل.

101. وضِّح كيف يتكوَّن أيون النيكل الذي عدد تأكسده 2+؟

التوزيع الإلكتروني للنيكل $[Ar]3d^8 4S^2$، سوف يفقد النيكل إلكتروني المستوى الخارجي $4s^2$.

102. ارسم نموذجًا يُمثِّل الرابطة الأيونية بين البوتاسيوم واليود باستخدام التمثيل النقطي للإلكترونات.



تفقد K إلكترونًا واحدًا وتكسب I إلكترونًا واحدًا لتكوين مركّب KI.

103. عندما يشتعل الماغنسيوم في الهواء يُكوِّن كلًّا من أكسيد ونيتريد الماغنسيوم. ناقش كيف يتكوَّن أكسيد ونيتريد الماغنسيوم عند تفاعل الماغنسيوم مع ذرات الأكسجين وذرات النيتروجين على الترتيب.

تفقد ذرة Mg إلكترونين لتكوّن Mg^{2+}، وتكسب ذرة الأكسجين O إلكترونين لتكوّن O^{2-}، يجذب أيون Mg^{2+} أيون O^{2-} ليكوّنا MgO. ثلاث ذرات Mg كلٌّ منها تفقد إلكترونين وتكوّن Mg^{2+}، وتكسب كلٌّ من ذرتي N ثلاثة إلكترونات لتكوّن N^{3-}، تجذب أيونات Mg^{2+} أيونات N^{3-} ليكوّنا Mg_3N_2.

104. يتغيّر شكل الصوديوم إذا أثَّرت فيه قوة خارجية، في حين يتفتت كلوريد الصوديوم عند طرقه بالقوة نفسها. ما سبب هذا الاختلاف في سلوك هاتين المادتين الصُّلبتين؟

يحتوي فلز الصوديوم على رابطة فلزية، أمّا كلوريد الصوديوم فهو مادة صُلبة تحتوي على روابط أيونية.

105. ما اسم كلّ من المركّبات الآتية:

a. CaO **أكسيد الكالسيوم**

b. BaS **كبريتيد الباريوم**

c. $AlPO_4$ **فوسفات الألومنيوم**

d. $Ba(OH)_2$ **هيدروكسيد الباريوم**

e. $Sr(NO_3)_2$ **نترات الإسترانشيوم**

التفكير الناقد

106. صمِّم خريطة مفاهيم تشرح الخواص الفيزيائية لكلٍّ من المركّبات الأيونية والموادّ الفلزية الصُّلبة.

ستتنوّع خرائط المفاهيم.

107. توقَّع: تفحَّص كلًّا من الأزواج الآتية، ثُمّ بيّن المادة الصُّلبة التي لها درجة انصهار أعلى. فسِّر إجابتك.

a. NaCl أو CsCl **NaCl؛ لأن حجم الأيون أصغر**

b. Ag أو Cu **Cu ؛ لأنه أصغر حجمًا**

c. Na_2O أو MgO **MgO؛ لأن شحنة Mg أكبر**

108. قارن بين الأيون الموجب والسالب.

الأيون الموجب (الكاتيون)؛ ينتُج عند فقد الإلكترونات وله شحنة موجبة. أمّا الأيون السالب (الأنيون) فينتُج عند كسب الإلكترونات وله شحنة سالبة.

109. لاحظ ثُمّ استنتج حدِّد الأخطاء في الأسماء الكيميائية والصيغ الكيميائية غير الصحيحة، وصمِّم مخططًا توضيحيًّا لمنع حدوث مثل هذه الأخطاء.

a. أسيتات النحاس

الفلز إمّا نحاس I أو نحاس II.

b. أكسيد الصوديوم الثنائي

لا تُستخدَم المقاطع الأولية في المركّبات الأيونية.

c. Pb_2O_5

للرصاص Pb حالة التأكسد 2+، وحالة التأكسد 4+ .

ولا يمكن أن يكون له حالة التأكسد 5+.

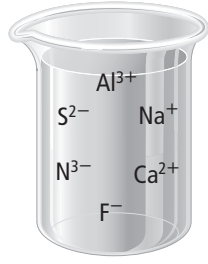
d. Mg_2O_2

وحدة الصيغة ليست أبسط نسبة.

e. Al_2SO_{43}

إذا احتاج الأيون المتعدِّد الذرات إلى رقم سفلي وجب استعمال الأقواس.

110. طبِّق تفحَّص الأيونات في **الشكل 15—3**. وحدِّد مركّبين يمكن أن يتكوّنا من هذه الأيونات الموجودة، واشرح كيف يحدث ذلك؟



الشكل 15— 3

المركّبات الممكن تكوُّنها هي:

CaF_2, Ca_3N_2, CaS, NaF, Na_3N, Na_2S, AlF_3, AlN, Al_2S_3

يجب أن يشرح الطلاب كيفية انتقال الإلكترونات من الذرات لتكوين الأيونات الموجبة، وكذلك الإلكترونات التي تكتسبها الذرات لتكوين الأيونات السالبة. كما أن عليهم أيضًا مناقشة التجاذب بين الأيونات الموجبة والسالبة لتكوين مركّب متعادل الشحنة.

111. طبِّق البراسِيُوديميوم Pr من فلزات اللانثانيدات التي تتفاعل مع حمض الهيدروكلوريك وتُكوِّن كلوريد البراسِيُوديميوم III. كما يتفاعل مع حمض النيتريك ليكون نترات البراسِيُوديميوم III. إذا علمت أنّ التوزيع الإلكتروني لعنصر البراسِيُوديميوم هو $[Xe]4f^36s^2$،

a. فتفحّص التوزيع الإلكتروني، واشرح كيف يُكوِّن البراسِيُوديميوم الأيون 3+؟

يجب أن يفقد البراسِيُوديميوم الإلكترونات الخارجية $6s^2$، وواحدًا من إلكترونات 4f ليُكوِّن أيونًا شحنته 3+.

b. واكتب الصيغ الكيميائية لكلا المركّبين الذين يكوِّنهما عنصر البراسِيُوديميوم.

المركّبان المتكوِّنان هما: $PrCl_3$، و$Pr(NO_3)_3$.

112. كوِّن فرضية تفحَّص موقع البوتاسيوم والكالسيوم في الجدول الدوري، وكوّن فرضية تشرح فيها لماذا تكون درجة انصهار الكالسيوم أعلى كثيرًا من درجة انصهار البوتاسيوم؟

للكالسيوم إلكترونان قابلان للحركة، أمّا البوتاسيوم فله إلكترون واحد حرُّ الحركة؛ لذا للكالسيوم درجة انصهار أعلى.

113. قوِّم اشرح لماذا يُعدّ اصطلاح الإلكترونات الحرّة مناسبًا لوصف إلكترونات الرابطة الفلزية؟

لأن الإلكترونات حرّة الحركة، وهي ليست مرتبطة مع أيِّ ذرة على التحديد.

114. طبِّق تحتوي الذرات غير المشحونة على إلكترونات تكافؤ. اشرح لماذا لا تكوِّن بعض العناصر– ومنها اليود والكبريت– روابط فلزية؟

لأنها تكسب إلكترونات؛ لذا فإن إلكتروناتها غير حرّة الحركة.

115. حلِّل اشرح لماذا تكون قيمة طاقة الشبكة البلورية ذات مقدار سالب؟

لأن طاقة الشبكة البلورية هي الطاقة التي تَنتُج عند تكوين الروابط الأيونية. ولذلك، فإن طاقة النواتج أقلّ من طاقة المتفاعلات؛ وبذلك تكون قيمة الطاقة ذات مقدار سالب.

مسألة تحفيز

116. المركّبات الأيونية يُعدّ الكريسوبيرل من المعادن الشفّافة أو شبه الشفّافة، ويكون في بعض الأحيان متلألئ اللون، ويتكوّن من أكسيد الألومنيوم والبريليوم $BeAl_2O_4$. حدِّد أعداد التأكسد لكلّ أيون في المركّب، واشرح طريقة تكوّنه.

Be عنصر من المجموعة 2 يُكوِّن أيونًا شحنته 2+.

Al عنصر من المجموعة 13 يُكوِّن أيونًا شحنته 3+.

O عنصر من المجموعة 16 يُكوِّن أيونًا شحنته 2−.

هناك إلكترونان فُقدا من ذرة بريليوم واحدة، وستة إلكترونات فُقدت من ذرتي ألومنيوم. 4 ذرات أكسجين اكتسبت 8 إلكترونات، إلكترونان لكلّ ذرة أكسجين. الأيونات الموجبة تتجاذب مع الأيونات السالبة لتكوِّن مركّبًا متعادل الشحنة.

مراجعة تراكمية

117. أيّ العنصرين له طاقة تأيُّن أكبر: الكلور أم الكربون؟

الكلور.

118. قارن بين طريقة تكوّن أيونات الفلزات وأيونات اللافلزات، واشرح سبب هذا الاختلاف.

تفقد الفلزات الإلكترونات لتكوين الأيونات الموجبة، أمّا اللافلزات فتكسب الإلكترونات لتكوين الأيونات السالبة، وكلتاهما تُكوِّن الأيونات للوصول إلى حالة الاستقرار.

119. ما العناصر الانتقالية؟

عناصر الفئة d من الجدول الدوري.

120. اكتب اسم العنصر الذي تنطبق عليه الخواص الآتية ورمزه:

a. هالوجين له ثاني أقلّ كتلة. **الكلور، Cl.**

b. شبه فلز له أقلّ رقم دورة. **البورون، B.**

c. العنصر الوحيد في المجموعة 16 الموجود في الحالة الغازية عند درجة حرارة الغرفة. **الأكسجين، O.**

d. الغاز النبيل الذي له أكبر كتلة. **الرادون، Rn.**

e. لافلز في المجموعة 15 صُلب عند درجة حرارة الغرفة. **الفوسفور، P.**

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

121. الجذور الحرّة يعتقد الكثير من الباحثين أنّ الجذور الحرّة هي المسؤولة عن الشيخوخة ومرض السرطان. ابحث في موضوع الجذور الحرّة وتأثيراتها، والإجراءات التي يمكن اتخاذها لمنعها.

ستتنوّع الإجابات، ولكن على الطلاب مناقشة أثر الأكسدة والاختزال (كسب الإلكترونات أو فقدها) في تكوين الجذور الحرّة (Free radicals) مثل مضادات الأكسدة، و فيتامين E،وفيتامين C.

122. نموّ البلورات يمكن تحضير بلورات المركّبات الأيونية وزيادة حجمها في المختبر. ابحث في طريقة نموّ هذه البلورات، وصمِّم تجربة لعمل ذلك في المختبر.

ستتنوّع الإجابات، ولكن على الطلاب التحدث عن استخدام المحاليل فوق المشبعة، وأن تبخر الماء منها يسمح للبلورات أن تنمو بحجم أكبر مع الزمن.

أسئلة المستندات

المحيطات قام العلماء في جزء من التحاليل الخاصة بالمحيطات، بتلخيص البيانات المتعلقة بالأيونات كما في **الجدول 16-3**.

الجدول 16-3 الأيونات الاثنا عشر الأكثر شيوعًا في البحار

الأيون	التركيز (/ 3)	النسبة المئوية بالكتلة (من إجمالي المواد الصلبة المذابة)
Cl^-	19,000	55.04
Na^+	10,500	30.42
SO_4^{2-}	2655	7.69
Mg^{2+}	1350	3.91
Ca^{2+}	400	1.16
K^+	380	1.10
CO_3^{2-}	140	0.41
Br^-	65	0.19
BO_3^{3-}	20	0.06
SO_3^{2-}	8	0.02
Sr^{2+}	8	0.02
F^-	1	0.003

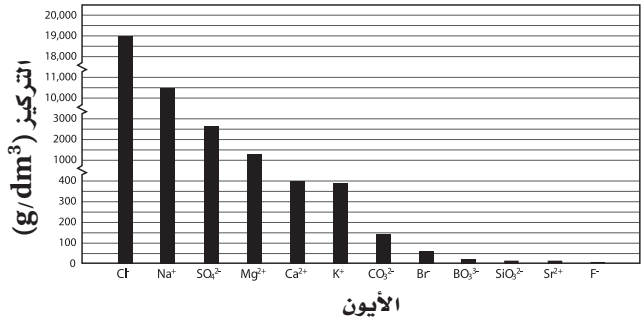
123. بيّن الأيونات الموجبة والسالبة الواردة في الجدول 16–3.

الأنيونات (الأيونات السالبة): كلوريد Cl^-، كبريتات SO_3^{2-}، كربونات CO_3^{2-}، بروميد Br^-، بورات BO_3^{3-}، سليكات SiO_3^{2-}، فلوريد F^-.

الكاتيونات (الأيونات الموجبة): الصوديوم Na^+، الماغنسيوم Mg^{2+}، الإسترانشيوم Sr^{2+}، الكالسيوم Ca^{2+}، البوتاسيوم K^+.

124. مثّل بيانيًّا بالأعمدة تركيز كلّ أيون، مبيّنًا صعوبات القيام بهذا العمل.

تركيز الأيونات الشائعة في ماء البحر



يجب أن تستند مخططات الأعمدة إلى نتائج البيانات في الجدول 16–3. هناك صعوبة في رسم المنحنى البيانيّ بسبب الفروق الكبيرة في النتائج، فبعض النتائج صغيرة جدًّا، وبعضها الآخر كبير جدًّا.

125. لا يُعدّ كلوريد الصوديوم المركّب الوحيد الذي يُحصل عليه من مياه البحار. تعرّف أربعة مركّبات أخرى للصوديوم يمكن الحصول عليها من ماء البحر، ثُمّ اكتب اسم كلّ منها وصيغته.

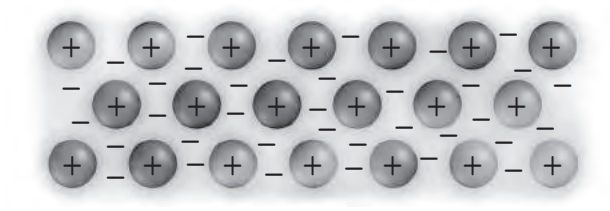
على الطلاب تعرُّف أربعة من المركّبات الآتية: كلوريد الصوديوم NaCl، كبريتات الصوديوم Na_2SO_4، كربونات الصوديوم Na_2CO_3، بروميد الصوديوم NaBr، بورات الصوديوم Na_3BO_3، سليكات الصوديوم Na_2SiO_3، فلوريد الصوديوم NaF.

اختبار مُقنَّن

الصفحتان 115 – 114

أسئلة الاختيار من متعدد

استعن بالشكل الآتي للإجابة عن السؤال 1.



1. أيّ الأوصاف الآتية ينطبق على النموذج الذي يَظهَر في الشكل السابق؟

a. الفلزات موادّ لامعة وقادرة على عكس الضوء.

b. الفلزات جيّدة التوصيل للحرارة والكهرباء.

c. المركّبات الأيونية قابلة للطرق.

d. المركّبات الأيونية جيّدة التوصيل للحرارة والكهرباء.

(b)

2. العبارة التي لا تنطبق على أيون Sc^{3+} هي أنه:

a. له توزيع إلكتروني يشبه التوزيع الإلكتروني للأرجون Ar.

b. عبارة عن أيون الإسكانديوم بثلاث شحنات موجبة.

c. يُعدّ عنصرًا مختلفًا عن ذرة Sc المتعادلة.

d. تمّ تكوينه بإزالة إلكترونات التكافؤ من Sc.

(c)

3. أيّ الأملاح الآتية يحتاج إلى أكبر مقدار من الطاقة لكسر الروابط الأيونية فيها؟

a. $BaCl_2$

b. LiF

c. NaBr

d. KI

(a)

4. تتعلّق جميع خواص كلوريد الصوديوم NaCl الآتية بقوة روابطه الأيونية ما عدا:

a. صلابة البلورة

b. ارتفاع درجة الغليان

c. ارتفاع درجة الانصهار

d. انخفاض القابلية للذوبان

(d)

5. ما الصيغة الكيميائية الصحيحة لمركّب كبريتات الكروم ؟

a. Cr_3SO_4

b. $Cr_2(SO_4)_3$

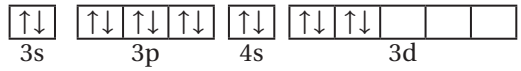
c. $Cr_3(SO_4)_2$

d. $Cr(SO_4)_2$

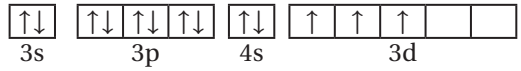
(b)

6. أيّ رسوم مربعات المستويات لعنصر الفناديوم في الشكل أدناه يُعدّ صحيحًا؟

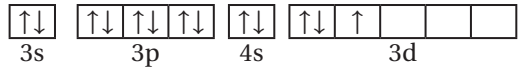
a.



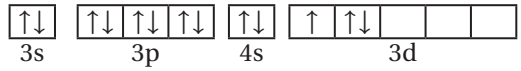
b.



c.



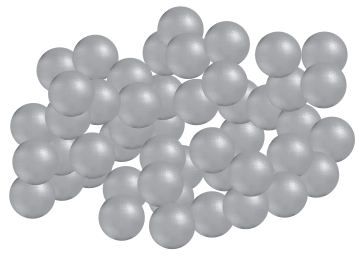
d.



(b)

أسئلة الإجابات القصيرة

استعن بالشكل أدناه للإجابة عن السؤال 7.



7. أيّ حالات المادة يُمثّلها هذا الشكل؟

a. الصُّلبة؛ لأن الدقائق متراصة جدًّا.

b. السائلة؛ لأن الدقائق تستطيع الحركة بسهولة وحرية.

c. الصُّلبة؛ لأن للنموذج شكلاً ثابتًا محدَّدًا.

d. السائلة؛ لأن الدقائق يتحرك بعضها فوق بعض.

(d)

استعن بقائمة العناصر أدناه للإجابة عن الأسئلة 8 12.

a. صوديوم

b. كروم

c. بورون

d. أرجون

e. كلور

8. ما العنصر الذي ينتهي مداره الأخير بالمستوى الثانوي s؟

(a)

9. أيّ هذه العناصر له سبعة إلكترونات تكافؤ؟

(e)

10. أيّها يُعدّ عنصرًا انتقاليًّا؟

(b)

11. أيّ العناصر له التوزيع الإلكتروني الآتي؟

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

(e)

12. أيّها غاز نبيل؟

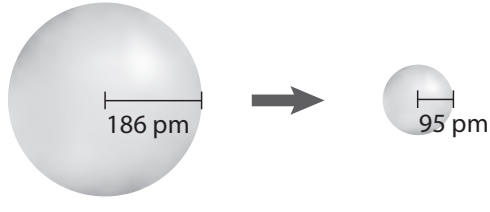
(d)

أسئلة الإجابات المفتوحة

13. ما العلاقة بين التغيّر في نصف قطر الذرة والتغيّر في البناء الذري عند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الجدول الدوري.

يقلّ نصف القطر الذري عمومًا عند التدرّج في الدورة الواحدة؛ بسبب زيادة الشحنة الموجبة في النواة التي تعمل على جذب إلكترون المستوى الأخير، ويزداد نصف القطر الذري في المجموعة الواحدة بسبب تكوّن مدار جديد حول النواة. زيادة الشحنة الموجبة في النواة غير كافية للتغلب على هذا التأثير.

استعن بالرسوم أدناه للإجابة عن السؤال 14.



ذرة صوديوم Na^+ **ذرة صوديوم** Na

$[Na]$ $[Na]3s^1$

14. ما العلاقة بين التغيّر في نصف قطر الأيون والتغيّرات التي تحدث عند تكوّن الأيون من ذرته عبر الجدول الدوري؟

يتكوّن الأيون الموجب عندما تفقد الذرة المتعادلة إلكترونات التكافؤ للوصول إلى التوزيع الإلكتروني المستقر المشابه للغاز النبيل. نصف قطر الأيون أصغر من نصف قطر الذرة المتعادلة؛ لأن جميع إلكترونات التكافؤ قد فُقدت.

الروابط التساهمية

4-1 الرابطة التساهمية

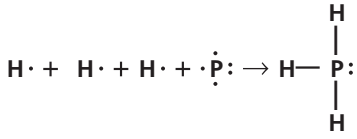
الصفحات 125 118

مسائل تدريبية

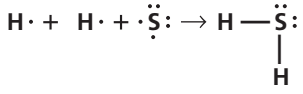
الصفحة 122

ارسم تركيب لويس لكلّ جزيء ممّا يأتي:

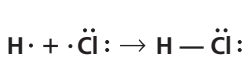
1. PH_3



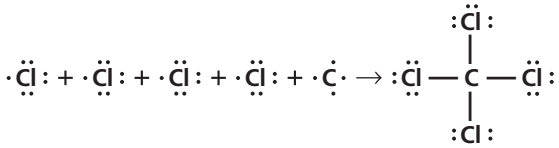
2. H_2S



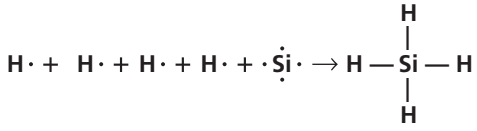
3. HCl



4. CCl_4

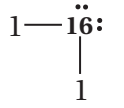


5. SiH_4



6. تحفيز ارسم تركيب لويس العام لجزيء ناتج عن اتحاد عنصرين أحدهما من عناصر المجموعة 1 والآخر من عناصر المجموعة 16.

باستعمال العددين 1 و 16 لتمثيل ذرات عناصر المجموعتين 1و16 على الترتيب، فإنّ الشكل المتكوّن هو:



التقويم 4-1

الصفحة 125

7. حدِّد نوع الذرات التي تُكوِّن في الغالب روابط تساهمية.

تتكوَّن معظم الروابط التساهمية بين العناصر اللافلزية.

8. صف كيف تنطبق قاعدة الثمانية على الروابط التساهمية؟

تتشارك الذرات في إلكترونات التكافؤ، وتوصِل الإلكتروناتُ المشتركة كلَّ ذرة إلى حالة الثمانية.

9. اشرح باستخدام تركيب لويس كيف تتكوَّن الرابطة التساهمية الأحادية والثنائية والثلاثية؟

يجب أن توضِّح تراكيب لويس مشاركة زوج واحد من الإلكترونات، وزوجين، وثلاثة أزواج على الترتيب لكلٍّ من الرابطة التساهمية الأحادية والثنائية والثلاثية.

10. قارن بين الرابطة الأيونية والرابطة التساهمية.

تُستخدَم إلكترونات التكافؤ في كلتا الرابطتين. ففي الروابط التساهمية تتشارك الذرات في الإلكترونات، في حين تنتقل الإلكترونات من ذرة إلى أخرى في الروابط الأيونية.

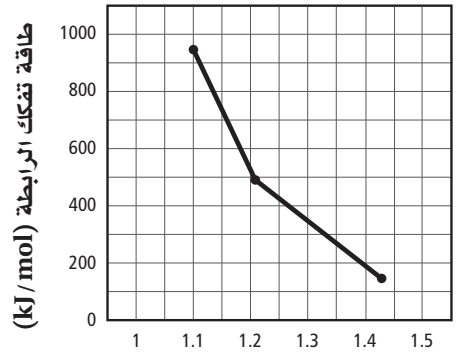
11. قارن بين روابط سيجما وروابط باي.

رابطة سيجما تساهمية أحادية تتكوَّن من التداخل المباشر (رأسًا مع رأس) للمستويات، في حين تتكوَّن رابطة باي من تداخل مستويات P بشكل متوازٍ (جنبًا إلى جنب).

12. طبِّق استعن **بالجدولين 1–4 و2–4** من كتاب الطالب، لرسم منحنًى بيانيّ يُمثِّل طاقة الرابطة مقابل طول الرابطة، ثُمّ صف العلاقة بينهما.

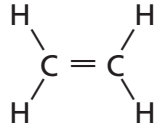
يجب أن توضِّح الرسوم البيانيّة للطلاب أنه كلّما قَصُر طول الرابطة ازدادت طاقة تفكّكها.

طول الرابطة التساهمية مقابل طاقة تفكك الرابطة



13. توقَّع طاقة تفكك الروابط التساهمية نسبيًّا لكلٍّ ممّا يأتي:

a. $H-C\equiv C-H$ **b.**



d. تحتاج الرابطة C – H إلى طاقة أقلّ من الرابطة C≡C.

e. تحتاج الرابطة C – H إلى طاقة أقلّ من الرابطة C = C.

4-2 تسمية الجزيئات

الصفحات 130 126

مسائل تدريبية

الصفحات 129 - 127

سمِّ كلًّا من المركّبات الجزيئية الثنائية الذرات الآتية:

14. CO_2 **ثاني أكسيد الكربون**

15. SO_2 **ثاني أكسيد الكبريت**

16. NF_3 **ثلاثي فلوريد النيتروجين**

17. CCl_4 **رباعي كلوريد الكربون**

18. تحفيز ما الصيغة الجزيئية لمركّب ثالث أكسيد ثنائي الزرنيخ؟

As_2O_3

سمِّ كلًّا من الأحماض الآتية مفترضًا أن جميعها تذوب في الماء:

19. HI **حمض الهيدرويوديك**

20. $HClO_3$ **حمض الكلوريك**

21. $HClO_2$ **حمض الكلوروز**

22. H_2SO_4 **حمض الكبريتيك**

23. H_2S **حمض الهيدروكبريتيك**

24. تحفيز ما الصيغة الجزيئية لحمض البيريوديك؟

HIO_4

اكتب الصيغ الكيميائية للمركّبات الآتية:

25. كلوريد الفضة **AgCl**

26. أكسيد ثنائي الهيدروجين H_2O

27. ثلاثي فلوريد الكلور ClF_3

28. ثلاثي أكسيد ثنائي الفوسفور P_2O_3

29. عشاري فلوريد ثنائي الكبريت S_2F_{10}

30. تحفيز ما الصيغة الكيميائية لحمض الكربونيك؟

H_2CO_3

التقويم 2-4

الصفحة 128

31. لخِّص القواعد المُستخدَمة في تسمية المركّبات الجزيئية الثنائية العناصر.

سمِّ أولاً العنصر الثاني في الصيغة باستخدام جذر اسم العنصر مع إضافة مقطع (يد) في نهايته، ثُمّ سمِّ العنصر الأول في الصيغة الجزيئية، وأضف البادئات لتحديد عدد ذرات كلّ عنصر.

32. **عرِّف** المركّب الجزيئي الثنائي.

هو مركّب جزيئي يتكوّن من عنصرين لافلزيين فقط.

33. **صِف** الفرق بين الحمض الثنائي والحمض الأكسجيني.

يتكوّن الحمض الثنائي من الهيدروجين وأحد العناصر الأخرى. أما الحمض الأكسجيني فيتكوّن من الهيدروجين، وعنصر آخر، والأكسجين.

34. **طبِّق** اشرح كيف تُسمّي الجزيء N_2O_4، باستخدام قواعد تسمية المركّب الجزيئي الثنائي؟

توجد ذرتان من النيتروجين؛ لذا نَستعمِل بادئة (ثنائي) مع اسم النيتروجين، وأربع ذرات من الأكسجين؛ لذا نَستعمِل مقطع (رابع) مضافًا إلى جذر اسم الأكسجين وينتهي بـ (يد). فيكون الاسم رابع أكسيد ثنائي النيتروجين.

35. **طبِّق** اكتب الصيغة الجزيئية للمركّبات الآتية:

حمض الأيوديك	HIO_3
ثلاثي أكسيد ثنائي الكبريت	S_2O_3
أكسيد ثنائي النيتروجين	N_2O
حمض الهيدروفلوريك	HF

36. **اكتب** الصيغة الجزيئية للمركّبات الآتية:

a. ثلاثي أكسيد ثنائي النيتروجين	N_2O_3
b. أكسيد النيتروجين	NO
c. حمض الهيدروكلوريك	HCl
d. حمض الكلوريك	$HClO_3$
e. حمض الكبريتيك	H_2SO_4
f. حمض الكبريتوز	H_2SO_3

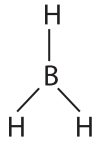
4-3 التراكيب الجزيئية

الصفحات 139 131

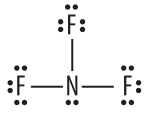
مسائل تدريبية

الصفحات 138 – 133

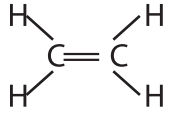
37. ارسم تركيب لويس لجزيء BH_3.



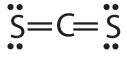
38. **تحفيز** يحتوي جزيء ثلاثي فلوريد النيتروجين على عدد من الأزواج غير المرتبطة. ارسم تركيب لويس للجزيء.



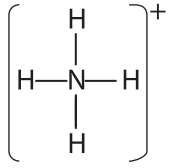
39. ارسم تركيب لويس للإثيلين C_2H_4.



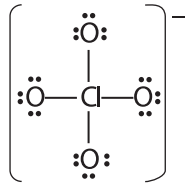
40. **تحفيز** يحتوي جزيء ثاني كبريتيد الكربون على أزواج غير مرتبطة وأزواج مرتبطة متعددة. ارسم تركيب لويس للجزيء.



41. ارسم تركيب لويس لأيون NH_4^+.

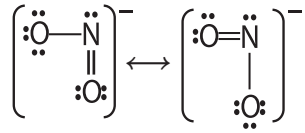


42. **تحفيز** يحتوي أيون ClO_4^- على عدد من الأزواج غير المرتبطة. ارسم تركيب لويس له.

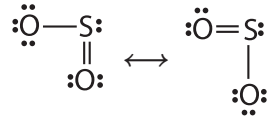


ارسم أشكال الرنين للجزيئات الآتية:

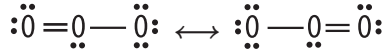
43. NO_2^-



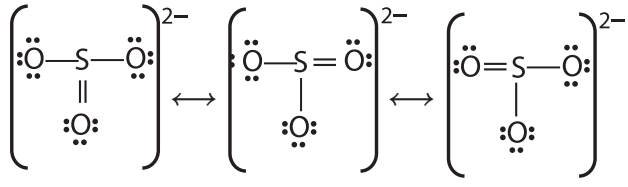
44. SO_2



45. O_3

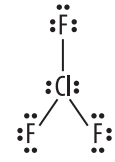


46. تحفيز ارسم أشكال رنين لويس للأيون SO_3^{2-}.

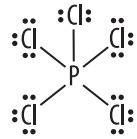


ارسم تراكيب لويس للجزيئات الآتية:

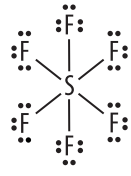
47. ClF_3



48. PCl_5



49. تحفيز ارسم تراكيب لويس للجزيء الناتج عن ارتباط 6 ذرات فلور مع ذرة كبريت بروابط تساهمية.



التقويم 3-4

الصفحة 139

50. صف المعلومات الموجودة في الصيغة البنائية للجزيء.

عدد الذرات وأنواعها، وشكلٌ تقريبيّ للجزيء.

51. اذكر الخطوات الضرورية لرسم تراكيب لويس.

تحديد الذرة المركزية والذرات الجانبية، وكذلك تحديد عدد إلكترونات وأزواج الإلكترونات المترابطة، ثُمّ وصل الذرات الجانبية بالذرة المركزية بواسطة روابط أحادية. وتحديد عدد أزواج الربط المتبقية، ومن ثَمّ تطبيق قاعدة الثمانية لتكوّن روابط ثنائية أو ثلاثية إذا اقتضت الضرورة.

52. لخّص استثناءات قاعدة الثمانية من خلال عمل أزواج من الجزيئات والعبارات الآتية: PI_5، ClO_2، BF_3، عدد فردي من إلكترونات التكافؤ، أكثر من ثمانية إلكترونات، أقلّ من ثمانية إلكترونات.

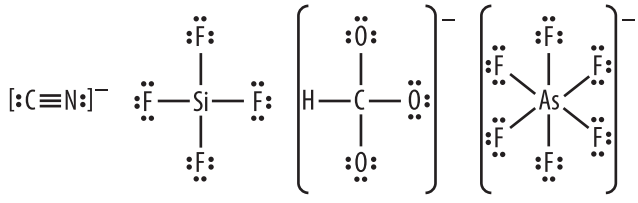
قاعدة الثمانية الممتدّة (أكثر من ثمانية إلكترونات)؛ PI_5، عدد فردي من إلكترونات التكافؤ؛ ClO_2، أقلّ من ثمانية إلكترونات؛ BF_3.

53. قوّم يزعم أحد الطلاب أن المركّبات الثنائية التي تحتوي على روابط سيجما فقط يمكنها إظهار خاصية الرنين. هل هذه العبارة صحيحة؟

لا؛ يجب أن يكون للجزيء أو الأيون العديد الذرات رابطة أحادية (سيجما) ورابطة ثنائية (باي) لكي يُظهِر خاصية الرنين.

54. ارسم أشكال الرنين لجزيء أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O.

55. ارسم تراكيب لويس لكلٍّ من CN^-، SiF_4، HCO_3^-، AsF_6^-.



4-4 أشكال الجزيئات

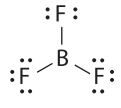
الصفحات 140 143

مسائل تدريبية

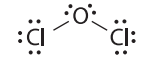
الصفحة 143

ما شكل الجزيء، ومقدار زاوية الرابطة، والمستويات المهجنة في كلٍّ ممّا يأتي؟

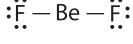
56. BF_3 **مثلث مستوٍ**، 120°، sp^2



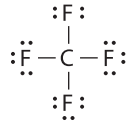
57. OCl_2 **منحنٍ**، 140.5°، sp^3



58. BeF_2 **خطي**، 180°، sp

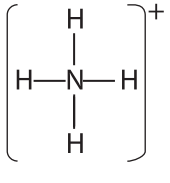


59. CF_4 **رباعي الأوجه منتظم**، 109°، sp^3



60. تحفيز ما شكل أيون NH_4^+؟ وما قيمة زاوية الرابطة ونوع التهجين؟

رباعي الأوجه منتظم، 109°، sp^3



التقويم 4-4

الصفحة 143

61. لخّص فكرة نموذج VSEPR للترابط.

تُحدِّد نظرية VSEPR شكل الجزيئات استنادًا إلى طبيعة التنافر بين أزواج الإلكترونات حول الذرة المركزية.

62. عرِّف زاوية الرابطة.

هي الزاوية المحصورة بين ذرتين جانبيتين والذرة المركزية.

63. اشرح كيف يؤثِّر وجود زوج إلكترونات غير مترابطة في المسافات بين مستويات الروابط المشتركة؟

يحتلّ زوج الإلكترونات غير المرتبط مكانًا أكبر من زوج الإلكترونات المرتبط؛ لذا يؤدي وجود زوج الإلكترونات غير المرتبط إلى دفع أزواج الربط؛ ليقترب بعضها من بعض.

64. قارن بين حجم المستوى الذي يحتوي على زوج إلكترونات مشترك وآخر يحتوي على زوج إلكترونات غيرمرتبط.

يحتلّ المستوى الذي يحتوي على زوج إلكترونات غير مرتبط مكانًا أكبر من المستوى الذي يحتوي على زوج إلكترونات مرتبط.

65. حدِّد نوع المستويات المهجنة وزوايا الروابط في جزيء له شكل رباعي الأوجه منتظم.

sp^3، و109°

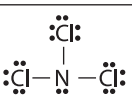
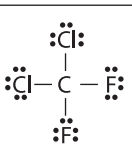
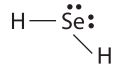
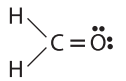
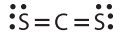
66. قارن بين شكل الجزيء والمستويات المهجنة لكلٍّ من PF_3 وPF_5، واشرح الفرق بين شكليهما.

PF_3 مثلثي هرمي والمستويات الهجينة فيه من نوع sp^3.

PF_5 ثنائي الهرم مثلثي والمستويات الهجينة فيه من نوع sp^3d.

يحُدَّد الشكل من خلال نوع مستويات التهجين.

67. نظِّم كلًّا ممّا يأتي في جدول: تركيب لويس، وشكل الجزيء، وزاوية ربط المستويات المهجنة لكلٍّ من: NCl_3، و CCl_2F_2، و H_2Se، و CH_2O، و CS_2.

الجزيء	تركيب لويس	شكل الجزيء	زاوية الربط	المستويات المهجنة
NCl_3		مثلثي هرمي	107°	sp^3
CCl_2F_2		رباعي الأوجه منتظم	109°	sp^3
H_2Se		منحنٍ	104 5°	sp^3
CH_2O		مثلث مستوٍ	120°	sp^2
CS_2		خطي	180°	sp

4-5 الكهروسالبية والقطبية

الصفحات 149 144

مختبر حلّ المشكلات

الصفحة 148

1. فسِّر اختلاف أزمنة البقاء في المحلول المبيّنة على الكروماتوجرام.

إنّ فترة احتجاز الفينول في المحلول أقلّ من فترة احتجاز حمض البنزويك؛ لأنّ له قوة تجاذب أقلّ مع الماء.

2. استنتج اعتمادًا على الرسم البيانيّ، ما المادة التي كميتها كبيرة: الفينول أم حمض البنزويك؟ فسِّر إجابتك.

يتوافر الفينول بكميات كبيرة؛ لأنّ له أكبر ارتفاع قمة؛ فالمساحة المحصورة أسفل القمة تُمثِّل كمية المادة الموجودة في المخلوط.

3. استنتج أيّ المواد في المخلوط لها جزيئات ذات قطبية أعلى؟

لحمض البنزويك جزيئات قطبية أقوى؛ لأنّه يُظهِر قوة تجاذب أكبر مع الماء. وللفينول جزيئات قطبية أضعف.

4. حدِّد تركيب مذيب الطور المتحرك الأكثر كفاءة لفصل الفينول عن حمض البنزويك؟ فسِّر إجابتك.

ستتنوّع الإجابات. الطور المتحرك الأكثر كفاءة مكوَّن من 50% من الميثانول، و 50% من الماء، ويَستخلِص كمية أكبر من مكوِّنات المخلوط (الفينول وحمض البنزويك) حيث تكون، المسافة أكبر (الفصل أفضل) بين ارتفاعات القمم، ويحتاج إلى وقت أقلّ.

التقويم 5-4

الصفحة 149

68. لخِّص كيف يؤثِّر الفرق في الكهروسالبية في خواص الرابطة؟

كلّما زاد الفرق في الكهروسالبية زادت الخواص الأيونية في الرابطة.

69. صِف الرابطة التساهمية القطبية.

تنشأ هذه الرابطة بسبب عدم جذب الذرات للإلكترونات المشتركة بالقوة نفسها؛ حيث تنجذب الإلكترونات نحو إحدى الذرات أكثر، ممّا يتولّد عنه شحنات جزئية عند أطرافها.

70. صِف الجزيء القطبي.

هو الجزيء الذي له كثافة إلكترونية أكبر على أحد جانبيه.

71. عدِّد ثلاثًا من خواص المركّبات التساهمية في الحالة الصُّلبة.

تكون الحالة الصُّلبة للجزيء بلورية، وتكون المركّبات التساهمية في الحالة الصُّلبة غير موصلة و ليّنة، ولها درجة انصهار منخفضة.

72. صنِّف أنواع الروابط مستخدِمًا الفرق في الكهروسالبية.

إذا كان الفرق صفرًا فإن الرابطة تُعدّ تساهمية غير قطبية، وإذا كان الفرق ما بين صفر و 4 0 فتكون الرابطة تساهمية، أمّا إذا كان الفرق ما بين 4 0 و 7 1 فإن الرابطة تكون تساهمية قطبية، ولكن إذا كان الفرق أكبر من 7 1 فالرابطة أيونية.

73. عمِّم الخواص العامة الرئيسة للمواد الصُّلبة التساهمية الشبكية.

هشَّة، غير موصلة للحرارة والكهرباء، وقاسية جدًّا.

74. توقَّع نوع الرابطة التي ستتكوَّن بين أزواج الذرات الآتية:

a. H وS **الكهروسالبية لـ S = 2.58، ولـH = 2.20**

الفرق في الكهروسالبية = 0.38

غالبًا تساهمية

b. C وH **الكهروسالبية لـ C = 2.55 ولـH = 2.20**

الفرق في الكهروسالبية = 0.35

غالبًا تساهمية

c. Na وS **الكهروسالبية لـ S = 2.58 ولـNa = 0.93**

الفرق في الكهروسالبية = 1.65

تساهمية قطبية

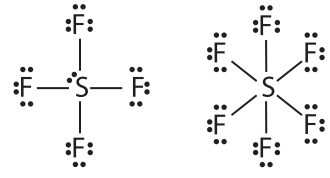
75. تعرَّف أيّ ممّا يأتي يُعدّ جزيئًا قطبيًّا، وأيّها يُعدّ غير قطبيّ؟ CF_4، وCS_2، وSCl_2.

CF_4 غير قطبي، CS_2 غير قطبي، SCl_2 قطبي.

76. حدِّد ما إذا كان المركّب المكوَّن من الهيدروجين والكبريت قطبيًّا أو غير قطبيّ.

شكل المركّب H_2S منحنٍ، فالمركّب قطبي لأنه غير متماثل.

77. ارسم تركيب لويس لكلٍّ من SF_4، وSF_6. وحلِّل كلّ شكل، وحدِّد ما إذا كان الجزيء قطبيًّا أو غير قطبيّ.



غير قطبي **قطبي**

الفصل 4 مراجعة الفصل

الصفحات 157 - 154

4-1

إتقان المفاهيم

78. ما قاعدة الثمانية؟ وكيف يمكن استخدامها في الروابط التساهمية؟

تفقد الذرات الإلكترونات أو تكتسبها أو تشارك بها؛ لتحصل على ثمانية إلكترونات. وتتكوَّن الروابط التساهمية عندما تتشارك الإلكترونات للحصول على حالة الثمانية.

79. صف تكوين الرابطة التساهمية.

تجذب نواة إحدى الذرات إلكترونات الذرة الأخرى، وتتشاركان في إلكترون أو أكثر.

80. صف تكوين الترابط في الجزيئات.

ترتبط الجزيئات تساهميًّا.

81. صف قوى التجاذب والتنافر الناتجة عن اقتراب ذرتين إحداهما من الأخرى.

تَنتُج قوى التجاذب بين نواة ذرة وإلكترونات الذرة الأخرى. وتَنتُج قوى التنافر بين أنوية الذرتين وإلكتروناتهما. عندما تقترب ذرتان إحداهما من الأخرى تزداد محصلة قوة التجاذب. وتصل محصلة قوة التجاذب إلى قيمتها العظمى عند المسافة الحرجة بين الذرتين، وإذا اقتربت الذرتان مسافة أقلّ من المسافة الحرجة فإن قوى التنافر تُصبح أكبر من قوى التجاذب. انظر الشكل 2–4 صفحة 119 .

82. كيف يمكنك توقُّع وجود روابط سيجما σ أو باي π في الجزيء؟

رابطة تساهمية أحادية : رابطة سيجما، رابطة تساهمية ثنائية : رابطة سيجما ورابطة باي، رابطة تساهمية ثلاثية : رابطة سيجما واحدة ورابطتا باي.

إتقان حلّ المسائل

83. ما عدد إلكترونات التكافؤ لكلٍّ من N، وAs، وBr، وSe؟ توقَّع عدد الروابط التساهمية التي يحتاج إليها كلّ عنصر ليُحقِّق قاعدة الثمانية.

N: عدد إلكترونات التكافؤ 5، ويحتاج إلى 3 روابط تساهمية ليحقق قاعدة الثمانية.

As: عدد إلكترونات التكافؤ 5، ويحتاج إلى 3 روابط تساهمية ليحقق قاعدة الثمانية.

Br: عدد إلكترونات التكافؤ 7، ويحتاج إلى رابطة تساهمية واحدة ليحقق قاعدة الثمانية.

Se: عدد إلكترونات التكافؤ 6، ويحتاج إلى رابطتين اثنتين ليحقق قاعدة الثمانية.

84. **حدِّد** روابط سيجما σ وباي π في الجزيئات الآتية:

$H-C\equiv C-H$	$H-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-H$
تُمثِّل الروابط الأحادية روابط سيجما σ، في حين تُمثِّل الرابطة الثلاثية رابطة سيجما واحدة ورابطتي باي π واحدة.	**تُمثِّل الروابط الأحادية روابط سيجما σ، في حين تُمثِّل الرابطة الثنائية رابطة سيجما واحدة ورابطة باي π واحدة.**

85. أيّ الجزيئات الآتية، CO_2، CH_2O، CO تكون فيها رابطة C O أقصر، وأيّها تكون فيها أقوى؟

الرابطة الثلاثية في CO هي الأقصر والأقوى.

86. أيّ رابطة من الروابط بين الكربون والنيتروجين في الجزيئات الآتية أقصر، وأيّها أقوى؟

$C\equiv N^-$ و $H-\overset{H}{\overset{|}{C}}-\overset{H}{\overset{|}{N}}-H$

الرابطة الثلاثية في $C\equiv N^-$ هي الأقصر والأقوى.

87. رتِّب الجزيئات الآتية من حيث طول الرابطة بين الكبريت والأكسجين تصاعديًّا؟

a. SO_2 **b.** SO_3^{2-} **c.** SO_4^{2-}

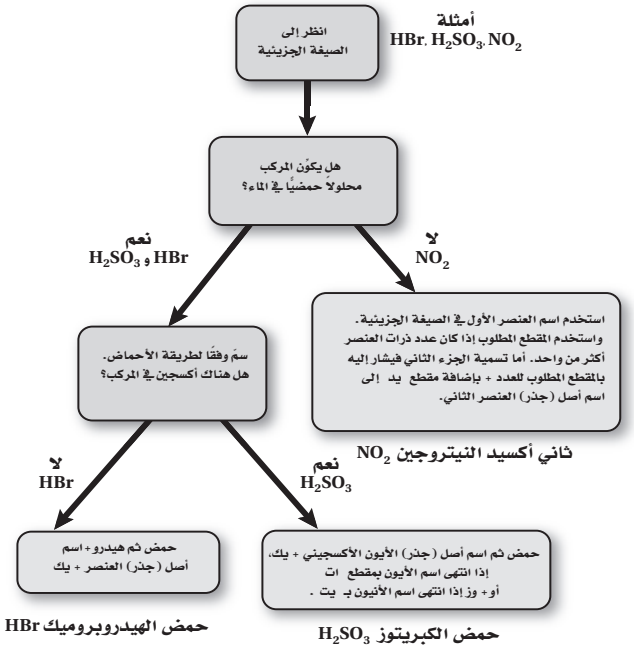
a، ثُمّ c، ثُمّ b

4-2

إتقان المفاهيم

88. اشرح تسمية المركّبات الجزيئية؟

يجب أن تتفق الإجابة مع الشكل 12–4 في صفحة 130.



89. متى يُسمّى المركّب الجزيئي حمضًا؟

عندما يُنتِج أيونات H^+ في المحلول المائي.

90. اشرح الفرق بين سداسي فلوريد الكبريت ورباعي فلوريد ثنائي الكبريت.

سداسي فلوريد الكبريت SF_6: ذرة كبريت S واحدة ترتبط مع 6 ذرات فلور F، أمّا رباعي فلوريد ثنائي الكبريت: S_2F_4 ذرتا كبريت S ترتبطان مع 4 ذرات فلور F.

91. **الساعات:** تتكوَّن بلورات الكوارتز التي تُستخدَم في ساعات اليد من ثاني أكسيد السليكون. اشرح كيف يمكن استخدام الاسم لمعرفة أو تحديد صيغة ثاني أكسيد السليكون؟

يُشير اسم السليكون إلى ذرة واحدة من Si، وتُشير البادئة (ثاني) إلى وجود ذرتي أكسجين؛ فتكون الصيغة الجزيئية الصحيحة هي SiO_2.

إتقان حلّ المسائل

92. أكمل **الجدول 8–4** الآتي:

الجدول 8 -4 أسماء الأحماض

الصيغة	الاسم
$_2$	**حمض الكلوروز**
H_3PO_4	**حمض الفوسفوريك**
$_2$	**حمض الهيدروسلينيك**
$_3$	**حمض الكلوريك**

93. سمِّ الجزيئات الآتية:

a. NF_3 **ثلاثي فلوريد النيتروجين**

b. SO_3 **ثالث أكسيد الكبريت**

c. NO **أول أكسيد النيتروجين**

d. SiF_4 **رباعي فلوريد السليكون**

94. سمِّ الجزيئات الآتية:

a. SeO_2 **ثاني أكسيد السلينيوم**

b. SeO_3 **ثالث أكسيد السلينيوم**

c. N_2F_4 **رباعي فلوريد ثنائي النيتروجين**

d. S_4N_4 **رابع نتريد رباعي الكبريت**

95. اكتب صيغ الجزيئات الآتية:

a. ثنائي فلوريد الكبريت **SF_2**

b. رباعي كلوريد السليكون **$SiCl_4$**

c. رباعي فلوريد الكربون **CF_4**

d. حمض الكبريتوز **H_2SO_3**

96. اكتب الصيغ الجزيئية للمركّبات الآتية:

a. ثنائي أكسيد السليكون **SiO_2**

b. حمض البروموز **$HBrO_2$**

c. ثلاثي فلوريد الكلور **ClF_3**

d. حمض البروميك **HBr**

4-3

إتقان المفاهيم

97. ما الواجب معرفته لتتمكَّن من رسم تراكيب لويس لجزيء ما؟

عدد إلكترونات التكافؤ لكلّ ذرة عنصر في الجزيء.

98. **عامل التنشيط** يَدْرُس علماء المواد خواص البوليمرات عندما يتمّ معالجتها بمادة AsF_5. اشرح لماذا يُخالِف المركّب AsF_5 قاعدة الثمانية؟

للزرنيخ خمسة أماكن للترابط، أيْ 10 إلكترونات للمشاركة. وهذا أكثر من ثمانية إلكترونات يتمّ شغلها في حالة الثمانية.

99. **العامل المختزل** يُستخدَم ثلاثي هيدريد البورون BH_3 عاملًا مختزلًا في الكيمياء العضوية. فسِّر لماذا يكوِّن BH_3 روابط تساهمية تناسقية مع جزيئات أخرى؟

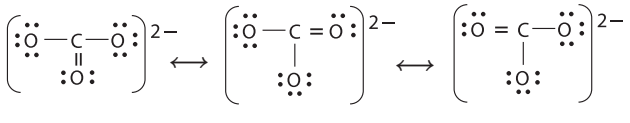
تُحاط ذرة B في الجزيء BH_3 بستة إلكترونات؛ لذا لا يكون التوزيع الإلكتروني ذا طاقة وضع قليلة، ممّا يجعله يشارك زوجًا وحيدًا من الإلكترونات مع جزيء آخر ليحصل على توزيع إلكتروني مستقر.

100. يمكن أن يُكوِّن عنصرا الأنتيمون والكلور مركّب ثلاثي كلوريد الأنتيمون وخماسي كلوريد الأنتيمون، اشرح كيف يمكن لهذين العنصرين أن يُكوِّنا مركّبات مختلفة؟

لعنصر الأنتيمون خمسة إلكترونات تكافؤ، وزوج وحيد، وثلاثة أماكن يستطيع من خلالها الارتباط مع ثلاث ذرات كلور بإلكترون واحد مع كلّ ذرة فيُشكِّل $SbCl_3$. كما يستطيع الأنتيمون أن يشارك بأكثر من ثمانية إلكترونات وتكوين $SbCl_5$.

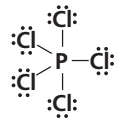
إتقان حلّ المسائل

101. ارسم ثلاثة أشكال رنين للأيون المتعدِّد الذرات CO_3^{2-}.

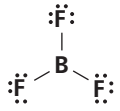


102. ارسم تراكيب لويس للجزيئات الآتية التي يحتوي كلٌّ منها على ذرة مركزية، ولا تتبع قاعدة الثمانية:

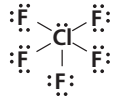
a.



b.

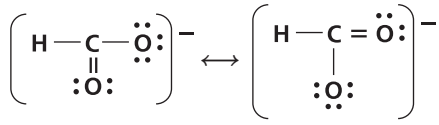


c.

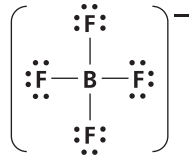
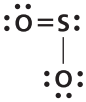


d. H—Be—H

103. ارسم شكلي رنين الأيون المتعدِّد الذرات HCO_2^-.



104. ارسم تراكيب لويس لكلٍّ من المركّبات والأيونات الآتية.

الصيغة الجزيئية	تراكيب لويس
a. H_2S	
b. BF_4^-	
c.	
d.	

105. أيّ العناصر الآتية يُكوِّن جزيئًا مستقرًّا تزيد عدد إلكتروناته الخارجية على ثمانية إلكترونات؟ اشرح إجابتك.

a. B

b. C

c. P

d. O

e. Se

P و Se؛ لأنهما في الدورة 3 وما بعدها، ولهما مستوى d الثانوي.

4-4 إتقان المفاهيم

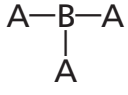
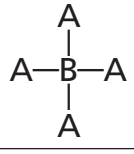
106. ما الأساس الذي بُني عليه نموذج VSEPR؟

طبيعة تنافر أزواج الإلكترونات حول الذرة المركزية.

107. ما أقصى عدد للمستويات المهجنة التي يمكن لذرة الكربون أن تُكوِّنها؟

أربعة

108. ما الشكل الجزيئي لكلّ جزيء ممّا يأتي؟ قدِّر زاوية الرابطة لكلّ جزيء، بافتراض عدم وجود إلكترونات غير مرتبطة.

الجزيء	الشكل الجزيئي	زاوية الربط
a. A—B	خطي	180°
b. A—B—A	خطي	180°
c. 	مثلث مستوٍ	120°
d. 	رباعي الأوجه منتظم	109°

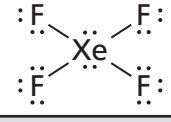
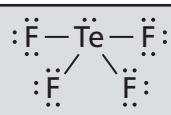
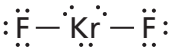
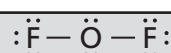
109. المركّب الأصل يُستخدَم PCl_5 بوصفه مركّب أصل في تكوين مركّبات أخرى كثيرة. اشرح نظرية التهجين، وحدِّد عدد مستويات التهجين الموجودة في الجزيء PCl_5.

تُفسِّر نظرية التهجين أشكال الجزيئات من خلال تكوين مستويات تهجين متماثلة في الشكل والطاقة من المستويات الفرعية لذرات الجزيء. وهي في هذه الحالة خمس مستويات sp^3d متطابقة.

إتقان حلّ المسائل

110. أكمل **الجدول 9—4** من خلال تعريف التهجين المتوقَّع للذرة المركزية. (يساعدك رسم تراكيب لويس على الحلّ).

الجدول 9 - 4

الصيغة الجزيئية	نوع التهجين	تراكيب لويس
4	sp^3d^2	
4	sp^3d	
2	sp^3d	
2	sp^3	

111. توقَّع الشكل الجزيئي لكلٍّ من المركّبين الآتيين:

a. COS **خطي**

b. CF_2Cl_2 **رباعي الأوجه منتظم**

112. توقَّع الشكل الجزيئي وزاوية الرابطة ونوع التهجين لكلٍّ ممّا يأتي. (يساعدك رسم تراكيب لويس على الحلّ).

الصيغة الجزيئية	الشكل الجزيئي	زاوية الرابطة	نوع التهجين
a.	منحنٍ	104.5°	sp^3
b.	هرم ثلاثي	107°	sp^3
c.	منحنٍ	104.5°	sp^3
d.	مثلث مستوٍ	120°	sp^2

4-5

إتقان المفاهيم

113. فسِّر نمط التغيّر في الكهروسالبية في الجدول الدوري.

تتزايد من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتتناقص من أعلى إلى أسفل عبر المجموعة.

114. وضِّح الفرق بين الجزيئات القطبية وغير القطبية.

للجزيء غير القطبي توزيع متماثل من الشحنات، في حين أن للجزيئات القطبية تركيزًا من الإلكترونات على طرف ما من الجزيء أكثر من الطرف الآخر.

115. قارن بين أماكن إلكترونات الترابط في الرابطة التساهمية القطبية والرابطة التساهمية غير القطبية، وفسِّر إجابتك.

تكون الإلكترونات في الرابطة القطبية أقرب إلى الذرة ذات الكهروسالبية الأعلى بسبب المشاركة غير المتساوية. أمّا الإلكترونات في الروابط غير القطبية فتكون المشاركة فيها متساوية.

116. ما الفرق بين الجزيء التساهمي الصُّلب والجزيء التساهمي الشبكي الصُّلب؟ هل هناك اختلاف في الخواص الفيزيائية؟ فسِّر إجابتك.

الجزيء التساهمي الصُّلب يكون ليّنًا وله درجة انصهار منخفضة بسبب القوى بين الجزيئية الضعيفة. أما الجزيء الصُّلب التساهمي الشبكي فله درجة انصهار مرتفعة، وشديد القساوة؛ بسبب قوة الروابط التساهمية الشبكية.

إتقان حلّ المسائل

117. بَيِّن الرابطة الأكثر قطبية في كلّ زوج ممّا يلي بوضع دائرة حول نهاية القطب السالب فيها:

a. C S C و C–Ⓞ

وُضِعت الدائرة حول O؛ لأن لها كهروسالبية أعلى، وتكون الرابطة C–O أكثر قطبية، لوجود فرق كبير في الكهروسالبية بين C و O.

الكهروسالبية لـ O = 44 3؛ الكهروسالبية لـ C = 55 2

الفرق في الكهروسالبية = 89 0؛ تساهمية قطبية.

الكهروسالبية لـ S = 58 2؛ الكهروسالبية لـ C = 55 2

الفرق في الكهروسالبية = 03 0؛ غالبًا تساهمية.

b. C N و C–Ⓕ

وُضِعت الدائرة حول F؛ لأن لها كهروسالبية أعلى، وتكون الرابطة C–F أكثر قطبية، لوجود فرق كبير في الكهروسالبية بين C و F.

الكهروسالبية لـ F = 98 3؛ الكهروسالبية لـ C = 55 2

الفرق في الكهروسالبية = 43 1؛ تساهمية قطبية.

الكهروسالبية لـ N = 04 3؛ الكهروسالبية لـ C = 55 2

الفرق في الكهروسالبية = 49 0؛ تساهمية قطبية.

c. Ⓒl P و P – H

وُضِعت الدائرة حول Cl؛ لأن لها كهروسالبية أعلى، وتكون الرابطة P–Cl أكثر قطبية، لوجود فرق كبير في الكهروسالبية بين Cl و P.

الكهروسالبية لـ Cl = 16 3؛ الكهروسالبية لـ P = 19 2

الفرق في الكهروسالبية = 97 0؛ تساهمية قطبية.

الكهروسالبية لـ H = 20 2؛ الكهروسالبية لـ P = 19 2

الفرق في الكهروسالبية 01 0 = ؛ غالبًا تساهمية.

118. أشر إلى الذرة السالبة الشحنة في كلّ رابطة ممّا يأتي:

a. C H — **C**

b. C N — **N**

c. C S — **S**

d. C O — **O**

119. توقَّع أيّ الروابط الآتية أكثر قطبية:

a. C O

الكهروسالبية لـ O = 44 3؛ الكهروسالبية لـ C = 55 2

الفرق في الكهروسالبية = 89 0؛ تساهمية قطبية.

b. Si–O

الكهروسالبية لـ O = 44 3؛ الكهروسالبية لـ Si = 90 1

الفرق في الكهروسالبية = 54 1؛ تساهمية قطبية.

c. C–Cl

الكهروسالبية لـ Cl = 16 3؛ الكهروسالبية لـ C = 55 2

الفرق في الكهروسالبية = 61 0؛ تساهمية قطبية.

d. C–Br

الكهروسالبية لـ Br = 96 2؛ الكهروسالبية لـ C = 55 2

الفرق في الكهروسالبية = 41 0؛ تساهمية قطبية.

الرابطة Si – O الأكثر قطبية؛ لأن لها فرقًا أكبر في الكهروسالبية من الروابط الأخرى.

120. رتِّب الروابط الآتية تصاعديًّا بحسب زيادة القطبية:

a. C–H

الكهروسالبية لـ H = 20 2؛ الكهروسالبية لـ C = 55 2

الفرق في الكهروسالبية 35 0 =؛ غالبًا تساهمية.

b. N–H

الكهروسالبية لـ H = 20 2؛ الكهروسالبية لـ N = 04 3

الفرق في الكهروسالبية = 84 0؛ تساهمية قطبية.

c. Si–H

الكهروسالبية لـ H = 20 2؛ الكهروسالبية لـ Si = 90 1

الفرق في الكهروسالبية = 30 0؛ غالبًا تساهمية.

d. O–H

الكهروسالبية لـ H = 2 20؛ الكهروسالبية لـ O = 3 44

الفرق في الكهروسالبية = 1 24؛ تساهمية قطبية.

e. Cl–H

الكهروسالبية لـ H = 2 20؛ الكهروسالبية لـ Cl= 3 16

الفرق في الكهروسالبية = 0 96؛ تساهمية قطبية.

الترتيب تصاعديًّا: c، ثُمّ a، ثُمّ b، ثُمّ e، ثُمّ d.

121. المبرِّدات تُعرَف المبرِّدات المعروفة باسم فريون 14 بتأثيرها السلبي في طبقة الأوزون. وصيغة هذا المركّب هي CF_4، فلماذا يُعدّ CF_4 جزيئًا غير قطبي مع أنه يحتوي على روابط قطبية؟

بسبب التوزيع المتساوي للشحنة في الجزيء المتماثل.

122. بيِّن ما إذا كانت الجزيئات أو الأيونات الآتية قطبية، وفسِّر إجابتك.

a. H_3O^+ **قطبي، غير متماثل**

b. PCl_5 **غير قطبي، متماثل**

c. H_2S **قطبي، غير متماثل**

d. CF_4 **غير قطبي، متماثل**

123. استَخدِم تراكيب لويس لتتنبأ بالقطبية الجزيئية لكلٍّ من ثنائي فلوريد الكبريت، ورباعي فلوريد الكبريت، وسداسي فلوريد الكبريت.

SF_2 وSF_4 مركّبان قطبيان، أما SF_6 فغير قطبي.

مراجعة عامة

124. اكتب صيغ الجزيئات الآتية:

a. أول أكسيد الكلور **ClO**

b. حمض الزرنيخيك **H_3AsO_4**

c. خماسي كلوريد الفوسفور **PCl_5**

d. حمض كبريتيد الهيدروجين **H_2S**

125. سمِّ الجزيئات الآتية:

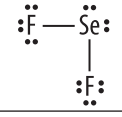
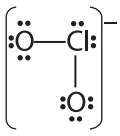
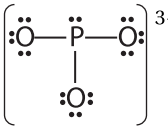
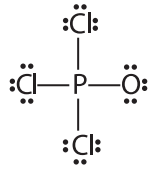
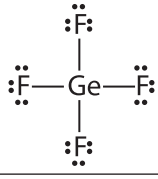
a. PCl_3 **ثالث كلوريد الفوسفور**

b. Cl_2O_7 **سابع أكسيد ثنائي الكلور**

c. P_4O_6 **سادس أكسيد رباعي الفوسفور**

d. NO **أول أكسيد النيتروجين**

126. ارسم تراكيب لويس للجزيئات والأيونات الآتية:

الصيغة الجزيئية	تراكيب لويس
a. SeF_2	
b. ClO_2^-	
c. PO_3^{3-}	
d. $POCl_3$	
d. GeF_4	

127. حدِّد أيّ الجزيئات الآتية قطبي؟ وفسِّر إجابتك.

a. CH_3Cl

b. ClF

c. NCl_3

d. BF_3

e. CS_2

الجزيئات القطبية هي: CH_3Cl، وClF، وNCl_3، لأن كلّ جزيء غير متماثل والشحنة غير موزعة بالتساوي.

128. رتِّب الروابط الآتية تصاعديًّا بحسب القطبية:

a. C O

الكهروسالبية لـ O =44 3؛ الكهروسالبية لـ C = 2 55

الفرق في الكهروسالبية = 89 0؛ تساهمية قطبية.

b. Si O

الكهروسالبية لـ O = 44 3؛ الكهروسالبية لـ Si = 1 90

الفرق في الكهروسالبية = 54 1؛ تساهمية قطبية.

c. Ge O

الكهروسالبية لـ O = 44 3؛ الكهروسالبية لـ Ge = 2 01

الفرق في الكهروسالبية = 43 1؛ تساهمية قطبية.

d. C Cl

الكهروسالبية لـ Cl = 16 3؛ الكهروسالبية لـ C = 2 55

الفرق في الكهروسالبية = 61 0؛ تساهمية قطبية.

e. C Br

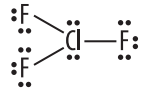
الكهروسالبية لـBr = 96 2؛ الكهروسالبية لـ C = 2 55

الفرق في الكهروسالبية = 41 0؛ تساهمية قطبية.

الترتيب تصاعديًّا بحسب الخواص القطبية:

e، ثُمَّ d، ثُمَّ a، ثُمَّ c، ثُمَّ b.

129. وقود الصواريخ استُخدِم الهيدرازين وثلاثي فلوريد الكلور ClF_3 في عام 1950م وقودًا للصواريخ. ارسم شكل لويس لـ ClF_3، وبيِّن نوع التهجين فيه.



نوع التهجين sp^3d

130. أكمل **الجدول 10–4** موضِّحًا عدد الإلكترونات المشتركة في الروابط التساهمية الأحادية، والثنائية، والثلاثية، وحدِّد مجموعة الذرات التي تُكوِّن كلًّا من الروابط الآتية:

الجدول 10-4 الأزواج المشتركة

نوع الرابطة	عدد الإلكترونات المترابطة	الذرات التي تكوّن الرابطة
التساهمية الأحادية	**إلكترونان مشتركان**	**أيّ هالوجين أو أيّ عنصر من عناصر المجموعة 17**
التساهمية الثنائية	**4 إلكترونات مشتركة**	**عناصر المجموعة 16**
التساهمية الثلاثية	**6 إلكترونات مشتركة**	**عناصر المجموعة 15**

التفكير الناقد

131. نظِّم خريطة مفاهيم تربط بين نموذج VSEPR، ونظرية التهجين، وأشكال الجزيئات.

ستتنوّع خرائط المفاهيم.

132. قارن بين المركّبين التساهميين المعروفين باسم أكسيد الزرنيخيك III وثلاثي أكسيد ثنائي الزرنيخيك.

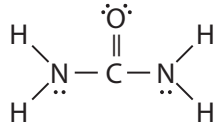
يُبين أكسيد الزرنيخيك III أن عدد تأكسد الزرنيخ هو 3+ وشحنة الأكسيد هي 2–. والصيغة الجزيئية الصحيحة هي As_2O_3. ويتَّضح من الاسم (ثلاثي أكسيد ثنائي الزرنيخيك) وجود ذرتي زرنيخ وثلاث ذرات أكسجين. على الرغم من أن المادتين مختلفتان إلا أن لكلتيهما الصيغة الجزيئية نفسها.

133. أكمل **الجدول 11 – 4**.

الجدول 11 -4 الخواص والترابط

الصلب	وصف الرابطة	خواص الصلب	مثال
أيوني	**قوة الجذب الكهروستاتيكية بين الأيون الموجب والأيون السالب.**	**صُلب، قاسٍ، هشّ، بلوري، درجة انصهاره مرتفعة، غير موصل في الحالة الصُلبة.**	**NaCl**
جزيئي تساهمي	**مشاركة الإلكترونات بين الذرتين.**	**ليّن، درجة انصهاره منخفضة، غير موصل في الحالة الصُلبة.**	**CO_2**
فلزي	**التجاذب بين الأيون الموجب والإلكترونات الحرّة الحركة.**	**بلوري، له القدرة على توصيل الحرارة والكهرباء، قابل للثني، قابل للسحب، درجة انصهاره مرتفعة.**	**Ag**
تساهمي شبكي	**الذرات مرتبطة تساهميًا مع عدد كبير من الذرات في الشبكة البلورية.**	**بلوري، قاسٍ، صُلب، هش، غير موصل**	الألماس

134. **طبِّق** اليوريا مركّب يُستخدَم في تصنيع البلاستيك والأسمدة. بيِّن روابط σ و π وأزواج الإلكترونات غير المرتبطة في هذا المركّب المبيَّن أدناه.



روابط سيجما هي روابط N H، وروابط N C، وأيضًا إحدى روابط O C. الرابطة O C الأخرى هي رابطة باي. الأزواج غير المرتبطة تكون على ذرتي N، وذرة O.

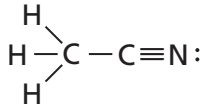
135. **حلِّل** حدِّد قطبية كلّ جزيء يتصف بالخواص الآتية:

a. صُلب في درجة حرارة الغرفة. **قطبي**

b. غاز في درجة حرارة الغرفة. **غير قطبي**

c. ينجذب إلى التيار الكهربائي. **قطبي**

136. **طبِّق** الصيغة البنائية لمركّب أسيتونيترل CH_3CN.



تفحَّص هذه الصيغة، وحدِّد عدد ذرات الكربون، ونوع التهجين في كلّ ذرة من ذرات الكربون، وفسِّر إجابتك.

ذرة الكربون الأولى (مرتبطة مع ثلاث ذرات هيدروجين وذرة كربون واحدة) مهجنة في sp^3؛ لأنها تحوي 4 أماكن ربط. ذرة الكربون الثانية (مرتبطة مع ذرة كربون واحدة وذرة نيتروجين واحدة) مهجنة في sp؛ لأن لها مكانين اثنين للربط.

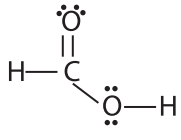
مسألة تحفيز

137. تفحَّص طاقات تفكك الروابط المبيَّنة في **الجدول 12– 4**.

الجدول 12-4 طاقات تفكك الروابط

الرابطة	طاقة تفكك الرابطة (/)	الرابطة	طاقة تفكك الرابطة (/)
–	348	–	467
=	614	–	305
≡	839	=	498
–	163	–	416
=	418	–	358
≡	945	=	745

a. ارسم تركيب لويس الصحيح لكلٍّ من C_2H_2 و$HCOOH$.



b. . ما قيمة الطاقة التي نحتاج إليها لتفكيك هذه الجزيئات؟

C_2H_2: $(416 \times 2) + 839\ kJ/mol = 1671\ kJ/mol$

HCOOH: $416 + 745 + 358 + 467\ kJ/mol = 1986\ kJ/mol$

مراجعة تراكمية

138. اكتب الصيغة الجزيئية الصحيحة لكلّ مركّب ممّا يأتي:

a. كربونات الكالسيوم **$CaCO_3$**

b. كلورات البوتاسيوم **KClO**

c. أسيتات الفضة **$AgC_2H_3O_2$**

d. كبريتات النحاس **$CuSO_4$**

e. فوسفات الأمونيوم **$(NH_4)_3PO_4$**

139. اكتب الاسم الكيميائي الصحيح لكلّ مركّب ممّا يأتي:

a. NaI **يوديد الصوديوم**

b. $Fe(NO_3)_3$ **نترات الحديد**

c. $Sr(OH)_2$ **هيدروكسيد الإسترانشيوم**

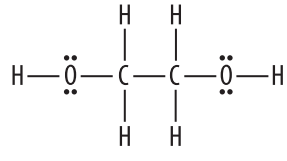
d. $CoCl_2$ **كلوريد الكوبلت**

e. $Mg(BrO_3)_2$ **بورات الماغنسيوم**

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

140. مضاد التجمد Antifreeza ابحث عن المركّب إيثيلين جلايكول ethylene glycol لتعرف صيغته الكيميائية، واشرح كيف يساعد تركيب هذا المركّب على استخدامه مبرِّدًا.



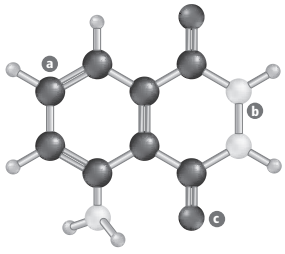
ستتنوّع الإجابات. ربما يلاحظ الطالب أن وجود مجموعة HO– يجعل الإثيلين جلايكول قابلاً للمزج بالماء، ويساعد ذلك على رفع درجة الغليان نسبيًّا وخفض درجة التجمد.

141. المُنظِّفات اكتب مقالة حول مُنظِّف غسل الملابس موضِّحًا تركيبه الكيميائي، واشرح كيف يزيل الدهون والأوساخ عن الأقمشة.

يجب أن تتضمّن الإجابات توضيح عدم قطبية طرف جزيء المُنظِّف وقطبية الطرف الآخر للجزيء نفسه، ممّا يمكّنه من جذب كلٍّ من الماء والزيت.

أسئلة المستندات

يَستخدِم المحققون الجنائيون عادة المركّب التساهمي لومينول luminal للبحث عن بقع الدم؛ إذ تَنتُج طاقة ضوئية عند تفاعل بعض المواد الكيميائية مع اللومينول والهيموجلوبين في الدم. و**الشكل 25–4** يوضِّح نموذج الكرة والعصا لهذا المركّب.

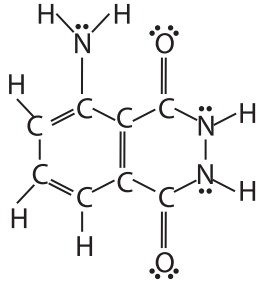


الشكل 25–4

142. حدِّد الصيغة الجزيئية لمركّب اللومينول، وارسم تركيب لويس لهذا الجزيء.

الصيغة الجزيئية **$C_8H_7O_2N_3$**

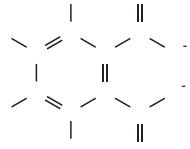
تركيب لويس



143. بيّن تهجين الذرات التي تقع عليها الأحرف a، وb، وc في **الشكل 25–4**.

a sp^2 **b** sp^3 **c** sp^2

144. عندما يتصل اللومينول مباشرة بأيونات الحديد في الهيموجلوبين يَنتُج عن التفاعل مركّب Na_2APA وماء ونيتروجين وطاقة ضوئية، و**الشكل 26–4** يُبيِّن الصيغة البنائية لأيون APA. اكتب الصيغة الكيميائية للأيون APA العديد الذرات.



أيون

الشكل 26–4

الصيغة الكيميائية للمركّب هي: $C_8H_5NO_4^{2-}$

اختبار مُقنَّن

الصفحتان 159 – 158

أسئلة الاختيار من متعدد

1. الاسم الشائع للمركّب SiI_4 هو رباعي أيودو سيلان. ما الاسم العلمي له؟

a. رباعي يوديد السيلان. **c.** يوديد السليكون.

b. رباعي يود السيلان. **d.** رباعي يوديد السليكون.

d

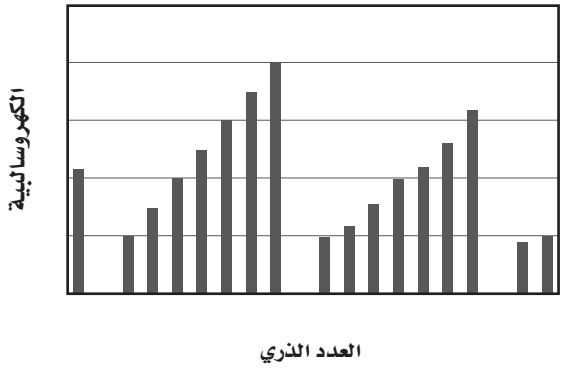
2. أيّ المركّبات الآتية يحتوي على رابطة باي واحدة على الأقلّ؟

a. CO_2 **c.** AsI_3

b. $CHCl_3$ **d.** BeF_2

a

استخدم الرسم البيانيّ في الإجابة عن السؤالين 3 و4.



3. ما كهروسالبية العنصر الذي عدده الذري 14؟

a. 1.5 **c.** 2.0

b. 1.9 **d.** 2.2

c

4. بيِّن أيّ أزواج العناصر الآتية يُكوِّن رابطة أيونية؟

a. العدد الذري 3 و4 **c.** العدد الذري 4 و18

b. العدد الذري 7 و8 **d.** العدد الذري 8 و12

d

5. أيّ ممّا يأتي يُمثِّل تركيب لويس لثنائي كبريتيد السليكون؟

a. :S::Si::S:

b. $:\ddot{S}::Si::\ddot{S}:$

c. $:\ddot{S}:Si:\ddot{S}:$

d. $:\ddot{S}:\ddot{S}i:\ddot{S}:$

b

6. تُحقِّق ذرة السيلينيوم المركزية في سداسي فلوريد السيلينيوم قاعدة الثمانية. ما عدد أزواج الإلكترونات التي تحيط بذرة Se المركزية؟

a. 4 **c.** 6

b. 5 **d.** 7

c

استخدم الجدول أدناه للإجابة عن السؤالين 7 و8.

طاقة تفكيك الروابط عند 298k			
الرابطة	kJ/mol	الرابطة	kJ/mol
–	242	≡	945
–	345	–	467
–	416	–	358
–	305	=	745
–	299	=	498
–	391		

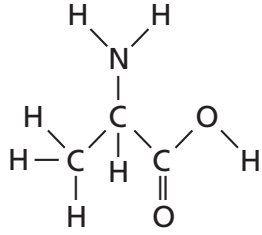
7. أيّ الغازات الثنائية الذرات فيما يأتي له أقصر رابطة بين ذرتيه؟

a. HI **c.** Cl_2

b. O_2 **d.** N_2

ⓓ

8. ما مقدار الطاقة الضرورية لتفكيك الروابط جميعها المُبيَّنة في الجزيء الآتي؟



a. 3024 kJ /mol **c.** 4621 kJ /mol

b. 4318 kJ /mol **d.** 5011 kJ /mol

ⓓ

$$E_{total} = (2 \times E_{HN}) + E_{CN} + (4 \times E_{CH}) + (2 \times E_{CC}) + E_{C=O} + E_{CO} + E_{OH}$$
$$E_{total} = (2 \times 391) + 305 + (4 \times 416) + (2 \times 345) + 745 + 358 + 467$$
$$E_{total} = 5011\ kJ/mol$$

9. أيّ المركّبات الآتية ليس له شكل الجزيء المنحني؟

a. BeH_2 **c.** H_2O

b. H_2S **d.** SeH_2

ⓐ

10. أيّ ممّا يأتي غير قطبي؟

a. H_2S **c.** SiH_3Cl

b. CCl_4 **d.** AsH_3

ⓑ

أسئلة الإجابات القصيرة

11. تم اكتشاف مركّب درجة انصهاره 100– °C. فأي مما يأتي ينطبق على هذا المركب؟

a. روابطه أيونية

b. روابطه تساهمية قطبية

c. له رابطة تساهمية قطبية أو رابطة تساهمية غير قطبية

d. له رابطة تساهمية قطبية أو رابطة أيونية

ⓒ

12. أي مما يأتي لا يمكن أن يكون درجة انصهار Cr_2O_3؟

a. 2375 °C **c.** 148 °C

b. 950 °C **d.** 3342 °C

ⓒ

13. أي المركبات الآتية تنطبق عليه البيانات الواردة في الجدول؟

a. المركبات التساهمية القطبية لها درجة غليان مرتفعة.

b. المركبات التساهمية القطبية لها درجة انصهار مرتفعة.

c. المركبات الأيونية لها درجة انصهار منخفضة.

d. المركبات الأيونية لها درجة غليان مرتفعة.

ⓓ

14. تحتوي الأحماض الأكسجينية على عنصر الهيدروجين وأنيون الأكسجين، ويوجد منها نوعان يحتويان على الهيدروجين والنيتروجين والأكسجين. حدِّد هذين الحمضين، وكيف يمكن تعرُّفهما اعتمادًا على أسمائهما وصيغتهما؟

حمض النيتريك HNO_3، وحمض النيتروز HNO_2.

يشير مقطع(يك) إلى العدد الأكبر لذرات الأكسجين، أما المقطع (وز) فيشير إلى العدد الأقل لذرات الأكسجين. إضافة إلى

أن الصيغة الجزيئية تُبين عدد ذرات كلّ عنصر.

استخدم طيف الانبعاث الذري أدناه للإجابة عن السؤالين 12 و13.

النانومتر

15. قدِّر طول موجه الفوتون المنبعث من هذا العنصر.

580 nm

16. احسب تردد الفوتون المنبعث من هذا العنصر.

$c = \lambda \times \nu$

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \frac{(3.00\times10^{8}\ \cancel{m}.\ s^{-1})}{(580\times10^{-9}\ \cancel{m})} = 5.2\times10^{14} s^{-1} \text{ or Hz}$$

استعن بالجدول أدناه للإجابة عن الأسئلة 14 و15.

التمثيل النقطي للإلكترونات (تركيب لويس)								
المجموعة	1	2	13	14	15	16	17	18
	Li·	·Be·	·B·	·C·	·N·	·O:	:F:	:Ne:

17. اعتمادًا على تراكيب لويس المبيّنة أعلاه، أيّ الأزواج الآتية ترتبط بنسبة 3 : 2؟

a. ليثيوم وكربون

b. بيريليوم وفلور

c. بيريليوم ونيتروجين

d. بورون وأكسجين

e. بورون وكربون

(d)

18. ما عدد إلكترونات مستوى الطاقة الأخير في عنصر البريليوم إذا أصبح أيونًا موجبًا؟

a. 0
b. 2
c. 4
d. 6
e. 8

(a)

أسئلة الإجابات المفتوحة

يَنتُج الجزيء XY_2 عن اتحاد ذرة العنصر X مع ذرتين من العنصر Y. فإذا علمت أنّ العدد الذري للعنصر X يساوي 8 والعدد الذري للعنصر Y هو 1، فأجب عمّا يلي:

19. ارسم شكل لويس لهذا الجزيء.

20. هل الجزيء قطبي أم لا؟ فسِّر إجابتك.

الجزيء قطبي؛ بسبب وجود فرق في الكهروسالبية بين ذرات العناصر المكوِّنة للروابط فيه، والروابط غير المتماثلة.

21. وضِّح نوع المستوى الهجين في هذا الجزيء.

التوزيع الذري لـ X: $1s^2\ 2s^2\ 2p^4$

يحدث اندماج للمستويات الفرعية 2s و2p ويتكوّن أربع مستويات هجينة من نوع sp^3.

22. فسِّر لماذا تكون الزوايا بين الروابط في هذا الجزيء أقلّ من 109.5° درجة؟

رغم أن التهجين في هذا الجزيء sp^3 إلا أن الزاوية أقلّ من 109.5؛ بسبب تنافر أزواج الإلكترونات غير المترابطة الموجودة على الذرة المركزية.

الحسابات الكيميائية

5-1 المقصود بالحسابات الكيميائية

الصفحات 16 - 12

مسائل تدريبية

الصفحتان 16 - 15

1. فسِّر المعادلات الكيميائية الموزونة الآتية من حيث عدد الجسيمات، والمولات، والكتلة، آخذًا بعين الاعتبار قانون حفظ الكتلة:

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

الجسيمات:

1 molecule N_2 + 3 molecules H_2 ⟶ 2 molecules NH_3

المولات:

1 mol N_2 + 3 mol H_2 ⟶ 2 mol NH_3

كتلة المواد المتفاعلة:

$$N_2\text{: } 2\ \text{mol}\ N \times \frac{14.007\text{g N}}{1\ \text{mol}\ N} = 28.014\text{g N}$$

$$3H_2\text{: } 6\ \text{mol}\ H \times \frac{1.008\text{gH}}{1\ \text{mol}\ H} = 6.048\text{g H}$$

كتلة المواد المتفاعلة = 34.062g

كتلة المواد الناتجة:

$$2NH_3\text{: } 2\ \text{mol}\ N \times \frac{14.007\text{g N}}{1\ \text{mol}\ N} + 6\ \text{mol}\ H \times \frac{1.008\text{gH}}{1\ \text{mol}\ H}$$

$= 34.062\text{g } NH_3$

كتلة المواد الناتجة = 34.062g

$28.014\text{g } N_2 + 6.048\text{ g } H_2 \longrightarrow 34.062\text{ g } NH_3$

مواد ناتجة 34 062g = مواد متفاعلة 34 062g

h. $HCl_{(aq)} + KOH_{(aq)} \rightarrow KCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

الجسيمات:

1 molecule HCl + 1 formula unit KOH ⟶ 1 formula unit KCl + 1 molecule H_2O

المولات:

1 mol HCl + 1 mol KOH ⟶ 1 mol KCl + 1 mol H_2O

كتلة المواد المتفاعلة:

$$HCl\text{: } 1\ \text{mol}\ H \times \frac{1.008\text{g H}}{1\ \text{mol}\ H} + 1\ \text{mol}\ Cl \times \frac{35.453\text{g Cl}}{1\ \text{mol}\ Cl}$$

$= 36.461\text{g HCl}$

$$KOH\text{: } 1\ \text{mol}\ K \times \frac{39.098\text{g K}}{1\ \text{mol}\ K} + 1\ \text{mol}\ O \times \frac{15.999\text{g O}}{1\ \text{mol}\ O}$$

$$1\ \text{mol}\ H \times \frac{1.008\text{g H}}{1\ \text{mol}\ H} = 56.105\text{g KOH}$$

كتلة المواد المتفاعلة = 92.566g

كتلة المواد الناتجة:

$$KCl\text{: } 1\ \text{mol}\ K \times \frac{39.098\text{g K}}{1\ \text{mol}\ K} + 1\ \text{mol}\ Cl \times \frac{35.453\text{g Cl}}{1\ \text{mol}\ Cl}$$

$= 74.551\text{g KCl}$

$$H_2O\text{: } 2\ \text{mol}\ H \times \frac{1.008\text{g H}}{1\ \text{mol}\ H} + 1\ \text{mol}\ O \times \frac{15.999\text{g O}}{1\ \text{mol}\ O}$$

$= 18.015\text{g } H_2O$

كتلة المواد الناتجة = 92.566g

$36.461\text{gHCl} + 56.105\text{gKOH} \rightarrow 74.551\text{gKCl} + 18.015\text{gH}_2\text{O}$

مواد ناتجة 92 566g = مواد متفاعلة 92 566g

i. $2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MgO_{(s)}$

2 atoms Mg + 1 molecule O_2 ⟶ 2 formula unit MgO

2 mol Mg + 1 mol O_2 ⟶ 2 mol MgO

كتلة المواد المتفاعلة:

$$2Mg\text{: } 2\ \text{mol}\ Mg \times \frac{24.305\text{ g Mg}}{1\ \text{mol}\ Mg} = 48.610\text{g Mg}$$

$$O_2\text{: } 2\ \text{mol}\ O \times \frac{15.999\text{ g O}}{1\ \text{mol}\ O} = 31.998\text{ g O}$$

كتلة المواد المتفاعلة = 80 608g

كتلة المواد الناتجة:

2MgO:

$$2\ \text{mol}\ Mg \times \frac{24.305\text{ g Mg}}{1\text{ mol Mg}}\ 2\ \text{mol}\ O \times \frac{15.999\text{ g O}}{1\ \text{mol}\ O}$$

$= 80.608\text{g MgO}$

كتلة المواد الناتجة = 80 608g

$48.610\text{g Mg} + 31.998\text{g O} \rightarrow 80.608\text{g MgO}$

مواد ناتجة 80 608g = مواد متفاعلة 80 608g

2. **تحفيز** زن المعادلات الكيميائية الآتية، ثُمّ فسِّرها من حيث عدد الجسيمات المُمثِّلة والمولات والكتلة، آخذًا بعين الاعتبار قانون حفظ الكتلة:

a. $__ Na_{(s)} + __ H_2O_{(1)} \rightarrow __ NaOH_{(aq)} + __ H_{(2)(g)}$

$2Na_{(s)} + 2H_2O_{(1)} \rightarrow 2NaOH_{(aq)} + 1H_{2(g)}$

الجسيمات:

2 atoms Na + 2 molecules $H_2O \longrightarrow$

2 formula units NaOH + 1 molecule H_2

المولات:

2 mol Na + 2 mol $H_2O \longrightarrow$

2 mol NaOH + 1 mol H_2

كتلة المواد المتفاعلة:

$2Na: 2\ \cancel{mol\ Na} \times \frac{22.990g\ Na}{1\ \cancel{mol\ Na}} = 45.980g\ Na$

$2H_2O: 4\ \cancel{mol\ H} \times \frac{1.008g\ H}{1\ \cancel{mol\ H}} + 2\ \cancel{mol\ O} \times \frac{15.999g\ O}{1\ \cancel{mol\ O}}$

$= 36.030g\ H_2O$

كتلة المواد المتفاعلة = 82 01g

كتلة المواد الناتجة:

2NaOH:

$2\ \cancel{mol\ Na} \times \frac{22.990g\ Na}{1\ \cancel{mol\ Na}} + 2\ \cancel{mol\ O} \times \frac{15.999g\ O}{1\ \cancel{mol\ O}}$

$+ 2\ \cancel{mol\ H} \times \frac{1.008g\ H}{1\ \cancel{mol\ H}} = 79.994\ g\ NaOH$

$H_2: 2\ \cancel{mol\ H} \times \frac{1.008g\ H}{1\ \cancel{mol\ H}} = = 2.016g\ H$

كتلة المواد الناتجة = 82 01g

$45.980g\ Na + 36.030g\ H_2O \rightarrow 79.994g\ NaOH + 2.016g\ H$

مواد ناتجة 82 01g = مواد متفاعلة 82 01g

b. $__ Zn_{(s)} + \quad HNO_{3(aq)} \rightarrow \quad Zn(NO_3)_{2(aq)} + \quad N_2O_{(g)} + \quad H_2O_{(1)}$

$4Zn_{(s)} + 10HNO_{3(aq)} \rightarrow 4Zn(NO_3)_{2(aq)} + 1N_2O_{(g)} + 5H_2O_{(1)}$

الجسيمات:

4 atoms Zn + 10 molecules $HNO_3 \longrightarrow$

4 formula unit $Zn(NO_3)_2$ + 1 molecule N_2O

+ 5 molecules H_2O

المولات:

4 mol Zn + 10 mol $HNO_3 \rightarrow$

4 mol $Zn(NO_3)_2$ + 1 mol N_2O + 5 mol H_2O

كتلة المواد المتفاعلة:

$4Zn: 4\ \cancel{mol\ Zn} \times \frac{65.39g\ Zn}{1\ \cancel{mol\ Zn}} = 261.56g\ Zn$

$10HNO_3:$

$10\ \cancel{mol\ H} \times \frac{1.008g\ H}{1\ \cancel{mol\ H}} + 10\ \cancel{mol\ N} \times \frac{14.007g\ N}{1\ \cancel{mol\ N}} +$

$30\ \cancel{mol\ O} \times \frac{15.999g\ O}{1\ \cancel{mol\ O}} = 630.12g\ HNO_3$

كتلة المواد المتفاعلة = 891 68g

كتلة المواد الناتجة:

$4Zn(NO_3)_2:$

$4\ \cancel{mol\ Zn} \times \frac{65.39g\ Zn}{1\ \cancel{mol\ Zn}} + 8\ \cancel{mol\ N} \times \frac{14.007g\ N}{1\ \cancel{mol\ N}}$

$+ 24\ \cancel{mol\ O} \times \frac{15.999g\ O}{1\ \cancel{mol\ O}} = 757.592g\ Zn(NO_3)_2$

$N_2O: 2\ \cancel{mol\ N} \times \frac{14.007g\ N}{1\ \cancel{mol\ N}} + 1\ \cancel{mol\ O} \times \frac{15.999g\ O}{1\ \cancel{mol\ O}}$

$= 44.013g\ N_2O$

$5H_2O: 10\ \cancel{mol\ H} \times \frac{1.008g\ H}{1\ \cancel{mol\ H}} + 5\ \cancel{mol\ O} \times \frac{15.999g\ O}{1\ \cancel{mol\ O}}$

$= 90.075g\ H_2O$

كتلة المواد الناتجة = 891 68g

$261.56g\ Zn + 630.12g\ HNO_3 \rightarrow 757.592g\ Zn(NO_3)_2$

$+ 44.013gN_2O + 90.075g\ H_2O$

مواد ناتجة 891 68g = مواد متفاعلة 891 68g

3. حدِّد النسب المولية جميعها لكلٍّ من المعادلات الكيميائية الموزونة الآتية:

a. $4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Al_2O_{3(s)}$

$\frac{4\ mol\ Al}{3\ mol\ O_2} \quad \frac{3\ mol\ O_2}{2\ mol\ Al_2O_3} \quad \frac{2\ mol\ Al_2O_3}{4\ mol\ Al}$

$\frac{3\ mol\ O_2}{4\ mol\ Al} \quad \frac{2\ mol\ Al_2O_3}{3\ mol\ O_2} \quad \frac{4\ mol\ Al}{2\ mol\ Al_2O_3}$

b. $3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(1)} \rightarrow Fe_{(3)}O_{4(s)} + 4H_{2(g)}$

$\frac{3\ mol\ Fe}{4\ mol\ H_2O} \quad \frac{3\ mol\ Fe}{4\ mol\ H_2} \quad \frac{3\ mol\ Fe}{1\ mol\ Fe_3O_4}$

$\frac{4\ mol\ H_2O}{3\ mol\ Fe} \quad \frac{4\ mol\ H_2}{3\ mol\ Fe} \quad \frac{1\ mol\ Fe_3O_4}{3\ mol\ Fe}$

$\frac{1\ mol\ Fe_3O_4}{4\ mol\ H_2}$ $\frac{1\ mol\ Fe_3O_4}{4\ mol\ H_2O}$ $\frac{4\ mol\ H_2O}{4\ mol\ H_2}$

$\frac{4\ mol\ H_2}{1\ mol\ Fe_3O_4}$ $\frac{4\ mol\ H_2O}{1\ mol\ Fe_3O_4}$ $\frac{4\ mol\ H_2}{4\ mol\ H_2O}$

c. $2HgO_{(s)} \rightarrow 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$

$\frac{2\ mol\ HgO}{2\ mol\ Hg}$ $\frac{1\ mol\ O_2}{2\ mol\ Hg}$ $\frac{1\ mol\ O_2}{2\ mol\ HgO}$

$\frac{2\ mol\ Hg}{2\ mol\ HgO}$ $\frac{2\ mol\ Hg}{1\ mol\ O_2}$ $\frac{2\ mol\ HgO}{1\ mol\ O_2}$

4. تحفيز زن المعادلات الكيميائية الآتية، ثُمّ حدِّد النسب المولية الممكنة:

a. $ZnO_{(s)} + HCl_{(aq)} \rightarrow ZnCl_{2(aq)} + H_2O_{(l)}$

$\mathbf{ZnO_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow ZnCl_{2(aq)} + H_2O_{(l)}}$

$\frac{1\ mol\ ZnO}{2\ mol\ HCl}$ $\frac{1\ mol\ ZnO}{1\ mol\ ZnCl_2}$ $\frac{1\ mol\ ZnO}{1\ mol\ H_2O}$

$\frac{2\ mol\ HCl}{1\ mol\ ZnO}$ $\frac{2\ mol\ HCl}{1\ mol\ ZnCl_2}$ $\frac{2\ mol\ HCl}{1\ mol\ H_2O}$

$\frac{1\ mol\ ZnCl_2}{1\ mol\ ZnO}$ $\frac{1\ mol\ ZnCl_2}{2\ mol\ HCl}$ $\frac{1\ mol\ ZnCl_2}{1\ mol\ H_2O}$

$\frac{1\ mol\ H_2O}{1\ mol\ ZnO}$ $\frac{1\ mol\ H_2O}{2\ mol\ HCl}$ $\frac{1\ mol\ H_2O}{1\ mol\ ZnCl_2}$

b. $C_4H_{10(g)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$

$\mathbf{2C_4H_{10(g)} + 13O_{2(g)} \rightarrow 8CO_{2(g)} + 10H_2O_{(l)}}$

$\frac{2\ mol\ C_4H_{10}}{13\ mol\ O_2}$ $\frac{2\ mol\ C_4H_{10}}{8\ mol\ CO_2}$ $\frac{2\ mol\ C_4H_{10}}{10\ mol\ H_2O}$

$\frac{13\ mol\ O_2}{2\ mol\ C_4H_{10}}$ $\frac{8\ mol\ CO_2}{2\ mol\ C_4H_{10}}$ $\frac{10\ mol\ H_2O}{2\ mol\ C_4H_{10}}$

$\frac{10\ mol\ H_2O}{13\ mol\ O_2}$ $\frac{10\ mol\ H_2O}{8\ mol\ CO_2}$ $\frac{8\ mol\ CO_2}{13\ mol\ O_2}$

$\frac{13\ mol\ O_2}{10\ mol\ H_2O}$ $\frac{8\ mol\ CO_2}{10\ mol\ H_2O}$ $\frac{13\ mol\ O_2}{8\ mol\ CO_2}$

التقويم 5-1

الصفحة 16

5. قارن بين كتل المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في التفاعل الكيميائي، ووضِّح العلاقة بين هذه الكتل.

تُشير مُعامِلات المعادلة الكيميائية الموزونة إلى العلاقة المولية بين كل زوج من المواد المتفاعة والمواد الناتجة، بحيث تكون كتل المواد المتفاعة والمواد الناتجة متساوية.

6. حدِّد عدد النسب المولية التي يمكن كتابتها لتفاعل كيميائي يوجد فيه ثلاث مواد.

$n = 3$، لذا:

$(n)(1-n) = (3)(2) =$ 6 نسب مولية

7. صنِّف طرائق تفسير المعادلة الكيميائية الموزونة.

الجسيمات (الذرات، الجزيئات، وحدات الصيغة)، والمولات، والكتلة.

8. طبِّق المعادلة العامة لتفاعل كيميائي هي: $xA + yB \rightarrow zAB$ حيث يُمثِّل A وB عنصرين، وتُمثِّل x وy وz المُعامِلات. حدِّد النسب المولية لهذا التفاعل.

$\frac{xA}{yB}$ $\frac{xA}{zAB}$ $\frac{yB}{xA}$

$\frac{yB}{zAB}$ $\frac{zAB}{xA}$ $\frac{zAB}{yB}$

9. طبِّق يتفكَّك فوق أكسيد الهيدروجين ليُنتِج الماء والأكسجين. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل، ثُمّ حدِّد النسب المولية.

$\mathbf{2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2}$

$\frac{2\ mol\ H_2O_2}{2\ mol\ H_2O}$ $\frac{2\ mol\ H_2O_2}{1\ mol\ O_2}$ $\frac{2\ mol\ H_2O}{2\ mol\ H_2O_2}$

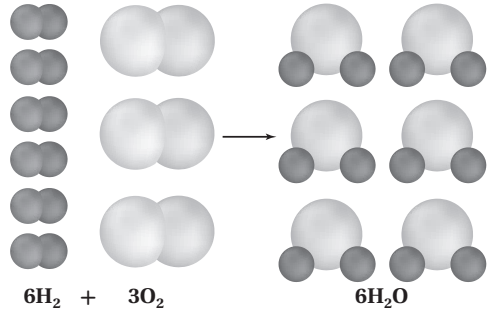
$\frac{2\ mol\ H_2O}{1\ mol\ O_2}$ $\frac{1\ mol\ O_2}{2\ mol\ H_2O_2}$ $\frac{1\ mol\ O_2}{2\ mol\ H_2O}$

10. نمذج اكتب النسب المولية لتفاعل غاز الهيدروجين مع غاز الأكسجين. $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)}$.

ارسم 6 جزيئات هيدروجين تتفاعل مع العدد المناسب من جزيئات الأكسجين، ثُمّ وضِّح عدد جزيئات الماء المتكوّنة.

$$\frac{2\text{ mol }H_2}{2\text{ mol }H_2O} \text{ و } \frac{2\text{ mol }H_2}{1\text{ mol }O_2}$$
$$\frac{1\text{ mol }O_2}{2\text{ mol }H_2O} \text{ و } \frac{1\text{ mol }O_2}{2\text{ mol }H_2}$$
$$\frac{2\text{ mol }H_2O}{1\text{ mol }O_2} \text{ و } \frac{2\text{ mol }H_2O}{2\text{ mol }H_2}$$

يجب أن يُظهِر الرسم التوضيحي للطلاب تفاعل 6 جزيئات من الهيدروجين مع 3 جزيئات من الأكسجين لإنتاج 6 جزيئات من الماء كما يلي:



5-2 الحسابات الكيميائية والمعادلات الكيميائية

الصفحات 22 - 17

مسائل تدريبية

الصفحات 21 - 19

11. يتفاعل غاز الميثان مع الكبريت مُنتجًا ثاني كبريتيد الكربون CS_2، وهو سائل يُستخدَم غالبًا في صناعة السلوفان.

$$__CH_{4(g)} + __S_{8(s)} \longrightarrow __CS_{2(l)} + __ H_2S_{(g)}$$

a. اكتب معادلة التفاعل موزونة.

$$2CH_{4(g)} + S_{8(s)} \rightarrow 2CS_{2(l)} + 4H_2S_{(g)}$$

b. احسب عدد مولات CS_2 الناتجة عن تفاعل 1.5 mol من S_8.

$$1.5\text{ mol } S_8 \times \frac{2\text{ mol } CS_2}{1\text{ mol } S_8} = 3.00\text{ mol } CS_2$$

c. ما عدد مولات H_2S الناتجة؟

$$1.5\text{ mol } S_8 \times \frac{4\text{ mol } H_2S}{1\text{ mol } S_8} = 6.00\text{ mol } H_2S$$

12. تحفيز يتكوّن حمض الكبريتيك من تفاعل ثاني أكسيد الكبريت SO_2 مع الأكسجين والماء.

a. اكتب المعادلة الموزونة لهذا التفاعل.

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2H_2SO_{4(aq)}$$

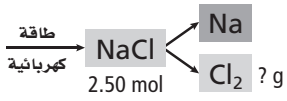
b. ما عدد مولات H_2SO_4 الناتجة عن تفاعل 12.5 mol SO_2؟

$$12.5\text{ mol } SO_2 \times \frac{2\text{ mol } H_2SO_4}{2\text{ mol } SO_2} = 12.5\text{ mol } H_2SO_4$$

c. ما عدد مولات O_2 اللازمة للتفاعل؟

$$12.5\text{ mol } SO_2 \times \frac{1\text{ mol } O_2}{2\text{ mol } SO_2} = 6.25\text{ mol } O_2$$

13. يتفكَّك كلوريد الصوديوم إلى عناصره الأساسية؛ الكلور، والصوديوم بتمرير تيار كهربائي في محلوله. فما كمية غاز الكلور بالجرامات، التي نحصل عليها من العملية الموضَّحة؟



الخطوة 1: زن المعادلة الكيميائية.

$$2NaCl_{(s)} \rightarrow 2Na_{(s)} + Cl_{2(g)}$$

الخطوة 2: احسب عدد مولات الكلور.

$$2.50\text{ mol NaCl} \times \frac{1\text{mol } Cl_2}{2\text{ mol NaCl}} = 1.25\text{ mol } Cl_2$$

الخطوة 3: احسب كتلة الكلور بالجرامات.

$$1.25\text{ mol } Cl_2 \times \frac{70.9\text{ g } Cl_2}{1\text{ mol } Cl_2} = 88.6\text{ g } Cl_2$$

14. تحفيز يُستخدَم معدن التيتانيوم وهو فلز انتقالي– في الكثير من السبائك، لقوته العالية وخفة وزنه. ويُستخلَص رابع كلوريد التيتانيوم $TiCl_4$ من ثاني أكسيد التيتانيوم TiO_2 باستخدام الكلور وفحم الكوك (الكربون) وفقًا للمعادلة:

$$TiO_{2(s)} + C_{(s)} + 2Cl_{2(g)} \longrightarrow TiCl_{4(s)} + CO_{2(g)}$$

a. ما كتلة غاز Cl_2 اللازمة للتفاعل مع 1.25 mol من TiO_2؟

الخطوة 1: احسب عدد مولات الكلور.

$$1.25\ \cancel{mol\ TiO_2} \times \frac{2 mol\ Cl_2}{1\ \cancel{mol\ TiO_2}} = 2.50\ mol\ Cl_2$$

الخطوة 2: احسب كتلة الكلور بالجرامات.

$$2.50\ \cancel{mol\ Cl_2} \times \frac{70.9\ g\ Cl_2}{1\ \cancel{mol\ Cl_2}} = 177\ g\ Cl_2$$

b. ما كتلة C اللازمة للتفاعل مع 1.25 mol من TiO_2؟

الخطوة 1: احسب عدد مولات الكربون.

$$1.25\ \cancel{mol\ TiO_2} \times \frac{1 mol\ C}{1\ \cancel{mol\ TiO_2}} = 1.25\ mol\ C$$

الخطوة 2: احسب كتلة الكلور بالجرامات.

$$1.25\ \cancel{mol\ C} \times \frac{12.011\ g\ C}{1\ \cancel{mol\ C}} = 15.0\ g\ C$$

c. ما كتلة المواد الناتجة جميعها من تفاعل 1.25 mol من TiO_2؟

الخطوة 1: احسب عدد مولات TiO_2 المستهلكة.

$$1.25\ \cancel{mol\ TiO_2} \times \frac{79.865\ g\ TiO_2}{1\ \cancel{mol\ TiO_2}} = 99.8\ TiO_2$$

الخطوة 2: احسب كتلة المواد المتفاعلة جميعها بالجرامات.

$$99.8\ g\ TiO_2 + 15.0 g\ C + 177 g\ Cl_2 = 292 g$$

كتلة المواد المتفاعلة = 292g

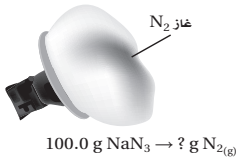
وبما أن الكتلة محفوظة؛

كتلة المواد الناتجة = كتلة المواد المتفاعلة

كتلة المواد الناتجة = 292g

15. أحد التفاعلات المُستخدَمة في نفخ وسادة السلامة الهوائية الموجودة في مقود السيارة هو أزيد الصوديوم NaN_3 وفقًا للمعادلة: $2NaN_{3(s)} \rightarrow 2Na_{(s)} + 3N_{2(g)}$

احسب كتلة N_2 الناتجة عن تحلّل NaN_3، كما يَظهَر في الرسم المجاور.



$$2NaN_{3(s)} \rightarrow 2Na_{(s)} + 3N_{2(g)}$$

الخطوة 1: احسب عدد مولات NaN_3.

$$100 g\ \cancel{NaN_3} \times \frac{1 mol\ NaN_3}{65.02 g\ \cancel{NaN_3}} = 1.538\ mol\ NaN_3$$

الخطوة 2: احسب عدد مولات N_2.

$$1.538\ mol\ \cancel{NaN_3} \times \frac{3 mol\ N_2}{2\ mol\ \cancel{NaN_3}} = 2.307\ mol\ N_2$$

الخطوة 3: احسب كتلة N_2 بالجرامات.

$$2.307\ \cancel{mol\ N_2} \times \frac{28.02 g\ N_2}{1\ \cancel{mol\ N_2}} = 64.64\ g\ N_2$$

16. تحفيز عند تشكُّل المطر الحمضي يتفاعل ثاني أكسيد الكبريت SO_2 مع الأكسجين والماء في الهواء ليُشكِّل حمض الكبريتيك H_2SO_4. اكتب المعادلة الموزونة للتفاعل. وإذا تفاعل 2.5g SO_2 مع الأكسجين والماء، فاحسب كتلة H_2SO_4 الناتجة بالجرامات؟

الخطوة 1: زن المعادلة الكيميائية.

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2H_2SO_{4(aq)}$$

الخطوة 2: احسب عدد مولات SO_2.

$$2.50 g\ \cancel{SO_2} \times \frac{1 mol\ SO_2}{64.07 g\ \cancel{SO_2}} = 0.0390\ mol\ SO_2$$

الخطوة 3: احسب عدد مولات H_2SO_2.

$$0.0390\ \cancel{mol\ SO_2} \times \frac{2 mol\ H_2SO_2}{2\ \cancel{mol\ SO_2}}$$
$$= 0.0390\ mol\ H_2SO_2$$

الخطوة 4: احسب كتلة H_2SO_2 بالجرامات.

$$0.0390\ \cancel{mol\ H_2SO_2} \times \frac{98.09 g\ H_2SO_2}{1\ \cancel{mol\ H_2SO_2}}$$
$$= 3.83 g\ H_2SO_2$$

التقويم 5-2

الصفحة 22

17. **فسِّر** لماذا تُستخدَم المعادلة الكيميائية الموزونة في حلّ مسائل الحسابات الكيميائية.

تُعبر المُعامِلات في المعادلة الكيميائية الموزونة عن العلاقات المولية بين كلّ زوج من المواد المتفاعلة والناتجة.

18. **اذكر** الخطوات الأربع المُستخدَمة في حلّ مسائل الحسابات الكيميائية.

1. زن المعادلة.
2. حوِّل كتلة المادة المعروفة إلى عدد مولات.
3. استخدِم النسبة المولية في تحويل عدد مولات المادة المعروفة إلى عدد مولات المادة المجهولة.
4. حوّل عدد مولات المادة المجهولة إلى كتلة بالجرامات.

19. **طبِّق** كيف يمكن حساب كتلة البروم السائل الضرورية للتفاعل كليًّا مع كتلة معروفة من الماغنسيوم.

اكتب معادلة موزونة، وحوِّل الكتلة المعطاة للماغنسيوم Mg إلى عدد مولات. ثُمّ استخدم النسبة المولية من المعادلة لتحويل عدد مولات Mg إلى عدد مولات Br. وأخيرًا حوِّل عدد مولات Br إلى كتلة بالجرامات.

20. **احسب** كتلة الأمونيا الناتجة عن تفاعل 2.70 g من الهيدروجين مع كمية وافرة من النيتروجين حسب المعادلة:

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

الخطوة 1: احسب عدد مولات H_2.

$$2.70\text{g } H_2 \times \frac{1\text{ mol } H_2}{2.016\text{g } H_2} = 1.34\text{ mol } H_2$$

الخطوة 2: احسب عدد مولات NH_3.

$$1.34\text{ mol } H_2 \times \frac{2\text{ mol } NH_3}{3\text{ mol } H_2} = 0.893\text{ mol } NH_3$$

الخطوة 3: احسب كتلة NH_3 بالجرامات.

$$0.893\text{ mol } NH_3 \times \frac{17.030\text{g } NH_3}{1\text{ mol } NH_3} = 15.2\text{ g } NH_3$$

21. **صمِّم** خريطة مفاهيم للتفاعل الآتي:

$$CaCO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow CaCl_{2(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

يجب أن تُفسِّر خريطة المفاهيم كيفية تحديد كتلة $CaCl_2$ الناتجة عن تفاعل كمية معلومة من HCl.

ستتنوّع خرائط المفاهيم، ولكن يجب على الجميع بيان استعمالهم مُعامِلات التحويل التالية: معكوس الكتلة المولية، والنسب المولية، والكتلة المولية.

5-3 المادة المحدّدة للتفاعل

الصفحات 29 – 23

مسائل تدريبية

الصفحة 27

22. يتفاعل الصوديوم مع أكسيد الحديد (III) وفق المعادلة الكيميائية:

$$6Na_{(s)} + Fe_2O_{3(s)} \rightarrow 3Na_2O_{(s)} + 2Fe_{(s)}$$

إذا تفاعل 100g من Na مع 100.0g من Fe_2O_3، فاحسب كلًّا ممّا يأتي:

a. المادة المُحدِّدة للتفاعل.

الخطوة 1: احسب عدد مولات Na.

$$100.0\text{g Na} \times \frac{1\text{ mol Na}}{22.99\text{ g Na}} = 4.350\text{ mol Na}$$

الخطوة 2: احسب عدد مولات Fe_2O_3.

$$100.0\text{g } Fe_2O_3 \times \frac{1\text{mol } Fe_2O_3}{159.7\text{g } Fe_2O_3} = 0.6261\text{ mol } Fe_2O_3$$

الخطوة 3: قارن بين النسبة المولية الفعلية واللازمة لـ Na وFe_2O_3:

$$\frac{0.6261\text{ mol } Fe_2O_3}{4.350\text{ mol Na}} \text{ مقارنة بـ } \frac{1\text{ mol } Fe_2O_3}{6\text{ mol Na}}$$

النسبة المولية الفعليّة 1439 0 مقارنة بالنسبة المولية اللازمة 1667 0:

النسبة المولية الفعليّة أقلّ من النسبة المولية اللازمة. لذا، فإن أكسيد الحديد (III) Fe_2O_3 هو المادة المُحدِّدة للتفاعل.

b. المادة الفائضة.

بما أن أكسيد الحديد (III) Fe_2O_3 هو المادة المُحدِّدة للتفاعل، فإن الصوديوم هو المادة الفائضة.

c. كتلة الحديد الناتجة.

الخطوة 1: احسب عدد مولات Fe.

$$0.6261\ \cancel{\text{mol } Fe_2O_3} \times \frac{2\ \text{mol Fe}}{1\ \cancel{\text{mol } Fe_2O_3}}$$

$$= 1.252\ \text{mol Fe}$$

الخطوة 2: احسب كتلة Fe بالجرامات.

$$1.252\ \cancel{\text{mol Fe}} \times \frac{55.85\text{g Fe}}{1\ \cancel{\text{mol Fe}}} = 69.92\text{g Fe}$$

d. كتلة المادة الفائضة المتبقية بعد انتهاء التفاعل.

الخطوة 1: احسب عدد مولات Na اللازمة.

$$0.6261\ \cancel{\text{mol } Fe_2O_3} \times \frac{6\ \text{mol Na}}{1\ \cancel{\text{mol } Fe_2O_3}} = 3.757\ \text{mol Na}$$

الخطوة 2: احسب كتلة Na اللازمة بالجرامات.

$$3.757\ \cancel{\text{mol Na}} \times \frac{22.9\ \text{g Na}}{1\ \cancel{\text{mol Na}}} = 86.37\text{g Na}$$

كتلة المادة اللازمة − كتلة المادة المعطاة = كتلة المادة الفائضة

= 100.0g Na − 86.37g Na

=13 6g Na فائضة

23. تحفيز يَستعمِل تفاعل البناء الضوئي في النباتات ثاني أكسيد الكربون والماء لإنتاج السكر $C_6H_{12}O_6$، وغاز الأكسجين. فإذا توافر لنبتة ما 88.0g من ثاني أكسيد الكربون، و64.0g من الماء للقيام بعملية البناء الضوئي:

a. فاكتب معادلة التفاعل الموزونة.

$$6CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)} \rightarrow C_6H_{12}O_{6(aq)} + 6O_{2(g)}$$

b. وحدِّد المادة المُحدِّدة للتفاعل.

الخطوة 1: احسب عدد مولات CO_2.

$$88.0\text{g } \cancel{CO_2} \times \frac{1\ \text{mol } CO_2}{44.01\text{g } \cancel{CO_2}} = 2.00\ \text{mol } CO_2$$

الخطوة 2: احسب عدد مولات H_2O.

$$64.0\text{g } \cancel{H_2O} \times \frac{1\ \text{mol } H_2O}{18.0\text{g } \cancel{H_2O}} = 3.55\ \text{mol } H_2O$$

الخطوة 3: قارن بين النسبة المولية الفعليّة واللازمة لـ CO_2 وH_2O:

$$\frac{2.00\ \text{mol } CO_2}{3.55\ \text{mol } H_2O} \quad \text{مقارنة بـ} \quad \frac{6\ \text{mol } CO_2}{6\ \text{mol } H_2O}$$

النسبة المولية الفعليّة 563 0 مقارنة بالنسبة المولية اللازمة 00 1:

النسبة المولية الفعليّة أقلّ من النسبة المولية اللازمة. لذا، فإن ثاني أكسيد الكربون CO_2 هو المادة المُحدِّدة للتفاعل.

c. وحدِّد المادة الفائضة.

الماء هو المادة الفائضة.

d. واحسب كتلة المادة الفائضة.

الخطوة 1: احسب عدد مولات H_2O اللازمة.

$$2.00\ \cancel{\text{mol } CO_2} \times \frac{6\ \text{mol } H_2O}{6\ \cancel{\text{mol } CO_2}} = 2.00\ \text{mol } H_2O$$

الخطوة 2: احسب كتلة H_2O اللازمة بالجرامات.

$$2.00\ \cancel{\text{mol } H_2O} \times \frac{18.02\text{g } H_2O}{1.00\ \cancel{\text{mol } H_2O}} = 36.0\text{ g } H_2O$$

كتلة المادة اللازمة − كتلة المادة المعطاة = كتلة المادة الفائضة

= 64.0g H_2O − 36.0g H_2O

=28.0 g H_2O فائضة

e. واحسب كتلة السكر الناتج.

الخطوة 1: احسب عدد مولات $C_6H_{12}O_6$ الناتجة.

$$2.00\ \cancel{\text{mol } CO_2} \times \frac{1\ \text{mol } C_6H_{12}O_6}{6\ \cancel{\text{mol } CO_2}} = 0.333\ \text{mol } C_6H_{12}O_6$$

الخطوة 2: احسب كتلة $C_6H_{12}O_6$ الناتجة بالجرامات.

$$0.333\ \cancel{\text{mol } C_6H_{12}O_6} \times \frac{180.24\text{g } C_6H_{12}O_6}{1\ \cancel{\text{mol } C_6H_{12}O_6}}$$

$$= 60.0\text{ g } C_6H_{12}O_6$$

التقويم 5-3

الصفحة 29

24. **صف** لماذا يتوقف التفاعل بين مادتين؟

إن استُهلِكت إحدى المواد المتفاعلة تمامًا.

25. **حدِّد** المادة المُحدِّدة للتفاعل والمادة الفائضة في كلٍّ من التفاعلات الآتية.

a. احتراق الخشب.

يُحدِّد الخشب التفاعل، والأكسجين هو المادة الفائضة، حيث يستمر الاحتراق بوجود الخشب فقط.

b. تفاعل كبريت الهواء مع ملعقة من الفضة لتكوين كبريتيد الفضة.

الفضة هي المادة المُحدِّدة للتفاعل. والكبريت هو المادة الفائضة. فعندما يتأكسد سطح الفضة، يمنع الكبريت في الهواء من التفاعل.

c. تحلّل مسحوق الخبز في العجين لإنتاج ثاني أكسيد الكربون.

يَنتُج التحلّل عادة من مادة متفاعلة واحدة. أمّا التفاعل فيتحدَّد بكمية الخميرة الموجودة.

26. **حلِّل** يُستخدَم ثالث كبريتيد رباعي الفسفور P_4S_3 في صناعة بعض أنواع أعواد الثقاب. ويُحضَّر هذا المركّب بالتفاعل:

$$8P_4 + 3S_8 \rightarrow 8P_4S_3$$

حدِّد أيَّ الجمل الآتية غير صحيحة، وأعِدْ كتابتها لتصبح صحيحة:

a. يتفاعل 4 mol من P_4 مع 1.5 mol من S_8 لتكوين 4 mol من P_4S_3.

صحيحة.

b. عند تفاعل 4 mol من P_4 مع 4 mol من S_8 يكون الكبريت هو المادة المُحدِّدة للتفاعل.

الفوسفور هو المادة المُحدِّدة للتفاعل.

c. يتفاعل 6 mol من P_4 مع 6 mol من S_8 لتكوين 1320g من P_4S_3.

صحيحة.

5-4 نسبة المردود المئوية

الصفحات 30 – 34

مسائل تدريبية

الصفحة 32

27. تحتوي أقراص مضاد الحموضة على هيدروكسيد الألومنيوم $Al(OH)_3$ لمعادلة حمض المعدة HCl. ويمكن وصف التفاعل الحادث في المعدة بالمعادلة:

$$Al(OH)_{3(s)} + 3HCl_{(aq)} \rightarrow AlCl_{3(aq)} + 3H_2O_{(l)}$$

احسب المردود النظري لـ $AlCl_3$ إذا تفاعل قرص مضاد للحموضة يحتوي على 14.0g من $Al(OH)_3$ تمامًا مع حمض المعدة HCl.

الخطوة 1: احسب عدد مولات $Al(OH)_3$.

$$14.0\text{g}\,\cancel{Al(OH)_3} \times \frac{1\,\text{mol}\,Al(OH)_3}{78.0\text{g}\,\cancel{Al(OH)_3}} = 0.179\,\text{mol}\,Al(OH)_3$$

الخطوة 2: احسب عدد مولات $AlCl_3$.

$$0.179\,\cancel{\text{mol}\,Al(OH)_3} \times \frac{1\,\text{mol}\,AlCl_3}{1\,\cancel{\text{mol}\,Al(OH)_3}}$$

$$= 0.179\,\text{mol}\,AlCl_3$$

الخطوة 3: احسب كتلة $AlCl_3$ بالجرامات.

$$0.179\,\cancel{\text{mol}\,AlCl_3} \times \frac{133.3\text{g}\,AlCl_3}{1\,\cancel{\text{mol}\,AlCl_3}} = 23.9\text{g}\,AlCl_3$$

المردود النظري لـ $AlCl_3$ هو 23.9g.

28. يتفاعل الزنك مع اليود حسب المعادلة:

$$Zn + I_2 \rightarrow ZnI_2$$

a. احسب المردود النظري إذا تفاعل 1.912 mol من الزنك.

الخطوة 1: اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة.

$$Zn_{(s)} + I_{2(s)} \rightarrow ZnI_{2(s)}$$

الخطوة 2: احسب عدد مولات ZnI_2.

$$1.912\ \cancel{mol\ Zn} \times \frac{1\ mol\ ZnI_2}{1\ \cancel{mol\ Zn}} = 1.912\ mol\ ZnI_2$$

الخطوة 3: احسب كتلة ZnI_2 بالجرامات.

$$1.912\ \cancel{mol\ ZnI_2} \times \frac{319.2\ mol\ ZnI_2}{1\ \cancel{mol\ ZnI_2}} = 610.3g\ ZnI_2$$

المردود النظري لـ ZnI_2 هو 610.3 g.

b. احسب نسبة المردود المئوية إذا تمّ الحصول عمليًّا على 515.6 g من يوديد الزنك.

$$\text{نسبة المردود المئوية} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100\%$$

$$= \frac{515.6g\ ZnI_2}{610.3\ g\ ZnI_2} \times 100\%$$

$$= 84.48\%\ ZnI_2$$

نسبة المردود المئوية من ZnI_2 تساوي 84.48%.

29. تحفيز عند وضْع سلكٍ من النحاس في محلول نترات الفضة $AgNO_3$، تترسّب بلورات الفضة، ويتكوّن محلول نترات النحاس $Cu(NO_3)_2$.

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة للتفاعل.

$$Cu_{(s)} + 2AgNO_{3(aq)} \rightarrow 2Ag_{(s)} + Cu(NO_3)_{2(aq)}$$

b. إذا تفاعل 20.0 g من النحاس فاحسب المردود النظري للفضة.

الخطوة 1: احسب عدد مولات Cu.

$$20.0g\ \cancel{Cu} \times \frac{1\ mol\ Cu}{63.55g\ \cancel{Cu}} = 0.315\ mol\ Cu$$

الخطوة 2: احسب عدد مولات Ag.

$$0.315\ \cancel{mol\ Cu} \times \frac{2\ mol\ Ag}{1\ \cancel{mol\ Cu}} = 0.630\ mol\ Ag$$

الخطوة 3: احسب كتلة Ag بالجرامات.

$$0.630\ \cancel{mol\ Ag} \times \frac{107.9\ g\ Ag}{1\ \cancel{mol\ Ag}} = 68.0\ g\ Ag$$

المردود النظري للفضة Ag هو 68.0 g.

c. إذا نتج 60.0 g من الفضة فعليًّا من التفاعل، فما نسبة المردود المئوية للتفاعل؟

$$\text{نسبة المردود المئوية} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100\%$$

$$= \frac{60.0\ g\ Ag}{68.0\ g\ Ag} \times 100\%$$

$$= 88.2\%\ Ag$$

نسبة المردود المئوية من Ag تساوي 88.2%.

التقويم 5-4

الصفحة 34

30. حدِّد أيٌّ ممّا يلي يُعدّ أداة قياس فاعلية التفاعل الكيميائي: المردود النظري، أم المردود الفعلي، أم نسبة المردود المئوية؟

نسبة المردود المئوية.

31. اذكر عدة أسباب لعدم تساوي المردود الفعلي والمردود النظري في التفاعل الكيميائي.

لا تستمر التفاعلات جميعها حتى النهاية. ففي بعض التفاعلات تلتصق كمية من المواد المتفاعلة أو الناتجة بسطح الوعاء بحيث لا تُوزَن أو تُنقَل. كما أنه قد تَنتُج مواد غير متوقَّعة من بعض التفاعلات الجانبية.

32. وضِّح كيف تُحسَب نسبة المردود المئوية؟

يكون ذلك بقسمة المردود الفعلي على المردود النظري والضرب في مئة.

33. طبِّق إذا خلطت 83.77g من الحديد مع كمية فائضة من الكبريت، وقمت بتسخين المزيج للحصول على كبريتيد الحديد (III): $2Fe_{(s)} + 3S_{(s)} \rightarrow Fe_2S_{3(s)}$

فما المردود النظري (بالجرام) لكبريتيد الحديد (III)؟

الخطوة 1: احسب عدد مولات Fe.

$$83.77g\ \cancel{Fe} \times \frac{1\ mol\ Fe}{55.845g\ \cancel{Fe}} = 1.500\ mol\ Fe$$

الخطوة 2: احسب عدد مولات Fe_2S_3.

$$1.500\ \cancel{\text{mol Fe}} \times \frac{1\ \text{mol } Fe_2S_3}{2\ \cancel{\text{mol Fe}}} = 0.750\ \text{mol } Fe_2S_3$$

الخطوة 3: احسب كتلة Fe_2S_3 بالجرامات.

$$0.750\ \cancel{\text{mol } Fe_2S_3} \times \frac{207.885\ \text{g } Fe_2S_3}{1\ \cancel{\text{mol } Fe_2S_3}} = 155.9\ \text{g } Fe_2S_3$$

المردود النظري لـ Fe_2S_3 هو 155 9 g.

34. احسب نسبة المردود المئوية لتفاعل الماغنسيوم مع كمية فائضة من الأكسجين. $2Mg_{(S)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2MgO_{(s)}$

بيانات التفاعل	
كتلة الجفنة	35.67g
كتلة الجفنة + Mg	38.06g
كتلة الجفنة + MgO بعد التسخين	39.15g

$$\text{كتلة}_{(Mg)} = \text{كتلة}_{(\text{الجفنة+Mg})} - \text{كتلة}_{(\text{الجفنة})}$$

$$= 38.06\text{g} - 35.67 = 2.39\text{g}$$

$$\text{كتلة}_{(MgO)} = \text{كتلة}_{(\text{الجفنة+MgO})} - \text{كتلة}_{(\text{الجفنة})}$$

$$\text{المردود الفعلي} = 39.15\text{g} - 35.67\text{g} = 3.48\text{g}$$

الخطوة 1: احسب عدد مولات Mg.

$$2.39\text{g } \cancel{Mg} \times \frac{1\ \text{mol Mg}}{24.31\text{g } \cancel{Mg}} = 0.0983\ \text{mol Mg}$$

الخطوة 2: احسب عدد مولات MgO.

$$0.0983\ \cancel{\text{mol Mg}} \times \frac{2\text{mol MgO}}{2\ \cancel{\text{mol Mg}}} = 0.0983\ \text{mol MgO}$$

الخطوة 3: احسب كتلة MgO بالجرامات.

$$0.0983\ \cancel{\text{mol MgO}} \times \frac{40.31\ \text{g MgO}}{1\ \cancel{\text{mol MgO}}} = 3.96\ \text{g MgO}$$

المردود النظري لـ MgO هو 3 96 g.

$$\text{نسبة المردود المئوية} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100\%$$

$$= \frac{3.48\ \text{g MgO}}{3.96\ \text{g MgO}} \times 100\%$$

$$= 87.9\ \%\ \text{MgO}$$

نسبة المردود المئوية من MgO تساوي 87 9%.

الفصل 5 مراجعة الفصل

الصفحات 45 – 38

5-1

إتقان المفاهيم

35. لماذا يُشترَط أن تكون المعادلة الكيميائية موزونة قبل أن تحدَّد النسب المولية؟

تحدَّد النسب المولية بين المواد المتفاعلة والناتجة من المُعامِلات في المعادلة الموزونة. ولا يمكن تحديد هذه النسب إذا لم تكن المعادلة موزونة.

36. ما العلاقات التي تستطيع أن تحدِّدها من المعادلة الكيميائية الموزونة؟

العلاقات بين عدد المولات، والكتل، وعدد الجسيمات، لكلٍّ من المواد المتفاعلة والناتجة.

37. فسِّر لماذا تُعدّ النسب المولية أساس الحسابات الكيميائية؟

تسمح النسب المولية بتحويل عدد مولات مادة في المعادلة الكيميائية الموزونة لعدد مولات مادة أخرى في المعادلة نفسها.

38. ما النسبة المولية التي يمكن استخدامها لتحويل مولات المادة A إلى مولات المادة B؟

$$\frac{\text{عدد مولات B}}{\text{عدد مولات A}}$$

39. لماذا تُستخدَم المُعامِلات في المعادلة الكيميائية الموزونة لاشتقاق النسب المولية بدلًا من الأرقام الموجودة عن يمين الصيغ الكيميائية؟

توضِّح المُعامِلات في المعادلة الكيميائية الموزونة عددَ الجسيمات المُمثِّلة المُشتَرِكة في التفاعل، في حين توضِّح الأرقام التي إلى الجانب الأيمن من الصيغ الكيميائية عددَ الذرات لكلّ نوع من العناصر في الجزيء.

40. فسِّر كيف يساعدك قانون حفظ الكتلة على تفسير معادلة كيميائية موزونة من خلال الكتلة؟

مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي مجموع كتل المواد الناتجة دائمًا.

41. تتحلّل ثنائي كرومات الأمونيوم عند التسخين، وتُنتِج غاز النيتروجين وأكسيد الكروم (III) الصُّلب وبخار الماء.

$$(NH_4)_2Cr_2O_7 \rightarrow N_2 + Cr_2O_3 + 4H_2O$$

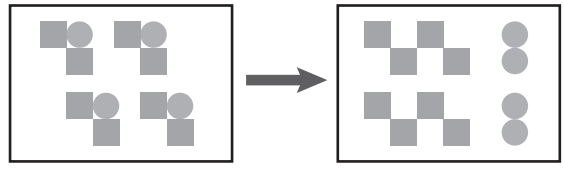
اكتب النسبة المولية لهذا التفاعل التي تربط ثنائي كرومات الأمونيوم مع المواد الناتجة.

$$\frac{1\ mol\ (NH_4)_2Cr_2O_7}{1\ mol\ N_2} \quad \frac{1 mol\ N_2}{1\ mol\ (NH_4)_2\ Cr_2O_7}$$

$$\frac{1\ mol\ (NH_4)_2Cr_2O_3}{1\ mol\ Cr_2O_3} \quad \frac{1 mol\ Cr_2O_3}{1\ mol\ (NH_4)_2Cr_2O_7}$$

$$\frac{1\ mol\ (NH_4)_2Cr_2O_7}{4\ mol\ H_2O} \quad \frac{4\ mol\ H_2O}{1\ mol\ (NH_4)_2Cr_2O_7}$$

42. يُمثِّل **الشكل 10–5** معادلة، وتُمثِّل المربعات العنصر M، كما تُمثِّل الدوائر العنصر N. اكتب معادلة موزونة لتمثيل الصور الموضَّحة باستخدام أبسط نسب عددية صحيحة، ثُمَّ اكتب النسب المولية لهذه المعادلة.



الشكل 10–5

$$2M_2N \rightarrow M_4 + N_2$$

$$\frac{2\ mol\ M_2N}{1\ mol\ M_4} \text{ ، } \frac{2\ mol\ M_2N}{1\ mol\ N_2}$$

$$\frac{1\ mol\ M_4}{1\ mol\ N_2} \text{ ، } \frac{1\ mol\ M_4}{2\ mol\ M_2N}$$

$$\frac{1\ mol\ N_2}{2\ mol\ M_2N} \text{ ، } \frac{1\ mol\ N_2}{1\ mol\ M_4}$$

إتقان حلّ المسائل

43. يتفاعل أكسيد القصدير IV مع الكربون وفق المعادلة:

$$SnO_{2(s)} + 2C_{(s)} \rightarrow Sn_{(1)} + 2CO_{(g)}$$

فسِّر المعادلة الكيميائية من حيث الجسيمات المُمثِّلة، وعدد المولات، والكتلة.

الجسيمات:

1 formula unit SnO_2 + 2 atoms C ⟶
1 atom Sn + 2 molecule CO

المولات:

1 mol SnO_2 + 2 mol C ⟶
1 mol Sn + 2 mol CO

كتلة المواد المتفاعلة:

$$SnO_2: 1\ \cancel{mol\ Sn} \times \frac{118.710\ g\ Sn}{1\ \cancel{mol\ Sn}} \times 2\ \cancel{mol\ O} \times \frac{15.999 g\ O}{1\ \cancel{mol\ O}}$$

$$= 150.71\ g\ SnO_2$$

$$2C: 2\ \cancel{mol\ C} \times \frac{12.011 g\ C}{1\ \cancel{mol\ C}} = 24.02 g\ C$$

كتلة المواد المتفاعلة = 174.73g

كتلة المواد الناتجة:

$$Sn: 1\ \cancel{mol\ Sn} \times \frac{118.710 g\ Sn}{1\ \cancel{mol\ Sn}} = 118.710 g\ Sn$$

$$2CO: 2\ \cancel{mol\ C} \times \frac{12.011 g\ C}{1\ \cancel{mol\ C}} + 2\ \cancel{mol\ O} \times \frac{15.999 g\ O}{1\ \cancel{mol\ O}}$$

$$= 56.02 g\ CO$$

كتلة المواد الناتجة = 174.73g

$150.71 g\ SnO_2 + 24.02 g\ C \rightarrow 118.710 g\ Sn + 56.02 g\ CO$

174 73g مواد متفاعلة = 174 73g مواد ناتجة

44. تتكوّن نترات النحاس (II) وثاني أكسيد النيتروجين والماء عندما يُضاف النحاس الصُّلب إلى حمض النيتريك. اكتب معادلة كيميائية موزونة للتفاعل، ثُمّ اكتب ست نسب مولية.

$$Cu_{(s)} + 4HNO_{3(aq)} \rightarrow Cu(NO_3)_{2(aq)} + 2NO_{2(g)} + 2H_2O_{(1)}$$

يجب أن تتضمّن الإجابة أيّ ست نسب مولية من الآتية:

$$\frac{1\ \text{mol Cu}}{4\ \text{mol HNO}_3}\ ،\ \frac{4\ \text{mol HNO}_3}{1\text{mol Cu}}$$

$$\frac{1\ \text{mol Cu}}{1\ \text{mol Cu(NO}_3)_2}\ ،\ \frac{1\ \text{mol Cu(NO}_3)_2}{1\ \text{mol Cu}}$$

$$\frac{1\ \text{mol Cu}}{2\ \text{mol NO}_2}\ ،\ \frac{2\ \text{mol NO}_2}{1\ \text{mol Cu}}$$

$$\frac{1\ \text{mol Cu}}{2\ \text{mol H}_2\text{O}}\ ،\ \frac{2\ \text{mol H}_2\text{O}}{1\ \text{mol Cu}}$$

$$\frac{4\ \text{mol HNO}_3}{1\text{mol Cu(NO}_3)_2}\ ،\ \frac{1\ \text{mol Cu(NO}_3)_2}{4\ \text{mol HNO}_3}$$

$$\frac{4\ \text{mol HNO}_3}{2\ \text{mol NO}_2}\ ،\ \frac{2\ \text{mol NO}_2}{4\ \text{mol HNO}_3}$$

$$\frac{4\ \text{mol HNO}_3}{2\ \text{mol H}_2\text{O}}\ ،\ \frac{2\ \text{mol H}_2\text{O}}{4\ \text{mol HNO}_3}$$

$$\frac{1\ \text{mol Cu(NO}_3)_2}{2\ \text{mol NO}_2}\ ،\ \frac{2\ \text{mol NO}_2}{1\ \text{mol Cu(NO}_3)_2}$$

$$\frac{1\ \text{mol Cu(NO}_3)_2}{2\ \text{mol H}_2\text{O}}\ ،\ \frac{2\ \text{mol H}_2\text{O}}{1\ \text{mol Cu(NO}_3)_2}$$

$$\frac{2\ \text{mol NO}_2}{2\ \text{mol H}_2\text{O}}\ ،\ \frac{2\ \text{mol H}_2\text{O}}{2\ \text{mol NO}_2}$$

45. عندما يتفاعل محلول حمض الهيدروكلوريك مع محلول نترات الرصاص (II) يترسّب كلوريد الرصاص (II) ويَنتُج محلول حمض النيتريك.

a. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل.

$$2HCl_{(aq)} + Pb(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow PbCl_{2(s)} + 2HNO_{3(aq)}$$

b. فسر المعادلة من حيث الجسيمات المُمثِّلة وعدد المولات والكتلة.

الجسيمات:

$$\text{2 molecules HCl} + \text{1 formula unit Pb(NO}_3)_2 \rightarrow$$
$$\text{1 formula unit PbCl}_2 + \text{2 molecules HNO}_3$$

المولات:

$$\text{2 mol HCl} + \text{1 mol Pb(NO}_3)_2 \rightarrow$$
$$\text{1 mol PbCl}_2 + \text{2 mol HNO}_3$$

كتلة المواد المتفاعلة:

2HCl:

$$2\ \cancel{\text{mol H}} \times \frac{1.008\ \text{g H}}{1\ \cancel{\text{mol H}}} + 2\ \cancel{\text{mol Cl}} \times \frac{35.453\ \text{g Cl}}{1\ \cancel{\text{mol Cl}}}$$
$$= 72.9\ \text{g HCl}$$

$Pb(NO_3)_2$:

$$1\ \cancel{\text{mol Pb}} \times \frac{207.2\ \text{g Pb}}{1\ \cancel{\text{mol Pb}}} + 2\ \cancel{\text{mol N}} \times \frac{14.007\ \text{g N}}{1\ \cancel{\text{mol N}}}$$
$$+ 6\ \cancel{\text{mol O}} \times \frac{15.999\ \text{g O}}{1\ \cancel{\text{mol O}}} = 331.2\ \text{g Pb}(NO_3)_2$$

كتلة المواد المتفاعلة = 404 1g

كتلة المواد الناتجة:

$PbCl_2$:

$$1\ \cancel{\text{mol Pb}} \times \frac{207.2\ \text{g Pb}}{1\ \cancel{\text{mol Pb}}} + 2\ \cancel{\text{mol Cl}} \times \frac{35.453\ \text{g Cl}}{1\ \cancel{\text{mol Cl}}}$$
$$= 278.1\ \text{g PbCl}_2$$

$2HNO_3$:

$$2\ \cancel{\text{mol H}} \times \frac{1.008\ \text{g H}}{1\ \cancel{\text{mol H}}} + 2\ \cancel{\text{mol N}} \times \frac{14.007\ \text{gN}}{1\ \cancel{\text{mol N}}}$$
$$+ 6\ \cancel{\text{mol O}} \times \frac{15.999\ \text{g O}}{1\ \cancel{\text{mol O}}}$$
$$= 126.0\ \text{g HNO}_3$$

كتلة المواد الناتجة = 404.1g

$$72.9\text{g HCl} + 331.2\text{g Pb(NO}_3)_2 \rightarrow 278.1\text{g PbCl}_2 + 126.0\text{g HNO}_3$$

مواد ناتجة 404.1g = مواد متفاعلة 404.1g

46. عندما يُخلَط الألومنيوم مع أكسيد الحديد (III)، يَنتُج فلز الحديد وأكسيد الألومنيوم، مع كمية كبيرة من الحرارة. فما النسبة المولية المُستخدَمة لتحديد عدد مولات الحديد إذا كان عدد مولات Fe_2O_3 معروفة؟

$$Fe_2O_{3(aq)} + 2Al_{(3)} \rightarrow 2Fe_{(s)} + Al_2O_{3(S)} + \text{حرارة}$$

$$\frac{2\ \text{mol Fe}}{1\ \text{mol Fe}_2\text{O}_3}$$

47. يتفاعل ثاني أكسيد السليكون الصُّلب (السليكا) مع محلول حمض الهيدروفلوريك HF، ليُنتِج غاز رباعي فلوريد السليكون والماء.

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

$$SiO_{2(s)} + 4HF_{(aq)} \rightarrow SiF_{4(g)} + 2H_2O_{(1)}$$

b. اكتب ثلاث نسب مولية، وبين كيف تَستخدِمها في الحسابات الكيميائية.

يمكن أن يكتب الطلاب أي (3) نسب من 12 نسبة المولية، والأمثلة تكون على النحو الآتي:

$$\frac{4\ \text{mol HF}}{1\ \text{mol SiO}_2}$$

تُستخدَم لإيجاد كمية حمض الهيدروفلوريك HF الذي سيتفاعل مع كمية معروفة من السليكا SiO_2.

$$\frac{1\ \text{mol SiF}_4}{1\ \text{mol SiO}_2}$$

وتُستخدَم لإيجاد كمية SiF_4 التي يمكن أن تَنتُج من كمية معروفة من SiO_2.

$$\frac{2\ \text{mol H}_2\text{O}}{1\ \text{mol SiF}_4}$$

وتُستخدَم لإيجاد كمية الماء H_2O التي يمكن أن تَنتُج مع تكوّن SiF_4.

48. الكروم أهمّ خام تجاري للكروم هو الكروميت $FeCr_2O_4$. ومن الخطوات المتَّبعة في استخلاص الكروم من خامه تفاعل الكروميت مع الفحم (الكربون) لإنتاج الفيروكروم $FeCr_2$.

$$FeCr_2O_{4(s)} + 2C_{(s)} \rightarrow FeCr_{2(s)} + 2CO_{2(g)}$$

ما النسبة المولية التي تُستخدَم لتحويل مولات الكروميت إلى مولات الفيروكروم؟

$$\frac{1\ \text{mol FeCr}_2}{1\ \text{mol FeCr}_2\text{O}_4}$$

49. تلوُّث الهواء تتمّ إزالة الملوِّث SO_2 من الهواء عن طريق تفاعله مع كربونات الكالسيوم والأكسجين، والمواد الناتجة من هذا التفاعل هي كبريتات الكالسيوم وثاني أكسيد الكربون. حدِّد النسبة المولية التي تُستخدَم في تحويل مولات SO_2 إلى مولات $CaSO_4$.

$$2SO_2 + 2CaCO_3 + O_2 \rightarrow 2CaSO_4 + 2CO_2$$

$$\frac{2\ \text{mol CaSO}_4}{2\ \text{mol SO}_2}$$

50. تتفاعل المادتان W وX لتُنتِجا Y وZ. و**الجدول 2—5** يوضِّح عدد مولات المواد المتفاعلة والناتجة التي تمّ الحصول عليها عند التفاعل. استخدِم البيانات لتحدِّد المُعامِلات التي تجعل المعادلة موزونة.

$$W + X \rightarrow Y + Z$$

الجدول 2 -5 بيانات التفاعل

عدد مولات المواد المتفاعلة		عدد مولات المواد الناتجة	
0.90	0.30	0.60	1.20

قسِّم كلّ كمية مولية على 0.30 mol وهو أقلّ مقام في الجدول.

W: $\frac{0.90\ \text{mol}}{0.30\ \text{mol}} = 3$ **X:** $\frac{0.30\ \text{mol}}{0.30} = 1$

Y: $\frac{0.60\ \text{mol}}{0.30} = 2$ **Z:** $\frac{1.20\ \text{mol}}{0.30\ \text{mol}} = 4$

$$3W + X \rightarrow 2Y + 4Z$$

51. مضادّ الحموضة يُعدّ هيدروكسيد الماغنسيوم أحد مكوِّنات أقراص مضادّ الحموضة؛ إذ تتفاعل مضادّات الحموضة مع حمض الهيدروكلوريك الفائض في المعدة للمساعدة على عملية الهضم.

$$_\ Mg(OH)_2 + _HCl \rightarrow _\ MgCl_2 + _\ H_2O$$

a. زن معادلة التفاعل.

$$\underline{1}Mg(OH)_2 + \underline{2}HCl \rightarrow \underline{1}MgCl_2 + \underline{2}H_2O$$

b. اكتب النسب المولية التي تُستخدَم في تحديد عدد مولات $MgCl_2$ الناتجة عن هذا التفاعل.

$$\frac{1\ \text{mol MgCl}_2}{2\ \text{mol HCl}} \text{ أو } \frac{1\ \text{mol MgCl}_2}{2\ \text{mol Mg(OH)}_2}$$

5-2 إتقان المفاهيم

52. ما الخطوة الأولى في جميع الحسابات الكيميائية؟

كتابة معادلة كيميائية موزونة للتفاعل.

53. ما المعلومات التي تُقدِّمها المعادلة الموزونة للتفاعل؟

تُعبر المعادلة الموزونة عن العلاقة بين المواد المتفاعلة والناتجة. وتُستخدَم المُعاملات في المعادلة لكتابة النسب المولية التي تربط بين المواد المتفاعلة والناتجة.

54. ما القانون الذي ترتكز عليه الحسابات الكيميائية، وكيف تدعمه؟

تعتمد الحسابات الكيميائية على قانون حفظ الكتلة. وتُستخدَم الحسابات لتحديد كتل المواد المتفاعلة والناتجة. إذ يجب أن يساوي مجموعُ كتل المواد المتفاعلة مجموعَ كتل المواد الناتجة، لتحقيق قانون حفظ الكتلة.

55. كيف تُستخدَم النسب المولية في الحسابات الكيميائية؟

الكتلة المولية هي عامِل التحويلِ من عدد مولات مادة مُعطاة إلى كتلة والعكس صحيح.

56. ما المعلومات التي يجب أن تتوافر لك لتحسب كتلة المادة الناتجة عن التفاعل الكيميائي؟

يجب أن تتوافر لديك المعادلة الكيميائية الموزونة، وكمية مادة واحدة في التفاعل، إضافة إلى معرفة المادة الناتجة التي تريد حساب كتلتها.

57. **الإيثانول** يمكن تحضير الإيثانول C_2H_5OH، (ويعرف بكحول الحبوب) من تخمُّر السكر. والمعادلة الكيميائية غير الموزونة للتفاعل هي:

$$__C_6H_{12}O_6 \rightarrow __C_2H_5OH + __CO_2$$

زِن المعادلة الكيميائية، وحدِّد كتلة C_2H_5OH التي تتكوَّن من تخمُّر 750 g من $C_6H_{12}O_6$.

$$\underline{1}C_6H_{12}O_6 \rightarrow \underline{2}C_2H_5OH + \underline{2}CO_2$$

الخطوة 1: احسب عدد مولات $C_6H_{12}O_6$.

$$750\text{g}\,C_6H_{12}O_6 \times \frac{1\ \text{mol}\ C_6H_{12}O_6}{180.16\text{g}\,C_6H_{12}O_6} = 4.2\ \text{mol}\ C_6H_{12}O_6$$

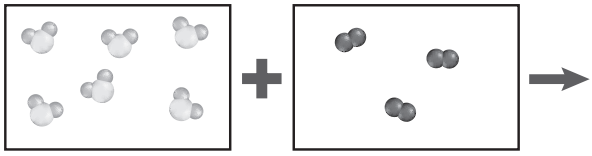
الخطوة 2: احسب عدد مولات C_2H_5OH.

$$4.2\ \text{mol}\,C_6H_{12}O_6 \times \frac{2\ \text{mol}\ C_2H_5OH}{1\ \text{mol}\,C_6H_{12}O_6} = 8.4\ \text{mol}\ C_2H_5OH$$

الخطوة 3: احسب كتلة C_2H_5OH بالجرامات.

$$8.4\ \text{mol}\,C_2H_5OH \times \frac{46.07\ \text{g}\ C_2H_5OH}{1\ \text{mol}\,C_2H_5OH} = 390\ \text{g}\ C_2H_5OH$$

58. يُمثِّل كلّ صندوق في **الشكل 11—5** محتويات دورق. يحتوي أحدهما على كبريتيد الهيدروجين، ويحتوي الآخر على الأكسجين. وعند مزجهما يحدث تفاعل ويَنتُج بخار ماء وكبريت. تُمثِّل الدوائر الحمراء في الشكل الأكسجين، في حين تُمثِّل الدوائر الصفراء الكبريت، أمّا الدوائر الزرقاء فتُمثِّل الهيدروجين.



الشكل 11—5

a. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل.

$$2H_2S_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)} + 2S_{(s)}$$

b. مُستخدِمًا الألوان نفسها، أعِدْ رسم الورق بعد حدوث التفاعل.

يجب أن تُظهِر رسوم الطلاب تشَكُّل ستة جزيئات ماء وست ذرات كبريت.

59. **اللِّحام** إذا تفاعلت 5.50 mol من كربيد الكالسيوم مع كمية فائضة من الماء، فما عدد مولات غاز الأسيتيلين (غاز يستخدم في اللِّحام) الناتج؟

$$CaC_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow Ca(OH)_{2(aq)} + C_2H_{2(g)}$$

النسبة المولية لـ C_2H_2 : CaC_2 هي 1 : 1. ولهذا، فإن 5 50 mol من CaC_2 سوف تَنتُج 5 50 mol من C_2H_2.

60. مضادّ الحموضة عندما يذوب قرص مضادّ الحموضة في الماء يُصدر أزيزًا بسبب التفاعل بين كربونات الصوديوم الهيدروجينية $NaHCO_3$، وحمض الستريك $H_3C_6H_5O_7$

حسب المعادلة الآتية:

$$3NaHCO_{3(aq)} + H_3C_6H_5O_{7(aq)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)} + Na_3C_6H_5O_{7(aq)}$$

ما عدد مولات $Na_3C_6H_5O_7$ الناتجة عند إذابة قرص واحد يحتوي على $0.0119\ mol\ NaHCO_3$؟

$$0.0119\ \cancel{mol\ NaHCO_3} \times \frac{1\ mol\ Na_3C_6H_5O_7}{3\ \cancel{mol\ NaHCO_3}}$$

$$= 0.00397\ mol\ Na_3C_6H_5O_7$$

61. غاز الدفيئة يرتبط غاز ثاني أكسيد الكربون مع ارتفاع درجات حرارة الغلاف الجوي للأرض. وهو ينطلق إلى الهواء عند احتراق الأوكتان في الجازولين. اكتب المعادلة الموزونة لعملية احتراق الأوكتان، ثُمَّ احسب كتلة الأوكتان المطلوبة لإطلاق 5.00 mol من ثاني أكسيد الكربون.

$$2C_8H_{18(l)} + 25O_{2(g)} \rightarrow 16CO_{2(g)} + 18H_2O_{(l)}$$

الخطوة 1: احسب عدد مولات C_8H_{18}.

$$5.00\ \cancel{mol\ CO_2} \times \frac{2\ mol\ C_8H_{18}}{16\ \cancel{mol\ CO_2}} = 0.625\ mol\ C_8H_{18}$$

الخطوة 2: احسب كتلة C_8H_{18} بالجرامات.

$$0.625\ \cancel{mol\ C_8H_{18}} \times \frac{114.28g\ C_8H_{18}}{1\ \cancel{mol\ C_8H_{18}}} = 71.4g\ C_8H_{18}$$

62. يتفاعل محلول كرومات البوتاسيوم مع محلول نترات الرصاص (II) لإنتاج راسب أصفر من كرومات الرصاص (II) ومحلول نترات البوتاسيوم.

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

$$K_2CrO_{4(aq)} + Pb(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow PbCrO_{4(s)} + 2KNO_{3(aq)}$$

b. حدِّد كتلة كرومات الرصاص (II) الناتجة عن تفاعل 0.250 mol من كرومات البوتاسيوم.

الخطوة 1: احسب عدد مولات $PbCrO_4$.

$$0.250\ \cancel{mol\ K_2CrO_4} \times \frac{1\ mol\ PbCrO_4}{1\ \cancel{mol\ K_2CrO_4}}$$

$$= 0.250\ mol\ PbCrO_4$$

الخطوة 2: احسب كتلة C_8H_{18} بالجرامات.

$$0.250\ \cancel{mol\ PbCrO_4} \times \frac{323.2g\ PbCrO_4}{1\ \cancel{mol\ PbCrO_4}} = 80.8g\ PbCrO_4$$

63. وقود الصاروخ يُستخدَم التفاعل المولِّد للطاقة الحرارية بين سائل الهيدرازين N_2H_2 وسائل فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 وقودًا للصواريخ. والمواد الناتجة عن هذا التفاعل هي غاز النيتروجين والماء.

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

$$N_2H_{2(l)} + H_2O_{2(l)} \rightarrow N_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

b. ما مقدار الهيدرازين، بالجرام، اللازم لإنتاج 10.0 mol من غاز النيتروجين؟

الخطوة 1: احسب عدد مولات N_2H_2.

$$10.0\ \cancel{mol\ N_2} \times \frac{1mol\ N_2H_2}{1\ \cancel{mol\ N_2}} = 10.0\ mol\ N_2H_2$$

الخطوة 2: احسب كتلة N_2H_2 بالجرامات.

$$10.0\ \cancel{mol\ N_2H_2} \times \frac{30.03g\ N_2H_2}{1\ \cancel{mol\ N_2H_2}} = 3.00 \times 10^2\ (300)\ g\ N_2H_2$$

64. الكلوروفورم $CHCl_3$ مذيب مهم يَنتُج عن تفاعل الميثان والكلور.

$$CH_{4(g)} + 3Cl_{2(g)} \rightarrow CHCl_{3(g)} + 3HCl_{(g)}$$

ما مقدار CH_4 بالجرامات اللازم لإنتاج $50.0g\ CHCl_3$؟

الخطوة 1: احسب عدد مولات $CHCl_3$.

$$50.0g\ \cancel{CHCl_3} \times \frac{1\ mol\ CHCl_3}{119.37g\ \cancel{CHCl_3}} = 0.419\ mol\ CHCl_3$$

الخطوة 2: احسب عدد مولات CH_4.

$$0.419\ \cancel{mol\ CHCl_3} \times \frac{1\ mol\ CH_4}{1\ \cancel{mol\ CHCl}} = 0.419\ mol\ CH_4$$

الخطوة 3: احسب كتلة CH_4 بالجرامات.

$$0.419\ \cancel{mol\ CH_4} \times \frac{16.04g\ CH_4}{1\ \cancel{mol\ CH_4}} = 6.72g\ CH_4$$

65. إنتاج الأكسجين تَستخدِم وكالة الفضاء الروسية فائق أكسيد البوتاسيوم KO_2 لإنتاج الأكسجين في البدلات الفضائية.

$$4KO_2 + 2H_2O + 4CO_2 \rightarrow 4KHCO_3 + 3O_2$$

أكمل **الجدول** 3—5.

الجدول 3 - 5 بيانات إنتاج الأكسجين

كتلة KO_2	كتلة O_2	كتلة H_2O	كتلة $KHCO_3$	كتلة CO_2
1125.75g	**142.658g**	**696.825g**	**1585.233g**	380g

KO_2:

الخطوة 1: احسب عدد مولات O_2.

$$380g\,\cancel{O_2} \times \frac{1\ mol\ O_2}{32.00g\,\cancel{O_2}} = 11.875\ mol\ O_2$$

الخطوة 2: احسب عدد مولات KO_2.

$$11.875\ \cancel{mol\ O_2} \times \frac{4\ mol\ KO_2}{3\ \cancel{mol\ O_2}} = 15.833\ mol\ KO_2$$

الخطوة 3: احسب كتلة KO_2 بالجرامات.

$$15.833\ \cancel{mol\ KO_2} \times \frac{71.1g\ KO_2}{1\ \cancel{mol\ KO_2}} = 1125.75g\ KO_2$$

H_2O:

الخطوة 1: احسب عدد مولات O_2.

$$380g\,\cancel{O_2} \times \frac{1\ mol\ O_2}{32.00g\,\cancel{O_2}} = 11.875\ mol\ O_2$$

الخطوة 2: احسب عدد مولات H_2O.

$$11.875\ \cancel{mol\ O_2} \times \frac{2\ mol\ H_2O}{3\ \cancel{mol\ O_2}} = 7.917\ mol\ H_2O$$

الخطوة 3: احسب كتلة H_2O بالجرامات.

$$7.917\ \cancel{mol\ H_2O} \times \frac{18.02g\ H_2O}{1\ \cancel{mol\ H_2O}} = 142.658g\ H_2O$$

CO_2:

الخطوة 1: احسب عدد مولات O_2.

$$380g\,\cancel{O_2} \times \frac{1\ mol\ O_2}{32.00g\,\cancel{O_2}} = 11.875\ mol\ O_2$$

الخطوة 2: احسب عدد مولات CO_2.

$$11.875\ \cancel{mol\ O_2} \times \frac{4\ mol\ CO_2}{3\ \cancel{mol\ O_2}} = 15.833\ mol\ CO_2$$

الخطوة 3: احسب كتلة CO_2 بالجرامات.

$$15.833\ \cancel{mol\ CO_2} \times \frac{44.01g\ CO_2}{1\ \cancel{mol\ CO_2}} = 696.825g\ CO_2$$

$KHCO_3$:

الخطوة 1: احسب عدد مولات O_2.

$$380g\,\cancel{O_2} \times \frac{1\ mol\ O_2}{32.00g\,\cancel{O_2}} = 11.875\ mol\ O_2$$

الخطوة 2: احسب عدد مولات $KHCO_3$.

$$11.875\ \cancel{mol\ O_2} \times \frac{4\ mol\ KHCO_3}{3\ \cancel{mol\ O_2}} = 15.833\ mol\ KHCO_3$$

الخطوة 3: احسب كتلة $KHCO_3$ بالجرامات.

$$15.833\ \cancel{mol\ KHCO_3} \times \frac{100.12g\ KHCO_3}{1\ \cancel{mol\ KHCO_3}}$$

$$= 1585.233g\ KHCO_3$$

66. وقود gasohol عبارة عن مزيج من الجازولين والإيثانول. زن المعادلة الكيميائية الآتية وحدِّد كتلة CO_2 الناتجة عن احتراق 100.0 g من الإيثانول.

$$C_2H_5OH_{(l)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

زن المعادلة الكيميائية:

$$C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$$

الخطوة 1: احسب عدد مولات C_2H_5OH.

$$100.0g\,\cancel{C_2H_5OH} \times \frac{1mol\ C_2H_5OH}{46.08g\,\cancel{C_2H_5OH}}$$

$$= 2.170\ mol\ C_2H_5OH$$

الخطوة 2: احسب عدد مولات CO_2.

$$2.170\ \cancel{mol\ C_2H_5OH} \times \frac{2\ mol\ CO_2}{1\ \cancel{mol\ C_2H_5OH}} = 4.340\ mol\ CO_2$$

الخطوة 3: احسب كتلة CO_2 بالجرامات.

$$4.340\ \cancel{mol\ CO_2} \times \frac{44.01g\ CO_2}{1\ \cancel{mol\ CO_2}} = 191.0g\ CO_2$$

67. بطارية السيارة يُستخدَم في بطارية السيارة الرصاص وأكسيد الرصاص IV ومحلول حمض الكبريتيك لإنتاج التيار الكهربائي. والمواد الناتجة عن هذا التفاعل هي محلول كبريتات الرصاص II والماء.

a. اكتب معادلة موزونة لهذا التفاعل.

$$Pb_{(s)} + PbO_{2(s)} + 2H_2SO_{4(aq)} \rightarrow 2PbSO_{4(aq)} + 2H_2O_{(1)}$$

b. حدِّد كتلة كبريتات الرصاص II الناتجة عن تفاعل 25.0g رصاص مع كمية فائضة من أكسيد الرصاص IV وحمض الكبريتيك.

الخطوة 1: احسب عدد مولات Pb.

$$25.0\text{g Pb} \times \frac{1\text{ mol Pb}}{207.2\text{g Pb}} = 0.121\text{ mol Pb}$$

الخطوة 2: احسب عدد مولات $PbSO_4$.

$$0.121\text{ mol Pb} \times \frac{2\text{ mol PbSO}_4}{1\text{ mol Pb}} = 0.242\text{ mol PbSO}_4$$

الخطوة 3: احسب كتلة $PbSO_4$ بالجرامات.

$$0.242\text{ mol PbSO}_4 \times \frac{303.23\text{g PbSO}_4}{1\text{ mol PbSO}_4} = 73.2\text{g PbSO}_4$$

68. يُستخلَص الذهب من الخام بمعالجته بمحلول سيانيد الصوديوم في وجود الأكسجين والماء.

$$4Au_{(s)} + 8NaCN_{(aq)} + O_{2(g)} + 2H_2O_{(1)} \rightarrow 4NaAu(CN)_{2(aq)} + 4NaOH_{(aq)}$$

a. حدِّد كتلة الذهب المُستخلَص إذا استُخدِم 25.0 g من سيانيد الصوديوم.

الخطوة 1: احسب عدد مولات NaCN .

$$25.0\text{g NaCN} \times \frac{1\text{ mol NaCN}}{49.01\text{g NaCN}} = 0.510\text{ mol NaCN}$$

الخطوة 2: احسب عدد مولات Au.

$$0.510\text{ mol NaCN} \times \frac{4\text{ mol Au}}{8\text{ mol NaCN}} = 0.255\text{ mol Au}$$

الخطوة 3: احسب كتلة Au بالجرامات.

$$0.255\text{ mol Au} \times \frac{196.97\text{g Au}}{1\text{ mol Au}} = 50.2\text{g Au}$$

b. إذا كانت كتلة خام الذهب 150.0g، فما النسبة المئوية للذهب في الخام؟

$$\text{نسبة الذهب في الخام} = \frac{\text{كتلة الذهب}}{\text{كتلة الخام}} \times 100\%$$

$$\%\text{Au} = \frac{50.02\text{g Au}}{150.0\text{g ore}} \times 100\% = 33.5\ \%\text{ Au}$$

69. الأفلام: تحتوي أفلام التصوير على بروميد الفضة مذابًا في الجلاتين. وعند تعرّض هذه الأفلام للضوء يتحلّل بعض بروميد الفضة مُنتِجًا حبيبات صغيرة من الفضة. وتتمّ إزالة بروميد الفضة من الجزء الذي لم يتعرض للضوء بمعالجة الفيلم في ثيوكبريتات الصوديوم.

$$AgBr_{(s)} + 2Na_2S_2O_{3(aq)} \rightarrow Na_3Ag(S_2O_3)_{2(aq)} + NaBr_{(aq)}$$

حدِّد كتلة $Na_3Ag(S_2O_3)_2$ الناتجة عن إزالة 572 g من بروميد الفضة AgBr.

الخطوة 1: احسب عدد مولات AgBr.

$$572\text{ g AgBr} \times \frac{1\text{ mol AgBr}}{187.77\text{g AgBr}} = 1.46 \times 10^{-3}\text{ mol AgBr}$$

الخطوة 2: احسب عدد مولات $Na_3Ag(S_2O_3)_2$.

$$1.46 \times 10^{-3}\text{ mol AgBr} \times \frac{1\text{ mol Na}_3\text{Ag(S}_2\text{O}_3)_2}{1\text{ mol AgBr}}$$

$$= 1.46 \times 10^{-3}\text{ mol Na}_3\text{Ag(S}_2\text{O}_3)_2$$

الخطوة 3: احسب كتلة $Na_3Ag(S_2O_3)_2$ بالجرامات.

$$1.46 \times 10^{-3}\text{ mol Na}_3\text{Ag(S}_2\text{O}_3)_2 \times \frac{401.12\text{g Na}_3\text{Ag(S}_2\text{O}_3)_2}{1\text{ mol Na}_3\text{Ag(S}_2\text{O}_3)_2}$$

$$= 1221\text{ g Na}_3\text{Ag(S}_2\text{O}_3)_2$$

5-3

إتقان المفاهيم

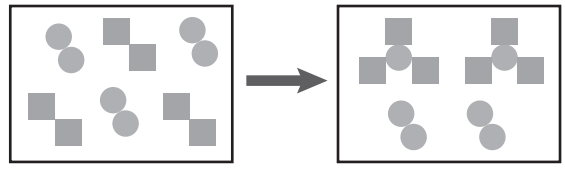
70. كيف تُستخدَم النسبة المولية في إيجاد المادة المُحدِّدة للتفاعل؟

تتّم مقارنة النسب المولية من المعادلة مع النسب المولية المحسوبة من الكميات المعطاة.

71. وضِّح لماذا تُعدّ العبارة التالية غير صحيحة: (المادة المُحدِّدة للتفاعل هي المادة المتفاعلة ذات الكتلة الأقلّ).

الكتلة لا تحدِّد المادة المُحدِّدة للتفاعل وإنما عدد المولات فقط، فالمادة المُحدِّدة هي المادة التي تُنتِج أقلّ عدد من مولات الناتج.

72. تُمثِّل المربعات في **الشكل 12—5** العنصر M، وتُمثِّل الدوائر العنصر N.



الشكل 12—5

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

$3M_2 + N_2 \rightarrow 2M_3N$

b. إذا كان كلُّ مربع يُمثِّل 1 mol M، وتُمثِّل كلّ دائرة 1 mol N، فما عدد مولات كلّ من N وM التي كانت موجودة عند بداية التفاعل؟

6 mol من ذرات العنصر M (في صورة 3 mol من M_2)، وكذلك 6 mol من ذرات العنصر N (في صورة 3 mol من N_2).

c. ما عدد مولات المادة الناتجة؟ ما عدد مولات كلٍّ من العنصرين M وN التي لم تتفاعل؟

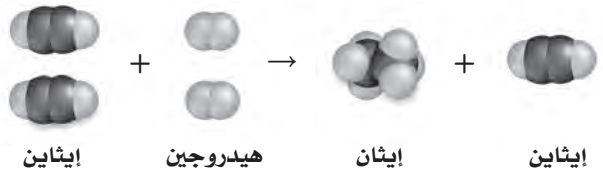
نتج 2 mol من M_3N، وتبقّى 2 mol من N_2 غير متفاعلة (ما مجموعه 4 mol من ذرات العنصر N).

d. أيّ العنصرين مادة مُحدِّدة للتفاعل؟ وأيّهما مادة فائضة؟

M_2 المادة المُحدِّدة للتفاعل، N_2 المادة الفائضة.

إتقان حلّ المسائل

73. يوضِّح **الشكل 13—5** التفاعل بين الإيثاين (C_2H_2) والهيدروجين، والمادة الناتجة هي الإيثان (C_2H_6). ما المادة المُحدِّدة للتفاعل وما المادة الفائضة؟ وضِّح ذلك.



الشكل 13—5

الهيدروجين هو المادة المُحدِّدة للتفاعل؛ الإيثاين هو المادة الفائضة. تبقّى مول واحد من الإيثاين لم يتفاعل.

74. بطارية نيكل- حديد: اخترع توماس أديسون عام 1901 بطارية نيكل–حديد. وتُمثِّل المعادلة التالية التفاعل الكيميائي في هذه البطارية:

$$Fe_{(s)} + 2NiO(OH)_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow Fe(OH)_{2(s)} + 2Ni(OH)_{2(aq)}$$

ما عدد مولات $Fe(OH)_2$ التي تَنتُج عن تفاعل 5.0 mol Fe مع 8 mol NiO(OH)؟

وفقًا للمعادلة الكيميائية الموزونة، يتفاعل 2 mol من NiO(OH) مع كلّ 1 mol من Fe، لذا سيتفاعل 4 mol من Fe مع 8 mol من NiO(OH) تاركة 1 mol من Fe الفائض. وكلّ 1 mol من Fe المتفاعل، يُنتِج 1 mol من $Fe(OH)_{2(s)}$، وذلك لأن 4 mol من Fe قد تفاعلت، فسيَنتُج 4 mol من $Fe(OH)_2$.

75. أحد مركّبات الزينون القليلة التي تتكوّن هو سابع فلوريد زينون سيزيوم $CsXeF_7$. ما عدد مولات $CsXeF_7$ التي يمكن إنتاجها من خلال تفاعل 12.5 mol من فلوريد السيزيوم مع 10.0 mol من سادس فلوريد الزينون.

$CsF_{(s)} + XeF_{6(s)} \rightarrow CsXeF_{7(s)}$

$$10.0\ \cancel{mol\ XeF_6} \times \frac{1\ mol\ CsXeF_7}{1\ \cancel{mol\ XeF_6}} = 10.0\ mol\ CsXeF_7$$

76. إنتاج الحديد يُستخرَج الحديد تجاريًّا من تفاعل الهيماتيت Fe_2O_3 مع أول أكسيد الكربون. ما مقدار الحديد بالجرامات، الذي يمكن إنتاجه من تفاعل 25.0 mol هيماتيت Fe_2O_3 مع 30.0 mol من أول أكسيد الكربون؟

$$Fe_2O_{3(S)} + 3CO_{(g)} \rightarrow 2Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$$

وفقًا للمعادلة الكيميائية الموزونة، يتفاعل 1 mol من الهيماتيت Fe_2O_3 مع 3 mol من أول أكسيد الكربون CO. لذا، يحتاج 25 0 mol من الهيماتيت Fe_2O_3 إلى 75 0 mol من CO حتى يتفاعل كليًّا، ولكن الكمية المتوافرة منها مقدارها 30 mol فقط، لذا تُعدّ CO المادة المُحدِّدة للتفاعل.

الخطوة 1: احسب عدد مولات Fe.

$$30.0\ \text{mol CO} \times \frac{2\ \text{mol Fe}}{3\ \text{mol CO}} = 20.0\ \text{mol Fe}$$

الخطوة 2: احسب كتلة Fe بالجرامات.

$$20.0\ \text{mol Fe} \times \frac{55.85\text{g Fe}}{1\ \text{mol Fe}} = 1117\text{g Fe}$$

77. يَنتُج خماسي كلوريد الفوسفور الصُّلب عن تفاعل غاز الكلور مع الفسفور P_4 الصُّلب. وعند تفاعل 16 g من الكلور مع 32.0g من الفوسفور، فأيّ المادتين المتفاعلتين مُحدِّدة للتفاعل، وأيّهما فائضة؟

$$10Cl_{2(g)} + P_{4(s)} \rightarrow 4PCl_{5(3)}$$

احسب عدد مولات Cl_2.

$$16.0\text{g } Cl_2 \times \frac{1\ \text{mol } Cl_2}{70.90\text{g } Cl_2} = 0.226\ \text{mol } Cl_2$$

احسب عدد مولات P_4.

$$32.0\text{g } P_4 \times \frac{1\ \text{mol } P_4}{123.88\text{g } P_4} = 0.258\ \text{mol } P_4$$

وفقًا للمعادلة الكيميائية الموزونة، يتفاعل 10 mol من Cl_2 مع 1 mol من P_4.

احسب عدد مولات P_4 اللازمة للتفاعل.

$$0.226\ \text{mol } Cl_2 \times \frac{1\ \text{mol } P_4}{10\ \text{mol } Cl_2} = 0.0226\ \text{mol } P_4$$

لذا، Cl_2 هو المادة المُحدِّدة للتفاعل، في حين أن P_4 هو المادة الفائضة.

78. البطارية القلوية: تُنتِج البطارية القلوية الطاقة الكهربائية حسب المعادلة التالية:

$$Zn_{(s)} + 2MnO_{2(s)} + H_2O_{(1)} \rightarrow Zn(OH)_{2(s)} + Mn_2O_{3(s)}$$

a. ما المادة المُحدِّدة للتفاعل إذا تفاعلت 25.0g Zn مع 30.0 mol MnO_2؟

احسب عدد مولات Zn.

$$25.0\text{g Zn} \times \frac{1\text{mol Zn}}{65.3\text{g Zn}} = 0.380\ \text{mol Zn}$$

احسب عدد مولات MnO.

$$30.0\text{g } MnO_2 \times \frac{1\ \text{mol } MnO_2}{86.92\text{g } MnO_2} = 0.345\ \text{mol } MnO_2$$

وفقًا للمعادلة الكيميائية الموزونة، تتفاعل 2 mol من MnO_2 مع 1 mol من Zn، وفي التفاعل فالنسبة هي 1 mol من MnO_2 مع 1 1 mol من Zn، أو $\frac{0.345}{0.380}$. لذا، MnO_2 هي المادة المُحدِّدة للمتفاعل.

b. حدِّد كتلة $Zn(OH)_2$ الناتجة من التفاعل.

الخطوة 1: احسب عدد مولات $Zn(OH)_2$.

$$0.345\ \text{mol } MnO_2 \times \frac{1\ \text{mol } Zn(OH)_2}{2\ \text{mol } MnO_2} = 0.173\ \text{mol } Zn(OH)_2$$

الخطوة 2: احسب كتلة $Zn(OH)_2$ بالجرامات.

$$0.173\ \text{mol } Zn(OH)_2 \times \frac{99.39\text{g } Zn\ (OH)_2}{1\ \text{mol } Zn\ (OH)_2} = 17.1\text{g } Zn(OH)_2$$

79. يتفاعل الليثيوم تلقائيًّا مع البروم لإنتاج بروميد الليثيوم، اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل. وإذا تفاعل 25.0 g من الليثيوم مع 25.0 g من البروم معًا فما:

$$2Li_{(s)} + Br_{2(1)} \rightarrow 2LiBr_{(s)}$$

a. المادة المُحدِّدة للتفاعل.

احسب عدد مولات Li.

$$25.0\text{g Li} \times \frac{1\ \text{mol Li}}{6.94\text{g Li}} = 3.60\ \text{mol Li}$$

احسب عدد مولات Br_2.

$$25.0\text{g } Br_2 \times \frac{1\ \text{mol } Br_2}{159.80\text{g } Br_2} = 0.156\ \text{mol } Br_2$$

النسبة الفعليّة لمولات الليثيوم إلى مولات البروم هي: $\frac{3.60\ mol\ Li}{0.156\ mol\ Br_2}$ أو 23 mol Li : 1 mol Br، ولكن فعليًا يلزم 2 mol من Li فقط لكلّ 1 mol من Br_2. لذا، Br_2 هي المادة المُحدِّدة للتفاعل.

b. كتلة بروميد الليثيوم الناتجة.

الخطوة 1: احسب عدد مولات LiBr.

$$0.156\ \cancel{mol\ Br_2} \times \frac{2\ mol\ LiBr}{1\ \cancel{mol\ Br_2}} = 0.312\ mol\ LiBr$$

الخطوة 2: احسب كتلة LiBr بالجرامات.

$$0.312\ \cancel{mol\ LiBr} \times \frac{86.84g\ LiBr}{1\ \cancel{mol\ LiBr}} = 27.1g\ LiBr$$

c. المادة الفائضة وكتلها المتبقية.

Li هي المادة الفائضة.

الخطوة 1: احسب عدد مولات Li المتفاعلة.

$$0.156\ \cancel{mol\ Br_2} \times \frac{2\ mol\ Li}{1\ \cancel{mol\ Br_2}} = 0.312\ mol\ Li$$

عدد مولات Li المتبقية

= عدد مولات Li جميعها − عدد مولات Li المتفاعلة

= 3.60 mol − 0.312 mol

= 3.29 mol.

الخطوة 2: احسب كتلة Li المتبقية بالجرامات.

$$0.329\ \cancel{mol\ Li} \times \frac{6.94g\ Li}{1\ \cancel{mol\ Li}} = 22.8g\ Li$$

5-4 إتقان المفاهيم

80. ما الفرق بين المردود الفعلي والمردود النظري؟

المردود الفعلي هو كمية المادة الناتجة من التفاعل الكيميائي عمليًا، أمّا المردود النظري فهو الكمية المتوقَّع الحصول عليها من خلال الحسابات الكيميائية.

81. كيف يتمّ تحديد كلٍّ من المردود الفعلي والمردود النظري؟

يُحدَّد المردود الفعلي من خلال التجربة، أما المردود النظري فيتم حسابه من خلال مادة متفاعلة معطاة أو المادة المُحدِّدة للتفاعل.

82. هل يمكن أن تكون نسبة المردود المئوية لأيّ تفاعل أكثر من 100%؟ وضِّح إجابتك.

لا، لا يمكن أن يَنتُج أكثر من المردود النظري والذي يُحدَّد من خلال المواد المتفاعلة.

83. ما العلاقة الرياضية المُستخدَمة في حساب نسبة المردود المئوية للتفاعل الكيميائي؟

$$\text{نسبة المردود المئوية} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100\%$$

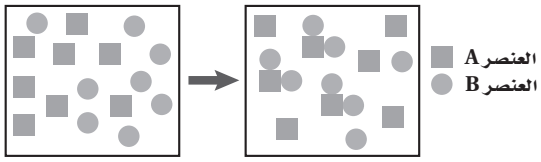
84. ما البيانات التجريبية التي تحتاج إليها لحساب كلٍّ من المردود النظري ونسبة المردود المئوية لأيّ تفاعل كيميائي؟

كمية إحدى المواد المتفاعلة والمردود الفعلي لمادة ناتجة.

85. يتفاعل أكسيد الفلز مع الماء ليُنتِج هيدروكسيد الفلز. ما المعلومات الأخرى التي تحتاج إليها لتحديد نسبة المردود المئوية لهيدروكسيد الفلز في التفاعل؟

كتلة إحدى المواد المتفاعلة، والكتلة الفعليّة لهيدروكسيد الفلز الناتج.

86. تفحَّص التفاعل الظاهر في **الشكل 14–5**. هل يستمر هذا التفاعل حتى النهاية؟ فسِّر إجابتك، ثُمّ احسب نسبة المردود المئوية للتفاعل.



الشكل 14–5

لا يستمر التفاعل حتى النهاية. وباستخدام مربعات لتمثيل العنصر A، ودوائر لتمثيل العنصر B. بداية يَنتُج 4 جسيمات من AB_2، لكن حقيقة ما نتج هو ثلاثة جسيمات فقط. فهنالك جسيمات غير متفاعلة من B و A لإنتاج جسيم آخر من AB_2. لذا، فنسبة المردود المئوية تساوي 75%.

إتقان حلّ المسائل

87. **الإيثانول** (C_2H_5OH): يَنتُج عن تخمُّر السكروز $C_{12}H_{22}O_{11}$ مع وجود الإنزيمات.

$$C_{12}H_{22}O_{11(aq)} + H_2O_{(g)} \rightarrow 4C_2H_5OH_{(1)} + 4\ CO_{2(g)}$$

حدِّد المردود النظري ونسبة المردود المئوية للإيثانول إذا تخمَّر 684 g من السكروز وكان الناتج 349g إيثانول.

المردود النظري:

الخطوة 1: احسب عدد مولات $C_{12}H_{22}O_{11}$.

$$684g\ C_{12}H_{22}O_{11} \times \frac{1\ mol\ C_{12}H_{22}O_{11}}{342.23g\ C_{12}H_{22}O_{11}}$$

$$= 2.0\ mol\ C_{12}H_{22}O_{11}$$

الخطوة 2: احسب عدد مولات C_2H_5OH.

$$2.0\ mol\ C_{12}H_{22}O_{11} \times \frac{4\ mol\ C_2H_5OH}{1\ mol\ C_{12}H_{22}O_{11}}$$

$$= 8.0\ mol\ C_2H_5OH$$

الخطوة 3: احسب كتلة C_2H_5OH بالجرامات.

$$8.0\ mol\ C_2H_5OH \times \frac{46.07g\ C_2H_5OH}{1\ mol\ C_2H_5OH} = 369g\ C_2H_5OH$$

$$\text{نسبة المردود المئوية} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100\%$$

$$= \frac{349}{369} \times 100\% = 94.6\%\ C_2H_5OH$$

88. يُستخلَص أكسيد الرصاص (II) بتحميص الجالينا؛ كبريتيد الرصاص (II)، في الهواء. $PbS_{(S)} + O_{2(g)} \rightarrow PbO_{(s)}\ SO_{2(g)}$

a. زِنِ المعادلة الكيميائية وحدِّد المردود النظري لـ PbO إذا سُخِّن 200 g من كبريتيد الرصاص PbS.

$$\underline{2}PbS_{(s)} + \underline{3}O_{2(g)} \rightarrow \underline{2}PbO_{(s)} + \underline{2}SO_{2(g)}$$

المردود النظري:

الخطوة 1: احسب عدد مولات PbS.

$$200.0g\ PbS \times \frac{1\ mol\ PbS}{239.27g\ PbS} = 0.84\ mol\ PbS$$

الخطوة 2: احسب عدد مولات PbO.

$$0.84\ mol\ PbS \times \frac{2\ mol\ PbO}{2\ mol\ PbS} = 0.84\ mol\ PbO$$

الخطوة 3: احسب كتلة PbO بالجرامات.

$$0.84\ mol\ PbO \times \frac{223.19g\ PbO}{1\ mol\ PbO} = 186.6g\ PbO$$

b. ما نسبة المردود المئوية إذا نتج 70.0 g من PbO ؟

$$\text{نسبة المردود المئوية} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100\%$$

$$= \frac{70}{186.6} \times 100\% = 37.5\%\ PbO$$

89. لا يمكن حفظ محاليل حمض الهيدروفلوريك في أوعية زجاجية؛ لأنه يتفاعل مع أكسيد السليكا في الزجاج ليُنتِج حمض سداسي الفلوروسيليسك H_2SiF_6 حسب المعادلة التالية:

$$SiO_{2(s)} + 6HF_{(aq)} \rightarrow H_2SiF_{6(aq)} + 2H_2O_{(1)}$$

إذا تفاعل 40.0 g من SiO_2 مع 40.0 g من HF ونتج 45.8 g من H_2SiF_6 .

a. ما المادة المُحدِّدة للتفاعل؟

احسب عدد مولات SiO_2.

$$40.0g\ SiO_2 \times \frac{1\ mol\ SiO_2}{60.09g\ SiO_2} = 0.666\ mol\ SiO_2$$

احسب عدد مولات HF.

$$40.0g\ HF \times \frac{1\ mol\ HF}{20.01g\ HF} = 2.00\ mol\ HF$$

النسبة الفعليّة لمولات HF إلى مولات SiO_2 في المعادلة الكيميائية الموزونة هي 1 mol SiO_2 : 6 mol HF، ولكن فعليًّا: $\frac{2.00\ mol\ HF}{0.666\ mol\ SiO_2}$. يلزم 3 mol من HF فقط لكلّ 1mol من SiO_2، لذا HF هي المادة المُحدِّدة للمتفاعل.

b. ما الكتلة المتبقية من المادة الفائضة؟

SiO_2 هي المادة الفائضة.

الخطوة 1: احسب عدد مولات SiO_2 المتفاعلة.

$$2.00\ mol\ HF \times \frac{1\ mol\ SiO_2}{6\ mol\ HF} = 0.333\ mol\ SiO_2$$

عدد مولات SiO_2 المتبقية

= عدد مولات SiO_2 جميعها − عدد مولات SiO_2 المتفاعلة

= 0 666 mol 0 333 mol

= 0 333 mol

الخطوة 2: احسب كتلة SiO_2 المتبقية بالجرامات.

$$0.333\ \text{mol SiO}_2 \times \frac{60.09\text{g SiO}_2}{1\ \text{mol SiO}_2} = 20.0\text{g SiO}_2$$

c. ما المردود النظري لـH_2SiF_6؟

المردود النظري:

الخطوة 1: احسب عدد مولات H_2SiF_6 المتفاعلة.

$$2.00\ \text{mol HF} \times \frac{1\ \text{mol } H_2SiF_6}{6\ \text{mol HF}} = 0.333\ \text{mol } H_2SiF_6$$

الخطوة 2: احسب كتلة H_2SiF_6 بالجرامات.

$$0.333\ \text{mol } H_2SiF_6 \times \frac{144.11\text{g } H_2SiF_6}{1\ \text{mol } H_2SiF_6} = 48.0\text{g } H_2SiF_6$$

d. ما نسبة المردود المئوية؟

$$\text{نسبة المردود المئوية} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100\%$$

$$= \frac{45.8}{48} \times 100\% = 95.4\%\ H_2SiF_6$$

90. تتحلّل كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ عند التسخين إلى أكسيد الكالسيوم CaO وثاني أكسيد الكربون CO_2.

a. ما المردود النظري لـCO_2 إذا تحلّل 235.0 g من $CaCO_3$؟

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

المردود النظري:

الخطوة 1: احسب عدد مولات $CaCO_3$.

$$235.0\text{g } CaCO_3 \times \frac{1\ \text{mol } CaCO_3}{100.06\text{g } CaCO_3} = 2.35\ \text{mol } CaCO_3$$

الخطوة 2: احسب عدد مولات CO_2.

$$2.35\ \text{mol } CaCO_3 \times \frac{1\ \text{mol } CO_2}{1\ \text{mol } CaCO_3} = 2.35\ \text{mol } CO_2$$

الخطوة 3: احسب كتلة CO_2 بالجرامات.

$$2.35\ \text{mol } CO_2 \times \frac{43.99\text{g } CO_2}{1\ \text{mol } CO_2} = 103.3\text{g } CO_2$$

b. ما نسبة المردود المئوية لِـCO_2 إذا نتج 97.5 g CO_2؟

$$\text{نسبة المردود المئوية} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100\%$$

$$= \frac{97.5}{103.3} \times 100\% = 94.4\%\ CO_2$$

91. يتمّ إنتاج الميثانول، من تفاعل أول أكسيد الكربون مع غاز الهيدروجين.

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

إذا تفاعل 8.50g من أول أكسيد الكربون مع كمية فائضة من الهيدروجين ونتج 8.52 g من الميثانول، فأكمل **الجدول 4—5**، واحسب نسبة المردود المئوية.

جدول 4-5 بيانات تفاعل الميثانول

	$CO_{(g)}$	$CH_3OH_{(l)}$
الكتلة	8.50 g	**9.73 g**
الكتلة المولية	28.01g/mol	32.05g/mol
عدد المولات	**0.303 mol**	**0.303 mol**

الخطوة 1: احسب عدد مولات CO.

$$8.50\text{g CO} \times \frac{1\ \text{mol CO}}{28.01\text{g CO}} = 0.303\ \text{mol CO}$$

الخطوة 2: احسب عدد مولات CH_3OH.

$$0.303\ \text{mol CO} \times \frac{1\ \text{mol } CH_3OH}{1\ \text{mol CO}} = 0.303\ \text{mol } CH_3OH$$

الخطوة 3: احسب كتلة CH_3OH بالجرامات.

$$0.303\ \text{mol } CH_3OH \times \frac{32.05\text{g } CH_3OH}{1\ \text{mol } CH_3OH} = 9.71\text{g } CH_3OH$$

$$\text{نسبة المردود المئوية} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100\%$$

$$= \frac{8.52}{9.71} \times 100\% = 87.7\%\ CH_3OH$$

92. **الفوسفور P_4:** يُحضَّر تجاريًّا بتسخين مزيج من فوسفات الكالسيوم $Ca_3(PO_4)_2$، والرمل SiO_2، وفحم الكوك C في فرن كهربائي. وتتضمّن العملية خطوتين هما:

- $2Ca_3(PO_4)_{2(s)} + 6SiO_{2(s)} \rightarrow 6CaSiO_{3(l)} + P_4O_{10(g)}$
- $P_4O_{10(g)} + 10C_{(g)} \rightarrow P_{4(g)} + 10CO_{(g)}$

يتفاعل P_4O_{10} الناتج عن التفاعل الأول مع الكمية الفائضة من الفحم في التفاعل الثاني. حدِّد المردود النظري لـ P_4 إذا سُخِّن 250 g من $Ca_3(PO_4)_2$ و400 g من SiO_2 معًا، وحدِّد نسبة المردود المئوية لـ P_4، إذا كان المردود الفعلي لـ P_4 يساوي (45.0 g).

الخطوة 1: احسب كمية المادة الفائضة من المعادلة الأولى.

احسب عدد مولات SiO_2.

$$400.0\text{g } \cancel{SiO_2} \times \frac{1 \text{ mol } SiO_2}{60.08\text{g } \cancel{SiO_2}} = 6.657 \text{ mol } SiO_2$$

احسب عدد مولات $Ca_3(PO_4)_2$.

$$250.0\text{g } \cancel{Ca_3(PO_4)_2} \times \frac{1 \text{ mol } Ca_3(PO_4)_2}{310.17\text{g } \cancel{Ca_3(PO_4)_2}}$$

$$= 0.8060 \text{ mol } Ca_3(PO_4)_2$$

وفقًا للمعادلة الكيميائية الموزونة، يتفاعل $Ca_3(PO_4)_2$ مع SiO_2 بنسبة 1 : 3، وتكون SiO_2 في هذا التفاعل هي المادة الفائضة، والكمية 0.8060 mol من $Ca_3(PO_4)_2$ هي الكمية المتفاعلة.

الخطوة 2: احسب عدد مولات P_4O_{10} الناتجة.

$$0.8060 \text{ } \cancel{\text{mol } Ca_3(PO_4)_2} \times \frac{1 \text{ mol } P_4O_{10}}{2 \text{ } \cancel{\text{mol } Ca_3(PO_4)_2}}$$

$$= 0.4030 \text{ mol } P_4O_{10}$$

الخطوة 3: احسب عدد مولات P_4 الناتجة من الخطوة 2.

$$0.4030 \text{ } \cancel{\text{mol } P_4O_{10}} \times \frac{1 \text{ mol } P_4}{1 \text{ } \cancel{\text{mol } P_4O_{10}}} = 0.4030 \text{ mol } P_4$$

الخطوة 4: احسب كتلة P_4 بالجرامات.

$$0.4030 \text{ } \cancel{\text{mol } P_4} \times \frac{123.88\text{g } P_4}{1 \text{ } \cancel{\text{mol } P_4}} = 49.92\text{g } P_4$$

المردود النظري = 49.92 g

ثُمَّ احسب نسبة المردود المئوية.

$$\text{نسبة المردود المئوية} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100\%$$

$$= \frac{45.0}{49.92} \times 100\% = 90.1\% \text{ } P_4$$

93. يتكوّن الكلور من تفاعل حمض الهيدروكلوريك مع أكسيد المنجنيز وفقًا للمعادلة الموزونة التالية:

$$MnO_2 + 4HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

احسب المردود النظري ونسبة المردود المئوية للكلور إذا تفاعل 96.9 g من MnO_2 مع 50.0 g من HCl، وكان المردود الفعلي لـ Cl_2 هو (20.0 g).

الخطوة 1: ادرس المعادلة الكيميائية الموزونة وهي:

$$MnO_{2(s)} + 4HCl_{(aq)} \rightarrow MnCl_{2\,(aq)} + Cl_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

الخطوة 2: احسب كمية المادة الفائضة من المعادلة.

احسب عدد مولات MnO_2.

$$86.0 \text{ g } \cancel{MnO_2} \times \frac{1 \text{ mol } MnO_2}{86.94 \text{ g } \cancel{MnO_2}} = 0.989 \text{ mol } MnO_2$$

احسب عدد مولات HCl.

$$50.0 \text{ g } \cancel{HCl} \times \frac{1 \text{ mol } HCl}{36.34 \text{ g } \cancel{HCl}} = 1.37 \text{ mol } HCl$$

وفقًا للمعادلة الكيميائية الموزونة، يتفاعل MnO_2 مع HCl بنسبة 1 mol MnO_2 : 4 mol HCl، والنسبة المولية الفعليّة في هذا التفاعل هي: $\frac{0.989 \text{ mol } MnO_2}{1.37 \text{ mol } HCl}$ أو 1 mol MnO_2 : 1.38 mol HCl. لذا، MnO_2 هي المادة الفائضة وHCl هي المادة المُحدِّدة للتفاعل.

الخطوة 3: احسب عدد مولات Cl_2.

$$1.37 \text{ } \cancel{\text{mol HCl}} \times \frac{1 \text{mol } Cl_2}{4 \text{ } \cancel{\text{mol HCl}}} = 0.343 \text{ mol } Cl_2$$

الخطوة 4: احسب كتلة Cl_2 بالجرامات.

$$0.343 \text{ } \cancel{\text{mol } Cl_2} \times \frac{70.90\text{g } Cl_2}{1 \text{ } \cancel{\text{mol } Cl_2}} = 24.3\text{g } Cl_2$$

ثُمَّ احسب نسبة المردود المئوية.

$$\text{نسبة المردود المئوية} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100\%$$

$$= \frac{20.0}{24.3} \times 100\% = 82.3\ \%$$

مراجعة عامة

94. يتفاعل كبريتيد الأمونيوم مع نترات النحاس II من خلال تفاعل إحلال مزدوج. ما النسبة المولية التي يمكنك استخدامها لتحديد مولات نترات الأمونيوم NH_4NO_3 الناتجة إذا عرفت عدد مولات كبريتيد النحاس II CuS؟

$$(NH_4)_2S + Cu(NO_3)_2 \rightarrow 2NH_4NO_3 + CuS$$

$$\frac{2\ mol\ NH_4NO_3}{1\ mol\ CuS}$$

95. عند تسخين أكسيد النحاس II مع غاز الهيدروجين يَنتُج عنصر النحاس والماء. ما كتلة النحاس الناتجة، إذا تفاعل 32.0g من أكسيد النحاس II؟

$$CuO + H_2 \rightarrow Cu + H_2O$$

الخطوة 1: احسب عدد مولات CuO .

$$32.0\ g\ CuO \times \frac{1\ mol\ CuO}{79.55\ g\ CuO} = 0.402\ mol\ CuO$$

الخطوة 2: احسب عدد مولات Cu.

$$0.402\ mol\ CuO \times \frac{1\ mol\ Cu}{1\ mol\ CuO} = 0.402\ mol\ Cu$$

الخطوة 3: احسب كتلة Cu بالجرامات.

$$0.402\ mol\ Cu \times \frac{63.55\ g\ Cu}{1\ mol\ Cu} = 25.6\ g\ Cu$$

96. تلوُّث الهواء يتحوّل أكسيد النيتروجين الملوِّث والموجود في الهواء بسرعة إلى غاز ثاني أكسيد النيتروجين عندما يتفاعل مع الأكسجين.

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

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

b. ما النسبة المولية التي يمكن استخدامها لتحويل مولات أكسيد النيتروجين إلى مولات ثاني أكسيد النيتروجين.

$$\frac{2\ mol\ NO_2}{1\ mol\ NO}$$

97. التحليل الكهربائي: حدِّد المردود النظري ونسبة المردود المئوية لغاز الهيدروجين إذا تمّ تحليل 36.0g من الماء كهربائيًّا لإنتاج 3.80g من غاز الهيدروجين إضافة إلى الأكسجين.

$$2H_2O_{(l)} \rightarrow H_{2(g)} + O_{2(g)}$$

المردود النظري:

الخطوة 1: احسب عدد مولات H_2O.

$$36.0\ g\ H_2O \times \frac{1\ mol\ H_2O}{18.02\ g\ H_2O} = 2.00\ mol\ H_2O$$

الخطوة 2: احسب عدد مولات H_2.

$$2.00\ mol\ H_2O \times \frac{1\ mol\ H_2}{2\ mol\ H_2O} = 2.00\ mol\ H_2$$

الخطوة 3: احسب كتلة H_2 بالجرامات.

$$2.00\ mol\ H_2 \times \frac{2.02\ g\ H_2}{1\ mol\ H_2} = 4.04\ g\ H_2$$

$$\text{نسبة المردود المئوية} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100\%$$

$$= \frac{3.80}{4.04} \times 100\% = 94.1\%\ H_2$$

التفكير الناقد

98. حلّل واستنتج: تمّ الحصول في إحدى التجارب على نسبة مردود مئوية 108%، فهل هذه النسبة ممكنة؟ وضِّح ذلك. افترض أن حساباتك صحيحة، فما الأسباب التي قد تفسِّر مثل هذه النتيجة؟

لا، لا يمكن أن تكون نسبة المردود المئوية أكبر من100%، وإذا كانت النتائج كبيرة فذلك يعني أن النواتج لم تجفف بصورة تامة، أو أنها ملوَّثة بمواد أخرى.

99. لاحظ واستنتج: حدِّد ما إذا كان أيّ من التفاعلات التالية يعتمد على المادة المُحدِّدة للتفاعل، ثُمّ حدِّد تلك المادة.

a. تحلّل كلورات البوتاسيوم لإنتاج كلوريد البوتاسيوم والأكسجين.

لا، وذلك بسبب وجود مادة متفاعلة واحدة.

b. تفاعل نترات الفضة مع حمض الهيدروكلوريك لإنتاج كلوريد الفضة وحمض النيتريك.

نعم، وذلك بسبب وجود مادتين متفاعلتين، ولكن لا تتوافر معلومات كافية لمعرفة المادة المُحدِّدة.

100. طبِّق: أجرى الطلاب تجربة لملاحظة المواد المُحدِّدة والفائضة، فأضافوا كميات مختلفة من محلول فوسفات الصوديوم Na_3PO_4 إلى الكؤوس، ثُمّ أضافوا كمية ثابتة من محلول نترات الكوبالت (II) $Co(NO_3)_2$، وحرّكوا المحاليل، ثُمّ تركوها في الكؤوس طوال اليوم. وفي اليوم التالي وجدوا أن كلًّا منها يحتوي على راسب أرجواني. سكب الطلاب السائل الطافي من كلّ كأس على حدة، وقسَّموه إلى قسمين، ثُمّ أضافوا نقطة من محلول فوسفات الصوديوم إلى القسم الأول، ونقطة من محلول نترات الكوبالت إلى القسم الثاني، وأدرجوا بياناتهم التي حصلوا عليها في **الجدول 5 –5** على النحو التالي:

جدول 5-5 بيانات تفاعل ($_3)_2$) مع $_4$ $_3$

التجربة	حجم Na_3PO_4	حجم ($_3)_2$	التفاعل مع قطرة Na_3PO_4	التفاعل مع قطرة ($_3)_2$
1	5.0 mL	10.0 mL	راسب أرجواني	لا يوجد راسب
2	10.0 mL	10.0 mL	لا يوجد راسب	راسب أرجواني
3	15.0 mL	10.0 mL	لا يوجد راسب	راسب أرجواني
4	20.0 mL	10.0 mL	لا يوجد راسب	راسب أرجواني

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

$$2Na_3PO_{4(aq)} + 3Co(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow Co_3(PO_4)_{2(s)} + 6NaNO_{3(aq)}$$

b. حدِّد بناءً على النتائج، المادة المُحدِّدة للتفاعل والفائضة لكلّ تجربة.

التجربة رقم 1: Na_3PO_4 هي المادة المُحدِّدة للتفاعل، في حين أن $Co(NO_3)_2$ هي المادة الفائضة؛ لأن إضافة Na_3PO_4 إلى التفاعل سبّبت تفاعلاً إضافيًّا.

التجارب 4 –2: $Co(NO_3)_2$ هي المادة المُحدِّدة للتفاعل، في حين أن Na_3PO_4 هي المادة الفائضة؛ لأن إضافة $Co(NO_3)_2$ إلى التفاعل سبّبت تفاعلاً إضافيًّا.

101. صمِّم تجربة لتحديد نسبة المردود المئوية لكبريتات النحاس (II) اللامائية من خلال تسخين كبريتات النحاس (II) المائية لإزالة الماء.

أحضر وعاء تبخير واحسب كتلته، وأضف 2.00g من كبريتات النحاس (II) خماسية الماء وسجّل كتلة الوعاء والكبريتات المائية معًا. سخِّن الوعاء على لهب خافت مدة 5 min، ثُمّ بشدّة مدّة 5 min أخرى، وذلك لطرد وتبخير الماء. دع الوعاء يبرد، ثُمّ سجّل الكتلة الجديدة. احسب كتلة الكبريتات اللامائية مُستخدمًا المعادلة التالية: $CuSO_4 \cdot 5H_2O \xrightarrow{\Delta} CuSO_4 + 5H_2O$، إضافة إلى كتلة الكبريتات المائية قبل التسخين، ثُمّ جد المردود النظري لكبريتات النحاس. احسب كذلك المردود الفعلي للكبريتات اللامائية كذلك. اقسم المردود النظري على المردود العملي (الفعلي)، واضرب خارج القسمة في 100% لحساب نسبة المردود المئوية لكبريتات النحاس اللامائية.

102. طبِّق: يمكنك إعادة إشعال النار في الخشب بعد خمودها بتحريك الهواء الذي فوقها. وضِّح، اعتمادًا على الحسابات الكيميائية، لماذا تشتعل النار من جديد عندما تحرك الهواء من فوقها؟

عندما يتحرّك الهواء فوق اللهب، تزداد كمية الأكسجين المضافة ومن ثَمَّ يحترق الفحم.

مسألة تحفيز

103. عند تسخين 9.59g من أكسيد الفناديوم مع الهيدروجين، يَنتُج الماء وأكسيد فناديوم آخر كتلته (8.76g). وعند تعريض أكسيد الفناديوم الثاني لحرارة إضافية مع وجود الهيدروجين تتكوّن 5.38g من الفناديوم الصُّلب.

a. حدِّد الصيغ الجزيئية لكِلا الأكسيدين.

الأكسيد الأول:

الخطوة 1: احسب عدد المولات.

$$V: 5.38\text{g}\cancel{V} \times \frac{1\text{mol V}}{50.94\text{g}\cancel{V}} = 0.106\text{ mol v}$$

$$O: 4.21\text{g}\cancel{O} \times \frac{1\text{ mol O}}{15.999\text{g}\cancel{O}} = 0.263\text{ mol}$$

الخطوة 2: اقسم عدد المولات على عدد المولات الأقلّ.

$$\frac{0.106\ \text{mol V}}{0.106\ \text{mol}} = 1\ \text{mol V}$$

$$\frac{0.236\ \text{mol O}}{0.106\ \text{mol}} = 2.5\ \text{mol O}$$

النسبة المولية هي 1 mol V : 2 5 mol O

الخطوة 3: اضرب النسبة المولية في العدد 2.

$$2\ (1\ \text{mol V} : 2.5\ \text{mol O}) = V_2O_5$$

الأكسيد الثاني:

الخطوة 1: احسب عدد المولات.

$$\text{V: } 5.38\text{g V} \times \frac{1\ \text{mol V}}{50.94\text{g V}} = 0.106\ \text{mol V}$$

$$\text{O: } 3.38\text{g O} \times \frac{1\ \text{mol O}}{15.999\text{g O}} = 0.211\ \text{mol O}$$

الخطوة 2: اقسم عدد المولات على عدد المولات الأقلّ.

$$\frac{0.106\ \text{mol V}}{0.106\ \text{mol}} = 1\ \text{mol V}$$

$$\frac{0.211\ \text{mol O}}{0.106\ \text{mol}} = 2\ \text{mol O}$$

النسبة المولية هي 1 mol V : 2 mol O

VO_2

b. اكتب معادلة كيميائية موزونة لكلّ خطوة من خطوات التفاعل.

$$V_2O_5 + H_2 \rightarrow 2VO_2 + H_2O$$

$$VO_2 + 2H_2 \rightarrow V + 2H_2O$$

c. حدِّد كتلة الهيدروجين الضرورية لإكمال هذا التفاعل.

التفاعل الأول:

الخطوة 1: احسب عدد مولات V_2O_5.

$$9.59\text{g } V_2O_5 \times \frac{1\ \text{mol } V_2O_5}{181.88\text{g } V_2O_5} = 0.053\ \text{mol } V_2O_5$$

الخطوة 2: احسب عدد مولات H_2.

$$0.053\ \text{mol } V_2O_5 \times \frac{1\ \text{mol } H_2}{1\ \text{mol } V_2O_5} = 0.053\ \text{mol } H_2$$

الخطوة 3: احسب كتلة H_2 بالجرامات.

$$0.053\ \text{mol } H_2 \times \frac{2.016\text{g } H_2}{1\ \text{mol } H_2} = 0.106\text{g } H_2$$

التفاعل الثاني:

الخطوة 1: احسب عدد مولات VO_2.

$$8.76\text{g } VO_2 \times \frac{1\ \text{mol } VO_2}{82.94\text{g } VO_2} = 0.106\ \text{mol } VO_2$$

الخطوة 2: احسب عدد مولات H_2.

$$0.106\ \text{mol } VO_2 \times \frac{2\ \text{mol } H_2}{1\ \text{mol } VO_2} = 0.212\ \text{mol } H_2$$

الخطوة 3: احسب كتلة H_2 بالجرامات.

$$0.212\ \text{mol } H_2 \times \frac{2.016\text{g } H_2}{1\ \text{mol } H_2} = 0.426\text{g } H_2$$

الكتلة الكلية للهيدروجين = 0 106 g + 0 426 g = 0 532 g H_2

مراجعة تراكمية

104. لقد لاحظت أن ذوبان السكر في الشاي الساخن أسرع منه في الشاي البارد. لذا فقد قرَّرْت أن الارتفاع في درجة الحرارة يزيد من سرعة ذوبان السكر في الماء. فهل هذه العبارة فرضية أم نظرية؟

إنها فرضية، لأنها مبنيّة على الملاحظة فقط لا على البيانات.

105. اكتب التوزيع الإلكتروني لذرات العناصر التالية:

a. الفلور — $[He]2s^22p^5$

b. التيتانيوم — $[Ar]4s^23d^2$

c. الألومنيوم — $[Ne]3s^23p^1$

d. الرادون — $[Xe]6s^24f^{14}5d^{10}6p^6$

106. اشرح لماذا توجد اللافلزات الغازية على صورة جزيئات ثنائية الذرة، مع أن غازات العناصر الأخرى موجودة في صورة ذرة واحدة فقط.

تصل جزيئات اللافلزات الغازية للتوزيع الإلكتروني للغاز النبيل بتكوين روابط تساهمية بين ذرتين، أما الغازات الأحادية الذرة فلديها التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل.

107. اكتب معادلة موزونة لتفاعل البوتاسيوم مع الأكسجين.

$$4K_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2K_2O_{(s)}$$

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

108. تلوُّث الهواء ابحث في ملوِّثات الهواء الناتجة عن احتراق الجازولين في محرِّك السيارة. ناقش الملوِّثات الشائعة والتفاعل الذي يُنتِجها، موضِّحًا باستخدام الحسابات الكيميائية، كيف يمكن تخفيف نسبة كلّ ملوِّث إذا ازداد عدد الأشخاص الذين يَستخدِمون النقل الجماعي؟

ستتنوّع الإجابات، فالملوِّثات الشائعة هي NO_2، وNO، وSO_3، وO_3. تحقَّق من الحسابات الكيميائية، وأنها تسبّب انخفاضًا في الملوِّثات.

109. عملية هابر تُعدّ نسبة المردود المئوية للأمونيوم الناتجة عن اتحاد الهيدروجين مع النيتروجين تحت الظروف العادية قليلة للغاية. إلا أن عملية هابر تؤدي إلى اتحاد الهيدروجين والنيتروجين تحت مجموعة ظروف صُمِّمت لكي تزيد النواتج. ابحث في الظروف المُستخدَمة في عملية هابر، وبيِّن أهمية تطوير هذه العملية.

ستتنوّع الإجابات، تأكد من وجود المعادلة التالية:

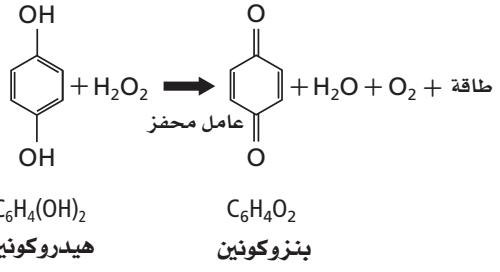
$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 92kJ$$

كان هدف عملية هابر التحكّم في التفاعل. لذا، فإن كمية كبيرة من النواتج المفيدة أُنتِجت بسرعة. وكان للعملية أهمية كبيرة؛ لأنه أمكن التوصل من خلال ذلك إلى مركّب نيتروجيني يمكن إنتاجه بكميات كبيرة.

أسئلة المستندات

الدفاع الكيميائي تُنتِج الكثير من الحشرات فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 والهيدروكونين $C_6H_4(OH)_2$. وقد استَغلّت بعض أنواع الخنافس هذه القدرة وقامت بخلط هذه المواد الكيميائية بعامل مساعد، فكانت النتيجة تفاعلًا كيميائيًّا طاردًا للحرارة ورذاذًا كيميائيًّا ساخنًا مهيجًا لأيّ مفترس. يأمل الباحثون في استخدام طريقة مماثلة لإشعال المحركات التوربينية للطائرة.

ويوضِّح **الشكل 15–5** المعادلة الكيميائية غير الموزونة التي تُنتِج الرذاذ.



الشكل 15–5

110. زِن المعادلة الظاهرة في **الشكل 15–5**. وإذا كانت خنفساء تختزن 100 mg من الهيدروكونين مع 50 mg من فوق أكسيد الهيدروجين، فأيّ المادتين مُحدِّدة للتفاعل؟

$$2C_6H_4(OH)_2 + 4H_2O_2 \rightarrow 2C_6H_4O_2 + 6H_2O + O_2 + \text{طاقة}$$

$$100\ mg \quad 50\ mg \quad ?mg$$

$C_6H_4(OH)_2$: حوِّل إلى وحدة الجرام.

$$100.0\ \cancel{mg}\ C_6H_4(OH)_2 \times \frac{1 \times 10^{-3}\ g}{1\ \cancel{mg}} = 0.10\ g\ C_6H_4(OH)_2$$

احسب عدد مولات $C_6H_4(OH)_2$.

$$0.10\ \cancel{g\ C_6H_4(OH)_2} \times \frac{1\ mol\ C_6H_4(OH)_2}{110.00\ \cancel{g\ C_6H_4(OH)_2}}$$

$$= 9.08 \times 10^{-4}\ mol\ C_6H_4(OH)_2$$

H_2O_2: حوِّل إلى وحدة الجرام.

$$50.0\ \cancel{mg}\ H_2O_2 \times \frac{1 \times 10^{-3} g}{1\ \cancel{mg}} = 0.05\ g\ H_2O_2$$

احسب عدد مولات H_2O_2.

$$0.05\ \cancel{g\ H_2O_2} \times \frac{1\ mol\ H_2O_2}{34.02\ \cancel{g\ H_2O_2}} = 1.47 \times 10^{-3}\ mol\ H_2O_2$$

احسب النسبة المولية لكلّ مادة:

$$\frac{9.08 \times 10^{-4}\ mol\ C_6H_4(OH)_2}{9.08 \times 10^{-4}\ mol} = 1\ mol\ C_6H_4(OH)_2$$

$$\frac{1.47 \times 10^{-3}\ mol\ H_2O_2}{9.08 \times 10^{-4}\ mol} = 1.618\ mol\ H_2O_2$$

نضرب النسب المولية في العدد 2.

$$\frac{2\text{mol } C_6H_4(OH)_2}{3.24 \text{ mol } H_2O_2} = 2$$

وفقًا للمعادلة الكيميائية الموزونة، يتفاعل $C_6H_4(OH)_2$ مع H_2O_2

وبنسبة مولية $\frac{2 \text{ mol } C_6H_4(OH)_2}{4 \text{ mol } H_2O_2}$ ولكن فعليًا يتفاعلان

بنسبة $\frac{2 \text{ mol } C_6H_4(OH)_2}{3.24 \text{ mol } H_2O_2}$ مولية

المادة المُحدِّدة للتفاعل هي H_2O_2.

111. ما المادة الفائضة؟ وما الكتلة المتبقية منها بالملجرام؟

المادة الفائضة هي $C_6H_4(OH)_2$.

الخطوة 1: احسب عدد مولات $C_6H_4(OH)_2$ المتفاعلة.

$$1.47 \times 10^{-3} \text{ mol } H_2O_2 \times \frac{2 \text{ mol } C_6H_4(OH)_2}{4 \text{ mol } H_2O_2}$$

$$= 7.35 \times 10^{-4} \text{ mol } C_6H_4(OH)_2$$

الخطوة 2: احسب كتلة $C_6H_4(OH)_2$ المتفاعلة بالجرامات.

$$7.35 \times 10^{-4} \text{ mol } C_6H_4(OH)_2 \times \frac{110.12 \text{ g } C_6H_4(OH)_2}{1 \text{ mol } C_6H_4(OH)_2}$$

$$= 8.09 \times 10^{-2} \text{ g } C_6H_4(OH)_2$$

الخطوة 3: حوِّل إلى وحدة الملجرام.

$$8.09 \times 10^{-2} \text{ g } C_8H_4(CH)_2 \times \frac{1 \text{ mg}}{1 \times 10^{-3} \text{ g}}$$

$$= 80.9 \text{ mg } C_6H_4(OH)_2$$

الخطوة 4: احسب كتلة $C_6H_4(OH)_2$ المتبقية بالملجرام.

كتلة $C_6H_4(OH)_2$ الكلية = كتلة $C_6H_4(OH)_2$ المتفاعلة

$$= 100 \text{ mg} - 80\ 9\text{mg} = 19\ 1 \text{ mg من } C_6H_4(OH)_2$$

112. كم mg يَنتُج من البنزوكونين؟

الخطوة 1: احسب عدد مولات $C_6H_4O_2$ الناتجة.

$$1.47 \times 10^{-3} \text{ mol } H_2O_2 \times \frac{2 \text{ mol } C_6H_4O_2}{4 \text{ mol } H_2O_2}$$

$$= 7.35 \times 10^{-4} \text{ mol } C_6H_4O_2$$

الخطوة 2: احسب كتلة $C_6H_4O_2$ الناتجة بالجرامات.

$$7.35 \times 10^{-4} \text{ mol } C_6H_4O_2 \times \frac{108.09 \text{ g } C_6H_4O_2}{1 \text{ mol } C_6H_4O_2}$$

$$= 7.94 \times 10^{-2} \text{ g } C_6H_4O_2$$

الخطوة 3: حوِّل إلى وحدة الملجرام.

$$7.94 \times 10^{-2} \text{ g } C_8H_4O_2 \times \frac{1 \text{ mg}}{1 \times 10^{-3} \text{ g}} = 79.4 \text{ mg } C_6H_4O_2$$

اختبار مُقنَّن

الصفحتان 47 – 46

أسئلة الاختيار من متعدد

1. تعتمد الحسابات الكيميائية على:

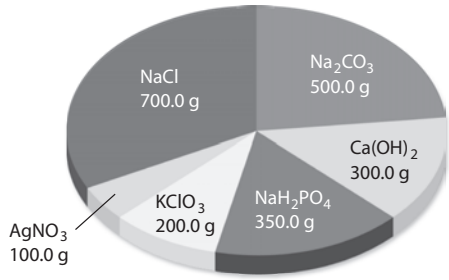
a. النسب المولية الثابتة **c.** ثابت أفوجادرو

b. قانون حفظ الطاقة **d.** قانون حفظ المادة

ⓓ

استعن بالرسم الآتي للإجابة عن الأسئلة من 2 إلى 4.

كميات المواد المتوافرة



2. يُحضَّر فلز الفضة النقي باستخدام التفاعل الآتي:

$$Cu_{(s)} + 2AgNO_{3(aq)} \rightarrow 2Ag_{(s)} + Cu(NO_3)_{2\,(aq)}$$

ما كتلة فلز النحاس، بالجرامات، المطلوبة للتفاعل مع $AgNO_3$ تمامًا؟

a. 18.0g

b. 37.3g

c. 74g

d. 100.0g

ⓐ

الخطوة 1: احسب عدد مولات $AgNO_3$.

$$100.0\ \text{g AgNO}_3 \times \frac{1\ \text{mol AgNO}_3}{169.88\ \text{g AgNO}_3} = 0.589\ \text{mol AgNO}_3$$

الخطوة 2: احسب عدد مولات Cu.

$$0.589\ \text{mol AgNO}_3 \times \frac{1\ \text{mol Cu}}{2\ \text{mol AgNO}_3} = 0.294\ \text{mol Cu}$$

الخطوة 3: احسب كتلة Cu بالجرامات.

$$0.294\ \text{mol Cu} \times \frac{63.55\ \text{g Cu}}{1\ \text{mol Cu}} = 18.70\ \text{g Cu}$$

3. تُعدّ طريقة لي بلانك الطريقة التقليدية لتصنيع هيدروكسيد الصوديوم حسب المعادلة الآتية:

$$Na_2CO_{3(aq)} + Ca(OH)_{2(aq)} \rightarrow 2Na(OH)_{(aq)} + CaCO_{3(s)}$$

ما الحدّ الأعلى لعدد المولات لـ NaOH الناتجة باستخدام كميات المواد الكيميائية المتوافرة؟

a. 4.050 mol **c.** 4.720

b. 8.097 mol **d.** 9.430 mol

حدِّد المادة المُحدِّدة للتفاعل.

b

احسب عدد مولات Na_2CO_3.

$$500.0\ \text{g Na}_2\text{CO}_3 \times \frac{1\ \text{mol Na}_2\text{CO}_3}{106.00\ \text{g Na}_2\text{CO}_3}$$

$$= 4.717\ \text{mol Na}_2\text{CO}_3$$

احسب عدد مولات $Ca(OH)_2$.

$$300.0\ \text{g Ca(OH)}_2 \times \frac{1\ \text{mol Ca(OH)}_2}{74.10\ \text{g Ca(OH)}_2}$$

$$= 4.049\ \text{mol Ca(OH)}_2$$

وفقًا للمعادلة الكيميائية الموزونة يتفاعل $Ca(OH)_2$ مع Na_2CO_3 بنسبة 1 mol Na_2CO_3 : 1 mol $Ca(OH)_2$، وتكون $Ca(OH)_2$ في هذا التفاعل هي المادة المُحدِّدة للتفاعل. والكمية 4 049 mol من $Ca(OH)_2$ هي الكمية المتفاعلة.

احسب عدد مولات NaOH الناتجة.

$$4.049\ \text{mol Ca(OH)}_2 \times \frac{2\ \text{mol NaOH}}{1\ \text{mol Ca(OH)}_2}$$

$$= 8.079\ \text{mol NaOH}$$

4. يتمّ تحضير مركّب ثنائي الهيدروجين بيروفوسفات الصوديوم $Na_2H_2P_2O_7$، والمعروف بالاسم الشائع مسحوق الخبز، بتسخين NaH_2PO_4 إلى درجة حرارة عالية حسب المعادلة الآتية:

$$2NaH_2PO_{4(s)} \xrightarrow{\Delta} Na_2H_2P_2O_{7(s)} + H_2O_{(g)}$$

فإذا كانت الكمية المطلوبة 444.0g $Na_2H_2P_2O_7$، فكم جرامًا من NaH_2PO_4 يلزم شراؤها لإنتاج هذه الكمية من $Na_2H_2P_2O_7$؟

a. 0.000 g **c.** 94.00 g

b. 130.0 g **d.** 480.0 g

b

الخطوة 1: احسب عدد مولات $Na_2H_2P_2O_7$.

$$444.0\ \text{g Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7 \times \frac{1\ \text{mol Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7}{221.94\ \text{g Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7}$$

$$= 2.00\ \text{mol Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$$

الخطوة 2: احسب عدد مولات NaH_2PO_4.

$$2.00\ \text{mol Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7 \times \frac{2\ \text{mol NaH}_2\text{PO}_4}{1\ \text{mol Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7}$$

$$= 4.00\ \text{mol NaH}_2\text{PO}_4$$

الخطوة 3: احسب كتلة NaH_2PO_4 بالجرامات.

$$4\ .00\ \text{mol NaH}_2\text{PO}_4 \times \frac{119.99\text{g NaH}_2\text{PO}_4}{1\ \text{mol NaH}_2\text{PO}_4}$$

$$= 480.0\text{g NaH}_2\text{PO}_4$$

الكمية المتوافرة – الكمية الكلية = الكمية التي يلزم شراؤها

(المحسوبة) 480 0g – (من الرسم)350 0g = 130 0g

5. يتحلّل أكسيد الزئبق الأحمر تحت تأثير الحرارة العالية ليكوِّن فلز الزئبق وغاز الأكسجين حسب المعادلة الآتية:

$$2HgO_{(s)} \rightarrow 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$$

فإذا تحلّلت 3.55 mol HgO لتكوين 1.54 mol O_2 و618 g Hg، فما نسبة المردود المئوية لهذا التفاعل؟

a. 13.2% **c.** 42.5%

b. 56.6% **d.** 86.8%

d

المردود النظري:

احسب عدد مولات O_2:

$$3.55 \text{ mol HgO} \times \frac{2 \text{ mol } O_2}{2 \text{ mol HgO}} = 1.775 \text{ mol } O_2$$

احسب نسبة المردود المئوية:

$$\text{نسبة المردود المئوية} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100\%$$

$$= \frac{1.54 \text{ mol}}{1.775 \text{ mol}} \times 100\% = 86.8\% \text{ } O_2$$

استعن بالرسم الآتي للإجابة عن السؤالين 6 و7.

6. أيّ العناصر له أكبر نصف قطر ذري في دورته؟

a. W

b. X

c. Y

d. Z

c

7. أيّ مجالات الطاقة الفرعية الآتية توجد فيها إلكترونات تكافؤ العناصر المُصنَّفة (W)؟

a. s **b.** p **c.** d **d.** f

b

8. ما عدد مولات تيتانيت الكوبلت III Co_2TiO_4 الموجودة في 7.13 g من المركّب؟

a. 2.39×10^{1} mol

b. 3.10×10^{-2} mol

c. 3.22×10^{1} mol

d. 4.17×10^{-2} mol

e. 2.28×10^{-2} mol

$$7.13\text{g } Co_2TiO_4 \times \frac{1 \text{ mol } Co_2TiO_4}{229.74\text{g } Co_2TiO_4}$$

$$= 0.0310 \text{ mol} = 3.10 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

b

أسئلة الإجابات القصيرة

9. يَشتعِل $(CH_3)_2N_2H_2$ عند ملامسته لرابع أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O_4.

$$(CH_3)_2N_2H_{2(l)} + 2N_2O_{4(l)} \rightarrow 3N_{2(g)} + 4H_2O_{(g)} + 2CO_{2(g)}$$

ولأن هذا التفاعل يُنتِج كمية هائلة من الطاقة عن كمية قليلة من المواد المتفاعلة، فقد استُعمِل لنقل الصواريخ في رحلات أبوللو للقمر. فإذا استُهلِك 18.0 mol من رابع أكسيد ثنائي النيتروجين في هذا التفاعل، فما عدد مولات غاز النيتروجين الناتجة؟

احسب النسبة المولية:

$$\text{النسبة المولية} = \frac{3 \text{ mol } N_2}{2 \text{ mol } N_2O_4}$$

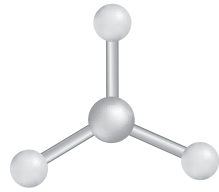
احسب عدد مولات N_2:

$$18 \text{ mol } N_2O_4 \times \frac{3 \text{ mol } N_2}{2 \text{ mol } N_2O_4} = 27 \text{ mol } N_2$$

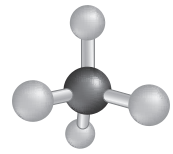
استخدم الأشكال الآتية للإجابة عن الأسئلة من 10 إلى 14.

a.

b.

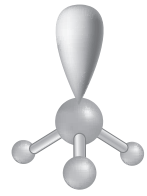


c.



d.

e.



10. أيّ الأشكال أعلاه يُمثِّل جزيء كبريتيد الهيدروجين؟

a

11. أيّ الأشكال يُمثِّل جزيئات لها أربعة أزواج مرتبطة من الإلكترونات ولا تحتوي على أيّ زوج من الإلكترونات غير المرتبطة؟

c

12. أي الأشكال يُعرف بالشكل الهرمي؟

b

13. أيّ الأشكال يُمثِّل ثاني أكسيد الكربون؟

d

14. أيّ الأشكال يُمثِّل جزيئًا فيه مجالات مهجنة من نوع sp^2؟

b

أسئلة الإجابات المفتوحة

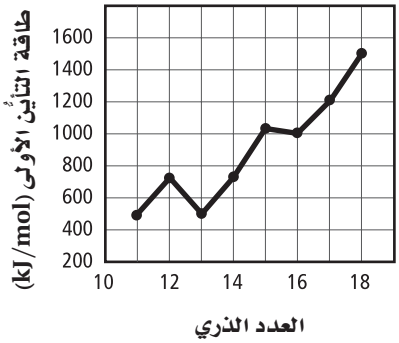
استخدم الجدول الآتي في الإجابة عن السؤالين 15 و16.

طاقة التأين الأولى لعناصر الدورة الثالثة		
العنصر	العدد الذري	طاقة التأين الأولى /
الصوديوم	11	496
الماغنسيوم	12	736
الألومنيوم	13	578
السليكون	14	787
الفوسفور	15	1012
السيلينيوم	16	1000
الكلور	17	1251
الأرجون	18	1521

15. مثِّل البيانات السابقة بيانيًّا، وضع العدد الذري على المحور السيني.

يجب أن تمثل البيانات علاقة خطية تقريبًا مع قليل من الحواف المتعرّجة كما في الشكل الآتي:

العدد الذري مقابل طاقة التأيُّن الأولى



16. وضِّح الخط الذي تتغيّر فيه طاقة التأيُّن، وكيف ترتبط إلكترونات تكافؤ العنصر؟

تزداد طاقة التأيُّن عند الانتقال عبر الدورة (من اليسار إلى اليمين) أو من الأسفل إلى الأعلى عبر المجموعة في الجدول الدوري. فعناصر المجموعة 1 تمتلك إلكترون تكافؤ واحد، وعناصر المجموعة 2 تمتلك إلكتروني تكافؤ وهي نسبيًّا سهلة الفقد؛ لأن ذلك يُنتِج غلافًا خارجيًّا مكتملًا. أمّا عناصر الجانب الأيمن من الجدول الدوري فلها طاقة تأيُّن مرتفعة؛ لأن الغلاف الخارجي لها ممتلئ تقريبًا ممّا يجعلها أكثر قدرة على اكتساب عدد من الإلكترونات بدلًا من فقدانها.

حالات المادة

6-1 الغازات

الصفحات 59 – 50

مسائل تدريبية

الصفحة 53

1. احسب نسبة معدلّ التدفق لكلٍّ من النيتروجين N_2 والنيون Ne.

$$\frac{\text{معدل انتشار } N_2}{\text{معدل انتشار Ne}} = \sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية لـ Ne}}{\text{الكتلة المولية لـ } N_2}} =$$

$$= \sqrt{\frac{20.18}{28.02}} = 0.849$$

2. احسب نسبة معدّل الانتشار لكلٍّ من أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون.

$$\frac{\text{معدل انتشار CO}}{\text{معدل انتشار } CO_2} = \sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية لـ } CO_2}{\text{الكتلة المولية لـ CO}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{44.01}{28.02}} = 1.25$$

3. **تحفيز** ما معدل تدفق غاز كتلته المولية ضعف الكتلة المولية لغاز يتدفق بمعدل 3.6 mol /min؟

$$\frac{\text{معدل تدفق X}}{3.6\ \text{mol/min}} = \sqrt{\frac{1}{2}}$$

$$\text{معدّل تدفق X} = 2\ 5\ \text{mol/min}$$

مختبر تحليل البيانات

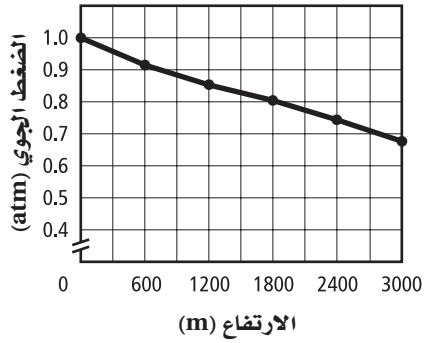
الصفحة 56

التفكير الناقد

1. **قارن** استخدِم البيانات الواردة في الجدول لعمل رسم بياني للضغط الجوي مقابل الارتفاع.

تفحَّص الرسوم البيانيّة التي رسمها الطلاب، ستلاحظ تشابهًا كثيرًا.

الضغط الجوي مقابل الارتفاع



2. **احسب** عمق غطسك الحقيقي إذا كان مقياس العمق يُشير إلى 18 m ولكنّك على ارتفاع 1800 m عن سطح البحر، علمًا بأن مقياس العمق لا يعوّض فرق هذا الارتفاع؟

18m+ 2m = 20 m

3. **حلّل** تُستخدَم جداول الغطس لتحديد زمن الأمان للغطّاس الذي يقضيه على عمق معين تحت الماء. ما أهمية معرفة العمق الصحيح للغطسة؟

يرتبط الزمن الآمن للبقاء تحت الماء مباشرة مع عمق الغوص. وإذا لم تكن على علم ومعرفة بعمق الغطس، فلا يمكنك تحديد الزمن الآمن للبقاء عند عمق معيّن.

مسائل تدريبية

الصفحة 58

4. **احسب** الضغط الجزئي لغاز الهيدروجين في خليط من غاز الهيليوم وغاز الهيدروجين، علمًا بأن الضغط الكلي 600 mm Hg والضغط الجزئي للهيليوم يساوي 439 mm Hg.

600 mm Hg − 439 mm Hg = 161 mm Hg

5. **أوجد** الضغط الكلي لخليط غاز مكوّن من أربعة غازات بضغوط جزئية على النحو الآتي: 5.00 kPa و4.56 kPa و3.02 kPa و1.20 kPa.

1.20 kPa + 3.02 kPa + 4.56 kPa + 5.00 kPa = 13.78 kPa

6. **أوجد** الضغط الجزئي لغاز ثاني أكسيد الكربون في خليط من الغازات، علمًا بأن ضغط الغازات الكلي يساوي 30.4 kPa والضغوط الجزئية للغازين الآخرين هما 16.5 kPa و3.7 kPa.

30.4 kPa – 16.5 kPa – 3.7 kPa = 10.2 kPa

7. **تحفيز** الهواء خليط من الغازات يحتوي على غاز النيتروجين بنسبة 78% وغاز الأكسجين 21% وغاز الأرجون 1% (وهناك كميات ضئيلة من الغازات الأخرى). فإذا علمت أن الضغط الجوي يساوي 760 mm Hg، فما الضغوط الجزئية لكلٍّ من النيتروجين والأكسجين والأرجون في الهواء؟

$760\ mm\ Hg \times 0.78 = N_2 = 593\ mm\ Hg$
$760\ mm\ Hg \times 0.21 = O_2 = 160\ mm\ Hg$
$760\ mm\ Hg \times 0.01 = Ar = 8\ mm\ Hg$

التقويم 6-1

الصفحة 59

8. **فسِّر** سبب استخدام نظرية الحركة الجزيئية لتفسير سلوك الغازات.

تتكوّن الغازات من جسيمات صغيرة تتحرك عشوائيًّا وتتصادم بتصادمات مرنة.

9. **صِف** كيف تؤثِّر كتلة جسيم الغاز في معدل انتشاره وتدفقه.

يقلّ معدل سرعة الانتشار والتدفق بزيادة الكتلة.

10. **فسِّر** كيف يمكن قياس ضغط الغاز.

يقاس الضغط الجوي بوساطة البارومتر، في حين يقاس ضغط الغاز في وعاء مغلق بوساطة المانومتر.

11. **فسِّر** لماذا يُنكَس وعاء الماء عند جمع الغاز بإحلاله محلّ الماء؟

إذا لم يُقلب (يُنكَس) الوعاء فسيمرّ الغاز، الذي هو أقلّ كثافة من الماء، من خلال الماء ويتسرّب من فتحة الوعاء.

12. **احسب** الضغط الجزئي لأحد الغازين المحصورين في وعاء، إذا علمت أن الضغط الكلي 1.20 atm والضغط الجزئي لأحدهما هو 0.75 atm.

1.20 atm − 0.75 atm = 0.45 atm

13. **استنتج** ما إذا كان لدرجة الحرارة تأثير في معدل انتشار الغاز، فسّر إجابتك.

يزداد معدل سرعة الجسيمات بزيادة درجة الحرارة. لذا، ستنتشر الجسيمات بسرعة.

6-2 قوى التجاذب

الصفحات 64 – 60

التقويم 6-2

الصفحة 64

14. **فسِّر** ما الذي يحدِّد حالة المادة عند درجة حرارة معيّنة؟

تحدِّد القوى بين الجزيئات الحالة الفيزيائية للمادة؛ ففي الحالة الصُلبة تكون القوى بين الجزيئات قوية جدًّا وتُبقي الجزيئات معًا. في حين تصبح القوى بين الجزيئات أضعف في الحالة السائلة، أمّا في الحالة الغازية فلا تخضع الجزيئات لقوى بين جزيئية تُذكر.

15. **قارن** بين القوى بين الجزيئية، ثم صف القوى الجزيئية.

تتكوَّن القوى بين الجزيئية بين الجسيمات. وتؤدي القوى الجزيئية إلى ربط الجسيمات معًا.

16. **قوّم** أيّ الجزيئات الآتية يستطيع تكوين روابط هيدروجينية، وأيّها يحتوي على قوى التشتُّت فقط بوصفها قوى بين الجزيئات؟ فسِّر إجابتك.

f. H_2

g. H_2S

h. HCl

i. HF

الجزيئات التي تستطيع تكوين روابط هيدروجينية هي: b، وd. في حين يحتوي الجزيئان: b، وd على قوى تشتُّت فقط، وهما جزيئان قطبيان يمتلك كلّ منهما ذرة ذات كهرسالبية عالية جدًّا مرتبطة مع الهيدروجين، أمّا الجزيء a فهو غير قطبي.

17. **تفسير البيانات** هناك أربع روابط تساهمية أحادية في جزيء الميثان CH_4، بينما يوجد 25 رابطة تساهمية أحادية في جزيء الأوكتان C_8H_{18}. كيف يؤثر عدد الروابط في قوى التشتُّت في كلا المركّبين؟ وأيّ المركّبين يكون في الحالة الغازية عند درجة حرارة الغرفة، وأيّهما في الحالة السائلة؟

إن وجود روابط أكثر يعني وجود إلكترونات أكثر لتكوين قطبية مؤقتة، كما يعني أيضًا قوى تشتُّت أكبر. فالميثان غاز، في حين أن الأوكتان سائل.

6-3 المواد السائلة والمواد الصُّلبة

الصفحات 74 - 65

التقويم 6-3

الصفحة 74

18. **قارن** بين ترتيب الجسيمات في المواد الصُّلبة والسائلة.

الجسيمات متقاربة في المواد الصُّلبة أكثر ممّا هي عليه في المواد السائلة؛ بسبب قوى التجاذب بين الجزيئات؛ حيث تتكرَّر جسيمات المواد الصُّلبة بصورة منتظمة ومرتَّبة، في حين لا يحدث ذلك في المواد السائلة.

19. **صف** العوامل المؤثِّرة في اللزوجة.

تتحدَّد لزوجة السائل بنوع قوى التجاذب بين الجزيئات في السائل، وحجوم الجسيمات وأشكالها، ودرجة الحرارة.

20. **فسِّر** سبب استخدام الماء والصابون معًا لتنظيف الملابس، وليس الماء وحده.

يقلّل الصابون والمُنظِّفات من التوتُّر السطحي للماء عن طريق تكسير الروابط الهيدروجينية بين جزيئاته، ممّا يسمح بحمل الأوساخ بعيدًا بوساطة الماء.

21. **قارن** بين وَحدة البناء والشبكة البلوريّة.

وَحدات البناء هي وحدات بناء الشبكة البلوريّة.

22. **صف** الفرق بين المواد الصُّلبة الجزيئية والمواد الصُّلبة التساهمية الشبكية.

تتكوَّن المادة الصُّلبة الجزيئية من جزيئات ترتبط معًا بوساطة قوى تجاذب جزيئية، وهي أضعف من الروابط التساهمية، في حين تتكوّن المواد الصُّلبة التساهمية الشبكية من جزيئات ترتبط معًا بوساطة روابط تساهمية.

23. **فسِّر** سبب تكوين سطح الماء بشكل هلالي في المخبار المدرّج.

لأن قوى التلاصق بين جزيئات الماء وثاني أكسيد السليكون في الزجاج أكبر من قوى التماسك بين جزيئات الماء. لذا، سيصعد الماء على الحواف الداخلية للمخبار المدرّج.

24. **استنتج** سبب تكوّن سطح الزئبق في المخبار المدرّج على صورة سطح محدب.

لأن قوى التماسك بين ذرات الزئبق أكبر من قوى التلاصق بين الزئبق والزجاج.

25. **توقَّع** أيّ المواد الصُّلبة تكون غير متبلورة: المادة الصُّلبة التي يتمّ تبريد مصهورها ببطء شديد حتى درجة حرارة الغرفة، أم المادة الصُّلبة التي يتمّ تبريد مصهورها بسرعة كبيرة في حوض من الثلج؟

المادة الصُّلبة التي يُبرَّد مصهورها بسرعة كبيرة في حوض من الثلج تكون غير متبلورة؛ حيث تتكوّن المواد غير المتبلورة في العادة من مواد منصهرة تُبرَّد بسرعة كبيرة على أن تكوِّن بلورات.

26. **صمِّم** من الألعاب المشهورة للأطفال رمي الحجارة الصغيرة بقوة وبشكل مواز وملامس لسطح ماء البحر أو البحيرة وملاحظة أطول مسافة يقطعها الحجر قبل أن يغرق. صمِّم تجربة تقارن فيها أطول مسافة يمكن أن يقطعها الحجر إذا استُخدِم الماء مرة وأيزوبروبيل الكحول مرة أخرى.

تأكد من أن الطلاب يستخدمون خطوات عمل صحيحة في تصميم تجاربهم.

6-4 تغيرات الحالة الفيزيائية

الصفحات 80 - 75

التقويم 6-4

الصفحة 80

27. **اشرح** كيف تؤدي إضافة الطاقة أو انتزاعها إلى تغيّر الحالة الفيزيائية؟

تؤدي إضافة الطاقة إلى زيادة الطاقة الحركية للجسيمات ممّا يقلّل من قوى التجاذب بين الجزيئات. في حين تؤدي إزالة الطاقة إلى تقليل الطاقة الحركية للجسيمات وازدياد قوى التجاذب بين الجزيئات.

28. **فسّر** الاختلافات بين عمليتي الانصهار والتجمد.

يحدث التجمد عندما يتحوّل السائل إلى الحالة الصُلبة وتنطلق الطاقة. ويحتاج الانصهار إلى طاقة لتحويل المادة الصُلبة إلى الحالة السائلة.

29. **قارن** بين الترسب والتسامي.

تمرّ المادة بمرحلة الترسّب عندما تتحوّل من الحالة الغازية إلى الحالة الصُلبة دون المرور بالحالة السائلة، في حين أنها تمرّ بمرحلة التسامي عندما تتحوّل من الحالة الصُلبة إلى الحالة الغازية مباشرة. وتحدث كلتا العمليتين لمادة معيّنة عند درجة الحرارة نفسها.

30. **قارن** بين التسامي والتبخر.

تصبح المادة في كلتا العمليتين بخارًا؛ فهي تتحوّل خلال التسامي من الحالة الصُلبة إلى الحالة الغازية مباشرة، أما خلال التبخر فتكتسب جسيمات السائل الطاقة الكافية لتتحوّل إلى الحالة الغازية. وتحدث كلتا العمليتين لمادة معيّنة عند درجة الحرارة نفسها.

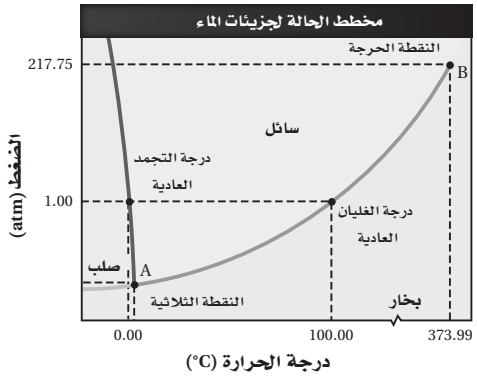
31. **صف** المعلومات التي يوضِّحها مخطط الحالة الفيزيائية.

يُبيّن مخطط الحالة الفيزيائية درجة الحرارة والضغط التي تكون عندها المادة في الحالة الصُلبة أو السائلة أو الغازية.

32. **فسّر** ماذا تُمثِّل كلّ من النقطة الثلاثية والنقطة الحرجة الموجودة على مخطط الحالة الفيزيائية؟

النقطة الثلاثية: هي درجة الحرارة التي تكون عندها المادة في حالاتها الفيزيائية الثلاث. أمّا النقطة الحرجة فهي درجة الحرارة والضغط التي لا يمكن للمادة أن توجد بعدهما في الحالة السائلة.

33. **حدِّد** الحالة الفيزيائية للماء، بالاعتماد على **الشكل 29-6**، عند درجة حرارة 75.00 °C وضغط (3.00 atm).



الحالة الفيزيائية للماء هي الحالة السائلة.

الكيمياء من واقع الحياة

الصفحة 81

الكتابة في الكيمياء

ابحث عن معلومات أخرى عن الشوكولاتة، ثم اكتب تقريرًا قصيرًا.

قد تحتوي التقارير على العديد من المعلومات، مثل مكان نموّ الحبوب، وكيفية معالجتها، وكيفية توزيع المُنتَج النهائي وبيعه.

الفصل 6 مراجعة الفصل

الصفحات 89 85

6-1

إتقان المفاهيم

34. ما التصادم المرن؟

نوع من التصادم لا يوجد فيه فقدان للطاقة الحركية.

35. كيف تتغيّر الطاقة الحركية للجسيمات تبعًا لدرجات الحرارة؟

تتناسب طاقة حركة الجسيمات طرديًا مع درجة حرارتها.

36. استخدم نظرية الحركة الجزيئية لتفسير قابلية الغازات للتمدّد والانضغاط.

يمكن أن تنضغط الغازات بسهولة في حجم صغير عندما يقع الضغط عليها؛ وذلك بسبب الفراغات بين جسيماتها. وتساعدها حركتها العشوائية على العودة لتتمدّد عند إزالة الضغط عنها.

37. اذكر افتراضات نظرية الحركة الجزيئية.

(1) تتكوّن المادة من جسيمات صغيرة.

(2) تتحرّك الجسيمات باستمرار، ويتصادم بعضها ببعض تصادمًا مرنًا.

(3) للجسيمات طاقة حركية، ويُمثِّل متوسط هذه الطاقة درجة الحرارة.

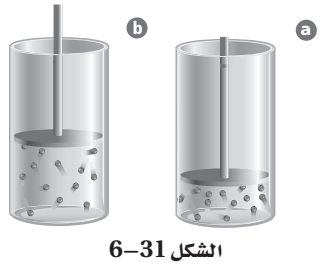
38. صف الصفات العامة للغازات.

للغازات كثافة قليلة، ويمكن ضغطها. كما أنها تتمدّد لتملأ الحيّز المتاح لها، وتنتشر، وتتدفق.

39. قارن بين الانتشار والتدفق، ثم فسِّر العلاقة بين سرعة هذه العمليات والكتلة المولية للغاز.

كلاهما يتضمّن حركة جسيمات الغاز؛ فالانتشار هو حركة إحدى المواد من خلال الأخرى، أما التدفق فهو تَسرُّب المادة خلال الثقوب الصغيرة نتيجة للضغط. ويتناسب معدل سرعة كلٍّ من الانتشار والتدفق عكسيًا مع الجذر التربيعي للكتلة المولية للغاز.

40. في **الشكل 31—6**، ماذا يحدث لكثافة جسيمات الغاز في الأسطوانة عندما يتحرّك المكبس من الموقع a إلى الموقع b؟



الشكل 31—6

تقلّ الكثافة؛ لأن جسيمات الغاز تحتلّ حجمًا أكبر في وحدة المساحة.

41. صناعة الخبز فسِّر لماذا تختلف تعليمات طريقة عمل الخبز الموجودة على علبة المكوّنات في المناطق المنخفضة والمرتفعة؟ وهل تتوقَّع أن يكون الزمن اللازم لعمل الخبز أطول أم أقصر عند الارتفاعات العالية؟

بسبب اختلاف ضغط الهواء نتيجة اختلاف الارتفاع. يقلّ الضغط على المرتفعات العالية مؤديًا إلى انخفاض في درجة غليان الماء. لذا، يزداد زمن إعداد الخبز.

إتقان حلّ المسائل

42. ما الكتلة المولية لغاز يتدفق 3 مرات أبطأ من الهيليوم؟

$$\frac{\text{معدل تدفق He}}{\text{معدل تدفق X}} = \sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية لـ X}}{\text{الكتلة المولية لـ He}}} =$$

$$\frac{3}{1} = \sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية لـ X}}{4\ 00\text{g/mol}}}$$

$$= 36.0\text{g/ mol}$$

43. ما نسبة سرعة تدفق الكريبتون إلى النيون عند نفس درجة الحرارة والضغط؟

$$\frac{\text{معدل تدفق Kr}}{\text{معدل تدفق Ne}} = \sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية لـ Ne}}{\text{الكتلة المولية لـ Kr}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{20.18}{83.80}} = 0.4931$$

44. احسب الكتلة المولية لغاز سرعة تدفقه أسرع 3 مرات من الأكسجين تحت الظروف نفسها.

$$\frac{\text{معدل تدفق } O_2}{\text{معدل تدفق X}} = \sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية لـ X}}{\text{الكتلة المولية لـ } O_2}} =$$

$$\frac{1}{3} = \sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية لـ X}}{32\ 00\text{g/mol}}}$$

$$= 3.56\text{g/ mol}$$

45. ما الضغط الجزئي لبخار الماء الموجود في عيّنة هواء، إذا كان الضغط الكلي لها 1 atm والضغط الجزئي للنيتروجين 0.799 atm وللأكسجين 0.20 atm، وللغازات الأخرى المتبقية 0.0044 atm؟

$$1.00\ \text{atm} - 0.79\ \text{atm} - 0.20\ \text{atm} - 0.0044\ \text{atm} = 0.01\ \text{atm}$$

46. ما ضغط الغاز الكلي في دورق مغلق يحتوي على أكسجين له ضغط جزئي يساوي 0.41 atm وبخار ماء له ضغط جزئي يساوي 0.58 atm؟

$$0.58\ \text{atm} + 0.41\ \text{atm} = 0.99\ \text{atm}$$

47. تبلغ قيمة الضغط عند قمة أعلى جبل في العالم، قمة إفرست، 33.6kPa تقريبًا، حوّل قيمة الضغط إلى وحدة ضغط جوي atm، ثُمّ قارن هذا الضغط والضغط عند سطح البحر.

$$33.6\ \text{kPa} \times \left(\frac{1\ \text{atm}}{101.325\ \text{kPa}}\right) = 0.332\ \text{atm}$$

حيث إن 332 atm 0 هو ثلث الضغط عند سطح البحر.

48. **ارتفاعات عالية** يساوي الضغط الجوي عند قمة أحد جبال المملكة 84.0kPa تقريبًا، ما قيمة الضغط بوحدتي atm وtorr؟

$$84.0\ \text{kPa} \times \left(\frac{1\ \text{atm}}{101.325\ \text{kPa}}\right) = 0.829\ \text{atm}$$

$$84.0\ \text{kPa} \times \left(\frac{760\ \text{torr}}{101.325\ \text{kPa}}\right) = 6.30 \times 10^2\ \text{torr}$$

$$84.0\ \text{kPa} = 0.829\ \text{atm} = 6.30 \times 10^2\ \text{torr}$$

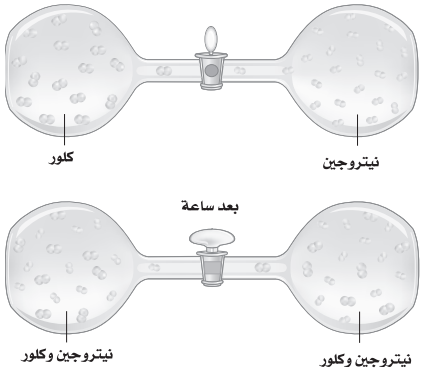
49. يساوي الضغط على عمق 76.21 m في المحيط 8.4 atm تقريبًا. ما قيمة الضغط بوحدتي kPa وmmHg؟

$$84.0\ \text{atm} \times \left(\frac{101.325\ \text{kPa}}{1\ \text{atm}}\right) = 850\ \text{kPa}$$

$$84.0\ \text{atm} \times \left(\frac{760\ \text{mm Hg}}{1\ \text{atm}}\right) = 6400\ \text{mm Hg}$$

$$8.4\ \text{atm} = 8.5 \times 10^2\ \text{kPa} = 6.4 \times 10^3\ \text{mm Hg}$$

50. يُمثِّل **الشكل 32—6** تجربة؛ إذ يُملأ الدورق الأيسر فيها بغاز الكلور، ويُملأ الدورق الأيمن بغاز النيتروجين. صف ما يحدث عند فتح الصمام بينهما. افترض أن درجة النظام ثابتة خلال التجربة؟



الشكل 32–6

سوف تنتشر الغازات حتى تمتلئ الحجرتان بخليط الغاز نفسه.

6-2

إتقان المفاهيم

51. وضِّح الفرق بين القطبية المؤقتة والقطبية الدائمة.

تتكوّن القطبية المؤقتة عندما يقترب جزيء من جزيء آخر، وتتنافر الإلكترونات بعضها عن بعض منتجة كثافة إلكترونية أكبر على جانب واحد من الجزيء. في حين توجد القطبية الدائمة في الجزيئات القطبية التي تحتوي بعض المناطق فيها على شحنة موجبة جزئية دائمًا، وأخرى سالبة جزئية دائمًا.

52. لماذا تُعدّ قوى التشتُّت أضعف من القوى الثنائية القطبية؟

تكون قوى التشتُّت بين الأقطاب المؤقتة، في حين تكون قوى الثنائية القطبية بين الأقطاب الدائمة.

53. فسِّر لماذا تكون الرابطة الهيدروجينية أقوى من معظم القوى الثنائية القطبية؟

تتضمّن الرابطة الهيدروجينية اختلافًا كبيرًا في الكهروسالبية بين ذرة الهيدروجين والذرة المرتبطة معها (O، أوN، أوF) ممّا يجعل الرابطة ذات قطبية عالية جدًّا.

54. قارن بين قوى التجاذب بين الجزيئية وقوى التجاذب الجزيئية.

تربط قوى التجاذب الجزيئات بين الذرات في الجزيء الواحد معًا، في حين تربط قوى التجاذب بين الجزيئات الجزيئات المختلفة معًا.

55. لماذا تتجاذب الجزيئات الطويلة غير القطبية بعضها مع بعض أقوى من تجاذب الجزيئات الكروية غير القطبية التي لها التركيب نفسه؟

لأن الجزيئات الطويلة لها مساحة سطح أكبر، لذا تزداد قوى التجاذب بين الجزيئات.

إتقان حلّ المسائل

56. **الجزيئات القطبية** استخدم الاختلاف في الكهرسالبية لتحديد الأطراف الموجبة والسالبة للجزيئات القطبية الآتية:

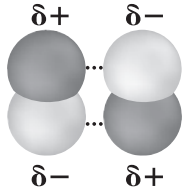
a. HF H^+-F^-

b. HBr H^+-Br^-

c. NO N^+-O^-

d. CO C^+-O^-

57. ارسم تجاذبًا ثنائي القطبية بين جزيئين من CO.



بالرجوع إلى الشكل 9–6 يجب أن يُظهِر الرسم جزيئين من CO على أن تكون C موجبة جزئيًّا، وO سالبة جزئيًّا، وترتبط C من جزيء مع O من جزيء آخر.

58. أيّ المواد الآتية تكوِّن روابط هيدروجينية؟

a. H_2O

b. H_2O_2

c. HF

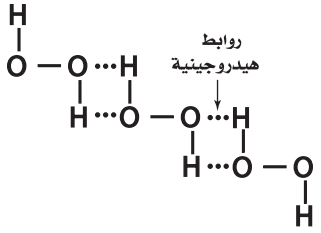
d. NH_3

تُكوّن هذه المواد كلها روابط هيدروجينية.

59. أيّ الجسيمات الآتية يكوِّن روابط هيدروجينية؟ ارسم عدة جسيمات منها موضِّحًا ترابطهما معًا بوساطة الروابط الهيدروجينية.

a. NaCl **b.** $MgCl_2$ **c.** H_2O_2 **d.** CO_2

c. H_2O_2؛ يمكن أن تكوِّن جسيمات H_2O_2 روابط هيدروجينية فيما بينها كما يوضِّحه الشكل الآتي:



6-3

إتقان المفاهيم

60. ما التوتّر السطحي؟ وما الشروط الواجب توافرها لحدوثه؟

الطاقة اللازمة لزيادة مساحة سطح السائل بمقدار معين. وجود قوى قوية بين جسيمات السائل.

61. فسِّر سبب انحناء سطح الماء في المخبار المدرّج؟

قوى التلاصق بين الماء والزجاج أكبر من قوى التماسك بين جزيئات الماء.

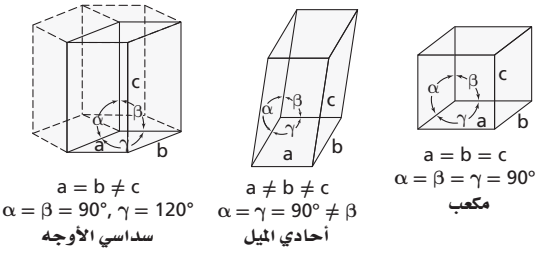
62. أيّ السائلين أكثر لزوجة عند درجة حرارة الغرفة: الماء أم الدبس؟ فسِّر إجابتك.

الدبس أكثر لزوجة من الماء عند درجة حرارة الغرفة؛ حيث تمنع قوى التجاذب بين الجزيئية الدبس من التدفق.

63. فسِّر كيف تؤدي قوتان مختلفتان دوريهما في الخاصية الشعرية؟

تَنتُج الخاصية الشعرية من تعارض قوى التماسك والتلاصق. ولأن قوى التلاصق بين جزيئات الماء وجزيئات الزجاج في الأنبوب الشعري أقوى من قوى التماسك بين جزيئات الماء، لذا سيرتفع الماء في الأنبوب الشعري.

64. استعن **بالشكل 33—6** للمقارنة بين البلورات المكعبة والأحادية الميل والسداسية الأوجه.



الشكل 33—6

الجوانب كلها في النظام البلوري للمكعب لها الأطوال نفسها، وقيم زواياه هي 90، وفي النظام الأحادي الميل تكون (a, b, c) مختلفة، والزوايا α، γ تساوي 90، في حين أن الزاوية β ليست كذلك. أمّا في النظام البلوري السداسي الأوجه فإن a وb لهما أطوال متساوية، في حين أن C ليست كذلك. والزوايا α وβ متساوية وهي 90، في حين أن الزاوية γ تساوي 120.

65. ما الفرق بين المادة الصُّلبة الشبكية والمادة الصُّلبة الأيونية؟

تتماسك الجسيمات بعضها مع بعض في المواد الصُّلبة الشبكية بروابط تساهمية، أما المواد الأيونية الصُّلبة فتتماسك بقوى تجاذب كهربائية.

66. فسِّر لماذا يمكن ثني الفلزات عند ضربها، بينما تتكسَّر المواد الأيونية؟

تستطيع الإلكترونات التي تربط أيونات الفلز بعضها مع بعض التحرك بسهولة لاستيعاب المؤثرات الخارجية. أمّا في المواد الصُّلبة الأيونية فتستطيع القوة القوية فصل المادة الصُّلبة على طول السطح وتربط مجموعة من الذرات معًا.

67. عدِّد أنواع المواد المتبلورة التي تُعدّ موصلات جيّدة للحرارة والكهرباء.

المواد الصُّلبة الفلزية؛ المواد الصُّلبة الأيونية عند انصهارها أو ذوبانها في محلول مائي.

68. كيف تؤثِّر قوى التجاذب بين الجزيئات في لزوجة المادة؟

تُنتِج قوى التجاذب بين الجزيئات القوية لزوجة أعلى؛ لأن القوى تمسك بالجسيمات بطريقة محكمة لتمنعها من التدفق.

69. فسِّر لماذا يكون التوتر السطحي للماء أكبر منه للجازولين ذي الجسيمات غير القطبية؟

يزداد التوتّر السطحي بزيادة القوى بين الجسيمات، فجزيئات الماء يتماسك بعضها ببعض بوساطة روابط هيدروجينية قوية تُنتِج توترًا سطحيًّا مرتفعًا جدًّا. في حين تُنتِج قوى التشتُّت الضعيفة بين جزيئات الجازولين توترًا سطحيًّا منخفضًا.

70. قارن بين عدد الجسيمات لكلّ وحدة بناء لكلٍّ ممّا يلي:

a. المكعب البسيط.

8

b. المكعب المركزي الجسم.

9

71. توقَّع أيّ المواد الصُّلبة من المرجَّح أن تكون غير متبلورة: مادة تكونت من تبريد مصهورها عند درجة حرارة الغرفة خلال 4 ساعات، أم مادة تكونت من تبريد مصهورها بسرعة في حوض من الثلج؟

المادة التي تكونت من تبريد مصهورها بسرعة في حوض من الثلج؛ لأن المواد الصلبة غير المتبلورة تَنتُج من المواد المنصهرة التي تُبرَّد بسرعة كبيرة لمنع تكوّن البلورات.

72. **التوصيل الكهربائي** أيّ المواد الصُّلبة الآتية يمكن أن توصل محاليلها التيار الكهربائي أفضل: السكر أم الملح؟

الملح؛ لأنه يتكوّن من أيونات، في حين أن السكر مادة صُلبة جزيئية خالية من الأيونات.

73. فسِّر لماذا يطفو مكعب الثلج فوق الماء، بينما يغرق مكعب البنزين الصُّلب في البنزين السائل؟ أيّ السلوكين طبيعي أكثر؟

يزداد التوتر السطحي بزيادة قوى التجاذب بين الجسيمات، فجزيئات الماء يتماسك بعضها ببعض بوساطة روابط هيدروجينية قوية تُنتِج توترًا سطحيًّا مرتفعًا جدًّا. في حين تُنتِج قوى التشتُّت الضعيفة بين جزيئات البنزين توترًا سطحيًّا منخفضًا. فالبنزين أقرب إلى الواقع.

إتقان حلّ المسائل

74. إذا أعطيت أطوال الأضلاع وقيم زوايا الوجه، فتوقَّع شكل كلّ بلورة ممّا يلي:

a. $a = 3\ nm, b = 3\ nm, c = 3\ nm; \alpha = 90°, \beta = 90°, \gamma = 90°$

مكعب

b. $a = 4\ nm, b = 3\ nm, c = 5\ nm; \alpha = 90°, \beta = 100°, \gamma = 90°$

أحادي الميل

c. $a = 3\ nm, b = 3\ nm, c = 5\ nm; \alpha = 90°, \beta = 90°, \gamma = 90°$

رباعي الأوجه

d. $a = 3\ nm, b = 3\ nm, c = 5\ nm; \alpha = 90°, \beta = 90°, \gamma = 120°$

سداسي الأوجه

6-4

إتقان المفاهيم

75. كيف يختلف التسامي عن الترسب؟

تحدث عملية التسامي عندما تتحوّل المادة من الحالة الصُّلبة إلى الحالة الغازية مباشرة ، في حين تحدث عملية الترسب عندما تتحول المادة من الحالة الغازية إلى الحالة الصُّلبة دون المرور بالحالة السائلة. وتحدث كلتا العمليتين لمادة معيّنة عند درجة الحرارة نفسها.

76. قارن بين التبخر والغليان.

التبخّر تحوّل المادة السائلة (جزيئات سطح السائل) إلى غاز، أمّا الغليان فيحدث عندما يتساوى الضغط البخاري للسائل مع الضغط الجوي الخارجي، ويحدث عند سطح السائل وداخله في المكان الذي تتكوّن فيه الفقاقيع.

77. ما المقصود بدرجة الانصهار؟

درجة الحرارة التي تتحلّل عندها الشبكة البلورية للمادة الصُّلبة وتصبح مادة سائلة.

78. فسِّر العلاقة بين كلٍّ من الضغط الجوي وضغط البخار للسائل ودرجة الغليان.

درجة الغليان هي درجة حرارة السائل التي تحدث عندما يكون الضغط البخاري الناتج من جزيئات السائل المتسربة من سطحه مساويًا للضغط الجوي فوق سطح السائل.

79. فسِّر تكوُّن الندى في الصباح البارد.

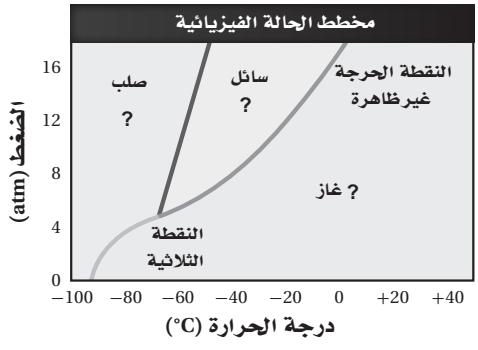
عندما يلامس الهواء الجوي المُحمَّل ببخار الماء سطحَ جسم بارد فإن بخار الماء يتكاثف على هذا الجسم.

80. **ثلج** فسِّر سبب تقلّص كومة ثلج ببطء، حتى في الأيام التي لا تزيد درجة الحرارة فيها على درجة تجمد الماء.

يتسامى بعض الثلج.

إتقان حلّ المسائل

81. انسخ **الشكل 34—6** ثُمّ حدِّد عليه منطقة الحالة الصُّلبة والسائلة والغازية، والنقطة الثلاثية والنقطة الحرجة.



الشكل 34—6

82. لماذا تكون الطاقة التي نحتاج إليها لغلي 10 g من الماء السائل أكبر من الطاقة اللازمة لصهر الكتلة نفسها من الثلج؟

لا يحتاج الانصهار إلى طاقة كبيرة؛ لأن الجسيمات في المادة الصُّلبة يجب ألا تتحرّك بعيدة بعضها عن بعض أو تكتسب حركة أكبر لتكوين السائل. في حين تكون جسيمات الغاز متباعدة جدًّا بعضها عن بعض بصورة كبيرة وتتحرّك حركة عشوائية، لذلك يحتاج السائل إلى كمية كبيرة من الطاقة لمباعدة جسيماته ومن ثَمّ تحويلها إلى غاز.

مراجعة عامة

83. استخدم نظرية الحركة الجزيئية لتفسير تصنيف السوائل والغازات من الموائع؟

لأن الجسيمات في الحالة السائلة والغازية تتماسك بقوى تجاذب أقلّ منها في الحالة الصُّلبة ممّا يسمح لها بالتدفق.

84. استخدم قوى التجاذب بين الجزيئات لتفسير سبب وجود الأكسجين في الحالة الغازية عند درجة حرارة الغرفة، بينما يوجد الماء في الحالة السائلة.

جزيئات الأكسجين غير قطبية ويتماسك بعضها ببعض بوساطة قوى التشتُّت ممّا يجعل فصلها أسهل. أمّا جزيئات الماء فتتماسك بوساطة روابط هيدروجينية قوية ممّا يجعل من الصعب فصلها. وعليه، فإن للماء درجة غليان أعلى.

85. استخدم نظرية الحركة الجزيئية لتفسير لماذا يمكن ضغط الغاز بينما لا يمكن ضغط السائل أو الصُّلب؟

لأن الجسيمات في الحالة الغازية ينفصل بعضها عن بعض بصورة أكثر منها في الحالة الصُّلبة أو السائلة، لذا، يوجد فراغ أكبر بين الجسيمات ممّا يؤدي إلى إمكانية ضغطها.

86. تساوي كثافة الزئبق عند درجة حرارة 25°C وضغط 760 m m Hg (13.5 g /mL)، بينما تساوي كثافة الماء عند نفس درجة الحرارة والضغط(1.00 g /mL). فسِّر هذا الاختلاف، اعتمادًا على قوى التجاذب بين الجزيئية ونظرية الحركة الجزيئية.

الروابط الفلزية التي تُمسك ذرات الزئبق معًا هي أقوى من الروابط الهيدروجينية التي تمسك جزيئات الماء معًا، لذا فإن ذرات الزئبق متراصة أكثر بعضها فوق بعض ممّا ينجم عنه كتلة أكبر في وحدة الحجم.

87. إذا كان هناك وعاءان متماثلان يحويان الغاز نفسه عند درجة الحرارة نفسها، ولكن الضغط في أحدهما ضعف الضغط في الآخر، فما كمية الغاز الموجودة في كلّ وعاء؟

الوعاء الذي يوجد فيه ضعف الضغط نجد فيه ضعف عدد الجسيمات.

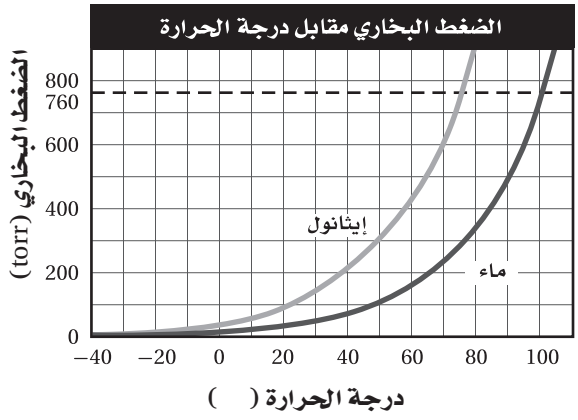
88. عدِّد ثلاثة أنواع من قوى التجاذب بين الجزيئية.

الروابط الهيدروجينية، وقوى التشتُّت، والقوى الثنائية القطبية.

89. عندما تذوب بلورات صُلبة من السكر في كوب من الماء يتكوّن محلول متجانس، بحيث لا يمكن رؤية البلورات. وإذا تُرك هذا المحلول عند درجة حرارة الغرفة لعدّة أيام فسنلاحظ تكوّن البلورات في القاع، وعلى جوانب الكوب مرة أخرى. فهل هذا مثال على التجمد؟

لا، التغير الوحيد الذي يحدث في الحالة الفيزيائية هو تبخر الماء السائل لتكوين بخار الماء. وسيظلّ السكر في الحالة الصُّلبة دائمًا، حتى عند عدم رؤيته. وستصبح بلوراته كبيرة بدرجة كافية مع الزمن كي يمكن رؤيتها بالعين المجردة.

التفكير الناقد



الشكل 35–6

90. تفسير الرسوم البيانية ارجع إلى **الشكل 35—6** الذي يوضِّح ضغط بخار كلّ من الماء والإيثانول مقابل درجة الحرارة للإجابة عمّا يأتي:

a. ما درجة غليان الماء عند 1 atm؟

100°C

b. ما درجة غليان الإيثانول عند 1 atm؟

78.5°C

c. إذا كان الضغط الجوي 0.80 atm، فما درجة الحرارة التي يغلي عندها الماء؟

94°C

91. فرضية أيّ نوع من المواد الصُّلبة المتبلورة تتوقَّع أن تتناسب مع الشروط الآتية بأفضل صورة؟

a. مادة تنصهر ويعاد تشكيلها عند درجات حرارة منخفضة.

مادة صُلبة جزيئية.

b. مادة يمكن سحبها إلى أسلاك طويلة ورفيعة.

مادة صُلبة فلزية.

c. مادة توصل الكهرباء في الحالة السائلة.

مادة صُلبة أيونية.

d. مادة صُلبة جدًّا وغير موصلة للكهرباء.

مادة صُلبة تساهمية شبكية.

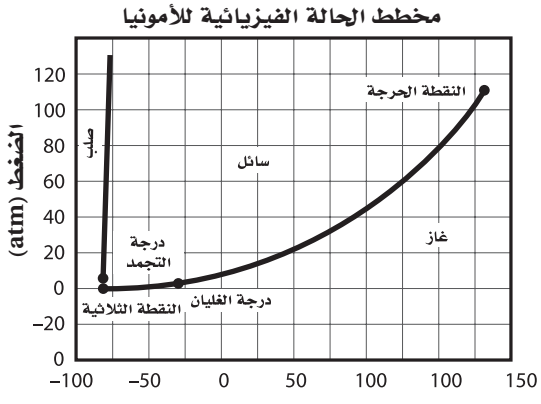
92. قارن يَستخدِم ضاغط الهواء الطاقة لضغط جسيمات الهواء معًا، وعندما يُترك الهواء ليتمدد تُستخدَم الطاقة الناتجة في تنظيف السطوح بلطف دون استخدام مواد كاشطة سائلة أو صُلبة إضافية. تعمل الأنظمة الهيدروليكية بالصورة نفسها، ولكنها تضغط الموائع لنقل القوة. ما فوائد وعيوب استخدام هذين النوعين من التقنية في رأيك؟

يُنتِج ضاغط الهواء الطاقة بصورة سريعة؛ لأن الغازات يمكن ضغطها بسهولة. بينما تتضمّن الأنظمة الهيدروليكية السوائل التي لا يمكن ضغطها بهذه السهولة وهي أكثر فائدة لإنتاج طاقة ثابتة ببطء.

93. رسم بياني استخدم **الجدول 6—6** لرسم مخطط الحالة الفيزيائية للأمونيا.

الجدول 6-6 مخطط الحالة الفيزيائية للأمونيا

نقاط مختارة	ضغط ( )	درجة حرارة (°)
النقطة الثلاثية	0.060	−77.7
النقطة الحرجة	112	132.2
درجة الغليان الطبيعية	1.0	−33.5
درجة التجمد الطبيعية	1.0	−77.7



94. طبِّق في أثناء تسخين مادة صُلبة تبقى درجة حرارتها ثابتة حتى تنصهر كليًّا. ماذا يحدث للطاقة الحرارية للنظام خلال الانصهار؟

تُستخدَم الطاقة في تكسير الروابط التي تربط جسيمات المادة الصلبة معًا.

95. تواصل أيّ العمليتين تجعلك قادرًا على شمّ العطور من زجاجة مفتوحة وبعيدة عنك: الانتشار أم التدفق؟ فسِّر إجابتك.

الانتشار؛ لأن جسيمات الغاز في العطر تختلط بجسيمات الهواء.

96. استنتج يتضمّن عرض مختبري صَبَّ بخار البروم ذي اللون الأحمر الغامق في دورق يحتوي على الهواء، ثُمَّ يُغلَق الدورق بإحكام. يتحرّك البروم في البداية نحو القاع، وبعد عدّة ساعات يتوزع اللون الأحمر بالتساوي في جميع أجزاء الدورق.

a. هل كثافة غاز البروم أكثر أم أقلّ من كثافة الهواء؟

أكثر كثافة.

b. هل ينتشر البروم السائل أسرع أم أبطأ من البروم الغاز بعد صَبِّه فوق سائل آخر؟

أبطأ.

97. حلّل استخدم ما تعرفه عن قوى التجاذب بين الجزيئية لتحديد ما إذا كانت الأمونيا NH_3 أم الميثان CH_4 أكثر ذائبية في الماء.

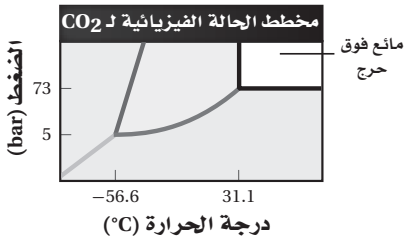
تذوب الأمونيا في الماء بصورة أكثر من الميثان؛ لأن الأمونيا والماء يُكوِّنان قوى تجاذب بين جزيئية أقوى (روابط هيدروجينية) بين بعضهما، في حين يُكوِّن الماء والميثان قوى تشتُّت فقط تكون أضعف من الروابط الهيدروجينية.

98. قوِّم عدِّد ثلاثة تغيّرات تُنتِج طاقة، وثلاثة أخرى تَستهلِكها.

التغيّرات التي تَستهلك طاقة هي الانصهار والتسامي والتبخر. أمّا التغيّرات التي تُنتِج طاقة فهي التجمد والترسّب والتكاثف.

99. قوِّم سائل ثاني أكسيد الكربون فوق الحرج يُستخدَم في الصناعات الغذائية لانتزاع الكافيين من الشاي والقهوة والمشروبات الغازية، وكذلك في الصناعات الدوائية لتكوين جسيمات دقيقة تُستخدَم في أنظمة توزيع الدواء.

استعن **بالشكل 36—6** لتحديد الظروف التي يجب توافرها لتكوين ثاني أكسيد الكربون فوق الحرج.



الشكل 36-6

الضغط أعلى من 73 bar ودرجة الحرارة فوق 31 1 °C

مسألة تحفيز

100. إذا كان لديك محلول يحتوي على 135.2 g KBr ذائبة في 2.3 L ماء، فما حجم المحلول الذي تَستخدِمه لتحضير محلول حجمه 1.5 L وتركيزه 0.1 mol/L من محلول KBr السابق؟ وما درجة غليان المحلول الناتج؟

الكتلة المولية $_{(KBr)}$ = 119 00 g/mol

$$\frac{135.2\text{g KBr}}{2.3\text{L water}} \times \frac{1\text{ mol KBr}}{119.00\text{g KBr}}$$

$$= 0.49\text{ mol/L (KBr/water)}$$

$$= \left(\frac{0.49\text{ mol}}{\text{L}}\right) \times (V_x) = \left(\frac{0.1\text{ mol}}{\text{L}}\right) \times (31.5\text{L})$$

$$V_x = 0.3\text{ L} = 300\text{ mL}$$

مراجعة تراكمية

101. صنِّف المواد الآتية إلى عنصر أو مركّب أو مخلوط متجانس أو مخلوط غير متجانس:

a. الهواء **مخلوط متجانس** **b.** الدم **مخلوط غير متجانس**
c. الأمونيا **مركّب** **d.** الخردل **مخلوط غير متجانس**
e. الماء **مركّب**

102. أُعطِيتَ محلولين مائيين شفافين صافيين، وقد قيل لك إن أحد المحلولين يحتوي مركّبًا أيونيًّا، ويحتوي الثاني على مركّب تساهميّ. كيف تُحدِّد أيّهما أيوني؟ وأيّهما تساهمي؟

يمكن قياس درجة توصيلها الكهربائي، حيث يوصل محلول المركّب الأيوني التيار الكهربائي، في حين أن محلول المركّب التساهمي غير موصل.

103. أيّ فروع الكيمياء يَدرُس المادة وحالاتها؟

a. الكيمياء الحيوية
b. الكيمياء الفيزيائية
c. الكيمياء العضوية
d. كيمياء المبلمرات

ⓑ

104. ما نوع التفاعل الآتي؟

$$K_2CO_{3(ag)} + BaCl_{2(ag)} \rightarrow 2KCl_{(ag)} + BaCO_{3(s)}$$

a. احتراق
b. إحلال مزدوج
c. إحلال بسيط
d. تحضير

ⓑ

105. من أول كيميائي وَضَع أول جدول دوري، وكان أوسع استخدامًا وأكثر قبولًا؟

a. ديمتري مندليف
b. هنري موزلي
c. جون نيولاندز
d. لوثر ماير

ⓐ

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

106. المسك من المكوِّنات الأساسية في الكثير من العطور والصابون والشامبو، وحتى في الأطعمة، ومنها الشوكولاتة وعرق السوس والحلوى الصُّلبة. تتكوّن مركّبات المسك المُحضَّرة صناعيًّا والطبيعية من جسيمات ذات كتلة كبيرة بالمقارنة بجسيمات المركّبات الأخرى المكوِّنة للعطور. ونتيجة لذلك تكون أبطأ في سرعة انتشارها للتأكيد على إطلاق العطر بصورة بطيئة ومستمرة. اكتب تقريرًا عن كيمياء مكوِّنات العطور، مؤكّدًا على أهمية سرعة الانتشار، بوصفها إحدى صفات العطر.

يجب أن يَظهر في تقارير الطلاب أن معدل التدفق البطيء ينجم عنه استمرار أطول للرائحة.

107. غاز البروبان وقود شائع الاستخدام في مواقد الغاز وتدفئة البيوت، إلا أنه لا يعبأ في حالته الغازية، بل يُسيَّل ويُطلَق عليه اسم البروبان السائل. اعمل ملصق حائط لتوضيح فوائد ومساوئ تخزين ونقل البروبان سائلًا لا غازًا.

يحتاج السائل إلى وعاء أصغر من الغاز، لذا يمكن أن يحتوي الوعاء على كمية وقود سائل أكثر من الغاز.

108. حالات المادة الأخرى ابحث في أحد الموضوعات الآتية: البلازما أو الميوعة الفائقة (Superfluids). واكتب تقريرًا عنها لتعرضه على بقية طلاب الصف.

افحص تقارير الطلاب.

أسئلة المستندات

اليود يتسامى اليود إذا تُرك عند درجة حرارة الغرفة من الصُّلب إلى الغاز، ولكن إذا سُخِّن بسرعة فإن ما يحدث له يختلف تمامًا، ويمكن وصفه كما يأتي:

وُضِع 1.0g من اليود في أنبوب محكم الإغلاق، وسُخِّن على سخان كهربائي، فتكوّنت طبقة من الغاز الأرجواني في الأسفل، وأصبح اليود سائلًا. وعند إمالة الأنبوب تحرك السائل على طول جانب الأنبوب في مجرًى ضيق، وتصلب بسرعة.

109. لماذا يتسامى اليود بسهولة؟ فسِّر إجابتك باستخدام ما تعرفه عن قوى التجاذب بين الجزيئية.

قوى التشتُّت التي تمسك جزيئات اليود معًا في البلورة الصُّلبة قوًى ضعيفة نسبيًّا. لذا، فعند تكسير هذه الروابط تتحوّل الذرات مباشرة من الحالة الصُّلبة إلى الحالة الغازية.

110. لماذا لا يمكن ملاحظة اليود السائل عند تسخينه في الهواء؟

ينصهر اليود الصُّلب عند 9 112 C، ويغلي عند 0 183 C، وضغطه البخاري هو 100 mmHg عند درجة حرارة 5 116 C وعند تسخينه بسرعة أو في أنبوب مغلق ينصهر. ويجب توافر ضغط بخاري مقداره 100 mmHg للسماح لليود السائل بالتكوّن ومنع حدوث التسامي. في الأوعية المفتوحة تتسامى البلورات في العادة كاملة قبل أن تنصهر.

111. لماذا يجب استخدام أنبوب محكم الإغلاق في هذا الاستقصاء؟

لأنه إذا لم يكن الأنبوب مغلقًا بإحكام فإن بخار اليود سيتسرب إلى الغرفة.

112. استنتج لماذا يتصلب اليود عند إمالة الأنبوب؟

يبرد اليود بسرعة في أثناء الإمالة.

اختبار مُقنَّن

الصفحتان 91 – 90

أسئلة الاختيار من متعدد

1. ما نسبة سرعة انتشار أكسيد النيتروجين NO ورابع أكسيد النيتروجين N_2O_4؟

a. 0.326 **c.** 1.751
b. 0.571 **d.** 3.066

ⓒ

$$\frac{\text{معدل انتشار NO}}{\text{معدل انتشار } N_2O_4} = \sqrt{\frac{\text{الكتلة المولية لـ } N_2O_4}{\text{الكتلة المولية لـ NO}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{92.01}{30.01}} = 1.751$$

2. أيّ الجمل الآتية لا تتفق مع فرضيات نظرية الحركة الجزيئية؟

a. التصادمات بين جسيمات الغازات مرنة.

b. جسيمات العيّنة جميعها لها السرعة نفسها.

c. لا تتجاذب جسيمات الغاز أو يتنافر بعضها مع بعض بصورة ملحوظة.

d. للغازات جميعها عند درجة حرارة معينة متوسط الطاقة الحركية نفسها.

ⓑ

3. يحتوي دورق مغلق بإحكام على غازات النيون والكربتون والأرجون، فإذا كان الضغط الكلي داخل الدورق 3.782 atm، وكان الضغط الجزئي لكلٍّ من Ne وKr هو 0.435 atm و1.613 atm على التوالي، فما الضغط الجزئي لغاز Ar؟

a. 2.048 atm
b. 1.734 atm
c. 1556 atm
d. 1318 atm

ⓑ

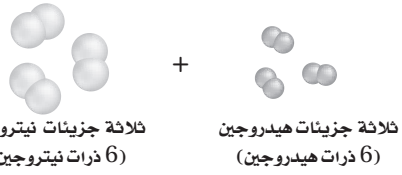
3 782 atm – 1 613 atm –0 435 atm = 1 734 atm

4. أيّ ممّا يأتي لا يؤثر في لزوجة السائل؟

a. قوى التجاذب بين الجزيئية. **b.** درجة حرارة السائل.
c. حجم وشكل الجزيء. **d.** الخاصية الشعرية.

ⓓ

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 5.



5. يتفاعل الهيدروجين مع النيتروجين كما هو موضَّح لتكوين الأمونيا. أيّ العبارات الآتية صحيحة في هذا التفاعل؟

a. يتكوّن 3 جزيئات أمونيا ولا يتبقى أيّ جزيء.

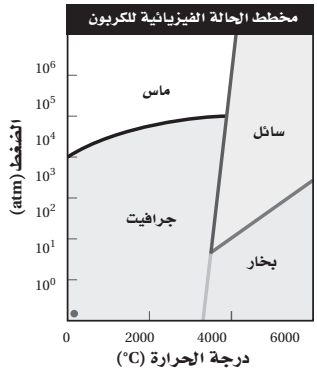
b. يتكوّن جزيئا أمونيا ويتبقى جزيئا هيدروجين.

c. يتكوّن 6 جزيئات أمونيا ولا يتبقى أيّ جزيء.

d. يتكوّن جزيئا أمونيا ويتبقى جزئيا نيتروجين.

ⓓ

استخدم الرسم البياني الآتي للإجابة عن الأسئلة 8–6.



6. ما الظروف التي يتكوّن فيها الألماس؟

a. درجة الحرارة >5000 K والضغط < 100 atm.

b. درجة الحرارة > 6000 K والضغط > 25 atm.

c. درجة الحرارة < 3500 K والضغط < 10^5 atm.

d. درجة الحرارة < 4500 K والضغط> 10 atm.

ⓒ

7. ما النقطة التي يوجد عندها الكربون بثلاث حالات جرافيت صلب وألماس وكربون سائل؟ موضِّحًا درجة الحرارة والضغط عندها؟

a. 4700 K و 10^6 atm

b. 3000 K و 10^3 atm

c. 5100 K و 10^5 atm

d. 3500 K و 80 atm

ⓓ

8. ما الأشكال التي يوجد عندها الكربون عند 6000 K و 10^5 atm.

a. ألماس فقط.

b. كربون سائل فقط.

c. ألماس وكربون سائل.

d. جرافيت وكربون سائل.

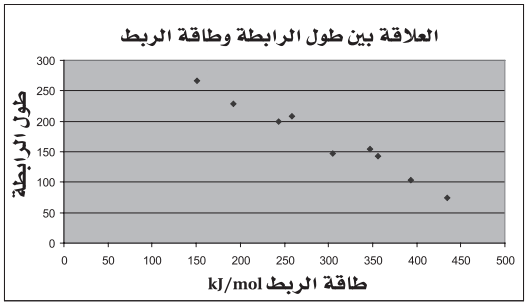
ⓑ

أسئلة الإجابات القصيرة

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة 9 و10.

خصائص الرابطة الأحادية		
الرابطة	طاقة الرابطة /	طول الرابطة ( )
H–H	435	74
Br–Br	192	228
C–C	347	154
C–H	393	104
C–N	305	147
C–O	356	143
Cl–Cl	243	199
I–I	151	267
S–S	259	208

9. ارسم العلاقة بين طول الرابطة وطاقة الربط بيانيًّا، واضعًا طاقة الربط على المحور السيني.

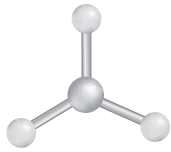


10. لخِّص العلاقة بين طاقة الرابطة وطول الرابطة.

يقلّ طول الرابطة كلما ازدادت طاقتها.

أسئلة الإجابات المفتوحة

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن السؤال 11.

الشكل الهندسي لـ 3 و 3		
المركب	3	3
شكل الجزيء		

11. ما أسماء أشكال الجسيمات لكلا المركّبين؟ فسِّر كيف يؤدي ترتيب الذرات في كلّ مركّب إلى اختلاف أشكالها على الرغم من أن لهما الصيغة الكيميائية نفسها؟

$AlCl_3$ شكله مثلث مستوٍ، في حين أن PCl_3 شكله مثلثي هرمي. يعود السبب في اختلاف شكليهما إلى اختلاف عدد أزواج الإلكترونات غير المرتبطة. ولأن للألومنيوم ثلاثة إلكترونات تكافؤ تُستخدَم جميعها في الارتباط بالكلور ولا يتبقّى أيّ منها غير مرتبط، فإنه يَنتُج عنه شكل مثلث مستوٍ. أمّا PCl_3 فشكله مثلثي هرمي؛ لأن للفوسفور 5 إلكترونات تكافؤ وتُستخَدم ثلاثة منها فقط في الارتباط مع ثلاث ذرات كلور ممّا يترك زوجًا من الإلكترونات غير مرتبط، ويتنافر مع الأزواج المرتبطة لتكوين شكل ثلاثي الأبعاد.

الغازات

7-1 قوانين الغازات

الصفحات 104 - 94

مسائل تدريبية

الصفحة 95

افترض أن درجة الحرارة وكمية الغاز ثابتتان في المسائل الآتية:

1. إذا كان حجم غاز عند ضغط 99.0 kPa هو 300 mL، وأصبح الضغط 188 kPa فما الحجم الجديد؟

$$V_1P_1 = V_2P_2 \Rightarrow V_2 = \frac{V_1P_1}{P_2}$$

$$V_2 = \frac{(300.0\ \text{mL})(99.0\ \cancel{\text{kPa}})}{188\ \cancel{\text{kPa}}} = 158\ \text{ml}$$

2. إذا كان ضغط عيّنة من غاز الهيليوم في إناء حجمه 1.00 L هو 0.988 atm، فما مقدار ضغط هذه العيّنة إذا نُقلَت إلى وعاء حجمه 2.00 L؟

$$V_1P_1 = V_2P_2 \Rightarrow P_2 = \frac{P_1V_1}{V_2}$$

$$P_2 = \frac{(0.988\ \text{atm})\ (1.00\ \cancel{\text{L}})}{2.00\ \cancel{\text{L}}} = 0.494\ \text{atm}$$

3. **تحفيز** إذا كان مقدار حجم غاز محصور تحت مكبس أسطوانة 145.7 mL، وضغطه 1.08 atm، فما حجمه الجديد عندما يزداد الضغط بمقدار 25%؟

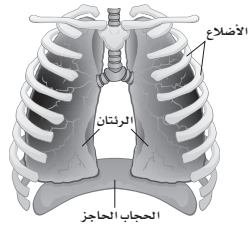
$$P_2 = (1.08\ \text{atm}) + (25\% \times 1.08\ \text{atm}) = 1.35\ \text{atm}$$

$$V_1P_1 = V_2P_2 \Rightarrow V_2 = \frac{V_1P_1}{P_2}$$

$$V_2 = \frac{(145.7\ \text{mL})(1.08\ \cancel{\text{atm}})}{135\ \cancel{\text{atm}}} = 117\ \text{ml}$$

مختبر حلّ المشكلات

الصفحة 96



1. **طبِّق** قانون بويل لتفسير السبب الذي يجعل الهواء يدخل إلى الرئتين عند الشهيق ويخرج منهما عند الزفير.

ينص قانون بويل على أن حجم الغاز يتناسب تناسبًا عكسيًّا مع الضغط الواقع عليه عند درجة حرارة ثابتة، فيزداد حجم الرئتين في أثناء عملية الاستنشاق، ويقّل الضغط ممّا يسمح للهواء بالدخول إلى الرئتين، ويقلّ حجم الرئتين في أثناء عملية الزفير ويزيد الضغط ممّا يسمح للهواء بالخروج منهما.

2. **وضِّح** ما يحدث داخل الرئتين عندما يتعرض الإنسان لضربة على البطن، ويخرج الهواء منه. استخدم قانون بويل لتفسير إجابتك.

عندما يُضرَب أحد على بطنه فإن الحجاب الحاجز يُشلّ مؤقتًا، وعندما لا يتحرك الحجاب الحاجز إلى الأعلى والأسفل فإن حجم الرئتين لا يتغيّر، وإذا لم يتغيّر حجم الرئتين فإن الضغط داخلهما لا يتغيّر، وعليه فلن يخرج الهواء من الرئتين أو يدخل إليهما.

3. **استنتج** تَفْقِد بعض أجزاء الرئتين مرونتها وتتضخّم، ويَنتُج عن ذلك مرض انتفاخ الرئتين. كيف تستدّل من قانون بويل على أن هذا الأمر يؤثِّر في عملية التنفس؟

يسبِّب فقدان أجزاء من الرئتين إلى نقصان مرونتها ممّا يجعل التغيّر في حجمها أمرًا صعبًا، وعليه فسيقلّ الاختلاف في الضغط، ويصبح من الصعب خروج الهواء من الرئتين أو الدخول إليهما.

4. **فسِّر** السبب في تعليم الغواصين المبتدئين الذين يحملون جهاز التنفس تحت الماء عدمَ حبس أنفاسهم في أثناء صعودهم من المياه العميقة.

عندما يصعد غواص بجهاز التنفس إلى أعلى سطح الماء، يقلّ الضغط وينجم عنه ازدياد في الحجم، فإذا حبس الغواص أنفاسه في أثناء صعوده إلى الأعلى فإن حجم الهواء في الرئتين سوف يزداد.

مسائل تدريبية

الصفحات 103 - 99

افترض أن الضغط وكمية الغاز ثابتان في المسائل الآتية:

4. ما الحجم الذي يشغله الغاز في البالون الموجود أدناه عند درجة 250 K؟

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1}$$

$$V_2 = \frac{(4.3\ \text{L})\ (250\ \cancel{\text{K}})}{350\ \cancel{\text{K}}} = 3.1\ \text{L}$$

5. شَغَلَ غازٌ عند درجة حرارة 89 °C حجمًا مقداره (0.67 L). عند أيّ درجة سيليزية سيزيد الحجم ليصل 1.12 L؟

$$T_1 = 89\ ^\circ\text{C} + 373 = 362\ \text{K}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{T_1 V_2}{V_1}$$

$$T_2 = \frac{(362\ \text{K})\ (1.12\ \cancel{\text{L}})}{0.67\ \cancel{\text{L}}} = 605\ \text{K}$$

$$605\ \text{K} - 273\ \text{K} = 332\ ^\circ\text{C}$$

6. إذا انخفضت درجة الحرارة السيليزية لعيّنة من الغاز حجمها 3.0 L من 80 °C إلى 30 °C. فما الحجم الجديد للغاز؟

$$T_1 = 80\ ^\circ\text{C} + 273 = 353\ \text{K}$$

$$T_2 = 30\ ^\circ\text{C} + 273 = 303\ \text{K}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1}$$

$$V_2 = \frac{(3.00\ \text{L})\ (303\ \cancel{\text{K}})}{353\ \cancel{\text{K}}} = 2.58\ \text{L}$$

7. تحفيز يَشْغَلُ غازٌ حيّزًا مقداره 0.67 L عند درجة حرارة (350 K). ما درجة الحرارة اللازمة لخفض الحجم بمقدار 45%؟

$$V_2 = 0.67\ \text{L} - (0.45 \times 0.67\ \text{L}) = 0.37\ \text{L}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{T_1 V_2}{V_1}$$

$$T_2 = \frac{(350\ \text{K})(0.37\ \cancel{\text{L}})}{0.67\ \cancel{\text{L}}} = 190\ \text{K}$$

افترض أن حجم الغاز ومقداره ثابتان في المسائل الآتية:

8. اذا كان ضغط إطار سيارة 1.88 atm عند درجة حرارة 25.0 °C. فكم يكون الضغط إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى 37.0°C؟

$$T_1 = 25.0\ ^\circ\text{C} + 273 = 298\ \text{K}$$

$$T_2 = 37.0\ ^\circ\text{C} + 273 = 310\ \text{K}$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow P_2 = \frac{P_1 T_2}{T_1}$$

$$P_2 = \frac{(1.88\ \text{atm})\ (310\ \cancel{\text{K}})}{298\ \cancel{\text{K}}} = 1.96\ \text{atm}$$

9. يوجد غاز هيليوم في أسطوانة حجمها 2 L ، تحت تأثير ضغط جوي مقداره 1.12 atm، فإذا أصبح ضغط الغاز 2.56 atm، عند درجة حرارة 36.5 °C، فما قيمة درجة حرارة الغاز الابتدائية؟

$$T_2 = 36.5\ ^\circ\text{C} + 273 = 309.5\ \text{K}$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{T_2 P_1}{P_2}$$

$$T_1 = \frac{(309.5\ \text{K})\ (1.12\ \cancel{\text{atm}})}{2.56\ \cancel{\text{atm}}} = 135\ \text{K}$$

$$135\ \text{K} - 273\ \text{K} = -138\ ^\circ\text{C}$$

10. تحفيز إذا كان ضغط عيّنة من الغاز يساوي 30.7 kPa عند درجة حرارة 0.00 °C، فكم ينبغي أن ترتفع درجة الحرارة السيليزية للعيّنة حتى يتضاعف ضغطها؟

$$T_1 = 0.00\ ^\circ\text{C} + 273 = 273\ \text{K}$$

$$P_2 = (30.7\ \text{kPa}) \times (2) = 61.4\ \text{atm}$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{T_1 P_2}{P_1}$$

$$T_2 = \frac{(273\text{ K})(61.4\text{ kPa})}{30.7\text{ kPa}} = 546\text{ K}$$

$$546\text{ K} - 273\text{ K} = 273\text{ °C}$$

يجب أن ترتفع درجة الحرارة بمقدار 273 °C .

افترض أن مقدار الغاز ثابت في المسائل الآتية:

11. تُحدث عيّنة من الهواء في حقنة ضغطًا مقداره 1.02 atm، عند 22.0°C، ووضعت هذه الحقنة في حمام ماء يغلي (درجة حرارة 100.0°C)، وازداد الضغط إلى 1.23 atm بدفع مكبس الحقنة إلى الداخل، ممّا أدى إلى نقصان الحجم إلى 0.224 ml. فكم كان الحجم الابتدائي؟

$$T_1 = 22.0\text{ °C} + 273 = 295\text{ K}$$

$$T_2 = 100.0\text{ °C} + 273 = 373\text{ K}$$

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \Rightarrow V_1 = \frac{V_2T_1P_2}{T_2P_1}$$

$$V_1 = \frac{(0.224\text{ mL})(295\text{ K})(1.23\text{ atm})}{(373\text{ K})(1.02\text{ atm})} = 0.214\text{ ml}$$

12. يحتوي بالون على 146.0 mL من الغاز المحصور تحت ضغط مقداره 1.30 atm، ودرجة حرارة 5.0 °C. فإذا تضاعف الضغط وانخفضت درجة الحرارة إلى 2.0 °C. فكم يكون حجم الغاز في البالون؟

$$T_1 = 5.0\text{ °C} + 273 = 278\text{ K}$$

$$T_2 = 2.0\text{ °C} + 273 = 275\text{ K}$$

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{P_1T_2V_1}{P_2V_1}$$

$$V_2 = \frac{(1.30\text{ atm})(275\text{ K})(146.0\text{ mL})}{(2.60\text{ atm})(278\text{ K})} = 72\text{ ml}$$

13. **تحفيز** إذا زادت درجة الحرارة في الأسطوانة المجاورة لتصل إلى 30.0°C ، وزاد الضغط إلى 1.20 atm فهل يتحرّك مكبس الأسطوانة إلى أعلى أم إلى أسفل؟

$$T_1 = 00.0\text{ °C} + 273 = 273\text{ K}$$

$$T_2 = 30.0\text{ °C} + 273 = 303\text{ K}$$

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1T_2}{P_2T_1} = \frac{(1.00\text{ atm})(303\text{ k})}{(1.20\text{ atm})(273\text{ k})} = 0.92$$

تُعدّ هذه نسبة؛ لذا ليس لها وحدة، وبما أن القيمة التي نتجت (0.92 1) ؛ لذا فإن V_2 تكون أقلّ من V_1، أيّ أن الحجم النهائي أقلّ من الحجم الابتدائي، لذا سيتحرّك المكبس إلى الأسفل.

التقويم 7-1

الصفحة 104

14. **وضِّح** العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة وحجم كمية ثابتة من الغاز.

العلاقة تُعطى من خلال القانون العام للغازات.

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

تُمثّل هذه العلاقة بقانون الغازات العام:

فعلى سبيل المثال: عندما ترتفع درجة الحرارة، فإمّا أن يزيد الحجم أو الضغط (أو كلاهما).

15. **اشرح** أيّ المتغيّرات الثلاثة، التي تؤثّر في كمية ثابتة من الغاز، تتناسب تناسبًا طرديًّا، وأيّها تتناسب عكسيًّا؟

يتناسب كلّ من: الضغط P والحجم V تناسبًا طرديًّا مع درجة الحرارة. كما يتناسب الضغط P والحجم V مع بعضهما بعضًا عكسيًّا.

16. **حلّل** أُطلق بالون طقس إلى الغلاف الجوي، وأنت تعرف كلًّا من حجمه الابتدائي ودرجة حرارته وضغط الهواء فيه. ما المعلومات التي تحتاج إليها لحساب الحجم النهائي للبالون عندما يصل إلى أقصى ارتفاع له؟ وأيّ القوانين تَستخدِم لحساب الحجم؟

نحتاج إلى معرفة درجة الحرارة والضغط النهائيين لحساب الحجم النهائي. استخدِم القانون العام للغازات.

17. **استنتج** لماذا تُضغَط الغازات التي تُستخدَم في المستشفيات، ومنها الأكسجين؟ ولماذا يجب حمايتها من ارتفاع درجات الحرارة؟ وماذا يجب أن يحدث للأكسجين المضغوط قبل استنشاقه؟

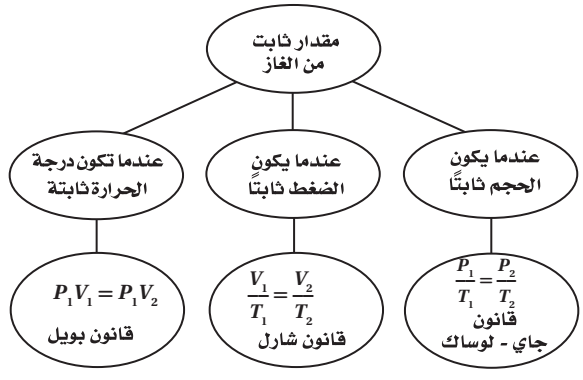
كلما حَصرْت كتلة أكبر من الغاز في حجم أقلّ، أصبح نقل الغاز وتخزينه أسهل. وتؤدي زيادة درجة الحرارة إلى ازدياد الضغط، وبالتالي قد تنفجر الأسطوانات. لذا، يجب إزالة ضغط الأكسجين قبل استنشاقه.

18. **احسب** يحتوي إناء بلاستيكي صُلب على 1.00 L من غاز الميثان عند ضغط جوي مقداره 660 torr، ودرجة حرارة 22.0°C، ما مقدار الضغط الذي يُحدِثه الغاز عند ارتفاع درجة الحرارة إلى 44.6°C؟

$$T_1 = 22.0\ °C + 273 = 295\ K$$
$$T_2 = 44.6\ °C + 273 = 318\ K$$
$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow P_2 = \frac{P_1 T_2}{T_1}$$
$$P_2 = \frac{(660\ torr)(318\ \cancel{K})}{295\ \cancel{K}} = 711\ torr$$

19. **صمِّم** خريطة مفاهيمية توضِّح فيها العلاقات بين الضغط والحجم ودرجة الحرارة في قوانين بويل، وشارل، وجاي – لوساك.

يجب أن توضِّح الخريطة المفاهيمية، كما هو موضح أدناه، كيف يتناسب كلّ من T, V, P مع بعضها البعض. وينبغي للطلاب تسمية كلّ زوج من المتغيّرات يُستخدَم في قوانين الغازات.



7-2 قانون الغاز المثالي

الصفحات 105 – 112

مسائل تدريبية

الصفحات 106 – 108

20. ما حجم الوعاء اللازم لاحتواء 0.0459 mol من غاز النيتروجين N_2 في الظروف المعيارية STP؟

$$V = 0.0459\ \cancel{mol} \times \frac{22.4\ L}{1\ \cancel{mol}} = 1.03\ L$$

21. ما كتلة غاز ثاني أكسيد الكربون بالجرامات، الموجودة في بالون حجمه 1.0 L في الظروف المعيارية STP؟

احسب عدد مولات CO_2:

$$1.0\ \cancel{L} \times \frac{1\ mol\ CO_2}{22.4\ \cancel{L}} = 0.045\ mol\ CO_2$$

احسب كتلة CO_2 بالجرامات:

$$0.045\ \cancel{mol\ CO_2} \times \frac{44.0\ g\ CO_2}{1\ \cancel{mol\ CO_2}} = 2.0\ g\ CO_2$$

22. ما الحيّز (ml)، الذي يشغله غاز الهيدروجين الذي كتلته 0.00922g في الظروف المعيارية STP؟

احسب عدد مولات H_2:

$$0.00922\ \cancel{g\ H_2} \times \frac{1\ mol\ H_2}{2.02\ \cancel{g\ H_2}} = 0.00457\ mol\ H_2$$

احسب حجم H_2 بالـ mL:

$$0.00457\ \cancel{mol\ H_2} \times \frac{22.4\ L\ H_2}{1\ \cancel{mol\ H_2}} = 0.102\ L\ H_2 = 102\ ml\ H_2$$

23. ما الحجم الذي تشغله كتلة مقدارها 0.416g من غاز الكربتون في الظروف القياسية STP؟

احسب عدد مولات Kr:

$$0.416\ \cancel{g\ Kr} \times \frac{1\ mol\ Kr}{83.80\ \cancel{g\ Kr}} = 0.00496\ mol\ Kr$$

احسب حجم Kr بالـ L:

$$0.00496\ \cancel{mol\ Kr} \times \frac{22.4\ L\ Kr}{1\ \cancel{mol\ Kr}} = 0.111\ L\ Kr$$

24. احسب الحجم الذي تشغله كتلة مقدارها 4.5 kg من غاز الإيثيلين C_2H_4 في الظروف المعيارية STP؟

احسب كتلة C_2H_4 بالجرامات:

$$45\ \text{kg}\ C_2H_4 \times \frac{1000\text{g}\ C_2H_4}{1\ \text{kg}\ C_2H_4} = 4500\text{g}\ C_2H_4$$

احسب عدد مولات C_2H_4 :

$$4500\text{g}\ C_2H_4 \times \frac{1\ \text{mol}\ C_2H_4}{28.00\text{g}\ C_2H_4} = 1.61 \times 10^2\ \text{mol}\ C_2H_4$$

احسب حجم C_2H_4 بالـ L:

$$1.61 \times 10^2\ \text{mol}\ C_2H_4 \times \frac{22.4\text{L}\ C_2H_4}{1\ \text{mol}\ C_2H_4} = 3.6 \times 10^3\ \text{L}\ C_2H_4$$

25. تحفيز إناء بلاستيكي مرن يحتوي 0.86g من غاز الهيليوم بحجم (19.2 L). إذا أُخرج 0.205g من غاز الهيليوم عند ضغط ودرجة حرارة ثابتين، فما الحجم الجديد؟

احسب كتلة غاز He المتبقية:

$$0.860\text{g} - 0.205\text{g} = 0.655\text{g He}$$

احسب حجم الغاز بوساطة استعمال النسبة:

$$\frac{V_{He}}{0.655\text{g He}} = \frac{19.2\text{ L He}}{0.860\text{g He}}$$

$$V_{He} = \frac{(19.2\text{ L He})(0.655\text{g He})}{(0.860\text{g He})} = 14.6\text{ L He}$$

26. ما درجة حرارة 2.49 mol من الغاز الموجود في إناء سعته 1.00 L، وتحت ضغط مقداره 143 kPa.

احسب الضغط بوحدة atm:

$$143\ \text{kPa} \times \frac{1.00\ \text{atm}}{101.3\ \text{kPa}} = 1.41\ \text{atm}$$

احسب درجة الحرارة بوحدة K:

$$T = \frac{PV}{nR} = \frac{(1.41\ \text{atm})\ (1.00\ \text{L})}{(2.49\ \text{mol})\left(0.0821 \frac{\text{L.atm}}{\text{mol.K}}\right)} = 6.96\ \text{K}$$

احسب درجة الحرارة بوحدة C :

$$6.90\ \text{K} - 273 = -266\ ^\circ\text{C}$$

27. احسب حجم 0.323 mol من غاز ما عند درجة حرارة 256 K وضغط جوي مقداره 0.90 atm.

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{(0.323\ \text{mol})\left(0.0821 \frac{\text{L atm}}{\text{mol.K}}\right)(256\ \text{K})}{(0.90\ \text{atm})} = 7.54\ \text{L}$$

28. ما مقدار ضغط 0.108 mol، بوحدة الضغط الجوي (atm) لعيّنة من غاز الهيليوم عند درجة حرارة 20.0°C، إذا كان حجمها 0.050 L؟

احسب درجة الحرارة بوحدة K:

$$T = 20.0\ ^\circ\text{C} + 273 = 293\ \text{K}$$

$$P = \frac{nRT}{V} = \frac{(0.108\ \text{mol})\left(0.0821 \frac{\text{L. atm}}{\text{mol.K}}\right)(293\ .0.\text{K})}{(0.505\ \text{L})} = 5.14\ \text{atm}$$

29. إذا كان ضغط غاز حجمه 0.044 L يساوي 3.81 atm عند درجة حرارة 25.0°C ، فما عدد مولات الغاز؟

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{(3.81\ \text{atm})\ (0.44\ \text{L})}{\left(0.0821 \frac{\text{L. atm}}{\text{mol. K}}\right)(298\ \text{K})} = 6.9 \times 10^{-3}\ \text{mol}$$

30. تحفيز غاز مثالي حجمه 3.0 L ، فإذا تضاعف عدد مولاته ودرجة حرارته وبقي الضغط ثابتًا، فما حجمه الجديد؟

$$PV = nRT \rightarrow \frac{P}{R} = \frac{nT}{V}$$

ولأن كلًّا من P و R ثابتان، يمكن حذفهما من المعادلة فتُصبح:

$$\frac{n_1T_1}{V_1} = \frac{n_2T_2}{V_2}$$

وبما أن $n_2 = 2n_1$، و$T_2 = 2T_1$، تصبح المعادلة:

$$\frac{n_1T_1}{V_1} = \frac{2n_1 2T_1}{V_2}$$

نضرب طرفي المعادلة في $\left(\frac{1}{n_1}\right)$ ثُمّ في $\left(\frac{1}{T_1}\right)$ فتُصبح:

$$\frac{1}{V_1} = \frac{(2)\ (2)}{V_2} \Rightarrow V_2 = 4V_1$$

$$V_2 = 4(3.0\ \text{L}) = 12\ \text{L}$$

استراتيجية حلّ المسائل

الصفحة 111

تطبيق الاستراتيجية

اشتق قانون بويل وجاي– لوساك والقانون العام للغازات استنادًا إلى القاعدة الموجودة في كتاب الطالب الصفحة 107.

ينبغي للطلاب استعمال هذه الاستراتيجية في اشتقاق قانون بويل ($P_1V_1=P_2V_2$) من قانون الغاز المثالي والحصول على قانون جاي لوساك ($P_1/T_1=P_2/T_2$) والقانون العام للغازات ($P_1V_1/T_1=P_2V_2/T_2$).

التقويم 7-2

الصفحة 112

31. فسِّر لماذا ينطبق مبدأ أفوجادرو على الغازات التي تتكوّن من جزيئات صغيرة والتي تتكوّن من جزيئات كبيرة؟

يكون حجم جزيئات الغاز صغيرًا جدًّا مقارنة بحجم الغاز الكلي. ومن المفترض أن يُهمَل حجم جسيم الغاز.

32. اكتب معادلة قانون الغاز المثالي.

$$PV = nRT$$

33. حلّل كيف ينطبق قانون الغاز المثالي على الغاز الحقيقي مُستخدِمًا نظرية الحركة الجزيئية؟

يسلك الغاز الحقيقي سلوكًا مشابهًا لسلوك الغاز المثالي في الظروف التي تزيد فيها المسافة وتقلّ فيها قوى التجاذب بين الجسيمات المكوّنة له. وأفضل الظروف لذلك هي عندما تكون درجات الحرارة مرتفعة والضغط منخفضًا.

34. توقَّع الظروف التي يُحتمَل أن يختلف عندها سلوك الغاز الحقيقي عن سلوك الغاز المثالي؟

ينحرف الغاز الحقيقي في سلوكه عن الغاز المثالي عند الظروف التي تقلّ فيها المسافة وتزيد قوى التجاذب بين الجسيمات المكوّنة له، ويحدث ذلك عندما تقلّ درجة الحرارة، ويرتفع الضغط.

35. ضع في قائمة، الوحدات الأكثر شيوعًا للمتغيّرات في قانون الغاز المثالي.

P: atm, mm Hg, torr, kPa
V: L, ml
T: K
n: mol

36. احسب كتلة غاز البروبان C_3H_8 الموجود في دورق حجمه 2.0 L عند ضغط جوي مقداره 1.00 atm ودرجة حرارة $-15.0°C$.

احسب درجة الحرارة بوحدة K:

$$T = -15.0\ °C + 273 = 258\ K$$

احسب عدد مولات غاز C_3H_8:

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{(1.00\ \cancel{atm})\ (2.00\ \cancel{L})}{\left(0.0821\ \frac{\cancel{L.\ atm}}{mol\cdot\cancel{K}}\right)\ (258\ \cancel{K})} = 0.0944\ mol$$

احسب الكتلة المولية لـ C_3H_8:

$$3\ \cancel{mol\ C} \times \frac{12.01\ g\ C}{1\ \cancel{mol\ C}} = 36.03\ g\ C$$

$$8\ \cancel{mol\ H} \times \frac{1.008\ g\ H}{1\ \cancel{mol\ H}} = 8.064\ g\ H$$

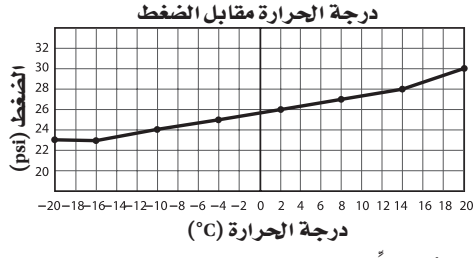
$$\text{الكتلة المولية لـ } C_3H_8 = 8.064\ g + 36.03\ g + = 44.09\ g/mol$$

$$n = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الكتلة المولية}}$$

$$\text{الكتلة} = n\ (\text{الكتلة المولية})$$

$$= (0.0944\ \cancel{mol})(44.09\ g/\cancel{mol}) = 4.16\ g\ C_3H_8$$

37. ارسم رسمًا بيانيًّا واستخدمه ينخفض ضغط إطارات السيارات بمقدار 1 psi (14.7psi=1.0 atm) عند انخفاض درجة الحرارة بمقدار6°C، ارسم رسمًا بيانيًّا يوضِّح التغيّر في الضغط داخل الإطار، عندما تتغيّر درجات الحرارة من 20°C إلى 20°C– (افترض أن الضغط يساوي 30 Psi عند درجة حرارة 20.0°C).



يجب أن يوضِّح الرسم البياني ضغط الهواء وعلاقته بدرجة الحرارة، سيكون المنحنى الناتج خطًّا مستقيمًا يُبيّن علاقة التناسب الطردي بين المتغيّرات.

7-3 الحسابات المتعلقة بالغازات

الصفحات 113 – 117

مسائل تدريبية

الصفحات 114 – 116

38. كم لتًرا من غاز البروبان C_3H_8 يلزم لكي تحترق حرقًا كاملًا مع 34.0 L من غاز الأكسجين؟

$$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(g)}$$

من المعادلة الموزونة: $\frac{1\ L\ C_3H_8}{5\ L\ O_2}$

$$34.0\ \cancel{L\ O_2} \times \frac{1\ L\ C_3H_8}{5\ \cancel{L\ O_2}} = 6.80\ L\ C_3H_8$$

39. ما حجم غاز الهيدروجين اللازم للتفاعل تمامًا مع 5.00 L من غاز الأكسجين لإنتاج الماء؟

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}$$

من المعادلة الموزونة: $\frac{2\ L\ H_2}{1\ L\ O_2}$

$$5.00\ \cancel{L\ O_2} \times \frac{2\ L\ H_2}{1\ \cancel{L\ O_2}} = 10.0\ L\ H_2$$

40. ما حجم غاز الأكسجين اللازم لاحتراق 2.36 L من غاز الميثان CH_4 حرقًا كاملًا؟

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

من المعادلة الموزونة: $\frac{2\ L\ O_2}{1\ L\ CH_4}$

$$2.36\ \cancel{L\ CH_4} \times \frac{2\ L\ O_2}{1\ \cancel{L\ CH_4}} = 4.72\ L\ O_2$$

41. **تحفيز** يتفاعل غازا النيتروجين والأكسجين لإنتاج غاز أول أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O. ما حجم غاز O_2 اللازم لإنتاج 34 L من غاز N_2O؟

$$N_2 + O_2 = N_2O$$
$$2N_2 + O_2 = 2N_2O$$

من المعادلة الموزونة: $\frac{1\ L\ O_2}{2\ L\ N_2O}$

$$34\ \cancel{L\ N_2O} \times \frac{1\ L\ O_2}{2\ \cancel{L\ N_2O}} = 17\ L\ O_2$$

42. نترات الأمونيا مكوّن شائع في الأسمدة الكيميائية. استخدم التفاعل التالي لحساب كتلة نترات الأمونيوم الصُّلبة التي يجب أن تُستخدَم للحصول على 0.100 L من غاز أول أكسيد ثنائي النيتروجين.

$$NH_4NO_{3(s)} \rightarrow N_2O_{(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

احسب عدد المولات: N_2O

$$1.0\ \cancel{L\ N_2O} \times \frac{1\ mol\ N_2O}{22.4\ \cancel{L\ N_2O}} = 0.00446\ mol\ N_2O$$

احسب عدد المولات: NH_4NO_3

من المعادلة الموزونة: $\frac{1\ mol\ NH_4NO_3}{1\ mol\ N_2O}$

$$0.00446\ \cancel{mol\ N_2O} \times \frac{1\ mol\ NH_4NO_3}{1\ \cancel{mol\ N_2O}}$$

$$= 0.00446\ mol\ NH_4NO_3$$

احسب كتلة NH_4NO_3 بالجرامات:

$$0.00446\ \cancel{mol\ NH_4NO_3} \times \frac{80.03\ g\ NH_4NO_3}{1\ \cancel{mol\ NH_4NO_3}}$$
$$= 0.357\ g\ NH_4NO_3$$

43. عند تسخين كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ تتحلّل لتكون أكسيد الكالسيوم CaO الصُّلب وغاز ثاني أكسيد الكربون CO_2. ما عدد لترات غاز ثاني أكسيد الكربون التي تتكوّن عند STP إذا تحلّل 2.38 kg من كربونات الكالسيوم تمامًا؟

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$$

احسب كتلة $CaCO_3$ بالجرامات:

$$2.38\ \cancel{kg}\ CaCO_3 \times \frac{1000\ g}{1\ \cancel{kg}} = 2.38 \times 10^3\ g\ CaCO_3$$

احسب عدد مولات $CaCO_3$:

$$2.38 \times 10^3\ \cancel{g\ CaCO_3} \times \frac{1\ mol\ CaCO_3}{100.09\ \cancel{g\ CaCO_3}}$$
$$= 23.78\ mol\ CaCO_3$$

احسب عدد مولات CO_2:

من المعادلة $\frac{1\text{ mol } CO_2}{1\text{ mol } CaCO_3}$

$$23.78\ \cancel{\text{mol CaCO}_3} \times \frac{1\text{ mol } CO_2}{1\ \cancel{\text{mol CaCO}_3}} = 23.78\text{ mol } CO_2$$

احسب حجم CO_2 باللتر:

$$23.78\ \cancel{\text{mol CO}_2} \times \frac{22.4\text{ L } CO_2}{1\ \cancel{\text{mol CO}_2}} = 533\text{ L } CO_2$$

44. عندما يصدأ الحديد يكون قد تفاعل مع الأكسجين ليُكوِّن أكسيد الحديد (III).

$$4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Fe_2O_{3(s)}$$

احسب حجم غاز الأكسجين عند STP اللازم ليتفاعل مع 52.0g من الحديد تمامًا.

احسب عدد مولات Fe:

$$52.0\text{g } \cancel{\text{Fe}} \times \frac{1\text{ mol Fe}}{55.85\text{g } \cancel{\text{Fe}}} = 0.931\text{ mol Fe}$$

احسب عدد المولات O_2:

من المعادلة الموزونة: $\frac{3\text{ mol } O_2}{4\text{ mol Fe}}$

$$0.931\ \cancel{\text{mol Fe}} \times \frac{3\text{ mol } O_2}{4\ \cancel{\text{mol Fe}}} = 0.698\text{ mol } O_2$$

احسب حجم O_2 باللتر:

$$0.698\ \cancel{\text{mol O}_2} \times \frac{22.4\text{ L } O_2}{1\ \cancel{\text{mol O}_2}} = 15.6\text{ L } O_2$$

45. تحفيز أُضيفت كمية فائضة من حمض الأسيتيك إلى 28g من كربونات الصوديوم الهيدروجينية عند درجة 25°C، وضغط 1 atm وفي أثناء التفاعل برد الغاز بحيث أصبحت درجة حرارته 20°C. ما حجم ثاني أكسيد الكربون الناتج؟

$$NaHCO_{3(aq)} + CH_3COOH_{(aq)} \rightarrow NaCH_3COO_{(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

الكتلة المولية لكربونات الصوديوم الهيدروجينية

$= 83.9\text{ g/mol}$

احسب عدد مولات $NaHCO_3$:

$$28\text{g } \cancel{\text{NaHCO}_3} \times \frac{1\text{ mol NaHCO}_3}{83.9\text{g } \cancel{\text{NaHCO}_3}} = 0.33\text{ mol NaHCO}_3$$

يُنتج المول الواحد من كربونات الصوديوم الهيدروجينية مولًا واحدًا من CO_2. لذا، فإن 0.33 mol من $NaHCO_3$ سيُنتج 0.33 mol من CO_2.

الحجم المولي للغاز المثالي هو 22.4 L عند 273 K و 1 atm.

$T = 20.0\text{ °C} + 273 = 293\text{ K}$

احسب حجم CO_2 عند درجة حرارة 273 k:

$$0.33\ \cancel{\text{mol CO}_2} \times \frac{22.4\text{ L } CO_2}{1\ \cancel{\text{mol CO}_2}} = 7.392\text{ L } CO_2$$

احسب حجم CO_2 عند درجة حرارة 293 k:

$$7.392\text{ L } CO_2 \times \frac{293\ \cancel{\text{K}}}{273\ \cancel{\text{K}}} = 7.9\text{ L } CO_2$$

التقويم 7-3

الصفحة 117

46. فسِّر عندما يتفاعل غاز الفلور مع بخار الماء يحدث التفاعل الآتي:

$$2F_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} \rightarrow O_{2(g)} + 4HF_{(g)}$$

فإذا بدأ التفاعل بـ 2 L من غاز الفلور فما حجم بخار الماء (L) اللازم للتفاعل مع غاز الفلور؟ وما حجم غاز الأكسجين وغاز فلوريد الهيدروجين الناتجين؟

من المعادلة الموزونة: $\frac{2\text{ L } H_2O}{2\text{ L } F_2}, \frac{1\text{ L } O_2}{2\text{ L } F_2}, \frac{4\text{ L HF}}{2\text{ L } F_2}$

$$2\ \cancel{\text{L F}_2} \times \frac{2\text{ L } H_2O}{2\ \cancel{\text{L F}_2}} = 2\text{ L } H_2O$$

$$2\ \cancel{\text{L F}_2} \times \frac{1\text{ L } O_2}{2\ \cancel{\text{L F}_2}} = 1\text{ L } O_2$$

$$2\ \cancel{\text{L F}_2} \times \frac{4\text{ L HF}}{2\ \cancel{\text{L F}_2}} = 4\text{ L HF}$$

2 L من H_2O، و 1 L من O_2، و4L من HF

47. حلّل هل يتناسب حجم الغاز تناسبًا طرديًّا أو عكسيًّا مع عدد مولات الغاز عند درجة حرارة وضغط ثابتين؟ فسِّر إجابتك.

يتناسب تناسبًا طرديًّا، فكلما زادت كمية الغاز فإن الحجم يزداد.

48. احسب يشغل 1mol من الغاز حجمًا مقداره 22.4 L عند STP، احسب درجة الحرارة والضغط اللازمين لإدخال 2 mol من الغاز في حجم 22.4 L.

ستتنوّع إجابات الطلاب. درجة الحرارة يمكن أن تقلّ للنصف أو يتضاعف الضغط أو أن يحدث مزيج من انخفاض درجة الحرارة وازدياد الضغط.

49. فسِّر البيانات يتفاعل غاز الإيثين C_2H_4 مع الأكسجين ليكوّنا غاز ثاني أكسيد الكربون والماء. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل، ثُمّ جد النسبة المولية للمواد الموجودة على كلّ جهة من المعادلة.

$$C_2H_{4(g)} + 3O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

1:3 **2:2**

الكيمياء والصحة

الصفحة 118

الكتابة في الكيمياء

أعدَّ كتيِّبَ معلومات حول استخدام (HBOT) لعلاج الجروح التي لا تلتئم بسرعة.

البحث: ينبغي للطلاب أن يصبحوا قادرين على وصف استعمال HBOT في معالجة الجروح. لذا زوِّدهم بسلالم تقدير لتمكينهم من إجراء التقويم الذاتي، أو تقويم الأقران. وقد تتضمّن سلالم التقدير: عرض المعلومات، وصف ظروف العلاج، وصف المزايا والأخطار المحتملة والمرتبطة به، ووصف مدى مساعدة المريض على تقرير ما إذا كان يقبل العلاج بوساطة HBOT أم لا.

الفصل 7 مراجعة الفصل

الصفحات 121 125

7-1

إتقان المفاهيم

50. اذكر نصوص قوانين: بويل، وشارل، وجاي- لوساك والقانون العام للغازات، واكتب معادلاتها.

قانون بويل: **يتناسب حجم كتلة من الغاز المحصور عند درجة حرارة ثابتة تناسبًا عكسيًّا مع الضغط.** $P_1V_1 = P_2V_2$؛
قانون شارل: **يتناسب حجم كتلة من الغاز تناسبًا طرديًّا مع درجة حرارته المطلقة عند ثبوت الضغط.** $V_1/T_1 = V_2/T_2$؛
قانون جاي- لوساك: **يتناسب ضغط كتلة من الغاز تناسبًا طرديًّا مع درجة حرارته المطلقة عند ثبوت الحجم.** $P_1/T_1 = P_2/T_2$؛
القانون العام للغازات: يوضِّح العلاقة بين الضغط والحجم ودرجة الحرارة لكمية ثابتة من الغاز $P_1V_1/T_1 = P_2V_2/T_2$.

51. إذا تناسب متغيّران تناسبًا عكسيًّا، فماذا يحدث لأحدهما إذا زاد الآخر؟

ينقص عندما يزداد المتغيّر الآخر.

52. إذا تناسب متغيّران تناسبًا طرديًّا، فماذا يحدث لأحدهما إذا زاد الآخر؟

يزداد عندما يزداد المتغيّر الآخر.

53. ما الظروف المعيارية المُستخدَمة في حسابات الغازات؟

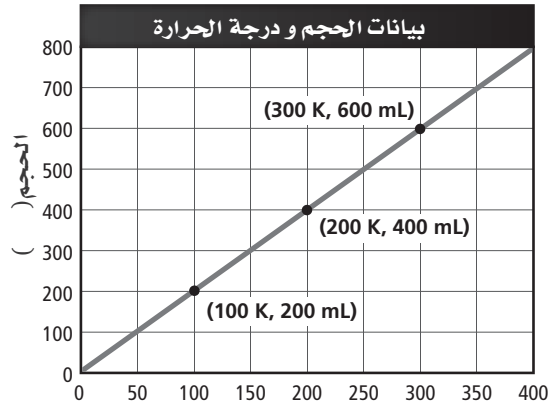
$T = 0.00°C\ (273K)$ ،$P = 1.00\ atm$

54. حدِّد وحدات: الضغط، والحجم، ودرجة الحرارة الأكثر استعمالًا.

للضغط: atm، ولدرجة الحرارة: K، وللحجم: L.

إتقان المفاهيم

55. استعمل قانون شارل لتحديد صحة بيانات **الشكل 13—7**.



الشكل 13–7

ينص قانون شارل على أن حجم كتلة معيَّنة من الغاز يتناسب تناسبًا طرديًّا مع درجة الحرارة. ويخضع الرسم البياني لهذا القانون؛ لأن مضاعفة درجة الحرارة من شأنها مضاعفة الحجم. لذا، فالبيانات دقيقة.

56. **بالونات الطقس** أُطلِق بالون طقس، وكان حجمه 5.0×10^4 L عندما كان ضغطه 0.995 atm، ودرجة حرارة المحيط 32.0°C، وبعد إطلاقه ارتفع إلى علوٍّ كان الضغط عنده 0.720 atm ودرجة الحرارة 12.0°C–. احسب حجم البالون عند هذا الارتفاع.

$$T_1 = 32.0\ ^\circ\text{C} + 273 = 295\ \text{K}$$
$$T_2 = -12.0\ ^\circ\text{C} + 273 = 261\ \text{K}$$

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{P_1T_2V_1}{P_2T_1}$$
$$V_2 = \frac{(0.995\ \cancel{\text{atm}})(261\ \cancel{\text{K}})(5.00 \times 10^4\ \text{L})}{(0.720\ \cancel{\text{atm}})\ (305\ \cancel{\text{K}})} = 5.91 \times 10^4\ \text{L}$$

57. استعمل قوانين: بويل، وشارل، وجاي– لوساك لحساب القيم المفقودة في كلٍّ ممّا يأتي:

a. $V_1 = 2.0\ \text{L}, P_1 = 0.82\ \text{atm}, V_2 = 1.0\ \text{L}, P_2 = ?$

$$V_1P_1 = V_2P_2 \Rightarrow P_2 = \frac{P_1V_1}{V_2}$$

$$P_2 = \frac{(0.82\ \text{atm})(2.00\ \cancel{\text{L}})}{(1.00\ \cancel{\text{L}})} = 1.6\ \text{atm}$$

b. $V_1 = 250\ \text{mL}, T_1 = ?, V_2 = 400\ \text{mL}, T_2 = 289\ \text{K}$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow T_1 = \frac{T_2V_2}{V_1}$$
$$T_1 = \frac{(298\ \text{K})(250\ \cancel{\text{mL}})}{(400\ \cancel{\text{mL}})} = 186\ \text{K} \cong 200\ \text{K}$$

c. $V_1 = 0.55\ \text{L}, P_1 = 740\ \text{mm Hg}, V_2 = 0.80\ \text{L}, P_2 = ?$

$$V_1P_1 = V_2P_2 \Rightarrow P_2 = \frac{P_1V_1}{V_2}$$
$$P_2 = \frac{(740\ \text{mm Hg})(0.55\ \cancel{\text{L}})}{(0.80\ \cancel{\text{L}})} = 510\ \text{mm Hg}$$

58. **بالونات الهواء الساخن** إذا كان حجم عيّنة من الهواء 2.5 L عند درجة حرارة 22.0°C، فكم يُصبح حجم هذه العيّنة إذا نُقلَت إلى بالون هواء ساخن، حيث تبلغ درجة الحرارة 43.0°C؟ افترض أن الضغط ثابت داخل البالون.

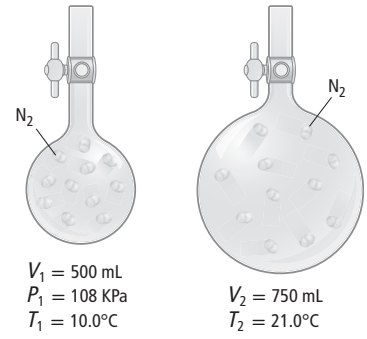
$$T_1 = 22.0\ ^\circ\text{C} + 273 = 295\ \text{K}$$
$$T_2 = 43.0\ ^\circ\text{C} + 273 = 316\ \text{K}$$
$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{V_1T_2}{T_1}$$
$$V_2 = \frac{(2.50\text{L})(316\ \cancel{\text{K}})}{(295\ \cancel{\text{K}})} = 2.68\ \text{L}$$

59. ما ضغط حجم ثابت من غاز الهيدروجين عند درجة حرارة 30.0°C، إذا كان ضغط غاز الهيدروجين 1.11 atm عند درجة حرارة مقدارها 15.0°C؟

$$T_1 = 15.0\ ^\circ\text{C} + 273 = 288\ \text{K}$$
$$T_2 = 30.0\ ^\circ\text{C} + 273 = 303\ \text{K}$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow P_2 = \frac{P_1T_2}{T_1}$$
$$P_2 = \frac{(1.11\ \text{atm})(303\ \cancel{\text{K}})}{(288\ \cancel{\text{K}})} = 1.17\ \text{atm}$$

60. نُقلَت كمية من غاز النيتروجين من وعاء صغير إلى وعاء أكبر منه، كما هو مُبيَّن في **الشكل 14—7**. ما مقدار ضغط غاز النيتروجين في الوعاء الثاني؟



الشكل 14–7

$$T_1 = 10.0\ °C + 273 = 283\ K$$

$$T_2 = 21.0\ °C + 273 = 294\ K$$

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \Rightarrow P_2 = \frac{P_1V_1T_2}{V_1P_2}$$

$$V_2 = \frac{(108\ kPa)(500.0\ \cancel{mL})(294\ \cancel{K})}{(283\ \cancel{K})(750.0\ \cancel{mL})} = 74.8\ kPa$$

7-2

إتقان المفاهيم

61. اذكر نص مبدأ أفوجادرو.

تحتوي الحجوم المتساوية من أيّ غاز مثالي العدد نفسه من الجسيمات عند ثبوت الضغط ودرجة الحرارة.

62. اذكر نص قانون الغاز المثالي.

يصف قانون الغاز المثالي السلوك الفيزيائي للغاز المثالي بدلالة كلٍّ من: الضغط، والحجم، ودرجة الحرارة، وعدد مولات الغاز الموجودة.

63. ما حجم 1 mol من الغاز في الظروف المعيارية؟ وما حجم 2 mol من الغاز في الظروف المعيارية؟

حجم 1 mol يساوي 22.04 L؛ وحجم 2 mol يساوي 44.8 L.

64. ما المقصود بالغاز المثالي؟ ولماذا لا يوجد مثل هذا الغاز في الطبيعة؟

الغاز المثالي هو ذلك الغاز الذي لا تَشغَل جسيماته حيّزًا من الفراغ، ولا يوجد بينها قوى تجاذب، وتخضع لقوانين الغازات في الظروف جميعها من الضغط ودرجة الحرارة. ولكن لا يوجد حقيقة غاز مثالي؛ لأن جميع جسيمات الغازات لها الحجم نفسه، وبينها قوى تجاذب.

65. ما الشرطان اللذان لا يمكن أن يكون سلوك الغاز عندهما مثاليًّا؟

ضغط مرتفع ودرجة حرارة منخفضة.

66. ما وحدات الحرارة في معادلة قانون الغاز المثالي؟ فسِّر ذلك.

وحدة الكلفن؛ لأن الحجم لا يتناسب تناسبًا طرديًّا مع درجة الحرارة السليزية (°C).

إتقان حلّ المسائل

67. **غاز المنازل** يُستعمَل غاز البروبان C_3H_8 في المنازل لأغراض الطهي والتدفئة.

e. احسب حجم 0.540 mol من البروبان في الظروف المعيارية.

$$0.540\ \cancel{mol\ C_3H_8} \times \frac{22.4\ L\ C_3H_8}{1\ \cancel{mol\ C_3H_8}} = 12.1\ L\ C_3H_8$$

f. فكِّر في حجم هذه الكمية ومقدار البروبان الموجود فيها، ثُمّ فسِّر لماذا يتحوّل غاز البروبان إلى سائل قبل نقله؟

لأن سائل البروبان يحتلّ حجمًا أصغر من حجم الغاز للكمية نفسها.

68. **مِهنٌ في الكيمياء** قاس كيميائي أقلّ ضغط يمكن الوصول إليه في المختبر فكان 1.0×10^{-15} mm Hg. ما عدد جسيمات غاز حجمه 1.00 L ودرجة حرارته 22.0°C عند هذا الضغط؟

احسب درجة حرارة الغاز بوحدة K:

$$T = 22.0\ °C + 273 = 295\ K$$

احسب عدد مولات الغاز:

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{(1.0 \times 10^{-15}\ \text{mm Hg})(1.00\ \text{L})}{\left(62.4 \frac{\text{L.mm Hg}}{\text{mol.K}}\right)(295\ \text{K})}$$

$$= 5.4 \times 10^{-20}\ \text{mol}$$

احسب عدد جسيمات الغاز:

$$5.4 \times 10^{-20}\ \text{mol} \times \frac{6.02 \times 10^{23}\ \text{molecules}}{1\ \text{mol}}$$

$$= 3.3 \times 10^{4}\ \text{molecules}$$

69. احسب عدد مولات O_2 الموجودة في وعاء محكم الإغلاق حجمه 2.00 L ودرجة حرارته 25.0°C، إذا كان ضغطه (3.50 atm). ما عدد المولات الموجودة في الوعاء إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى 49.0°C وبقي الضغط ثابتًا؟

احسب درجة حرارة غاز O_2 الأولى بوحدة K:

$$T_1 = 25.0\ ^\circ\text{C} + 273 = 298\ \text{K}$$

احسب عدد مولات غاز O_2:

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{(3.50\ \text{atm})(2.00\ \text{L})}{\left(0.0821 \frac{\text{L.atm}}{\text{mol.K}}\right)(298\ \text{K})}$$

$$= 0.286\ \text{mol}\ O_2$$

احسب درجة حرارة غاز O_2 الثانية بوحدة K:

$$T_2 = 49.0\ ^\circ\text{C} + 273 = 322\ \text{K}$$

احسب عدد مولات غاز O_2:

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{(3.50\ \text{atm})(2.00\ \text{L})}{\left(0.0821 \frac{\text{L. atm}}{\text{mol K}}\right)(322\ \text{K})}$$

$$= 0.265\ \text{mol}\ O_2$$

70. العطور يوجد مركّب جيرانيول في زيت الورد المُستخدَم في صناعة العطور. ما الكتلة المولية للجيرانيول إذا كانت كثافة بخاره 0.480 g/L، عند درجة حرارة 260.0°C، وضغط جوي مقداره 0.140 atm ؟

افترض أن لديك 1 mol من الجيرانيول:

احسب درجة حرارة الجيرانيول بوحدة K:

$$T = 260.0\ ^\circ\text{C} + 273 = 533\ \text{K}$$

احسب حجم الجيرانيول بوحدة L:

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{(1\ \text{mol})\left(0.0821 \frac{\text{L.atm}}{\text{mol. K}}\right)(533\ \text{K})}{(0.140\ \text{atm})} = 313\ \text{L}$$

الكتلة = الحجم × الكثافة $= (313\ \text{L}) \times (0.480\ \text{g/L})$

$$= 1.50 \times 10^{2}\ \text{g/mol}$$

71. جد حجم 42g من غاز أول أكسيد الكربون في الظروف المعيارية STP.

احسب عدد مولات غاز CO:

$$n = 42\ \text{g CO} \times \frac{1\ \text{mol CO}}{28.01\ \text{g CO}} = 1.5\ \text{mol CO}$$

احسب حجم غاز CO بوحدة L:

$$V = 1.5\ \text{mol CO} \times \frac{22.4\ \text{L CO}}{1\ \text{mol CO}} = 34\ \text{L CO}$$

72. حدِّد كثافة غاز الكلور عند درجة 22.0°C وضغط جوي (1.00 atm).

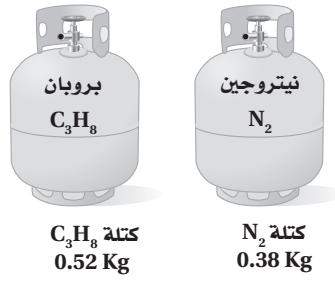
الكتلة المولية لـ Cl_2 $= 70.90\ \text{g/mol}$

احسب درجة حرارة غاز Cl_2 بوحدة K:

$$T = 22.0\ ^\circ\text{C} + 273 = 295\ \text{K}$$

$$D = \frac{MP}{RT} = \frac{(70.90\ \text{g/mol})\ (1.00\ \text{atm})}{\left(0.0821 \frac{\text{L.atm}}{\text{mol.K}}\right)(295\ \text{K})} = 2.93\ \text{g/L}$$

73. أيّ الغازات في **الشكل 15—7** يَشغَل الحجم الأكبر في الظروف المعيارية STP؟ فسِّر إجابتك.



الشكل 15—7

احسب عدد مولات غاز C_3H_8:

$$0.52\ \text{kg}\ C_3H_8 \times \frac{1000\ \text{g}}{1\ \text{kg}} \times \frac{1\ \text{mol}\ C_3H_8}{44.1\ \text{g}\ C_3H_8} = 11.8\ \text{mol}\ C_3H_8$$

احسب حجم غاز C_3H_8 بوحدة L:

$$11.8\ \text{mol}\ C_3H_8 \times \frac{22.4\ \text{L}\ C_3H_8}{1\ \text{mol}\ C_3H_8} = 260\ \text{L}\ C_3H_8$$

احسب عدد مولات غاز N_2:

$$0.38\ \text{kg}\ N_2 \times \frac{1000\ \text{g}}{1\ \text{kg}} \times \frac{1\ \text{mol}\ N_2}{28.0\ \text{g}\ N_2} = 13.6\ \text{mol}\ N_2$$

احسب حجم غاز N_2 بوحدة L:

$$13.6\ \text{mol}\ N_2 \times \frac{22.4\ \text{L}\ N_2}{1\ \text{mol}\ N_2} = 35\ \text{L}\ N_2$$

يَشغَل غاز N_2 حيّزًا أكبر عند الظروف المعيارية (STP) مقداره 310 L، في حين يَشغَل غاز C_3H_8 حيّزًا مقداره 260 L فقط.

74. إذا احتوى كلّ من الوعائين في **الشكل 15—7** على 4.0 L من الغاز، فما مقدار الضغط في كلٍّ منهما؟ افترض أن الغازات مثالية.

$$PV = nRT$$

البروبان:

$$P = \frac{nRT}{V} = \frac{(11.8\ \text{mol}\ C_3H_8)\left(0.0821\ \frac{\text{L atm}}{\text{mol. K}}\right)(273\ \text{K})}{(400\ \text{L})}$$

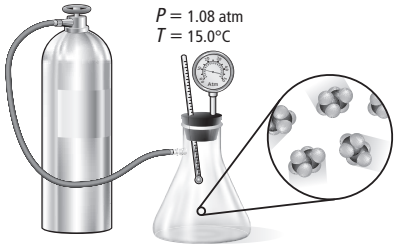
$$= 66.1\ \text{atm}\ C_5H_8$$

النيتروجين:

$$P = \frac{nRT}{V} = \frac{(13.6\ \text{mol}\ N_2)\ (0.0821\ \frac{\text{L.atm}}{\text{mol.K}})\ (273\ \text{K})}{(400\ \text{L})}$$

$$= 76.2\ \text{atm}\ N_2$$

75. مُلئ دورق حجمه 2.00 L بغاز الإيثان C_2H_6 من أسطوانة صغيرة، كما يَظهَر في **الشكل 16—7**. ما كتلة الإيثان في الدورق؟



الشكل 16—7

احسب درجة حرارة غاز C_2H_6 بوحدة K:

$$T = 15.0\ ^\circ\text{C} + 273 = 288\ \text{K}$$

احسب عدد مولات غاز C_2H_6:

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{(1.08\ \text{atm})(2.00\ \text{L})}{\left(0.0821\ \frac{\text{L.atm}}{\text{mol.K}}\right)(288\ \text{K})}$$

$$= 0.0914\ \text{mol}\ C_2H_6$$

احسب الكتلة المولية لـ C_2H_6:

$$2\ \text{mol C} \times \frac{12.01\text{g C}}{1\ \text{mol C}} = 24.02\text{g C}$$

$$6\ \text{mol H} \times \frac{1.008\text{g H}}{1\ \text{mol H}} = 6.05\text{g H}$$

$$\text{الكتلة المولية}_{(C_2H_6)} = 24.02\text{g} + 6.05\text{g} = 30.07\ \text{g/mol}$$

$$n = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الكتلة المولية}}$$

$$\text{الكتلة} = \text{n (الكتلة المولية)}$$

$$= (0.0914\ \text{mol})(30.07\ \text{g/mol}) = 2.75\text{g}\ C_2H_6$$

76. ما كثافة عيّنة من غاز النيتروجين N_2، ضغطها 5.30 atm في وعاء حجمه 3.50 L عند درجة حرارة مقدارها 125°C؟

الكتلة المولية لـ N_2 = 28 00 g/mol

احسب درجة حرارة غاز N_2 بوحدة K:

$$T = 125.0\ ^\circ\text{C} + 273 = 398\ \text{K}$$

$$D = \frac{MP}{RT} = \frac{(28.00\text{g/mol})\ (5.30\ \text{atm})}{(0.0821\ \frac{\text{L.atm}}{\text{mol.K}})\ (398\ \text{K})}$$

$$= 4.55\text{g/L}$$

77. ما عدد مولات غاز الهيليوم He اللازمة لتعبئة وعاء حجمه 22 L، عند درجة حرارة 35.0°C، وضغط جوي مقداره 3.1 atm؟

احسب درجة حرارة غاز He بوحدة K:

$$T = 35.0\ °C + 273 = 308\ K$$

احسب عدد مولات غاز He:

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{(3.1\ \cancel{atm})(22\ \cancel{L})}{(0.0821\ \frac{\cancel{L}.\cancel{atm}}{mol.\cancel{K}})\ (308\ \cancel{K})}$$
$$= 2.7\ mol\ He$$

78. تَشارَك غازان قبل التفاعل في وعاء عند درجة حرارة 200 K، وبعد التفاعل بقي الناتج في الوعاء نفسه عند درجة 400 K، فإذا كان كلٌّ من V وP ثابتين، فما قيمة n الحقيقية؟

سينخفض عدد المولات إلى النصف عند ثبوت الضغط والحجم ومضاعفة درجة الحرارة.

7-3

إتقان المفاهيم

79. لماذا يُعدّ من الضروري موازنة المعادلة قبل استخدامها في تحديد حجوم الغازات المتضمَّنة في التفاعل؟

تُمثِّل مُعامِلات المعادلة نسب حجوم الغازات في التفاعل.

80. ليس من الضروري أخذ درجة الحرارة والضغط بعين الاعتبار عند استخدام المعادلة الموزونة لتحديد الحجم النسبي للغاز. لماذا؟

لأن درجة الحرارة والضغط متساويان لكلّ غاز متضمَّن في التفاعل. وعليه، تؤثِّر هذه الظروف في كلّ غاز بالطريقة نفسها.

81. فسِّر لماذا لا تُمثِّل المُعامِلات في المعادلة الكيميائية الموزونة أعداد المولات فقط، وإنما أيضًا الحجوم النسبية للغازات؟

ينص مبدأ أفوجادرو على أن الحجوم المتساوية من الغازات عند درجة الحرارة نفسها والضغط نفسه تحتوي العدد نفسه من الجسيمات (أو العدد نفسه من المولات). لذا، فإن المُعامِلات، أيضًا، تُمثِّل الحجوم النسبية للغازات.

82. هل تُمثِّل المُعامِلات في المعادلة الكيميائية الموزونة الحجوم النسبية للسوائل والمواد الصُّلبة؟ فسِّر إجابتك.

كلا؛ فهذه العلاقة تنطبق على الغازات التي تسلك سلوك الغاز المثالي فقط.

إتقان حلّ المسائل

83. **إنتاج الأمونيا** تتكوّن الأمونيا من تفاعل غاز النيتروجين مع غاز الهيدروجين. ما عدد لترات غاز الأمونيا التي يمكن إنتاجها من 13.7 L من غاز الهيدروجين عند 93.0°C وضغط مقداره 40.0 kPa؟

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

من المعادلة الموزونة: $\frac{2\ L\ NH_3}{3\ L\ H_3}$

$$13.7\ \cancel{L\ H_2} \times \frac{2\ L\ NH_3}{3\ \cancel{L\ H_2}} = 9.13\ L\ NH_3$$

84. عيّنة من غاز كبريتيد الهيدروجين حجمها 6.5 L، تمَّت معالجتها مع محفِّز لتسريع التفاعل الآتي:

$$2H_2S_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)} + 2S_{(s)}$$

فإذا تفاعل H_2S تمامًا عند ضغط 2.0 atm ودرجة حرارة مقدارها 290 K، فما كتلة(g) بخار الماء الناتج؟

حدِّد النسبة الحجمية من المعادلة الموزونة: $\frac{2\ L\ H_2O}{2\ L\ H_2S}$

احسب حجم بخار الماء H_2O:

$$6.5\ \cancel{L\ H_2S} \times \frac{2\ L\ H_2O}{2\ \cancel{L\ H_2S}} = 6.5\ L\ H_2O$$

احسب عدد مولات بخار الماء H_2O:

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{(2.0\ \text{atm})(6.5\ \text{L H}_2\text{O})}{(0.0821\ \frac{\text{L.atm}}{\text{mol.K}})(290\ \text{K})}$$

$$= 0.54\ \text{mol H}_2\text{O}$$

احسب الكتلة المولية لـ H_2O:

$$2\ \text{mol H} \times \frac{1.008\text{g H}}{1\ \text{mol H}} = 2.016\text{g H}$$

$$1\ \text{mol C} \times \frac{15.999\text{g O}}{1\ \text{mol C}} = 15.999\text{g O}$$

الكتلة المولية $_{(H_2O)}$ $= 2.016\text{g} + 15.999\text{g} = 18.015\text{g/mol}$

$$n = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الكتلة المولية}}$$

الكتلة = n (الكتلة المولية)

$$= (0.54\ \text{mol})(18.015\text{g/mol}) = 9.7\text{g H}_2\text{O}$$

85. ما عدد لترات غاز النيتروجين وغاز الأكسجين اللازمة لإنتاج 15.4 L من أكسيد النيتروجين عند درجة حرارة 310 K وضغط جوي 2.0 atm؟

اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة:

$$\text{N}_{2(g)} + 2\text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{NO}_{2(g)}$$

استنادًا إلى المعادلة الكيميائية الموزونة، فإن العلاقة المولية بين O_2 وNO_2 هي 1 mol NO_2 : 1 mol O_2. لذا، فإن حجم غاز O_2 هو 4 15. L. أمّا العلاقة المولية بين N_2 و NO_2 فهي 1 mol N_2 : 2 mol NO_2.

$$15.4\ \text{L NO}_2 \times \frac{1\ \text{L N}_2}{2\ \text{L NO}_2} = 7.7\ \text{L N}_2$$

86. ادرس التفاعل المُبيَّن أدناه، ثُمّ أجب عن الأسئلة التي تليه:

$$2\text{CO}_{(g)} + 2\text{NO}_{(g)} \rightarrow \text{N}_{2(g)} + 2\text{CO}_{2(g)}$$

a. ما نسبة حجم أول أكسيد الكربون إلى حجم ثاني أكسيد الكربون في المعادلة الكيميائية الموزونة؟

النسبة الحجمية من المعادلة الموزونة: $\frac{1\ \text{L CO}}{1\ \text{L CO}_2}$، أي 1 : 1

b. إذا تفاعل 42.7g CO_2 تمامًا عند STP فما حجم غاز النيتروجين الناتج؟

احسب عدد مولات غاز CO:

$$n_{co} = 42\ \text{g CO} \times \frac{1\ \text{mol CO}}{28.01\ \text{g CO}} = 1.52\ \text{mol CO}$$

احسب عدد مولات غاز N_2؛ من المعادلة: $\frac{1\ \text{mol N}_2}{2\ \text{mol CO}}$

$$n_{N_2} = 1.52\ \text{mol CO} \times \frac{1\ \text{mol N}_2}{2\ \text{mol CO}} = 0.762\ \text{mol N}_2$$

احسب حجم غاز N_2 بوحدة L:

$$V = 0.762\ \text{mol N}_2 \times \frac{22.4\ \text{L N}_2}{1\ \text{mol N}_2} = 17.1\ \text{L N}_2$$

87. عندما يحترق 3.00 L من غاز البروبان تمامًا لإنتاج بخار الماء وغاز ثاني أكسيد الكربون عند درجة حرارة تساوي 350°C وضغط جوي 0.990 atm فما كتلة بخار الماء الناتجة؟

اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة:

$$2\text{C}_3\text{H}_{8(g)} + 10\text{O}_{2(g)} \rightarrow 6\text{CO}_{2(g)} + 8\text{H}_2\text{O}_{(g)}$$

من المعادلة الموزونة: $\frac{8\ \text{L H}_2\text{O}}{2\ \text{L C}_3\text{H}_8}$

احسب حجم بخار الماء H_2O بوحدة L:

$$3.00\ \text{L C}_3\text{H}_8 \times \frac{8\ \text{L H}_2\text{O}}{2\ \text{L C}_3\text{H}_8} = 12.0\ \text{L H}_2\text{O}$$

احسب درجة حرارة بخار الماء H_2O بوحدة K:

$$T = 350\ ^\circ\text{C} + 273 = 623\ \text{K}$$

احسب عدد مولات بخار الماء H_2O:

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{(0.990\ \text{atm})(12.0\ \text{L H}_2\text{O})}{\left(0.0821\ \frac{\text{L. atm}}{\text{mol.K}}\right)(623\ \text{K})} = 0.232\ \text{mol H}_2\text{O}$$

احسب كتلة بخار الماء H_2O بوحدة g:

$$0.232\ \text{mol H}_2\text{O} \times \frac{18.02\ \text{g H}_2\text{O}}{1\ \text{mol H}_2\text{O}} = 4.2\ \text{g H}_2\text{O}$$

88. عند تسخين كلورات البوتاسيوم الصُّلبة $KClO_3$ فإنها تتحلَّل لتُنتِج كلوريد البوتاسيوم الصُّلب وغاز الأكسجين. فإذا تحلَّل 20.8g من كلورات البوتاسيوم، فما عدد لترات غاز الأكسجين التي ستَنتُج في الظروف المعيارية STP ؟

اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة:

$$2KClO_{3(s)} \rightarrow 2KCl_{(s)} + 3O_{2(g)}$$

احسب الكتلة المولية لـ $KClO_3$:

$$1\ \text{mol K} \times \frac{39.10\text{g K}}{1\ \text{mol K}} = 39.10\text{g K}$$

$$1\ \text{mol Cl} \times \frac{35.45\text{g Cl}}{1\ \text{mol Cl}} = 35.45\text{g Cl}$$

$$3\ \text{mol O} \times \frac{16.00\text{g O}}{1\ \text{mol O}} = 48.00\text{g O}$$

$$\text{الكتلة المولية}_{(KClO_3)} = 39.10\text{g} + 35.45\text{g} + 48.00\text{g}$$
$$= 122.55\ \text{g/mol}$$

احسب عدد مولات $KClO_3$:

$$n_{KClO_3} = 20.8\text{g KClO}_3 \times \frac{1\ \text{mol KClO}_3}{122.55\ \text{g KClO}_3}$$
$$= 0.170\ \text{mol KClO}_3$$

احسب عدد مولات غاز O_2؛ من المعادلة: $\frac{3\ \text{mol O}_2}{2\ \text{mol KClO}_3}$

$$n_{O_2} = 0.170\ \text{mol KClO}_3 \times \frac{3\ \text{mol O}_2}{2\ \text{mol KClO}_3} = 0.255\ \text{mol O}_2$$

احسب حجم غاز O_2 بوحدة L:

$$V = 0.255\ \text{mol O}_2 \times \frac{22.4\ \text{L O}_2}{1\ \text{mol O}_2} = 5.70\ \text{L O}_2$$

مراجعة عامة

89. تلفاز احسب الضغط داخل أنبوب الصورة في التلفاز، إذا كان حجمه 3.50 L، ويحتوي على 2.00×10^{-5} g من غاز النيتروجين عند درجة حرارة تساوي (22.0°C).

احسب عدد مولات غاز N_2:

$$n_{N_2} = 2.00 \times 10^{-5}\ \text{g N}_2 \times \frac{1\ \text{mol N}_2}{28.02\ \text{g N}_2} = 7.14 \times 10^{-7}\ \text{mol N}_2$$

احسب درجة حرارة غاز N_2 بوحدة K:

$$T = 22.0\ ^\circ\text{C} + 273 = 295\ \text{K}$$

$$P = \frac{nRT}{V}$$

$$= \frac{(7.14 \times 10^{-7}\ \text{mol N}_2)\ (0.0821\ \frac{\text{L.atm}}{\text{mol.K}})\ (295\ \text{K})}{(3.50\ \text{L})}$$

$$= 4.94 \times 10^{-6}\ \text{atm N}_2$$

90. **احسب** عدد اللترات التي يمكن أن تَشغَلها كتلة مقدارها 8.80g من غاز ثاني أكسيد الكربون الموجودة عند:

a. STP

احسب عدد مولات CO_2:

$$n_{co_2} = 8.80\ \text{g CO}_2 \times \frac{1\ \text{mol CO}_2}{44.01\ \text{g CO}_2} = 0.200\ \text{mol CO}_2$$

احسب حجم CO_2:

$$V_{co_2} = 0.200\ \text{mol CO}_2 \times \frac{22.4\ \text{L CO}_2}{1\ \text{mol CO}_2} = 4.48\ \text{L CO}_2$$

b. 3.00 atm و160°C

احسب درجة حرارة غاز CO_2 بوحدة K:

$$T = 160.0\ ^\circ\text{C} + 273 = 433\ \text{K}$$

$$V = \frac{nRT}{P}\ \frac{(0.200\ \text{mol CO}_2)\left(0.0821\ \frac{\text{L.atm}}{\text{mol.K}}\right)\ (433\ \text{K})}{(3.00\ \text{atm})}$$

$$= 2.37\ \text{L CO}_2$$

c. 118 kPa و288 K

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$= \frac{(0.200\ \text{mol CO}_2)\left(8.314\ \frac{\text{L.kPa}}{\text{mol.K}}\right)\ (288\ \text{K})}{(118\ \text{kPa})}$$

$$= 4.06\ \text{L CO}_2$$

91. إذا احترق 2.33 L من غاز البروبان عند درجة حرارة 24°C وضغط جوي 67.2 KPa احتراقًا تامًّا في كمية فائضة من الأكسجين، فما عدد مولات ثاني أكسيد الكربون التي تَنتُج؟

اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة:

$$C_3H_{8(g)} + 5O_{2\,(g)} \rightarrow 3CO_{2\,(g)} + 4H_2O_{\,(g)}$$

من المعادلة الموزونة: $\frac{3\ L\ CO_2}{1\ L\ C_3H_8}$

احسب حجم غاز CO_2 بوحدة L:

$$2.33\ \cancel{L\ C_3H_8} \times \frac{3\ L\ CO_2}{1\ \cancel{L\ C_3H_8}} = 6.99\ L\ CO_2$$

احسب درجة حرارة غاز CO_2 بوحدة K:

$$T = 24.0\ °C + 273 = 279\ K$$

احسب عدد مولات غاز CO_2:

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{(67.2\ \cancel{kPa})(6.99\ \cancel{L\ CO_2})}{\left(8.314\ \frac{\cancel{L}.\cancel{kPa}}{mol.\cancel{K}}\right)(297\cancel{K})}$$

$$= 0.190\ mol\ CO_2$$

92. التنفس يتنفس الإنسان 0.50 L من الهواء تقريبًا خلال التنفس الطبيعي. افترض أن ذلك يتمّ في الظروف المعيارية STP.

a. ما حجم النَّفَس الواحد في يوم بارد على قمة جبل إفرست إذا كانت درجة الحرارة 60°C–، والضغط 253 mm Hg؟

احسب عدد مولات النَّفَس الواحد:

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{(760\ \cancel{mm\ Hg})\ (0.50\cancel{L})}{\left(624\ \frac{\cancel{L}.\ \cancel{mm\ Hg}}{mol.\cancel{K}}\right)(273\cancel{K})}$$

$$= 0.022\ mol$$

احسب درجة حرارة الهواء بوحدة K:

$$T = -60.0\ °C + 273 = 213\ K$$

احسب حجم النَّفَس الواحد:

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{(0.022\ \cancel{mol})\left(62.4\ \frac{L.\ \cancel{mm\ Hg}}{\cancel{mol}.\cancel{K}}\right)(213\cancel{K})}{(253\ \cancel{mm\ Hg})}$$

$$= 1.2\ L$$

b. يحتوي الهواء الطبيعي على 21% أكسجين، فإذا كان يحتوي على 14% من الأكسجين فوق قمة إفرست، فما حجم الهواء الذي يحتاج إليه الإنسان لتزويد الجسم بالمقدار نفسه من الأكسجين؟

احسب نسبة الأكسجين: $\%O = \frac{21\%}{14\%} \times 100 = 1.5\%\ O$

احسب حجم الهواء اللازم: $1\ 5\%\quad 0\ 50\ L = 0\ 75\ L$

93. يحترق غاز الميثان CH_4 كاملًا عند تفاعله مع غاز الأكسجين ليكوِّن ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء.

a. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل.

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

b. اكتب النسبة الحجمية بين الميثان والماء في هذا التفاعل.

من المعادلة الموزونة: $\frac{1\ L\ CH_4}{2\ L\ H_2O}$. 1 : 2

التفكير الناقد

94. طبِّق يجب أن يكون حجم بالون من الهيليوم 3.8 L على الأقل ليرتفع في الهواء، وعند إضافة 0.1 mol من الهيليوم إلى البالون الفارغ أصبح حجمه (2.8 L). ما عدد جرامات He التي يجب إضافتها إلى البالون حتى يرتفع؟ افترض أن كلًّا من P، T ثابتان.

$$\frac{\cancel{n_1 R T}}{\cancel{P} V_1} = \frac{\cancel{n_2 R T}}{\cancel{P} V_2}$$

$$\frac{n_1}{V_1} = \frac{n_2}{V_2} \Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

احسب عدد مولات He:

$$n_2 = \frac{n_1 V_2}{V_1} = \frac{(0.1\ mol)\ (3.8\ \cancel{L})}{(2.8\ \cancel{L})} = 0.14\ mol\ He$$

احسب كتلة He بالجرامات:

$$0.14\ \cancel{mol\ He} \times \frac{4.003\ g\ He}{1\ \cancel{mol\ He}} = 0.56\ g\ He$$

95. احسب يَستخدِم مصنع للألعاب تترافلورو إيثان $C_2H_2F_4$ عند درجة حرارة عالية لملء القوالب البلاستيكية.

a. ما كثافة $C_2H_2F_4$ بوحدة g/L في الظروف المعيارية STP؟

احسب الكتلة المولية لـ $C_2H_2F_4$:

$$2\ \text{mol C} \times \frac{12.011\ \text{g C}}{1\ \text{mol C}} = 24.022\ \text{g C}$$

$$2\ \text{mol H} \times \frac{1.008\ \text{g H}}{1\ \text{mol H}} = 2.016\ \text{g H}$$

$$4\ \text{mol F} \times \frac{18.998\ \text{g F}}{1\ \text{mol F}} = 75.99\ \text{g F}$$

$$\text{الكتلة المولية}_{(C_2H_2F_4)} = 24\ 022\text{g} + 2\ 016\text{g} + 75\ 99\text{g}$$

$$= 102\ 03\text{g/mol}$$

$$D = \frac{MP}{RT} = \frac{(102.03\ \text{g/mol})(1.00\ \text{atm})}{\left(0.0821\ \frac{\text{L. atm}}{\text{mol.K}}\right)(273\ \text{K})} = 4.55\ \text{g/L}$$

b. أوجد عدد الجزيئات في لتر من $C_2H_2F_4$ عند درجة حرارة 220°C و1 atm ضغط جوي.

احسب درجة حرارة غاز الهواء بوحدة K:

$$T = 220.0\ ^\circ\text{C} + 273 = 493\ \text{K}$$

احسب عدد مولات $C_2H_2F_4$ الموجودة في 1 L:

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{(1.0\ \text{atm})\ (1.0\ \text{L})}{(0.0821\ \frac{\text{L.atm}}{\text{mol.K}})\ (493\ \text{K})}$$

$$= 0.025\ \text{mol}\ C_2H_2F_4$$

يحتوي كلّ 1 L من $C_2H_2F_4$ على 0 025 mol من $C_2H_2F_4$.

$$6.023 \times 10^{23}\ \text{molecules} = 1\ \text{mol}$$

احسب عدد جزيئات $C_2H_2F_4$:

$$0.025\ \text{mol} \times \frac{6.023 \times 10^{23}\ \text{molecules}}{1\ \text{mol}}$$

$$= 1.51 \times 10^{22}\ \text{molecules}$$

96. حلّل يزن مكعب صُلب من الجليد الجاف 0.75 kg (CO_2) تقريبًا، فما حجم غاز CO_2 في الظروف المعيارية عندما يتسامى المكعب كليًّا؟

احسب كتلة CO_2 بالجرامات:

$$0.75\ \text{kg}\ CO_2 \times \frac{1000\text{g}}{1\text{kg}} = 750\text{g}\ CO_2$$

$$\text{الكتلة المولية}_{(CO_2)} = 44\ 0\ \text{g/mol}$$

احسب عدد مولات CO_2:

$$750\ \text{g}\ CO_2 \times \frac{1\ \text{mol}\ CO_2}{44.0\ \text{g}\ CO_2} = 17.0\ \text{mol}\ CO_2$$

احسب حجم CO_2:

$$17.0\ \text{mol}\ CO_2 \times \frac{22.4\ \text{L}\ CO_2}{1\ \text{mol}\ CO_2} = 381\ \text{L}\ CO_2$$

97. حلّل عندما يتفكّك النيتروجلسرين $C_3H_5N_3O_9$ فإنه يتحلَّل إلى الغازات الآتية: H_2O، NO، N_2، CO_2. ما حجم مزيج الغازات الناتجة عند ضغط 1.00 atm ودرجة حرارة 2678°C إذا تفكّك 239g من النيتروجلسرين؟

احسب الكتلة المولية لـ $C_3H_5N_3O_9$:

$$3\ \text{mol C} \times \frac{12.01\text{g C}}{1\ \text{mol C}} = 36.03\text{g C}$$

$$5\ \text{mol H} \times \frac{1.008\text{g H}}{1\ \text{mol H}} = 5.04\text{g H}$$

$$3\ \text{mol N} \times \frac{14.01\text{g N}}{1\ \text{mol N}} = 42.03\text{g N}$$

$$9\ \text{mol O} \times \frac{16.00\text{g O}}{1\ \text{mol O}} = 144\text{g O}$$

$$\text{الكتلة المولية}_{(C_3H_5N_3O_9)} = 36.03\text{g} + 5.04\text{g} + 42.03\text{g}$$

$$= 227.10\ \text{g/mol}$$

احسب عدد مولات $C_3H_5N_3O_9$:

$$n = 239\text{g}\ C_3H_5N_3O_9 \times \frac{1\ \text{mol}\ C_3H_5N_3O_9}{227.10\text{g}\ C_3H_5N_3O_9}$$

$$= 1.05\ \text{mol}\ C_3H_5N_3O_9$$

اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة:

$$4C_3H_5N_3O_{9(s)} \rightarrow 12CO_{2(g)} + 5N_{2(g)} + 2NO_{(g)}\ 10H_2O_{(g)}$$

من المعادلة الموزونة، تُنتِج كلّ 4 mol من $C_3H_5N_3O_9$

29 mol من الغازات المختلفة؛ أي $\frac{29\ \text{mol gas}}{4\ \text{mol}\ C_3H_5N_3O_9}$

احسب عدد مولات الغازات الناتجة:

$$1.05\ \text{mol}\ C_3H_5N_3O_9 \times \frac{29\ \text{mol gas}}{4\ \text{mol}\ C_3H_5N_3O_9} = 7.61\ \text{mol gas}$$

احسب درجة حرارة الغازات بوحدة K:

$$T = 2678\ ^\circ C + 273 = 2951\ K$$

احسب حجم الغازات الناتجة:

$$V = \frac{nRT}{p} = \frac{(7.61\ \cancel{mol}\ gas)\left(0.0821\ \frac{L\ \cancel{atm}}{\cancel{mol}.\cancel{K}}\right)(2951\ \cancel{K})}{(1.00\ \cancel{atm})}$$

$$= 1850\ L\ gas$$

98. طبِّق ما القيمة الرقمية لثابت الغاز المثالي (R) في المعادلة $\frac{cm^3.Pa}{K.mol}$؟

حَوِّل وحدة L إلى وحدة cm^3 وذلك بضرب المعادلة في:

$$\frac{1000\ cm^3}{1\ L}$$

حَوِّل وحدة kPa إلى وحدة Pa وذلك بضرب المعادلة في:

$$\frac{1000\ Pa}{1\ kpa}$$

$$R = \frac{8.314\ \cancel{L}.\ kPa}{mol.\ K} \times \frac{1000\ cm^3}{1\ \cancel{L}} \times \frac{1000\ Pa}{1\ \cancel{kPa}}$$

$$R = 8.314 \times 10^6\ \frac{cm^3.Pa}{mol.K}$$

99. استنتج هل يكون الضغط المحسوب من خلال قانون الغاز المثالي أعلى أم أقلّ من قيمة الضغط الحقيقي الذي تُحدثه عيّنة من الغاز؟ وكيف يكون ضغط الغاز المحسوب بالمقارنة بالضغط الحقيقي عند درجات حرارة منخفضة؟ فسِّر إجابتك.

عند الضغوط العالية، ودرجات الحرارة المنخفضة، فإن قانون الغاز المثالي يعطي ضغطًا أعلى من الضغط الذي يُحدثه الغاز فعليًّا. وفي ظلّ هذه الظروف، فإن أثر قوى التجاذب بين الجسيمات يصبح أكثر أهمية؛ إذ تعمل قوى التجاذب بين الجسيمات على تقليل قوى التصادم مع جدران الإناء، مما يُنتج ضغطًا حقيقيًّا أقلّ من الضغط المحسوب من خلال قانون الغاز المثالي.

مسألة تحفيز

100. الخَبْز يَستخدِم أحد الخبازين صودا الخبز لنفخ الكعك، وتتحلّل صودا الخبز في أثناء ذلك وفقًا للتفاعلين الآتيين:

$$2NaHCO_{3(s)} \rightarrow Na_2CO_{3(s)} + H_2O_{(s)} + CO_{2(g)}$$

$$NaHCO_{3(s)} + H^+_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(1)} + CO_{2(g)} + Na^+_{(aq)}$$

احسب حجم CO_2 المتكوِّن لكلّ جرام من $NaHCO_3$ في كلا التفاعلين. افترض أن التفاعل يحدث عند 210°C وضغط جوي مقداره 0.985 atm.

التفاعل 1: $2NaHCO_{3(s)} \rightarrow Na_2CO_{3(g)} + H_2O_{(1)} + CO_{2(g)}$

من المعادلة: 2 mol $NaHCO_3 \rightarrow$ 1mol CO_2.

احسب درجة حرارة الغازات بوحدة K:

$$T = 210\ ^\circ C + 273 = 483\ K$$

احسب حجم CO_2:

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{(1.00\ \cancel{mol}\ CO_2)\left(0.0821\ \frac{L.\cancel{atm}}{\cancel{mol}.\cancel{K}}\right)(483\ \cancel{K})}{(0.985\ \cancel{atm})}$$

$$= 40.2\ L\ CO_2$$

$$2\ mol\ NaHCO_3 \rightarrow 40.2\ L\ CO_2$$

الكتلة المولية $_{(NaHCO_3)}$ = 84 2g/ mol

كتلة 2 mol من $NaHCO_3$ = 2 $\cancel{mol} \times$ 84.02 g/$\cancel{mol}$ = 168.4g

$$168.4g\ NaHCO_3 \rightarrow 40.2\ L\ CO_2$$

احسب حجم CO_2 المتكوّن من 1g من $NaHCO_3$:

$$\frac{40.2\ L\ CO_2}{168.4\ g\ NaHCO_3} = 0.24\ L\ CO_2/\ g\ NaHCO_3$$

التفاعل 2: $NaHCO_{3(s)} + H^+_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(1)} + CO_{2(g)} + Na^+_{(aq)}$

من المعادلة: 1 mol $NaHCO_3 \rightarrow$ 1 mol CO_2.

احسب درجة حرارة الغازات بوحدة K:

$$T = 210\ ^\circ C + 273 = 483\ K$$

احسب حجم CO_2:

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{\left(1.00\ \cancel{\text{mol}}\ CO_2\right)\left(0.0821\ \frac{\text{L.atm}}{\cancel{\text{mol}}.\text{K}}\right)(483\ \text{K})}{(0.985\ \cancel{\text{atm}})}$$

$$= 40.2\ \text{L}\ CO_2$$

$$1\ \text{mol}\ NaHCO_3 \rightarrow 40.2\ \text{L}\ CO_2$$

الكتلة المولية $_{(NaHCO_3)} = 84\ 2\text{g/mol}$

$$1\text{mol}\ NaHCO_3 = 1\cancel{\text{mol}} \times 84.2\text{g}/\cancel{\text{mol}} = 84.2\text{g}$$

$$84.2\text{g}\ NaHCO_3 \rightarrow 40.2\ \text{L}\ CO_2$$

احسب حجم CO_2 المتكون من 1g من $NaHCO_3$:

$$\frac{40.2\ \text{L}\ CO_2}{84.2\text{g}\ NaHCO_3} = 0.48\ \text{L}\ CO_2\ /\ \text{g}\ NaHCO_3$$

مراجعة تراكمية

101. حوّل كلّ كتلة ممّا يأتي إلى ما يكافئها بـ kg:

a. 247g

$$247\cancel{\text{g}} \times \frac{1\ \text{kg}}{1000\ \cancel{\text{g}}} = 0.247\ \text{kg}$$

b. 53 mg

$$53\ \cancel{\text{mg}} \times \frac{1\cancel{\text{g}}}{1000\ \cancel{\text{mg}}} \times \frac{1\ \text{kg}}{1000\ \cancel{\text{g}}} = 5.3 \times 10^{-5}\ \text{kg}$$

c. 7.23 mg

$$7.23\ \cancel{\text{mg}} \times \frac{1\cancel{\text{g}}}{1000\ \cancel{\text{mg}}} \times \frac{1\ \text{kg}}{1000\ \cancel{\text{g}}} = 7.23 \times 10^{-6}\ \text{kg}$$

d. 975 mg

$$975\ \cancel{\text{mg}} \times \frac{1\cancel{\text{g}}}{1000\ \cancel{\text{mg}}} \times \frac{1\ \text{kg}}{1000\ \cancel{\text{g}}} = 9.75 \times 10^{-4}\ \text{kg}$$

102. أيّ جسيمات الغازات الآتية لها أعلى متوسط سرعة، وأيّها لها أقلّ متوسط سرعة؟

a. أول أكسيد الكربون عند 90°C.

b. ثالث فلوريد النيتروجين عند 30°C.

c. الميثان عند 90°C.

d. أول أكسيد الكربون عند 30°C.

b، وc؛ يكون متوسط السرعة أعلى عند درجة الحرارة المرتفعة، ويقلّ عندما تكون الكتلة المولية كبيرة.

103. اكتب التوزيع الإلكتروني لكلّ ذرة فيما يأتي:

a. اليود — $[Kr]4d^{10}5s^25p^5$

b. البورون — $[He]2s^22p^1$

c. الكروم — $[Ar]3d^54s^1$

d. الكربتون — $[Ar]3d^{10}4s^24p^6$

e. الكالسيوم — $[Ar]4s^2$

f. الكادميوم — $[Kr]4d^{10}5s^2$

104. اذكر عدد الإلكترونات في كلّ مستوى من مستويات الطاقة، ثُمّ اكتب البناء الإلكتروني النقطي لكلّ عنصر من العناصر الآتية:

a. Kr؛ 2, 8, 18, 8 — $:\ddot{\underline{\text{Kr}}}:$

b. Sr؛ 2, 8, 18, 8, 2 — $\cdot\ddot{\underline{\text{S}}}\cdot$

c. P؛ 2, 8, 5 — $\cdot\ddot{\underline{\text{P}}}\cdot$

d. B؛ 2, 3 — $\cdot\dot{\underline{\text{B}}}\cdot$

e. Br؛ 2, 8, 18, 7 — $:\ddot{\underline{\text{Br}}}\cdot$

f. Se؛ 2, 8, 18, 6 — $:\ddot{\underline{\text{Se}}}$

105. إذا أُعطِيت محلولين شفافين عديمي اللون، وكان أحدهما يحتوي مركّبًا أيونيًّا، والآخر مركّبًا تساهميًّا، فكيف يمكنك تحديد أيّ المحلولين أيوني، وأيّهما تساهمي؟

المحلول الأيوني يوصل التيار الكهربائي، أمّا المحلول التساهمي فلا.

106. اكتب معادلة كيميائية موزونة لكلّ تفاعل من التفاعلات الآتية:

a. إحلال الزنك مكان الفضة في محلول كلوريد الفضة.

$$Zn_{(g)} + 2AgCl_{(aq)} \rightarrow ZnCl_{2(aq)} + 2Ag_{(s)}$$

b. تفاعل هيدروكسيد الصوديوم وحمض الكبريتيك لتكوين كبريتات الصوديوم والماء.

$$2NaOH_{(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \rightarrow Na_2SO_{4(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

107. بالون الهواء الساخن حلم كثيرون فيما مضى بالقيام برحلة حول العالم ببالون هواء ساخن، وهو حلم لم يتحقَّق حتى عام 1999م. اكتب تصوّراتك عن الرحلة، وصف كيف يتحكّم تغيّر درجة حرارة البالون في ارتفاع البالون؟

ينبغي أن تشمل إجابات الطلاب وصفًا يُبيّن كيف يَسمَح الاختلاف في الكثافة بين الهواء الساخن والهواء البارد للبالون الساخن بالبقاء عاليًا، وكيفية التحكّم في سرعة تسخين البالون للصعود والهبوط.

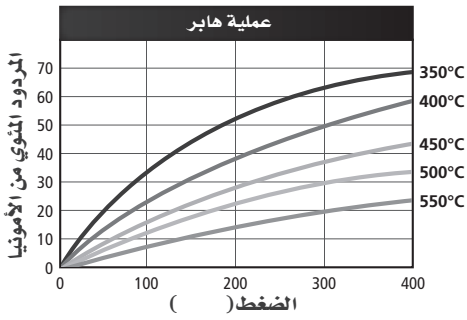
108. جهاز التنفس تحت الماء ابحث في أثر مُنظِّمات الغاز الموجودة على أسطوانات الهواء التي يَستخدِمها الغواصون، واشرحه.

ينبغي أن تشتمل إجابات الطلاب وصفًا لوظيفة مُنظِّم خزان الهواء بصورة شاملة، مع الإشارة إلى أنه جهاز يُغيّر من مستويات ضغط الهواء، ويؤدي إلى تمريره. ففي المرحلة الأولى؛ يوصَل المُنظِّم بخزان جهاز التنفس ويُخفَض ضغط الخزان إلى الضغط المحيط إضافة إلى الضغط السابق (على سبيل المثال الضغط المحيط + 140 psi). وفي المرحلة الثانية يسير فيها المُنظِّم على خط سير المرحلة الأولى، ومن ثَمّ يوصَل الهواء إلى الغواص ليتزود به تحت الماء.

أسئلة المستندات

عملية هابر تُستخدَم الأمونيا NH_3 في عملية صناعة الأسمدة والمُبرِّدات والأصباغ والبلاستيك. وعملية هابر طريقة لإنتاج الأمونيا من خلال تفاعل النيتروجين والهيدروجين. وتُمثِّل المعادلة الآتية معادلة التفاعل المنعكس:

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 92kJ$$



الشكل 17–7

يوضِّح **الشكل 17–7** أثر درجة الحرارة والضغط في مقدار الأمونيا الناتجة خلال عملية هابر.

109. فسِّر كيف تتأثر نسبة المردود المئوية للأمونيا بالضغط ودرجة الحرارة؟

تزداد نسبة المردود المئوية للأمونيا بزيادة الضغط، وتقلّ عند درجات الحرارة المرتفعة.

110. تتمّ عملية هابر عند ضغط مقداره 200 atm، ودرجة حرارة 450°C، حيث أثبتت هذه الظروف إمكانية إنتاج كمية كبيرة من الأمونيا خلال زمن قصير.

a. ما أثر إجراء التفاعل عند ضغط أعلى من 200 atm، عند درجة حرارة الوعاء الذي يتمّ فيه التفاعل؟

إذا زاد الضغط أكثر من 200 atm، فإن ذلك يؤدي إلى رفع درجة الحرارة.

b. ترى، كيف يُؤثِّر تقليل درجة حرارة التفاعل إلى 450°C في الزمن اللازم لإنتاج الأمونيا؟

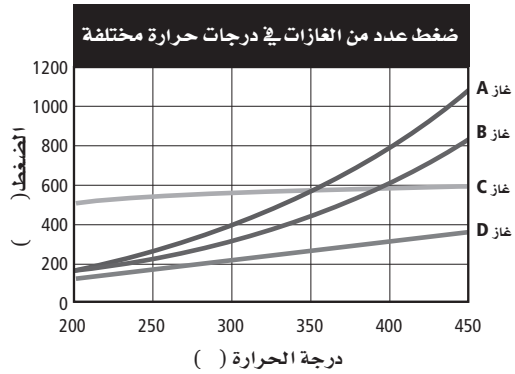
يؤدي تقليل درجة حرارة هذا التفاعل إلى تقليل سرعته، ممّا يزيد من الزمن اللازم لإنتاج الأمونيا.

اختبار مُقنَّن

الصفحتان 127 – 126

أسئلة الاختيار من متعدد

استخدم الرسم البياني الآتي للإجابة عن السؤالين 1، 2:



1. أيّ ممّا يأتي يوضِّحه الرسم البياني أعلاه:

a. عندما تزداد درجة الحرارة يقلّ الضغط.

b. عندما يزيد الضغط يقلّ الحجم.

c. عندما تزيد درجة الحرارة يقلّ عدد المولات.

d. عندما يقلّ الضغط تقلّ درجة ا لحرارة. ⓓ

2. أيّ الغازات الآتية يسلك سلوك الغاز المثالي؟

a. الغاز A

b. الغاز B

c. الغاز C

d. الغاز d ⓓ

3. يُستخدَم حمض الهيدروفلوريك HF في صناعة الأدوات الإلكترونية، وهو يتفاعل مع سليكات الكالسيوم $CaSiO_3$، الذي يُعدّ أحد مكوّنات الزجاج. ما الخاصية التي تحوُل دون نقل حمض الهيدروفلوريك أو تخزينه في أوعية زجاجية؟

a. خاصية كيميائية

b. خاصية فيزيائية كمية

c. خاصية فيزيائية نوعية

d. خاصية كمية ⓐ

4. يُعدّ هيدروكسيد الصوديوم NaOH، قاعدة قوية، تُستخدَم في فتح مصارف الصرف الصحي. ما نسب مكوّنات هيدروكسيد الصوديوم؟

a. 57.48% Na, 60.00% O, 2.52% H

b. 2.52% Na, 40.00% O, 57.48% H

c. 57.48% Na, 40.00% O, 2.52% H

d. 40.00% Na, 2.52% O, 57.48% H

ⓒ

احسب الكتلة المولية لـ NaOH:

$$1\ \cancel{\text{mol Na}} \times \frac{22.99\text{g Na}}{1\ \cancel{\text{mol Na}}} = 22.99\text{g Na}$$

$$1\ \cancel{\text{mol O}} \times \frac{16.00\text{g O}}{1\ \cancel{\text{mol O}}} = 16.00\text{g O}$$

$$1\ \cancel{\text{mol H}} \times \frac{1.008\text{g H}}{1\ \cancel{\text{mol H}}} = 1.008\text{g H}$$

$$\text{الكتلة المولية NaOH} = 22\ 99\text{g} + 16\ 00\text{ g} + 1\ 008\text{ g} \approx 40.00\text{g/mol}$$

احسب النسبة بالكتلة لكلّ عنصر:

$$\%\text{Na} = \frac{22.99\ \cancel{\text{g/mol}}}{40.00\ \cancel{\text{g/mol}}} \times 100\% = 57.48\ \%\ \text{Na}$$

$$\%\ \text{O} = \frac{16.00\ \cancel{\text{g/mol}}}{40.00\ \cancel{\text{g/mol}}} \times 100\ \% = 40.00\ \%\ \text{O}$$

$$\%\text{H} = \frac{1.008\ \cancel{\text{g/mol}}}{40.00\ \cancel{\text{g/mol}}} \times 100\% = 2.52\ \%\ \text{H}$$

5. مُلئ منطاد صغير وهو على سطح الأرض بـ5.66×10^6L من غاز الهيليوم He، وكان الضغط داخل المنطاد 1.10 atm، عند درجة حرارة 25°C، فإذا بقي الضغط داخل المنطاد ثابتًا، فكم يكون حجمه عند ارتفاع 2300 m حيث درجة الحرارة 12°C؟

a. 2.72×10^6L

b. 5.40×10^{10}L

c. 5.66×10^{10}L

d. 5.92×10^{10}L

ⓑ

$$\frac{\cancel{n_1}\cancel{R}T_1}{\cancel{P}V_1} = \frac{\cancel{n_2}\cancel{R}T_2}{\cancel{P}V_2}$$

$$\frac{T_1}{V_1} = \frac{T_2}{V_2} \Rightarrow V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1}$$

احسب درجتي الحرارة؛ الابتدائية، والنهائية بوحدة K:

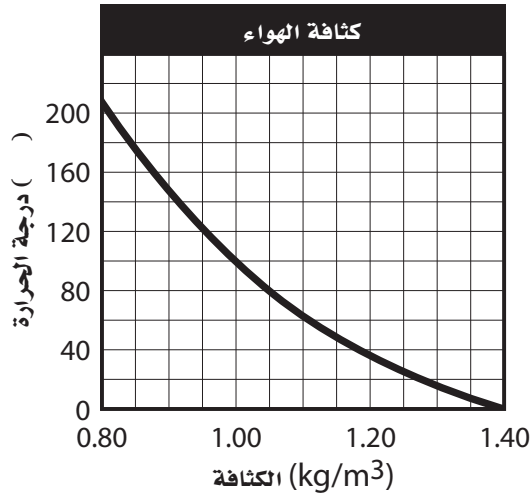
$$T_1 = 25\ ^\circ\text{C} + 273 = 298\ \text{K}$$

$$T_2 = 12\ ^\circ\text{C} + 273 = 285\ \text{K}$$

احسب الحجم النهائي V_2:

$$V_2 = \frac{(5.66 \times 10^6\ \text{L})\ (285\ \cancel{\text{K}})}{(298\ \cancel{\text{K}})} = 5.40 \times 10^6\ \text{L}$$

6. يوضِّح الرسم البياني نتائج تجربة تمّ فيها تحليل العلاقة بين درجة حرارة وكثافة الهواء. ما المتغيّر المستقل في هذه التجربة؟



a. الكثافة

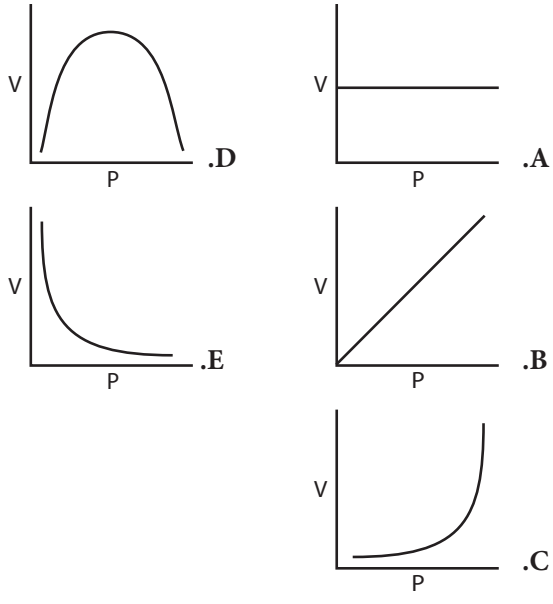
b. الكتلة

c. درجة الحرارة

d. الزمن

ⓒ

7. أيّ الرسوم البيانية توضِّح العلاقة بين حجم الغاز وضغطه عند ثبات درجة الحرارة؟



ⓓ

8. ما مقدار الضغط الذي يُحدِثه 0.0468 g من الأمونيا NH_3 على جدران وعاء حجمه 4.00 L عند درجة 35.0°C، على افتراض أنه يسلك سلوك الغاز المثالي؟

a. 0.0174 atm **d.** 0.278 atm

b. 0.00198 atm **e.** 0.0126 atm

c. 0.296 atm

ⓐ

احسب الكتلة المولية لـ NH_3:

$$1\ \cancel{\text{mol N}} \times \frac{14.01\text{g N}}{1\ \cancel{\text{mol N}}} = 14.01\text{g N}$$

$$3\ \cancel{\text{mol H}} \times \frac{1.008\text{g H}}{1\ \cancel{\text{mol H}}} = 3.024\text{g H}$$

$$\text{الكتلة المولية}_{(NH_3)} = 14\ 01\text{g} + 3\ 02\text{g}$$

$$\approx 17.03\text{g/mol}$$

احسب عدد مولات NH_3:

$$n = \frac{0.0468\ \cancel{\text{g NH}_3}}{17.04\ \cancel{\text{g NH}_3}/\text{mol NH}_3} = 0.00275\ \text{mol NH}_3$$

احسب درجة حرارة الغازات بوحدة K:

$$T = 35\ ^\circ\text{C} + 273 = 308\ \text{K}$$

احسب ضغط NH_3:

$$P = \frac{nRT}{V}$$

$$= \frac{(0.00275\ \cancel{\text{mol}}\ NH_3)\left(0.0821\ \frac{\cancel{L}.atm}{\cancel{\text{mol}}.\cancel{K}}\right)(308\cancel{K})}{(4.00\cancel{L})}$$

$$= 0.0174\ \text{atm}\ NH_3$$

أسئلة الإجابات القصيرة

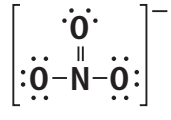
9. صف الملاحظات التي تُقدِّم دليلًا على حدوث التفاعل الكيميائي.

تتضمّن أدلة حدوث تغيّر كيميائي: التغيّر في درجة الحرارة، واللون، وتصاعد غاز أو رائحة، وترسُّب مادة صُلبة.

10. حدِّد سبعة جزيئات ثنائية الذرة موجودة في الطبيعة، وفسِّر لماذا تتشارك ذرات هذه الجزيئات في زوج من الإلكترونات؟

الهيدروجين (H_2)، والأكسجين (O_2)، والنيتروجين (N_2)، والفلور (F_2)، والكلور (Cl_2)، والبروم (Br_2)، واليود (I_2) توجد في الطبيعة على صورة جزيئات ثنائية الذرية من خلال التشارك في زوج من الإلكترونات. فكلتا الذرتين تصل إلى التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل. وينجم عن ذلك استقرار الذرات.

11. يوضِّح الرسم أدناه بناء لويس لأيون النترات المتعدِّد الذرات (NO_3^-). عرِّف مفهوم متعدِّد الذرات، وأعطِ أمثلة على أيونات أخرى من هذا النوع.



الأيون متعدِّد الذرات هو الأيون الذي يتكوَّن من أكثر من ذرة، ويتصرف وكأنه وَحدة واحدة ذات شحنة محصلة. وهنالك أمثلة أخرى تتضمَّن الهيدروكسيد (OH^-)، الكلورايت (ClO_2^-)، السيانيد (CN^-).

أسئلة الإجابات المفتوحة

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن السؤال 12:

مستويات غاز الرادون من أغسطس 2004 حتى يوليو 2005

التاريخ	مستوى الرادون / 3	التاريخ	مستوى الرادون / 3
8 /04	0.15	2 /05	0.05
9 /04	0.03	3 /05	0.05
10 /04	0.05	4 /05	0.06
11 /04	0.03	5 /05	0.13
12 /04	0.04	6 /05	0.05
1 /05	0.02	7 /05	0.09

12. يُعدّ غاز الرادون من الغازات المشعّة، ويَنتُج عندما يتحلّل الراديوم في الصخور والتربة، وهو مادة مسرطنة. توضِّح البيانات أعلاه مستويات الرادون التي تمّ قياسها في منطقة معيّنة. اختر طريقة لتمثيل هذه البيانات بيانيًّا. فسِّر سبب اختيارك لهذه الطريقة ومثِّل البيانات بيانيًّا.

ينبغي للطلاب اختيار رسم بياني من نوع الأعمدة أو الخطي لتمثيل البيانات، وتبرير اختيارهم بأنّ كلّ نقطة من البيانات يمكن تمثيلها على الرسم البياني.

الهيدروكربونات

8-1 مقدمة إلى الهيدروكربونات

الصفحات 135 – 130

التقويم 8-1

الصفحة 135

1. **اذكر** ثلاثة تطبيقات للهيدروكربونات؟

تطبيقات محتملة : وقود لتدفئة المنازل، ومواد أولية لتصنيع المنتجات البلاستيكية، والأفلام، والأنسجة الصناعية.

2. **سمِّ** مركّبًا عضويًّا، ووضِّح ما يَدْرُسه عالم الكيمياء العضوية.

إجابة محتملة : ميثان؛ يَدْرُس عالم الكيمياء العضوية المركّبات المحتوية على الكربون جميعها باستثناء أكاسيد الكربون، والكربيدات، والكربونات.

3. **حدِّد** المعلومات التي تُركِّز عليها كلٌّ من النماذج البنائية الجزيئية الأربعة.

توضِّح الصيغة الجزيئية نوع الذرات في الجزيء، أمّا الصيغة البنائية فتوضِّح الترتيب العام للذرات. في حين يوضِّح نموذج الكرة والعصا شكل الجزيء. وأخيرًا، يوضِّح النموذج الفراغي صورة واقعية عن الهيئة التي يبدو عليها الجزيء.

4. **قارن** بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة.

الهيدروكربونات المشبعة هي هيدروكربونات تحتوي، فقط، على روابط أحادية بين ذرات الكربون. أمّا الهيدروكربونات غير المشبعة فهي هيدروكربونات تحتوي على رابطة ثنائية أو ثلاثية واحدة بين ذرات الكربون على الأقلّ.

5. **صف** عملية التقطير التجزيئي.

هي عملية فصل النفط إلى مكوناته استنادًا إلى اختلاف درجات الغليان بوصفها طريقة للفصل.

6. **استنتج** توصَف بعض المنتجات الدهنية بأنها زيوت نباتية مُهَدْرَجة، وهي زيوت تفاعلت مع الهيدروجين بوجود عامل مُحفِّز. ما سبب تفاعل الهيدروجين مع هذه الزيوت؟

فرضية محتملة : تتفاعل الزيوت مع الهيدروجين عندما تنكسر الروابط الثنائية أو الثلاثية، وترتبط ذرات الهيدروجين بالجزيء.

7. **فسِّر البيانات** اعتمادًا على **الشكل 6–8**. ما تأثير أعداد ذرات الكربون في الهيدروكربونات في لزوجة أيّ مكوّن نفطي عندما يُبرَّد إلى درجة حرارة الغرفة؟

كلَّما ازداد عدد ذرات الكربون في سلسلة الجزيء، ازدادت لزوجة المكوِّن.

8-2 الألكانات

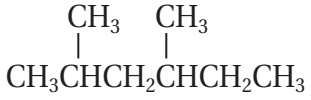
الصفحات 145 – 136

مسائل تدريبية

الصفحات 144 – 141

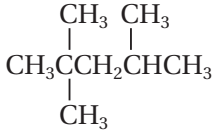
8. استخدم قواعد نظام التسمية الأيوباك IUPAC لتسمية المركّبات الآتية:

a.



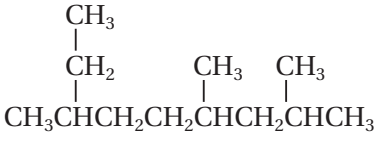
2، 4– ثنائي ميثيل هكسان

b.



2، 2، 4– ثلاثي ميثيل بنتان

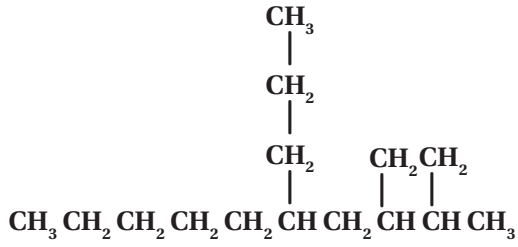
c.



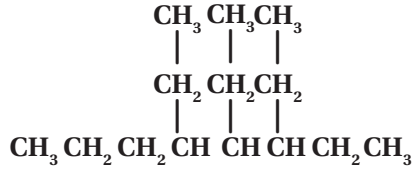
2، 4، 7– ثلاثي ميثيل نونان

9. تحفيز اكتب الصيغ البنائية للمركّبات التالية:

d. 2، 3– ثنائي ميثيل –5– بروبل ديكان

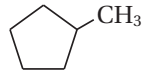


e. 3،4 ،5– ثلاثي إيثيل أوكتان



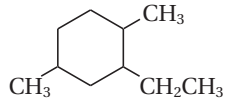
10. استخدم قواعد نظام الأيوباك لتسمية الصيغ البنائية الآتية:

a.



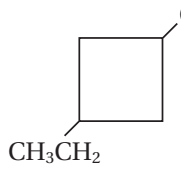
ميثل بنتان حلقي

b.



2– إيثيل –1، 4– ثنائي ميثيل هكسان حلقي

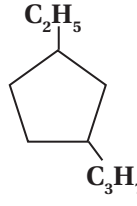
c.



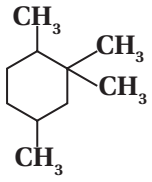
1، 3– ثنائي إيثيل بيوتان حلقي

11. تحفيز اكتب الصيغ البنائية للألكانات التالية:

a. 1– إيثيل –3 بروبيل بنتان حلقي



b. 1، 2، 2، 4– رباعي ميثيل هكسان حلقي.



التقويم 8-2

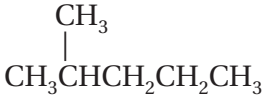
الصفحة 145

12. صِف المميِّزات البنائية الرئيسة لجزيئات الألكانات.

الألكانات سلاسل أو حلقات من الهيدروكربونات تحتوي على روابط تساهمية مفردة، فقط، بين ذرات الكربون.

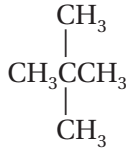
13. سمِّ الصيغ البنائية التالية باستخدام قواعد نظام الأيوباك:

a.



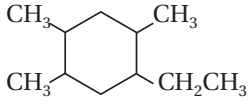
2– ميثيل بنتان

b.



2، 2– ثنائي ميثيل بروبان

c.



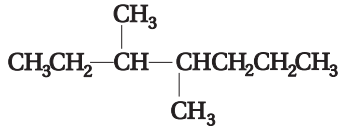
1– إيثيل–2، 4، 5– ثلاثي ميثيل هكسان حلقي

14. صف الخصائص العامة للألكانات.

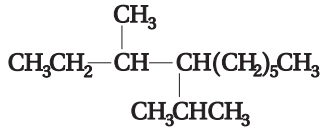
إن روابط C – C وC – H غير قطبية، ممّا يجعل الألكانات غير ذائبة في الماء؛ المذيب القطبي. حيث تُعدّ الألكانات مذيبًا مناسبًا للمركّبات غير القطبية. وهذه الروابط قوية وثابتة أيضًا، ممّا يجعل الألكانات غير نشطة كيميائيًّا، بصورة نسبية.

15. اكتب الصيغة البنائية لكلٍّ ممّا يلي:

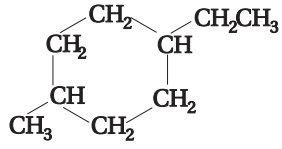
a. 3،4– ثنائي ميثيل هبتان



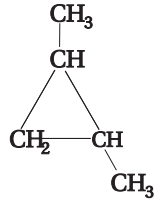
b. 4– أيزوبروبيل– 3– ميثيل ديكان



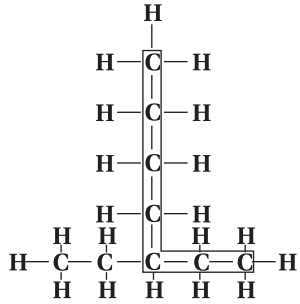
c. 1– إيثيل –4– ميثيل هكسان حلقي



d. 1،2– ثنائي ميثيل بروبان حلقي



16. تفسير الصيغ البنائية لماذا يُعدّ الاسم 3– بيوتيل بنتان غير صحيح؟ اكتب بناءً على هذا الاسم، الصيغة البنائية للمركّب. ما الاسم النظامي (الأيوباك) الصحيح للمركّب 3– بيوتيل بنتان؟



تحتوي أطول سلسلة كربونية متصلة على سبع ذرات كربون، وليس خمس ذرات في هذا المركّب. وبالتالي تحتوي السلسلة الرئيسة على سبع ذرات كربون مع مجموعة إيثيل على ذرة الكربون رقم 3، والاسم الصحيح لهذا المركّب: 3– إيثيل هبتان.

8-3 الألكانات

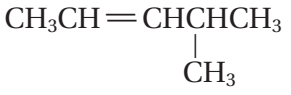
الصفحات 146 - 152

مسائل تدريبية

الصفحة 149

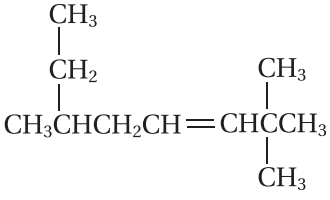
17. استخدم قواعد نظام الأيوباك IUPAC لتسمية الصيغ البنائية الآتية:

a.



4– ميثيل –2– بنتين

b.



2، 2، 6– ثلاثي ميثيل –3– أوكتين

18. تحفيز ارسم الصيغة البنائية للجزيء 1، 3– بنتاداين

$$CH_2=CH-CH=CH-CH_3$$

أو

$$CH_2=CHCH=CHCH_3$$

التقويم 8-3

الصفحة 152

19. صف كيف تختلف الصيغ البنائية للألكينات والألكاينات عن الصيغة البنائية للألكانات.

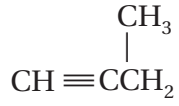
تحتوي الألكانات على روابط أحادية في بنائها، وتحتوي الألكينات على رابطة ثنائية واحدة على الأقلّ، في حين تحتوي الألكاينات على رابطة ثلاثية واحدة على الأقلّ في بنائها.

20. حدِّد كيف تختلف الخصائص الكيميائية للألكينات والألكاينات عمّا تتصف به الألكانات.

تُعدّ الألكينات والألكاينات على درجة عالية من النشاط مقارنة بالألكانات؛ لأنها تحتوي على مناطق من الكثافة الإلكترونية المركّزة التي تجذب المواد المتفاعلة ذات الشحنة المعاكسة.

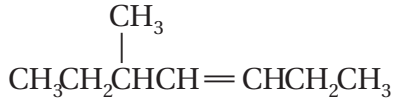
21. سمِّ الصيغ البنائية أدناه مُستخدمًا قواعد نظام الأيوباك.

a.



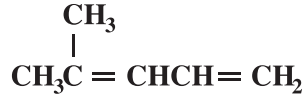
1– بيوتاين

b.

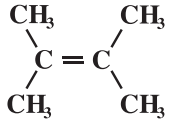


5– ميثيل –3– هبتين

22. اكتب الصيغة البنائية لـ4–ميثيل 3، 1– بنتادايين و2 ،3– ثنائي ميثيل–2– بيوتين



4–ميثيل–1، 3– بنتادايين



2، 3– ثنائي ميثيل–2– بيوتين

23. استنتج كيف تقارن بين درجات الانصهار والتجمد لكلٍّ من الألكاينات والألكانات التي تحتوي على عدد ذرات الكربون نفسها؟ فسِّر إجابتك.

لأن الألكاينات أكثر قطبية قليلًا من الألكانات، فإن درجات انصهارها وغليانها تكون أعلى. تدعم البيانات هذه الفرضية.

24. توقَّع ما الترتيبات الهندسية التي تتوقَّع أن تكوِّنها الروابط المحيطة بذرة الكربون في الألكانات، والألكينات، والألكاينات؟

تتوقَّع فرضية VSEPR الأشكال الهندسية التالية للروابط. ألكان: شكله رباعي الأوجه؛ ألكين: شكله مثلث مستوٍ (مثلث مسطح)؛ ألكاين: شكله خطي.

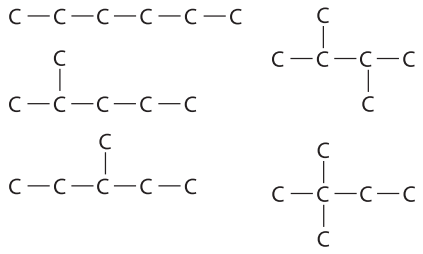
8-4 متشكِّلات الهيدروكربونات

الصفحات 158 - 153

التقويم 8-4

الصفحة 158

25. اكتب المتشكِّلات البنائية المحتملة للألكان ذي الصيغة C_6H_{14} جميعها، على أن تَظهَر فقط سلاسل الكربون.

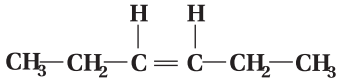


ستتضمّن الإجابات 5 متشكِّلات بنائية هي: 2– ميثيل بنتان، 3– ميثيل بنتان، 2، 3 ثنائي ميثيل بيوتان، 2، 2– ثنائي ميثيل بيوتان، وهكسان.

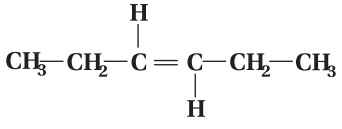
26. فسِّر الفرق بين المتشكِّلات البنائية والمتشكِّلات الفراغية.

تختلف المتشكِّلات البنائية بعضها عن بعض في الترتيب الذي ترتبط به ذراتها معًا؛ ففي الوقت الذي تكون فيه الذرات في المتشكِّلات الفراغية مرتبطة بالترتيب نفسه فإنها تكون مختلفة في ترتيبها الفراغي (الاتجاهات في الفراغ).

27. ارسم أشكال كلٍّ من سيس –3– هكسين وترانس 3– هكسين.



سيس –3– هكسين



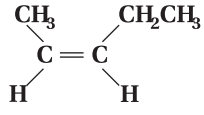
ترانس 3– هكسين

لرسم الصيغ البنائية. تقع ذرات الهيدروجين المرتبطة مع ذرات الكربون الثنائية الربط في سيس–3–هكسين على الجهة نفسها من السلسلة الكربونية. أمّا في تركيب ترانس فتقع ذرات الهيدروجين على جهات متعاكسة من السلسلة الكربونية.

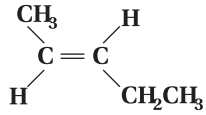
28. استنتج لماذا تستفيد المخلوقات الحية من شكل كيرالي واحد فقط من المادة؟

تستفيد المخلوقات الحية عمومًا من تركيب كيرالي واحد فقط في المادة؛ لأن هذا التركيب وحده يتلاءم مع الموقع النشط في الإنزيم.

29. قوِّم يُنتِج تفاعل معين 80% ترانس–2–بنتين و20% سيس–2– بنتين. ارسم شكل هذين المتشكِّلين الهندسيين، وكوِّن فرضية لتفسير سبب تكون المتشكِّلين بهذه النسبة.



سيس–2– بنتين

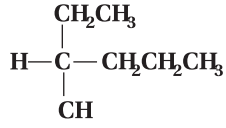


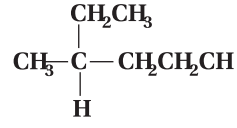
ترانس–2–بنتين

يوضِّح الرسم الصيغ البنائية. يَنتُج متشكِّل ترانس بنسبة أعلى؛ لأن بناءه يَسمح لمجموعتي الميثيل والإيثيل الكبيرتين بالتباعد بعضهما عن بعض أكثر من تركيب سيس.

30. اعمل نماذج ابتداءً بذرة كربون واحدة، ارسم متشكِّلين ضوئيين بربط الذرات أو المجموعات التالية مع ذرة الكربون:

$-H;\ -CH_3;\ -CH_2CH_3;\ -CH_2CH_2CH_3$





يجب أن تُظهِر الأشكال المجموعات المعطاة مرتبطة مع ذرة كربون واحدة. كما يجب أن تختلف في كون اثنتين من المجموعات المرتبطة في الفراغ قد عُكِس مكان كلٍّ منهما.

8-5 الهيدروكربونات الأروماتية

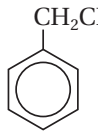
الصفحات 164 - 159

مسائل تدريبية

الصفحة 162

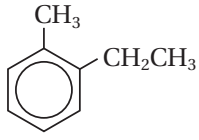
31. سمِّ الصيغ البنائية التالية:

a.



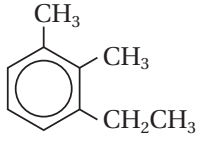
بروبيل بنزين

b.



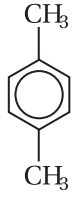
1– إيثيل –2– ميثيل بنزين

c.



1– إيثيل –2 ، 3– ثنائي ميثيل بنزين

32. تحفيز ارسم الصيغة البنائية للمركّب 1، 4– ثنائي ميثيل بنزين.



التقويم 8-5

الصفحة 164

33. فسِّر الشكل البنائي للبنزين، وكيف يجعله عالي الاستقرار أو الثبات؟

تتوزَّع أزواج الإلكترونات في البنزين وتتشارك في ذرات الكربون الست جميعها الموجودة في الحلقة. إن البنزين غير نشط كيميائيًّا؛ لأن من الصعب سحب الإلكترونات بعيدًا عن ذرات الكربون الست.

34. **فسِّر** كيف تختلف الهيدروكربونات الأروماتية عن الهيدروكربونات الأليفاتية؟

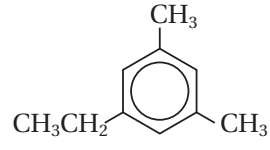
تحتوي الهيدروكربونات الأروماتية على حلقات في صيغها البنائية، في حين تحتوي الهيدروكربونات الأليفاتية على سلاسل مستقيمة أو متفرِّعة.

35. **صِف** خواص البنزين التي جعلت الكيميائيين ينفون احتمالية كَونه ألكينًا ذا روابط ثنائية متعدِّدة.

النشاط الكيميائي للبنزين أقلّ كثيرًا منه للألكينات ذات الروابط الثنائية المتعدِّدة، والتي تكون عادة غير ثابتة كيميائيًّا. فعندما يتفاعل البنزين، فإن تفاعلاته ستختلف عن تفاعلات الألكينات.

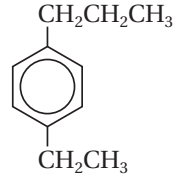
36. **سمِّ** الصيغ البنائية التالية:

a.



1– إيثيل–3، 5– ثنائي ميثيل بنزين

b.



1– إيثيل–4– بروبيل بنزين

37. **فسِّر** لماذا كانت العلاقة بين البنزوبايرين، والسرطان وطيدة؟

كان البنزوبايرين أول مادة مسرطِنة معروفة، وكان التعرض لها مرتبطًا مع نوع المهنة. وبعد أن اكتُشِف أنها مادة مسرطِنة، أُخِذت الاحتياطات والإجراءات المناسبة لحماية العمال. وقد دفع هذا الاكتشاف العلماء والمختصين في مجال الطب إلى البحث عن مواد أخرى قد تكون ذات أخطار محتَملة على العمال.

الفصل 8 مراجعة الفصل

الصفحات 173 – 169

8-1

إتقان المفاهيم

38. **الكيمياء العضوية** لماذا أدى اكتشاف فوهلر إلى تطوير الكيمياء العضوية؟

أدرك الكيميائيون أن بالإمكان تحضير المركّبات العضوية من دون قوة حيوية.

39. ما الخاصية الرئيسة للمركّب العضوي؟

احتواء المركّبات العضوية على عنصر الكربون.

40. ما خاصية الكربون المسؤولة عن التنوع الهائل في المركّبات العضوية؟

تستطيع ذرة الكربون تكوين أربع روابط مشتركة قوية، بما في ذلك الروابط مع ذرات كربون أخرى.

41. سمِّ مصدرين طبيعيين للهيدروكربونات.

النفط والغاز الطبيعي.

42. فسِّر الخصائص الفيزيائية لمركّبات النفط التي تُستعمَل لفصلها في أثناء عملية التقطير التجزيئي.

الاختلاف في درجة الغليان.

43. فسِّر الفرق بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة.

تحتوي الهيدروكربونات المشبعة على روابط كربون كربون أحادية فقط. في حين تحتوي الهيدروكربونات غير المشبعة على رابطة كربون كربون ثنائية أو ثلاثية واحدة أوأكثر.

إتقان حلّ المسائل

44. **التقطير** رتِّب المركّبات المدرَجة في **الجدول 7–8** حسب الترتيب الذي تخرج به خلال تقطيرها من الخليط.

الجدول 7-8 درجات غليان الألكانات

المركب	درجة الغليان (°)
الهكسان	68.7
الميثان	– 161.7
الأوكتان	125.7
البيوتان	– 0.5
البروبان	– 42.1

ميثان، بروبان، بيوتان، هكسان، أوكتان (وفق درجات غليانها، من الأدنى إلى الأعلى)

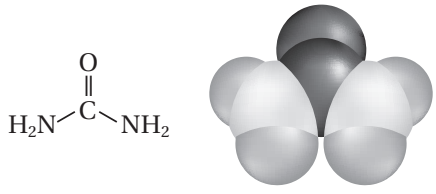
45. ما عدد الإلكترونات المشترَكة بين ذرتي الكربون في كلٍّ من روابط الكربون الآتية؟

a. رابطة أحادية **2 إلكترون**

b. رابطة ثنائية **4 إلكترونات**

c. رابطة ثلاثية **6 إلكترونات**

46. يُبيِّن **الشكل 29–8** نموذجين لليوريا، وهو جزيء حضَّره فريدريك فوهلر لأول مرّة في عام 1828م.



الشكل 29 —8

a. حدِّد نوع كلٍّ من النموذجين.

الصيغة البنائية والنموذج الفراغي.

b. هل اليوريا مركّب عضوي أم غير عضوي؟ فسِّر إجابتك.

تُعدّ اليوريا مركّبًا عضويًا لأنها تحتوي على الكربون، وهي ليست من المجموعات المُستثناة أكسيد الكربون، كربيدات، أو كربونات.

47. تُمثَّل الجزيئات باستخدام الصيغ الجزيئية، والصيغ البنائية، ونموذج الكرة والعصا، والنموذج الفراغي. ما مزايا ومساوئ كلّ نموذج؟

توضِّح النماذج الجزيئية نوع الذرات في الجزيء، ولكنها لا تُظهِر هندسة الجزيء. في حين تُبيِّن النماذج البنائية نوع الذرات في الجزيء، والترتيب العام للذرات، ولكنها لا تُبيِّن الشكل الهندسي الدقيق. أمّا نموذج الكرة والعصا فيُبيِّن نوع الذرات في الجزيء، والترتيب العام، ولكنه لا يوضِّح الشكل الهندسي الدقيق. في حين يُبيِّن الشكل الفراغي صورة واقعية عن الجزيء، ولكن من الصعب تحديد نوع الروابط في الجزيء. وإذا كان الجزيء ضخمًا، فسيكون من الصعب رؤية الذرات جميعها في الجزيء.

8-2

إتقان المفاهيم

48. صف خصائص السلاسل المُتماثلة للهيدروكربونات.

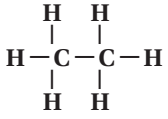
هي سلاسل من المركّبات التي يختلف بعضها عن بعض في عدد وحدات البناء، ولها علاقة رقمية ثابتة بين أعداد الذرات.

49. **الوقود** سمِّ ثلاثة ألكانات تُتَّخذ وَقودًا، ثُمّ اذكر استخدامًا آخر لكلٍّ منها.

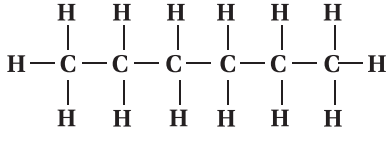
ميثان: وقود للطبخ والتدفئة؛ بروبان: وقود للطبخ والتدفئة؛ بيوتان: في الولّاعات الصغيرة وبعض المشاعل.

50. اكتب الصيغة البنائية لكلٍّ ممّا يأتي:

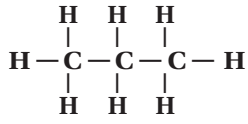
a. الإيثان



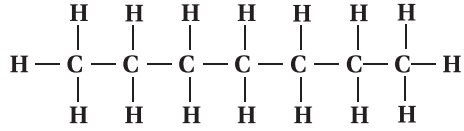
b. الهكسان



c. البروبان



d. الهبتان



51. اكتب الصيغ البنائية المكثَّفة لكلٍّ من الألكانات في السؤال السابق.

a. الإيثان CH_3CH_3

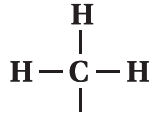
b. الهكسان $CH_3(CH_2)_4CH_3$

c. البروبان $CH_3CH_2CH_3$

d. الهبتان $CH_3(CH_2)_5CH_3$

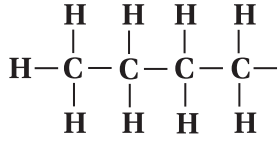
52. اكتب مجموعة الألكيل المقابلة لكلٍّ من الألكانات الآتية، واكتب اسمها:

a. الميثان



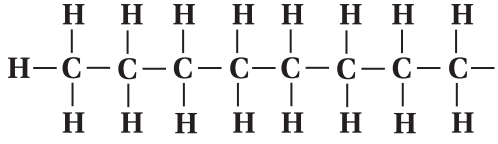
ميثيل

b. البيوتان



بيوتيل

c. الأوكتان



أوكتيل

53. كيف يختلف بناء الألكان الحلقي عن بناء الألكانات المستقيمة أو المتفرعة؟

يحتوي الألكان الحلقي على حلقة من ذرات الكربون، حيث ترتبط كلّ ذرة كربون في الحلقة بذرتي هيدروجين، في حين ترتبط ذرات الكربون التي تقع على أطراف الألكانات المستقيمة بثلاث ذرات هيدروجين. ونتيجة لذلك، تحتوي جزيئات الألكانات الحلقية على عدد أقلّ من ذرات الهيدروجين بمقدار ذرتين من جزيئات الألكانات الأخرى التي لديها العدد نفسه من ذرات الكربون.

54. **درجات التجمّد والغليان** استخدم الماء والميثان لتفسير كيف تؤثِّر قوى التجاذب بين الجزيئية في درجة غليان ودرجة تجمّد المادة.

جزيئات الميثان غير قطبية، ولا تُكوِّن روابط هيدروجينية مع جزيئات ميثان أخرى. في حين أن جزيئات الماء قطبية، وتُكوِّن روابط هيدروجينية مع جزيئات ماء أخرى. وبسبب قوة الرابطة الهيدروجينية بين جزيئات الماء، فإن للماء درجتي غليان وانصهار أعلى من الميثان.

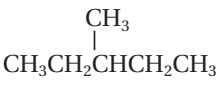
إتقان حلّ المسائل

55. سمِّ المركّبات التي لها الصيغ البنائية التالية:

a. $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$

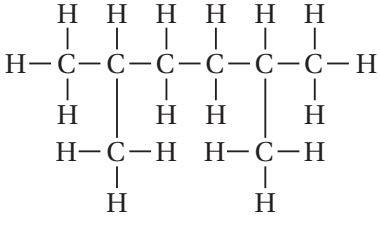
بنتان

b.



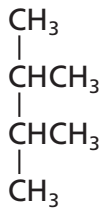
3– ميثيل بنتان

c.



2، 5– ثنائي ميثيل هكسان

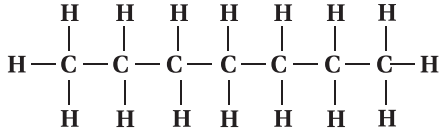
d.



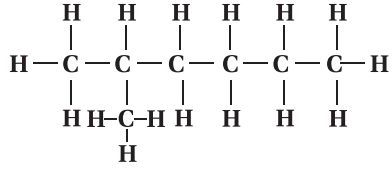
2، 3– ثنائي ميثيل بيوتان

56. اكتب الصيغ البنائية الكاملة للمركّبات الآتية:

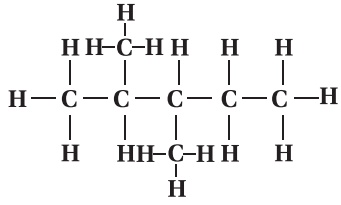
a. هبتان



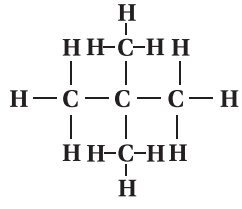
b. 2– ميثيل هكسان



c. 2، 3– ثنائي ميثيل بنتان

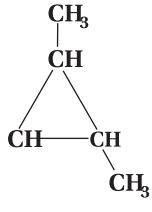


d. 2، 2– ثنائي ميثيل بروبان

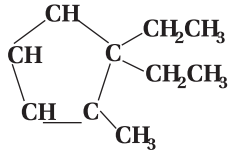


57. اكتب الصيغ البنائية المكثَّفة للمركّبات الآتية:

a. 1، 2– ثنائي ميثيل بروبان حلقي

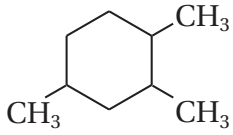


b. 1، 1– ثنائي إيثيل –2– ميثيل بنتان حلقي



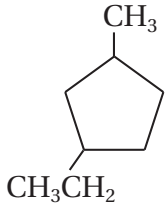
58. سمِّ المركّبات التي لها الصيغ البنائية الآتية:

a.



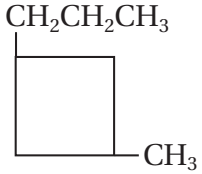
1، 2، 4– ثلاثي ميثيل هكسان حلقي

b.



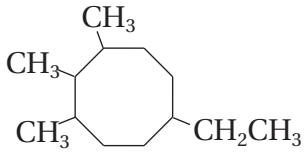
1– إيثيل–3– ميثيل بنتان حلقي

c.



1–بروبيل–3–ميثيل بيوتان حلقي

d.



6– إيثيل –1، 2، 3– ثلاثي ميثيل أوكتان حلقي

8-3

إتقان المفاهيم

59. فسِّر كيف تختلف الألكينات عن الألكانات، وكيف تختلف الألكاينات عن كلٍّ من الألكينات والألكانات؟

تحتوي الألكانات على روابط أحادية، فقط، بين ذرات الكربون في الجزيء. في حين تحتوي الألكينات على رابطة ثنائية واحدة على الأقلّ بين ذرات الكربون في الجزيء. أمّا الألكاينات فتحتوي على رابطة ثلاثية واحدة بين ذرات الكربون في الجزيء على الأقلّ.

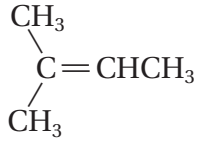
60. يُبنى اسم الهيدروكربون على أساس اسم السلسلة الرئيسة. فسِّر كيف تختلف طريقة تحديد السلسلة الرئيسة عند تسمية الألكينات عنها عند تسمية الألكانات؟

عند تسمية الألكانات، تكون السلسلة الرئيسة هي أطول سلسلة كربونية متصلة. وعند تسمية الألكينات، تكون السلسلة الرئيسة هي أطول سلسلة كربونية متصلة تشمل ذرات الكربون المرتبطة برابطة ثنائية.

إتقان حلّ المسائل

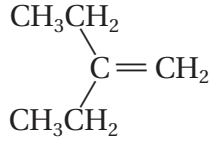
61. سمِّ المركّبات المُمَثَّلة بالصيغ البنائية المكثفة الآتية:

a.



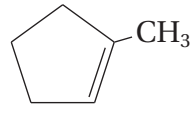
2– ميثيل –2– بيوتين

b.



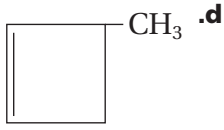
2– إيثيل –1– بيوتين

c.



1– ميثيل بنتين حلقي

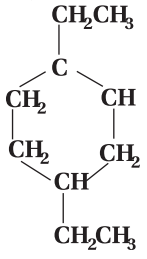
d.



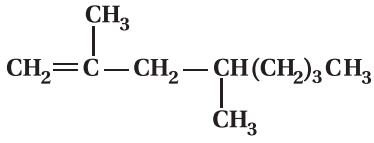
3– ميثيل بيوتين حلقي

62. اكتب صيغًا بنائية مكثَّفة للمركّبات الآتية:

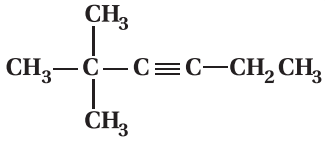
a. 1، 4– ثنائي إيثيل هكسين حلقي



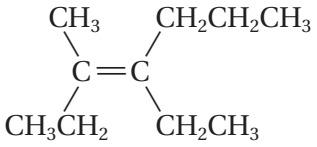
b. 2، 4– ثنائي ميثيل –1– أوكتين



c. 2، 2– ثنائي ميثيل –3– هكساين



63. سمِّ المركّب المُمثَّل بالصيغة البنائية الآتية:



4–إيثيل–3–ميثيل–3–هبتين

8-4

إتقان المفاهيم

64. فيمَ تتشابه المتشكِّلات؟ وفيمَ تختلف؟

للمتشكِّلات الصيغة الجزيئية نفسها، ولكنها تختلف في الصيغ البنائية. وقد يكون لها خصائص كيميائية وفيزيائية مختلفة.

65. صف الاختلاف بين متشكِّلات سيس وترانس من حيث الترتيب الهندسي.

تقع أكبر المجموعات في متشكِّلات سيس على ذرات الكربون في الرابطة الثنائية على الجهة نفسها من الرابطة، في حين تقع على الجهات المتعاكسة في متشكِّلات ترانس.

66. ما خصائص المادة الكيرالية؟

المادة الكيرالية (غير المتماثلة) لها متشكِّلان يشابه أحدهما اليد اليمنى والآخر اليد اليسرى على سبيل المثال. حيث تحتوي المواد الكيرالية على ذرة واحدة من الكربون مرتبطة بأربع مجموعات مختلفة على الأقلّ. لذا، فهي غير متماثلة.

67. **الضوء** كيف يختلف الضوء المستقطَب عن الضوء العادي، ومن ذلك ضوء الشمس؟

تهتز موجات الضوء المستقطب في مستوى واحد، أمّا في الضوء العادي فتهتز في المستويات المحتملة جميعها.

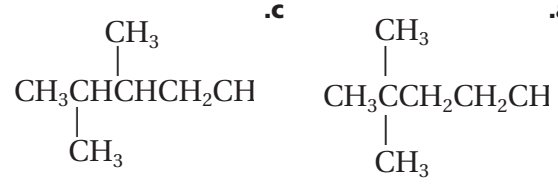
68. كيف تؤثِّر المتشكِّلات الضوئية في الضوء المستقطب؟

تُسبِّب دوران الضوء المستقطب من جهة إلى أخرى.

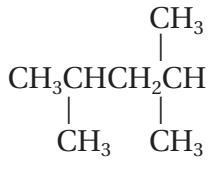
إتقان حلّ المسائل

69. عيِّن زوج المتشكِّلات البنائية في مجموعة الصيغ البنائية المكثَّفة الآتية:

a.

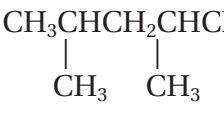


b.



c.

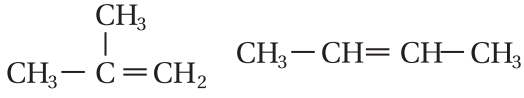
d.



قد تشمل إجابات الطلاب أيّ شكلين باستثناء b وd لأنهما متماثلان (الشكل نفسه).

70. اكتب صيغًا بنائية مكثَّفة لأربعة متشكِّلات مختلفة تحمل الصيغة الجزيئية C_4H_8.

يجب أن تُظهِر إجابات الطلاب الصيغ البنائية المكثَّفة المُبيَّنة أدناه.

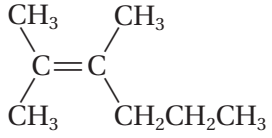


2– بيوتين **2–ميثيل–1– بروبين**

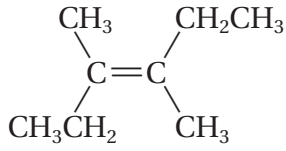
بيوتان حلقي **1 – بيوتين**

71. عيِّن زوج المتشكِّلات الهندسية من بين الأشكال الآتية، مُبيِّنًا سبب اختيارك، ثُمّ فسِّر علاقة الصيغة البنائية الثالثة بالصيغتين الأخريين:

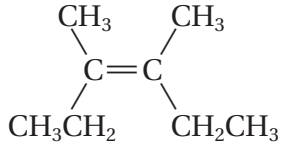
a.



b.



c.

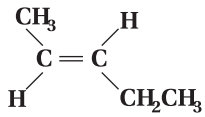


b وc متشكِّلان هندسيّان، يُمثِّلان زوج متشكِّلات سيس / ترانس. أمّا a فهو متشكِّل بنائي لكلٍّ من b وc.

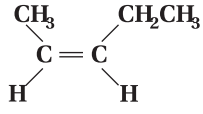
72. اكتب متشكِّلين سيس وترانس للجزيء المُمثَّل بالصيغة المكثَّفة الآتية، وميِّز بينهما:

$$CH_3CH = CHCH_2CH_3$$

ذرتا الهيدروجين المرتبطتان بذرتي الكربون ثنائيتي الربط تقعان على الجهة نفسها من السلسلة الكربونية في متشكِّل سيس وعلى جهات متقابلة من السلسلة الكربونية في متشكِّل ترانس كما هو موضَّح فيما يلي:



ترانس



سيس

8-5

إتقان المفاهيم

73. ما الخاصية البنائية التي تشترك فيها الهيدروكربونات الأروماتية جميعها؟

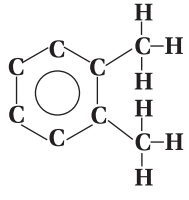
تحتوي جميعها على بناء حلقي في الجزيء.

74. ما المقصود بالمواد المُسَرطِنة؟

هي مواد قادرة على التسبُّب في السرطان.

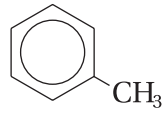
إتقان حلّ المسائل

75. اكتب الصيغة البنائية لـ 1، 2– ثنائي ميثيل بنزين



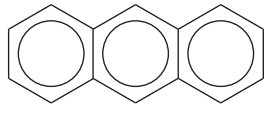
76. سمِّ المركّبات المُمَثَّلة بالصيغ البنائية الآتية:

a.



ميثيل بنزين (تولووين)

b.

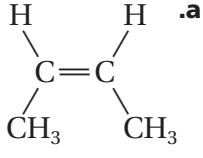


أنثراسين

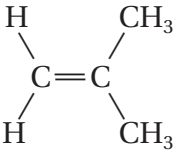
مراجعة عامة

77. هل تُمثِّل الصيغتان البنائيتان الآتيتان الجزيء نفسه؟ فسِّر إجابتك.

a.



b.



لا؛ إنهما متشكِّلان بنائيان.

78. ما عدد ذرات الهيدروجين في جزيء ألكان يحتوي على تسع ذرات كربون؟ وما عددها في ألكين يحتوي على تسع ذرات كربون ورابطة ثنائية واحدة؟

عدد ذرات الهيدروجين في الألكان؛ نستعمل الصيغة العامة للألكانات كما يلي: $C_nH_{2n+2} = C_9H_{2(9)+2} = C_9H_{20}$؛

20 ذرة هيدروجين.

عدد ذرات الهيدروجين في الألكين؛ نستعمل الصيغة العامة للألكينات كما يلي: $C_nH_{2n} = C_9H_{2(9)} = C_9H_{18}$؛

18 ذرة هيدروجين.

79. إذا كانت الصيغة العامة للألكانات هي C_nH_{2n+2}، فحدِّد الصيغة العامة للألكانات الحلقية؟

$$C_nH_{2n}$$

80. الصناعة لماذا تُعدّ الهيدروكربونات غير المشبعة، بوصفها مواد أولية، أكثرَ فائدة في الصناعة الكيميائية من الهيدروكربونات المشبعة؟

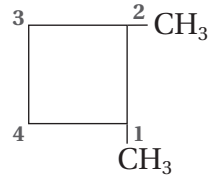
لأن الهيدروكربونات غير المشبعة لها درجة عالية من النشاط الكيميائي.

81. هل يُعدّ البنتان الحلقي متشكِّلًا للبنتان؟ فسِّر إجابتك.

لا؛ فالصيغة الجزيئية للبنتان الحلقي هي: (C_5H_{10})، في حين أن الصيغة الجزيئية للبنتان هي: (C_5H_{12})؛ أيّ أن لهما صيغتين جزيئيتين مختلفتين.

82. حـدِّد مـا إذا كـان كـلٌّ من الصيغ البنائية الآتية تُظهر الترقيم الصحيح. فإذا لم يكن كذلك فأعِد كتابتها بالترقيم الصحيح:

a.



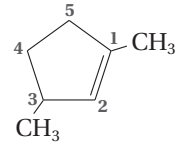
الترقيم صحيح

b. $\overset{1}{CH_3}\overset{2}{CH_2}\overset{3}{C}\equiv\overset{4}{C}\overset{5}{CH_3}$ **يجب ترقيمه كما يلي:**

$\overset{5}{CH_3}\overset{4}{CH_2}\overset{3}{C}\equiv\overset{2}{C}\overset{1}{CH_3}$

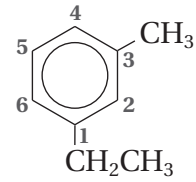
الترقيم غير صحيح

c.



الترقيم صحيح

d.



الترقيم صحيح

83. لماذا يَستخدِم الكيميائيون الصيغ البنائية للمركّبات العضوية بدلًا من الصيغ الجزيئية مثل C_5H_{12}؟

لا تستطيع التمييز بين المتشكِّلات من خلال الصيغ الجزيئية؛ لأن مركّبات عديدة مختلفة تكون لها الصيغة C_5H_{12}.

84. أيّهـمـا تـتـوقَّـع أن يكون له خصائص فيزيائية متشابهة، زوج من المتشكِّلات البنائية أم زوج من المتشكِّلات الفراغية؟ فسِّر استنتاجك.

قد تختلف المتشكِّلات البنائية إلى حدٍّ كبير في خصائصها الفيزيائية؛ لأن لها ترتيبات مختلفة كليًّا للهيكل الكربوني. للمتشكِّلات الفراغية (الهندسية والضوئية) الهيكل الكربوني نفسه، ولكن اتجاهاتها مختلفة في الفراغ. وللمتشكِّلات الهندسية خصائص مختلفة، أمّا المتشكِّلات الضوئية فتختلف فقط في اتجاه دوران الضوء المستقطَب، وفي التفاعلات الكيميائية التي تميِّز بين المتشكِّلات. لذا، فإن للمتشكِّلات الضوئية خصائص متشابهة أكثر من غيرها من المتشكِّلات.

85. **فسِّر** لماذا نحتاج إلى الأرقام في أسماء أيوباك للعديد من الألكينات والألكاينات المستقيمة، في حين أننا لسنا في حاجة إلى كتابتها في أسماء الألكانات المستقيمة.

الأرقام ضرورية لتحديد مواقع الروابط الثنائية والثلاثية.

86. يُسمّى المركّب المحتوي على رابطتين ثنائيتين بالدايين، والصيغة البنائية المكثَّفة أدناه تُمثِّل المركّب 1، 4– بنتادايين. استعن بمعرفتك بأسماء الأيوباك على كتابة الصيغة البنائية للمركّب 1، 3– بنتادايين.

$$H_2C = CH - CH_2 - CH = CH_2$$

تُمثِّل الصيغة البنائية التالية المركّب 1، 3– بنتادايين:

$$CH_3 - CH = CH - CH = CH_2$$

التفكير الناقد

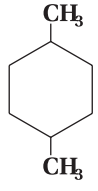
87. **حدِّد** اثنين من الأسماء الآتية لا يمكن أن يكونا صحيحين:

a. 2– إيثيل –2 بيوتين

$$CH_3 - \underset{\displaystyle CH_2 - CH_3}{\overset{\displaystyle CH_2 - CH_3}{C}} = CH - CH_3$$

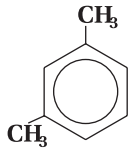
الاسم غير صحيح. أمّا الاسم الصحيح فهو: 3– ميثيل –2– بنتين.

b. 1، 4– ثنائي ميثيل هكسين حلقي



الاسم صحيح.

c. 1، 5– ثنائي ميثيل بنزين

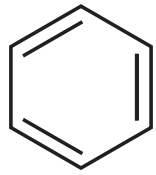


الاسم غير صحيح. أمّا الاسم الصحيح فهو: 1، 3– ثنائي ميثيل بنزين

88. **استنتج** يُطلَق الديكستروز dextrose؛ في بعض الأحيان على سكر الجلوكوز؛ لأن محلول الجلوكوز عُرف بأنه dextrorotatory. حلّل هذه الكلمة، وحدِّد ما تعنيه.

البادئة dextro تُلفَظ ديكسترو وتعني إلى جهة اليمين، واللاحقة rotatory وتُلفَظ روتاتوري وتعني يُدَوِّر. لذا، فإن الشكل الطبيعي من الجلوكوز كيرالي يؤدي إلى دوران مستوى الضوء المستقطَب إلى اليمين.

89. **تفسير التصوُّرات العلمية** ارسم بناء كيكولي للبنزين، وفسِّر لماذا لا يُمثِّل الصيغة البنائية الفعلية؟



يُظهِر الشكل أعلاه الإلكترونات المتمركزة الموجودة في الروابط الثنائية عوضًا عن الإلكترونات غير المتمركزة الموزعة على الذرات (delocalized).

90. **السبب والنتيجة** فسِّر السبب وراء كون الألكانات، مثل الهكسان والهكسان الحلقي، فعّالة في إذابة الشحم أو المواد الدهنية، على عكس الماء.

الدهون والشحوم مواد غير قطبية مثل الألكانات، أمّا الماء فهو قطبي. إذن، فالمواد المتشابهة يذوب بعضها في بعض.

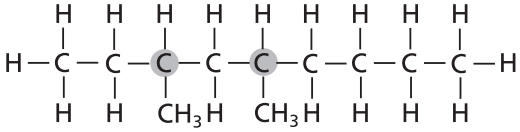
91. **فسِّر** اكتب عبارة تفسِّر العلاقة بين عدد ذرات الكربون ودرجة غليان الألكانات.

كلما ازداد عدد ذرات الكربون في السلسلة، ازدادت درجة الغليان.

مسألة تحفيز

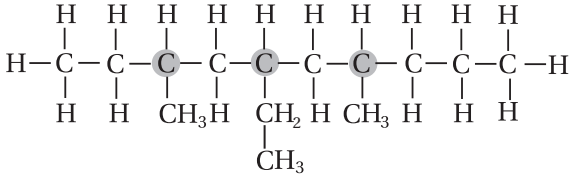
92. **ذرات الكربون الكيرالية** يحتوي الكثير من المركّبات العضوية على أكثر من ذرة كربون كيرالية واحدة. ولكلّ ذرة كربون كيرالية في المركّب زوج من المتشكِّلات الفراغية. والمجموع الكلي للمتشكِّلات المحتمَلة للمركّب مساوٍ لـ 2^n، حيث تُشير n إلى عدد ذرات الكربون الكيرالية. اكتَب الصيغ البنائية للمركّبات أدناه، وحدِّد عدد المتشكِّلات الفراغية الممكنة لكلٍّ منها.

a. 3، 5– ثنائي ميثيل نونان.



عدد ذرات الكربون الكيرالية في المركّب أعلاه يساوي 2.
عدد المتشكِّلات المحتملة له يساوي: $2^n = 2^2 = 4$

b. 3، 7– ثنائي ميثيل –5– إيثيل ديكان



عدد ذرات الكربون الكيرالية في المركّب أعلاه يساوي 3.
عدد المتشكِّلات المحتملة له يساوي: $2^n = 2^3 = 8$

مراجعة تراكمية

93. ما العنصر الذي له التوزيع الإلكتروني $[Ar]3d^6 4s^2$ الأقلّ طاقة؟

الحديد Fe

94. ما شحنة الأيون المتكوِّن من المجموعات الآتية؟

a. الفلزات القلوية. **1+**

b. الفلزات القلوية الأرضية. **2+**

c. الهالوجينات. **1–**

95. اكتب المعادلات الكيميائية لتفاعلات الاحتراق الكامل للإيثان، والإيثين، والإيثاين المُنتِجة للماء وثاني أكسيد الكربون.

إيثان: $2C_2H_{6(g)} + 7O_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)}$

إيثين: $C_2H_{4(g)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$

إيثاين: $2C_2H_{2(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)}$

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

96. الجازولين كان المركّب رباعي إيثيل الرصاص لسنوات كثيرة، مكوِّنًا أساسيًّا في الجازولين لمنع الفرقعة. ابحث عن الصيغة البنائية لهذا المركّب وتاريخ تطويره واستعماله والأسباب الكامنة وراء توقف استعماله. وهل ما زال يُتَّخذ مادة تُضاف إلى البنزين في أماكن من العالم؟

يجب أن تشتمل إجابات الطلاب على رسم الصيغة البنائية لرباعي إيثيل الرصاص $Pb(CH_2CH_3)_4$، وعلى نقاش حول بداية استخدامه، ومضاره الصحية، وقائمة بأسماء بعض دول العالم التي لا تزال تُضيفه إلى البنزين.

97. العطور يتكوَّن المِسك المُستعمَل في العطور من الكثير من المركّبات التي تشمل ألكانات حلقية كبيرة. ابحث عن مصادر مركّبات المِسك الطبيعي والصناعي في هذه المنتجات، واكتب تقريرًا موجزًا حولها.

المصدر الطبيعي للمِسك المُستخدَم في صناعة العطور هو مِسك ذكر الغزال. والمركّب العطري الرئيس فيه هو 3– ميثيل بنتاديكانون الحلقي، الذي يتمّ تحضيره في صناعات العطور والكولونيا.

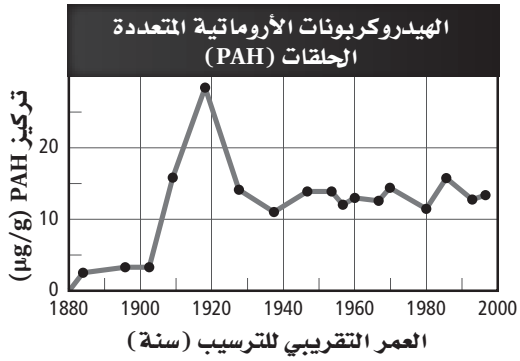
أسئلة المستندات

الهيدروكربونات الأروماتية المتعدِّدة الحلقات

Polycyclic Aromatic Hydrocarbones(PAH) هي مركّبات طبيعية، ولكن قد يزيد النشاط الإنساني من تركيزها في البيئة. ولدراسة مركّبات PAH جُمعَت عيّنات من التربة، وجرى تحليلها باستعمال نوىً مشعّة لمعرفة متى ترسّب كلٌّ مكوِّن رئيس فيها.

الشكل 30—8 يُبيِّن تركيز الهيدروكربونات الأروماتية المتعدِّدة الحلقات (PAH) التي عُثِر عليها في سنترال بارك في مدينة نيويورك. البيانات مأخوذة من:

2005. Environmental science technology 39 (18): 7012 – 7019



الشكل 30—8

98. قارن بين معدّلات تراكيز PAH قبل 1905م وبعد 1925م.

المتوسط 3 تقريبًا قبل 1905م؛ و13 تقريبًا بعد 1925م.

99. تُنتِج بعض النباتات والحيوانات مركّبات PAH بكميات قليلة، ولكن معظمها يأتي من النشاطات البشرية، مثل حرق الوقود الأحفوري. استنتج السبب وراء الانخفاض النسبي في مستويات PAH في العقد الأخير من القرن التاسع عشر وبداية العقد الأول من القرن العشرين.

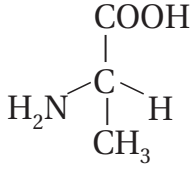
الوقود الرئيس الذي استخدمه البشر في هذا الوقت هو الخشب. وقد بدأت مستويات PAH في التزايد عندما حلَّ الوقود الأحفوري محلّ الخشب بوصفه مصدرًا للوقود.

اختبار مُقنَّن

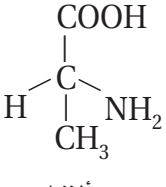
أسئلة الاختيار من متعدد

الصفحتان 175 – 174

1. يوجد الأنيلين، مثل جميع الأحماض الأمينية، في صورتين:



-ألانيلين



-ألانيلين

توجد الأحماض الأمينية جميعها تقريبًا على هيئة (L). فأيّ المصطلحات الآتية يصف بدقّة L أنيلين وD أنيلين أحدهما بالنسبة إلى الآخر؟

a. متشكِّلات بنائية

b. متشكِّلات هندسية

c. متشكِّلات ضوئية

d. متشكِّلات فراغية ⓒ

2. أيّ ممّا يلي **لا يؤثّر** في سرعة التفاعل؟

a. العوامل المساعدة

b. مساحة سطح المتفاعلات

c. تركيز المتفاعلات

d. نشاط النواتج الكيميائي ⓓ

3. ما مولالية محلول يحتوي على 0.25g من ثنائي الكلوروبنزين $C_6H_4Cl_2$ المذاب في 10.0g من الهكسان الحلقي (C_6H_{12})؟

a. 0.17 mol /kg

b. 0.00017 mol /kg

c. 0.025 mol /kg

d. 0.014 mol /kg ⓐ

الحل:

المولالية:

$$m = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{كتلة المذيب بوحدة kg}} = \frac{\text{moles of solute}}{\text{kg solvent}}$$

المذاب: $C_6H_4Cl_2$

$$\text{الكتلة المولية}_{(C_6H_4Cl_2)} = 146.99\,g/mol$$

المذيب: C_6H_{12}

احسب كتلة المذيب:

$$10.0g\,C_6H_{12} \times \frac{1\,kg}{1000g} = 0.10\,kg\,C_6H_{12}$$

احسب عدد مولات المذاب:

$$0.25g\,C_6H_4Cl_2 \times \frac{1\,mol\,C_6H_4Cl_2}{146.99g\,C_6H_4Cl_2}$$

$$= 1.7 \times 10^{-3}\,mol\,C_6H_4Cl_2$$

المولالية:

$$m = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{كتلة المذيب بوحدة kg}} = \frac{\text{moles of soute}}{\text{kg solvent}}$$

$$m = \frac{1.7 \times 10^{3}\,mol\,C_6H_4Cl_2}{0.01kg\,C_6H_{12}} = 0.17\,mol/kg$$

استخدم الجدول أدناه للإجابة عن الأسئلة 6 – 4.

بيانات عن هيدروكربونات متعددة

الاسم	عدد ذرات	عدد ذرات	درجة الانصهار (°)	درجة الغليان (°)
هبتان	7	16	−90.6	98.5
1− هبتين	7	14	−119.7	93.6
1− هبتاين	7	12	−81	99.7
أوكتان	8	18	−56.8	125.6
1− أوكتين	8	16	−101.7	121.2
1− أوكتاين	8	14	−79.3	126.3

4. ما نوع الهيدروكربون الذي يتحوَّل إلى غاز عند أقلّ درجة حرارة بناءً على المعلومات في الجدول السابق؟

a. ألكان **b.** ألكاين

b. ألكين **c.** أروماتي

ⓑ

5. إذا رَمَزَ n إلى عدد ذرات الكربون في الهيدروكربون، فما الصيغة العامة للألكاين المحتوي على رابطة ثلاثية واحدة؟

a. C_nH_{n+2} **c.** C_nH_{2n}

b. C_nH_{2n+2} **d.** C_nH_{2n-2}

ⓓ

6. نتوقَّع اعتمادًا على الجدول السابق أن تكون درجة انصهار النونان:

a. أعلى ممّا للأوكتان.

b. أقلّ ممّا للهبتان.

c. أعلى ممّا للديكان.

d. أقلّ مما للهكسان. ⓐ

7. عند ضغط 1 atm ودرجة حرارة 20°C، يذوب 1.72g CO_2 في 1 L ماء. فما كمية CO_2 الذائبة إذا ارتفع الضغط إلى 1.35 atm مع بقاء درجة الحرارة نفسها؟

a. 2.32 g/L

b. 1.27 g/L

c. 0.785 g/L

d. 0.431 g/L ⓐ

$$\frac{\text{الذائبية النهائية}}{\text{الضغط النهائي}} = \frac{\text{الذائبية الابتدائية}}{\text{الضغط الابتدائي}}$$

$$\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2} \Rightarrow S_2 = S_1\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = 1.72\text{g/L}\left(\frac{1.35\ \cancel{\text{atm}}}{1.00\ \cancel{\text{atm}}}\right) = 2.32\text{g/L}$$

وبما أن حجم الماء يساوي 1L، سيذوب 2.32 g من CO_2.

8. أيّ العبارات الآتية لا يصف ما يحدث عندما يغلي السائل؟

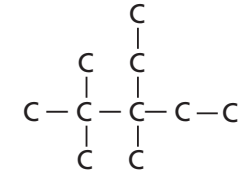
a. ترتفع درجة حرارة النظام.

b. يمتص النظام الطاقة.

c. يتساوى الضغط البخاري للسائل مع الضغط الجوي.

d. يدخل السائل في طور الغاز. ⓐ

9. ما اسم المركّب ذي الصيغة الهيكلية المُبيَّنة أعلاه؟



a. 2، 3–، 2 ثلاثي ميثيل –3– إيثيل بنتان.

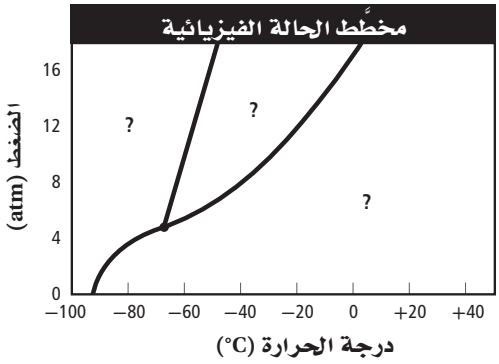
b. 3– إيثيل –3، 4، 4– ثلاثي ميثيل بنتان.

c. 2– بيوتيل –2– إيثيل بيوتان.

d. 3– إيثيل –2، 2، 3– ثلاثي ميثيل بنتان. ⓓ

أسئلة الإجابات القصيرة

استخدم الرسم البياني المُبيَّن أدناه للإجابة عن الأسئلة 12–10.



10. ما حالة المادة الواقعة عند درجة حرارة 80°C– وضغط 10 atm؟

الصَّلابة

11. ما درجة الحرارة والضغط عندما تكون المادة عند نقطتها الثلاثية؟

درجة الحرارة 65 C–، والضغط 4.8 atm تقريبًا.

12. صف التغيّرات التي تحدث في الترتيب الجزيئي عند زيادة الضغط من 8 atm إلى 16 atm، مع بقاء درجة الحرارة ثابتة عند (0°C).

تتغيّر المادة من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة كلما ازاد الضغط؛ فعندما تصبح الجسيمات أكثر تراصًّا تفقد طاقتها الحركية، وتصبح أكثر ترتيبًا وقربًا بعضها إلى بعض.

أسئلة الإجابات المفتوحة

13. إذا احترق 5.00 L من غاز الهيدروجين عند درجة حرارة 20.0°C وضغط مقداره 80.1 kPa مع كمية فائضة من الأكسجين لتكوين الماء، فما كتلة الأكسجين المستهلَك؟ افترض أن كلًّا من درجة الحرارة والضغط ثابتان.

اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة:

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}$$

من المعادلة الموزونة: $\frac{1\text{ L O}_2}{2\text{ L H}_2}$

احسب حجم O_2:

$$V_{O_2} = 5.00\ \cancel{L\ H_2} \times \frac{1\ L\ O_2}{2\ \cancel{L\ H_2}} = 2.50\ L\ O_2$$

احسب درجة الحرارة بوحدة K:

$$T = 20.0\ ^\circ C + 273 = 293\ K$$

احسب عدد مولات غاز O_2:

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{(80.1\ \cancel{kPa})\ (2.50\ \cancel{L}\ O_2)}{(8.314\ \frac{\cancel{L}.\cancel{kPa}}{mol.\cancel{K}})\ (293\ \cancel{K})} = 0.0822\ mol\ O_2$$

الكتلة المولية $_{(O_2)}$ $= 32\ 00\ g/mol$

$$n = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الكتلة المولية}}$$

الكتلة $= n$ (الكتلة المولية)

$$= 0.0822\ \cancel{mol}\ O_2 \times \frac{32.00g\ O_2}{1\ \cancel{mol}\ O_2} = 2.63g\ O_2$$