

5-1

إتقان المفاهيم

35. لماذا يشترط أن تكون المعادلة الكيميائية موزونة قبل أن تحدد النسب المولية؟
36. ما العلاقات التي تستطيع أن تحدها من المعادلة الكيميائية الموزونة؟
37. فسر لماذا تعد النسب المولية أساس الحسابات الكيميائية؟
38. ما النسبة المولية التي يمكن استخدامها لتحويل مولات المادة A إلى مولات المادة B؟
39. لماذا تستخدم المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة لاشتقاق النسب المولية بدلاً من الأرقام الموجودة عن يمين الصيغ الكيميائية؟
40. فسر كيف يساعدك قانون حفظ الكتلة على تفسير معادلة كيميائية موزونة من خلال الكتلة؟
41. تتحلل ثنائي كرومات الأمونيوم عند التسخين وتنتج غاز النيتروجين وأكسيد الكروم (III) الصلب وبخار الماء.
$$(NH_4)_2Cr_2O_7 \rightarrow N_2 + Cr_2O_3 + 4H_2O$$
42. يمثل الشكل 5-10 معادلة، وتمثل المربعات العنصر M، كما تمثل الدوائر العنصر N. اكتب معادلة موزونة لتمثيل الصور الموضحة باستخدام أبسط نسب عددية صحيحة، ثم اكتب النسب المولية لهذه المعادلة.



الشكل 5-10

إتقان حل المسائل

43. يتفاعل أكسيد القصدير (IV) مع الكربون وفق المعادلة:
$$SnO_{2(s)} + 2C_{(s)} \rightarrow Sn_{(l)} + 2CO_{(g)}$$

فسر المعادلة الكيميائية من حيث الجسيمات الممثلة، وعدد المولات، والكتلة.
44. تتكون نترات النحاس (II) وثاني أكسيد النيتروجين والماء عندما يضاف النحاس الصلب إلى حمض النيتريك. اكتب معادلة كيميائية موزونة للتفاعل، ثم اكتب ست نسب مولية.
45. عندما يتفاعل محلول حمض الهيدروكلوريك مع محلول نترات الرصاص (II) يترسب كلوريد الرصاص (II) وينتج محلول حمض النيتريك.
a. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل.
b. فسر المعادلة من حيث الجسيمات الممثلة وعدد المولات والكتلة.
46. عندما يُخلط الألومنيوم مع أكسيد الحديد (III)، ينتج فلز الحديد وأكسيد الألومنيوم، مع كمية كبيرة من الحرارة. فما النسبة المولية المستخدمة لتحديد عدد مولات الحديد إذا كان عدد مولات Fe_2O_3 معروفة؟
$$Fe_2O_{3(s)} + 2Al_{(s)} \rightarrow 2Fe_{(s)} + Al_2O_{3(s)} + \text{حرارة}$$
47. يتفاعل ثاني أكسيد السيليكون الصلب (السليكا) مع محلول حمض الهيدروفلوريك HF، لينتج غاز رباعي فلوريد السيليكون والماء.
a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.
b. اكتب ثلاث نسب مولية، وبيّن كيف تستخدمها في الحسابات الكيميائية.
48. الكروم أهم خام تجاري للكروم هو الكروميت $FeCr_2O_4$. ومن الخطوات المتبعة 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 تستخدم لتحويل مولات الكروميت إلى مولات الفيروكروم؟

49. تلوث الهواء يتم إزالة الملوث SO_2 من الهواء عن طريق تفاعله مع كربونات الكالسيوم والأكسجين، والمواد الناتجة من هذا التفاعل هي كبريتات الكالسيوم وثاني أكسيد الكربون. حدد النسبة المولية التي تستخدم في تحويل مولات SO_2 إلى مولات $CaSO_4$.
50. تتفاعل المادتان W و X لتنتج Y و Z. والجدول 5-2 يوضح عدد مولات المواد المتفاعلة والناتجة التي تم الحصول عليها عند التفاعل. استخدم البيانات لتحديد المعاملات التي تجعل المعادلة موزونة.
51. مضاد الحموضة يُعد هيدروكسيد الماغنسيوم أحد مكونات أقراص مضاد الحموضة؛ إذ تتفاعل مضادات الحموضة مع حمض الهيدروكلوريك الفائض في المعدة للمساعدة على عملية الهضم.
52. ما الخطوة الأولى في جميع الحسابات الكيميائية؟
53. ما المعلومات التي تقدمها المعادلة الموزونة للتفاعل؟
54. ما القانون الذي تركز عليه الحسابات الكيميائية، وكيف تدعمه؟
55. كيف تستخدم النسب المولية في الحسابات الكيميائية؟
56. ما المعلومات التي يجب أن تتوافر لك لتحسب كتلة المادة الناتجة عن التفاعل الكيميائي؟
57. يمثل كل صندوق في الشكل 11-5 محتويات دورق. يحتوي أحدهما على كبريتيد الهيدروجين، ويحتوي الآخر على الأكسجين، وعند مزجها يحدث تفاعل وينتج بخار ماء وكبريت. تمثل الدوائر الحمراء في الشكل الأكسجين، في حين تمثل الدوائر الصفراء الكبريت، أما الدوائر الزرقاء فتمثل الهيدروجين.
- a. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل.
- b. مستخدماً الألوان نفسها، أعد رسم الورق بعد حدوث التفاعل.



الشكل 11-5

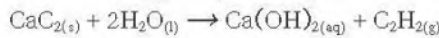
إتقان حل المسائل

58. الإيثانول يمكن تحضير الإيثانول C_2H_5OH (ويعرف بكحول الجيوب) من تخمر السكر. والمعادلة الكيميائية غير الموزونة للتفاعل هي:

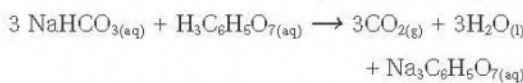


زن المعادلة الكيميائية، وحدد كتلة C_2H_5OH التي تتكون من تخمر 750 g من $C_6H_{12}O_6$.

59. اللحم إذا تفاعلت 5.50 mol من كبريد الكالسيوم مع كمية فائضة من الماء، فما عدد مولات غاز الأسيتيلين (غاز يستخدم في اللحام) الناتج؟



60. مضاد الحموضة عندما يذوب قرص مضاد الحموضة في الماء يصدر أزيزاً بسبب التفاعل بين كربونات الصوديوم الهيدروجينية $NaHCO_3$ وحمض الستريك $H_3C_6H_5O_7$ حسب المعادلات الآتية:



ما عدد مولات $Na_3C_6H_5O_7$ الناتجة عند إذابة قرص واحد يحتوي على 0.0119 mol $NaHCO_3$ ؟



الجدول 5-2 بيانات التفاعل

عدد مولات المواد المتفاعلة		عدد مولات المواد الناتجة	
W	X	Y	Z
0.90	0.30	0.60	1.20

- a. زن معادلة التفاعل.
- b. اكتب النسب المولية التي تستخدم في تحديد عدد مولات $MgCl_2$ الناتجة عن هذا التفاعل.

5-2

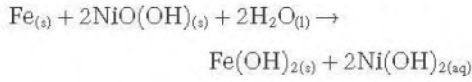
إتقان المفاهيم

52. ما الخطوة الأولى في جميع الحسابات الكيميائية؟
53. ما المعلومات التي تقدمها المعادلة الموزونة للتفاعل؟
54. ما القانون الذي تركز عليه الحسابات الكيميائية، وكيف تدعمه؟
55. كيف تستخدم النسب المولية في الحسابات الكيميائية؟
56. ما المعلومات التي يجب أن تتوافر لك لتحسب كتلة المادة الناتجة عن التفاعل الكيميائي؟

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، ثم احسب كتلة الأوكتان المطلوبة لإطلاق 5.00 mol من ثاني أكسيد الكربون CO_2 .
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.
- b. حدد كتلة كرومات الرصاص (II) الناتجة عن تفاعل 0.250 mol من كرومات البوتاسيوم.
63. وقود الصاروخ يستخدم التفاعل المولد للطاقة الحرارية بين سائل الهيدرازين N_2H_4 وسائل فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 وقوداً للصاروخ. والمواد الناتجة عن هذا التفاعل هي غاز النيتروجين والماء.
- a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.
- b. ما مقدار الهيدرازين، بالجرام، اللازم لإنتاج 10.0 mol من غاز النيتروجين؟
64. الكلوروفورم CHCl_3 مذيب مهم ينتج عن تفاعل الميثان والكلور.
- $$\text{CH}_4(\text{g}) + 3\text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CHCl}_3(\text{g}) + 3\text{HCl}(\text{g})$$
- ما مقدار CH_4 بالجرامات اللازم لإنتاج 50.0 g CHCl_3 ؟
65. إنتاج الأكسجين تستخدم وكالة الفضاء الروسية فوق أكسيد البوتاسيوم KO_2 لإنتاج الأكسجين في البدلات الفضائية.
- $$4\text{KO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{CO}_2 \rightarrow 4\text{KHCO}_3 + 3\text{O}_2$$
- أكمل الجدول 3-5.
- الجدول 3-5 بيانات إنتاج الأكسجين
- | كتلة | كتلة | كتلة | كتلة | كتلة |
|--------------|-----------------|---------------|----------------------|---------------|
| O_2 | KHCO_3 | CO_2 | H_2O | KO_2 |
| 380g | | | | |
66. وقود gasohol عبارة عن مزيج من الجازولين والإيثانول. زن المعادلة الآتية وحدد كتلة CO_2 الناتجة عن احتراق 100.0 g من الإيثانول.
- $$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$$
67. بطارية السيارة يُستخدم من 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.
- b. حدد كتلة كبريتات الرصاص II الناتجة عن تفاعل 25.0 g رصاص مع كمية فائضة من أكسيد الرصاص IV وحمض الكبريتيك.
68. يستخلص الذهب من الخام بمعالجته بمحلول سيانيد الصوديوم في وجود الأكسجين والماء.
- $$4\text{Au}(\text{s}) + 8\text{NaCN}(\text{aq}) + \text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 4\text{NaAu}(\text{CN})_2(\text{aq}) + 4\text{NaOH}(\text{aq})$$
- a. حدد كتلة الذهب المستخلص إذا استخدم 25.0 g من سيانيد الصوديوم.
- b. إذا كانت كتلة خام الذهب 150.0 g، فما النسبة المئوية للذهب في الخام؟
69. الأفلام تحتوي أفلام التصوير على بروميد الفضة مذاباً في الجلاتين. وعند تعرض هذه الأفلام للضوء يتحلل بعض بروميد الفضة منتجاً جزيئات صغيرة من الفضة. ويتم إزالة بروميد الفضة من الجزء الذي لم يتعرض للضوء بمعالجة الفيلم في ثيوكبريتات الصوديوم.
- $$\text{AgBr}(\text{s}) + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{Na}_3\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2(\text{aq}) + \text{NaBr}(\text{aq})$$
- حدد كتلة $\text{Na}_3\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2$ الناتجة عن إزالة 572.0 g من بروميد الفضة AgBr .

74. بطارية نيكل - حديد اخترع توماس أديسون عام 1901

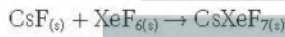
بطارية نيكل-حديد. وتمثل المعادلة الآتية التفاعل الكيميائي في هذه البطارية:



ما عدد مولات $\text{Fe}(\text{OH})_2$ التي تنتج عن تفاعل 5.0 mol مع 8.0 mol $\text{NiO}(\text{OH})$ ؟

75. أحد مركبات الزينون القليلة التي تتكون 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.



76. إنتاج الحديد يستخرج الحديد تجارياً 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؟

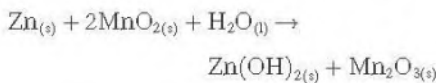


77. ينتج كلوريد الفسفور عن تفاعل غاز الكلور مع

الفوسفور P_4 الصلب خالصي. وعند تفاعل 16.0g من الكلور مع 32.0g من الفوسفور، فأَي المادتين المتفاعلتين مُحَدَّدة للتفاعل، وأَيها فائضة؟

78. البطارية القلوية تنتج البطارية القلوية الطاقة الكهربائية

حسب المعادلة الآتية:



a. ما المادة المُحدَّدة للتفاعل إذا تفاعلت 25.0 g Zn مع

مع 30.0 g MnO_2 ؟

b. حدد كتلة $\text{Zn}(\text{OH})_2$ الناتجة من التفاعل.

5-3

إتقان المفاهيم

70. كيف تُستخدم النسبة المولية في إيجاد المادة المُحدَّدة للتفاعل؟

71. وضح لماذا تُعد العبارة الآتية غير صحيحة: (المادة المُحدَّدة للتفاعل هي المادة المتفاعلة ذات الكتلة الأقل).

72. تمثل المربعات في الشكل 5-12 M، العنصر، وتمثل الدوائر العنصر N.



الشكل 5-12

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

b. إذا كان كل مربع يمثل 1mol M، وتمثل كل دائرة 1mol N، فما عدد مولات كل من M و N التي كانت موجودة عند بداية التفاعل؟

c. ما عدد مولات المادة الناتجة؟ ما عدد مولات كل

من العنصرين M و N التي لم تتفاعل؟

d. أي العنصرين مادة مُحدَّدة للتفاعل؟ وأَيها مادة فائضة؟

إتقان حل المسائل

73. يوضح الشكل 5-13 التفاعل بين الإيثانين (C_2H_2)

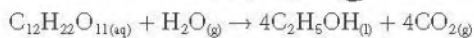
والهيدروجين، والمادة الناتجة هي الإيثان (C_2H_6). ما المادة المُحدَّدة للتفاعل وما المادة الفائضة؟ وضح ذلك.



الشكل 5-13

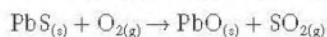
إتقان حل المسائل

87. الإيثانول (C_2H_5OH) ينتج عن تخمر السكرز $C_{12}H_{22}O_{11}$ مع وجود الإنزيمات.



حدد المردود النظري ونسبة المردود المئوية للإيثانول إذا تخمر 684 g من السكرز وكان الناتج 349 g إيثانول.

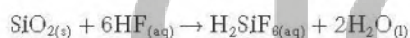
88. يستخلص أكسيد الرصاص (II) بتحميص الجالينا؛ كبريتيد الرصاص (II)، في الهواء.



a. زن المعادلة الكيميائية وحدد المردود النظري لـ PbO إذا سخن 200 g من كبريتيد الرصاص PbS .

b. ما نسبة المردود المئوية إذا نتج 70.0 g من PbO ؟

89. لا يمكن حفظ محاليل حمض الهيدروفلوريك في أوعية زجاجية؛ لأنه يتفاعل مع أكسيد السليكا في الزجاج لينتج حمض سداسي الفلوروسيليك H_2SiF_6 حسب المعادلة الآتية:



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 المحددة للتفاعل؟

b. ما الكتلة المتبقية من المادة الفائضة؟

c. ما المردود النظري لـ H_2SiF_6 ؟

d. ما نسبة المردود المئوية؟

90. تتحلل كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ عند التسخين إلى أكسيد الكالسيوم CaO وثاني أكسيد الكربون CO_2 .

a. ما المردود النظري لـ CO_2 إذا تحلل 235.0 g من $CaCO_3$ ؟

b. ما نسبة المردود المئوية لـ CO_2 إذا نتج 97.5 g من CO_2 ؟

79. يتفاعل الليثيوم تلقائيًا 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:

a. المادة المحددة للتفاعل.

b. كتلة بروميد الليثيوم الناتجة.

c. المادة الفائضة وكتلتها المتبقية.

5-4

إتقان المفاهيم

80. ما الفرق بين المردود الفعلي والمردود النظري؟

81. كيف يتم تحديد كل من المردود الفعلي والمردود النظري؟

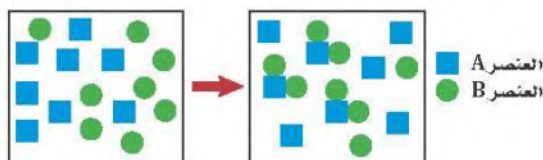
82. هل يمكن أن تكون نسبة المردود المئوية لأي تفاعل أكثر من 100%؟ وضح إجابتك.

83. ما العلاقة الرياضية المستخدمة في حساب نسبة المردود المئوية للتفاعل الكيميائي؟

84. ما البيانات التجريبية التي تحتاج إليها لحساب كل من المردود النظري ونسبة المردود المئوية لأي تفاعل كيميائي؟

85. يتفاعل أكسيد الفلز مع الماء لينتج هيدروكسيد الفلز. ما المعلومات الأخرى التي تحتاج إليها لتحديد نسبة المردود المئوية لهيدروكسيد الفلز في التفاعل؟

86. تفحص التفاعل الظاهر في الشكل 14-5. هل يستمر هذا التفاعل حتى النهاية؟ فسر إجابتك، ثم احسب نسبة المردود المئوية للتفاعل.



الشكل 14-5

مراجعة عامة

94. يتفاعل كبريتيد الأمونيوم مع نترات النحاس II من خلال تفاعل إحلال مزدوج. ما النسبة المولية التي يمكنك استخدامها لتحديد عدد مولات نترات الأمونيوم NH_4NO_3 الناتجة إذا عرفت عدد مولات كبريتيد النحاس II CuS ؟

95. عند تسخين أكسيد النحاس II مع غاز الهيدروجين ينتج عنصر النحاس والماء. ما كتلة النحاس الناتجة، إذا تفاعل 32.0 g من أكسيد النحاس II ؟

96. تلوث الهواء يتحول أكسيد النيتروجين الملوث والموجود في الهواء بسرعة إلى ثاني أكسيد النيتروجين عندما يتفاعل مع الأكسجين.

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.

b. ما النسبة المولية التي يمكن استخدامها لتحويل مولات أكسيد النيتروجين إلى مولات ثاني أكسيد النيتروجين؟

97. التحليل الكهربائي حدد المردود النظري ونسبة المردود المثوية لغاز الهيدروجين إذا تم تحليل 36.0 g من الماء كهربائياً لإنتاج 3.80 g من غاز الهيدروجين إضافة إلى الأكسجين.

التفكير الناقد

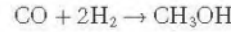
98. حلل واستنتج تم الحصول في إحدى التجارب على نسبة مردود مثوية 108%، فهل هذه النسبة ممكنة؟ وضع ذلك. افترض أن حساباتك صحيحة، فما الأسباب التي قد تفسر مثل هذه النتيجة؟

99. لاحظ واستنتج حدد ما إذا كان أي من التفاعلات الآتية يعتمد على المادة المحددة للتفاعل، ثم حدد تلك المادة.

a. تحلل كلورات البوتاسيوم لإنتاج كلوريد البوتاسيوم والأكسجين.

b. تفاعل نترات الفضة مع حمض الهيدروكلوريك لإنتاج كلوريد الفضة وحمض النيتريك.

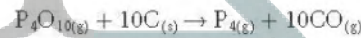
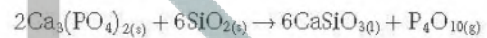
91. يتم إنتاج الميثانول، من تفاعل أول أكسيد الكربون مع غاز الهيدروجين.



إذا تفاعل 8.50 g من أول أكسيد الكربون مع كمية فائضة من الهيدروجين وتنتج 8.52 g من الميثانول، فأكمل الجدول 4-5، واحسب نسبة المردود المثوية.

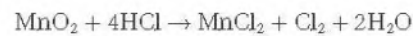
جدول 4-5 بيانات تفاعل الميثانول		
$\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$	$\text{CO}(\text{g})$	
	8.50 g	الكتلة
32.05 g/mol	28.01 g/mol	الكتلة المولية
		عدد المولات

92. الفوسفور P_4 يُخَضَّر تجارياً بتسخين مزيج من فوسفات الكالسيوم $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ، والرمل SiO_2 ، وفحم الكوك C في فرن كهربائي وتتضمن العملية خطوتين هما:



يتفاعل P_4O_{10} الناتج عن التفاعل الأول مع الكمية الفائضة من الفحم في التفاعل الثاني. حدد المردود النظري لـ P_4 إذا سخن 250 g من $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ و 400.0 g من SiO_2 معاً، وحدد نسبة المردود المثوية لـ P_4 ، إذا كان المردود الفعلي لـ P_4 يساوي (45.0 g).

93. يتكون الكلور من تفاعل حمض الهيدروكلوريك مع أكسيد المنجنيز وفقاً للمعادلة الموزونة الآتية:



احسب المردود النظري ونسبة المردود المثوية 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).

102. طبق يمكنك إعادة اشعال النار في الخشب بعد خودها بتحرك الهواء الذي فوقها. وضح، اعتمادًا على الحسابات الكيميائية، لماذا تشتعل النار من جديد عندما تحرك الهواء من فوقها؟

مسألة تحفيز

103. عند تسخين 9.59 g من أكسيد الفناديوم مع الهيدروجين، ينتج الماء وأكسيد فاندسيوم آخر كتلته (8.76 g). وعند تعريض أكسيد الفاندسيوم الثاني لحرارة إضافية مع وجود الهيدروجين تتكون 5.38 g من الفاندسيوم الصلب.

- حدد الصيغ الجزيئية لكلا الأكسجين.
- اكتب معادلة كيميائية موزونة لكل خطوة من خطوات التفاعل.
- حدد كتلة الهيدروجين الضرورية لإكمال هذا التفاعل.

مراجعة تراكمية

104. لقد لاحظت أن ذوبان السكر في الشاي الساخن أسرع منه في الشاي البارد. لذا فقد قررت أن الارتفاع في درجة الحرارة يزيد من سرعة ذوبان السكر في الماء. فهل هذه العبارة فرضية أم نظرية؟

105. اكتب التوزيع الإلكتروني لذرات العناصر الآتية:

- الفلور
- التيثانيوم
- الألومنيوم
- الرادون

106. اشرح لماذا توجد اللافلزات الغازية على صورة جزيئات ثنائية الذرة، مع أن غازات العناصر الأخرى موجودة في صورة ذرة واحدة فقط.

107. اكتب معادلة موزونة لتفاعل البوتاسيوم مع الأكسجين.

100. طبق أجرى الطلاب تجربة لملاحظة المواد المحددة والفائضة، فأضافوا كميات مختلفة من محلول فوسفات الصوديوم Na_3PO_4 إلى الكؤوس، ثم أضافوا كمية ثابتة من محلول نترات الكوبالت (II) $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ ، وحركوا المحاليل، ثم تركوها في الكؤوس طوال اليوم. وفي اليوم التالي وجدوا أن كلاً منها يحتوي على راسب أرجواني. سكب الطلاب السائل الطافي من كل كأس على حدة، وقسموه إلى قسمين، ثم 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 الآتي:

جدول 5-5 بيانات تفاعل $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ مع Na_3PO_4				
التجربة	حجم Na_3PO_4	حجم $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$	التفاعل مع قطرة Na_3PO_4	التفاعل مع قطرة $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$
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

- اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.
- حدد بناءً على النتائج، المادة المحددة للتفاعل والفائضة لكل تجربة.

101. صمم تجربة لتحديد نسبة المرود المثوية لكبريتات النحاس (II) اللامائية من خلال تسخين كبريتات النحاس (II) المائية لإزالة الماء.

تقويم إضافي

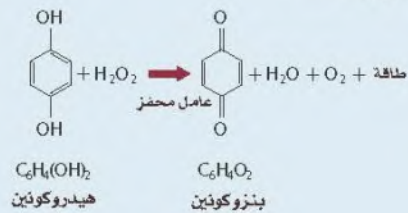
الكتابة في الكيمياء

108. تلوث الهواء ابحت في ملوثات الهواء الناتجة عن احتراق الجازولين في محرك السيارة، ناقش الملوثات الشائعة والتفاعل الذي ينتجها، موضعاً باستخدام الحسابات الكيميائية، كيف يمكن تخفيف نسبة كل ملوث إذا ازداد عدد الأشخاص الذين يستخدمون النقل الجماعي؟

109. عملية هابر تعد نسبة المردود المثوية للأمونوم الناتجة عن اتحاد الهيدروجين مع النيتروجين تحت الظروف العادية قليلة للغاية. إلا أن عملية هابر تؤدي إلى اتحاد الهيدروجين والنيتروجين تحت مجموعة ظروف صُممت لكي تزيد النواتج. ابحت في الظروف المستخدمة في عملية هابر، وبين أهمية تطوير هذه العملية.

أسئلة المستندات

الدفاع الكيميائي تنتج الكثير من الحشرات فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 والهيدروكوكوين $C_6H_4(OH)_2$. وقد استغلت بعض أنواع الخنافس هذه القدرة وقامت بخلط هذه المواد الكيميائية بعامل مساعد، فكانت النتيجة تفاعلاً كيميائياً طارداً للحرارة ورذاذاً كيميائياً ساخناً مهيجاً لأي مفترس. يأمل الباحثون في استخدام طريقة مماثلة لإشعال المحركات التوربينية للطائرة. ويوضح الشكل 15-5 المعادلة الكيميائية غير المتوازنة التي تنتج الرذاذ.



الشكل 15-5

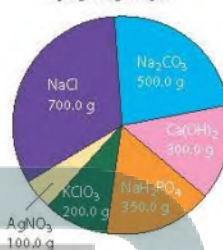
110. زن المعادلة الظاهرة في الشكل 15-5. وإذا كانت خنفساء تحتزن 100 mg من الهيدروكوكوين مع 50 mg من فوق أكسيد الهيدروجين، فأَي المادتين محدّدة للتفاعل؟
111. ما المادة الفائضة؟ وما الكتلة المتبقية منها بالمعجم؟
112. كم mg ينتج من البنزوكوكوين؟

أسئلة الاختيار من متعدد

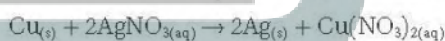
1. تعتمد الحسابات الكيميائية على:

- 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



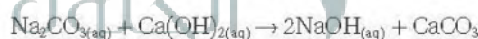
2. يحضر فلز الفضة النقي باستخدام التفاعل الآتي:



ما كتلة فلز النحاس بالجرامات المطلوبة للتفاعل مع AgNO_3 تمامًا؟

- a. 18.7g b. 37.3g c. 74g d. 100.0g

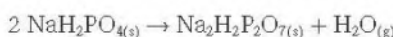
3. تعد طريقة لي بلانك الطريقة التقليدية لتصنيع هيدروكسيد الصوديوم حسب المعادلة الآتية:



ما الحد الأعلى لعدد المولات لـ NaOH الناتجة باستخدام كميات المواد الكيميائية المتوافرة.

- a. 4.050 mol b. 8.097 mol
c. 4.720 mol d. 9.430 mol

4. يتم تحضير مركب ثنائي الهيدروجين بيروفسفات الصوديوم $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ، والمعروف بالاسم الشائع مسحوق الخبز - بتسخين $\text{Na}_2\text{H}_2\text{PO}_4$ إلى درجة حرارة عالية حسب المعادلة الآتية:

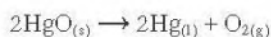


فإذا كانت الكمية المطلوبة 444.0 g من $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ، فكم

جراماً من NaH_2PO_4 يلزم شراؤها لإنتاج هذه الكمية من $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ؟

- a. 0.000g b. 130.0g
c. 94.00g d. 480.0g

5. يتحلل أكسيد الزئبق الأحمر تحت تأثير الحرارة العالية ليكون فلز الزئبق وغاز الأكسجين حسب المعادلة الآتية:



فإذا تحللت 3.55 mol من HgO لتكوين 1.54 mol من O_2 و 618 g من Hg ، فما نسبة المردود المثوية لهذا التفاعل؟

- a. 13.2% b. 56.6%
c. 42.5% d. 86.8%

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 6 و 7.

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 المركب N_2O_3 ؟

- a. 44.75% b. 46.7%
c. 28.1% d. 36.8%

7. تحتوي عينة من أكسيد النيتروجين على 1.29g من النيتروجين، و 3.71g من الأكسجين. أي الصيغ الآتية يحتمل أن تمثل المركب؟

- a. N_2O_4 b. N_2O_3
c. N_2O d. N_2O_5

11. أي الأشكال يمثل جزيئات لها أربعة أزواج مرتبطة من الإلكترونات ولا تحتوي أي زوج من الإلكترونات غير المرتبطة؟
12. أي الأشكال يُعرف بالشكل الهرمي؟
13. أي الأشكال يمثل ثاني أكسيد الكربون؟
14. أي الأشكال يمثل جزيئاً فيه مجالات مهجنة من نوع sp^2 ؟

أسئلة الإجابات المفتوحة

استخدم الجدول الآتي في الإجابة عن السؤالين 15 و 16.

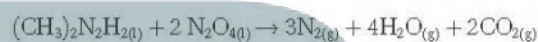
طاقة التأيين الأولى لعناصر الدورة الثالثة		
المتنصر	العدد الذري	طاقة التأيين الأولى kJ/mol
الصوديوم	11	496
الماغنسيوم	12	736
الألومنيوم	13	578
السليكون	14	787
الفوسفور	15	1012
السيلينيوم	16	1000
الكلور	17	1251
الأرجون	18	1521

15. مثل البيانات السابقة بيانياً وضع العدد الذري على المحور السيني.
16. وضح الخط الذي تتغير فيه طاقة التأيين، وكيف ترتبط إلكترونات تكافؤ العنصر؟

8. ما عدد مولات تيتانيت الكوبلت Co_2TiO_4 الموجودة في 7.13 g من المركب؟
- a. $2.39 \times 10^1 \text{ mol}$
- b. $3.10 \times 10^{-2} \text{ mol}$
- c. $3.22 \times 10^1 \text{ mol}$
- d. $4.17 \times 10^{-2} \text{ mol}$
- e. $2.28 \times 10^{-2} \text{ mol}$

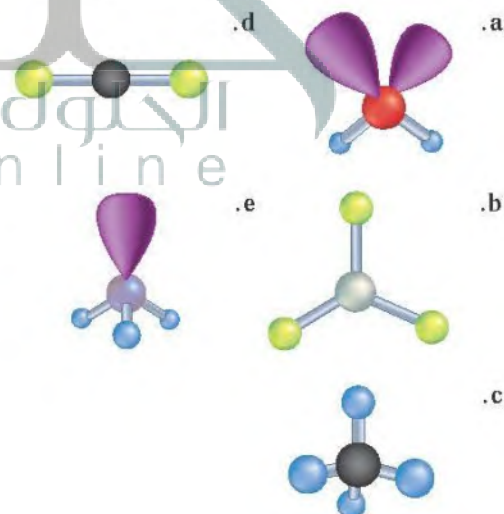
أسئلة الإجابات القصيرة

9. يشتعل $(CH_3)_2N_2H_2$ عند ملاسته لرابع أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O_4 .



ولأن هذا التفاعل ينتج كمية هائلة من الطاقة عن كمية قليلة من المواد المتفاعلة، فقد استعمل لنقل الصواريخ في رحلات أبولو للقمر. فإذا استهلك 18.0 mol من رابع أكسيد ثنائي النيتروجين في هذا التفاعل، فما عدد مولات غاز النيتروجين الناتجة؟

استخدم الأشكال الآتية للإجابة عن الأسئلة من 10 إلى 14.



10. أي الأشكال أعلاه يمثل جزيء كبريتيد الهيدروجين؟

إتقان المفاهيم

35. لماذا يُشترط أن تكون المعادلة الكيميائية موزونة قبل أن تحدّد النسب المولية؟

تحدّد النسب المولية بين المواد المتفاعلة والنواتج من المعاملات في المعادلة الموزونة. ولا يمكن تحديد هذه النسب إذا لم تكن المعادلة موزونة.

36. ما العلاقات التي تستطيع أن تحددها من المعادلة الكيميائية الموزونة؟

العلاقات بين عدد المولات، والكتل، وعدد الجسيمات، لكل من المواد المتفاعلة والنواتج.

37. فسّر 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؟

عدد مولات B

عدد مولات A

39. لماذا تُستخدم المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة

لإشتقاق النسب المولية بدلاً من الأرقام الموجودة عن يمين الصيغ الكيميائية؟

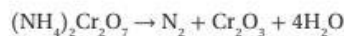
توضّح المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة عدد الجسيمات المُمثلة المُشتركة في التفاعل، في حين توضّح الأرقام التي إلى الجانب الأيمن من الصيغ الكيميائية عدد الذرات لكل نوع من العناصر في الجزيء.

إتقان حل المسائل

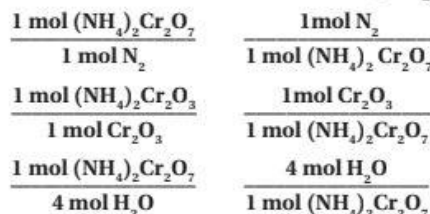
40. فسّر كيف يساعدك قانون حفظ الكتلة على تفسير معادلة كيميائية موزونة من خلال الكتلة؟

مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي مجموع كتل المواد الناتجة دائماً.

41. تحلل ثنائي كرومات الأمونيوم عند التسخين، وتنتج غاز النيتروجين وأكسيد الكروم (III) الصلب وبخار الماء.



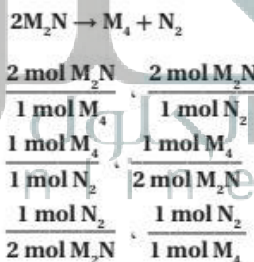
اكتب النسبة المولية لهذا التفاعل التي تربط ثنائي كرومات الأمونيوم مع المواد الناتجة.



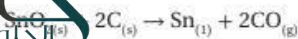
42. يُمثل الشكل 5-10 معادلة، وتُمثل المربعات العنصر M، كما تُمثل الدوائر العنصر N. اكتب معادلة موزونة لتمثيل الصور الموضحة باستخدام أبسط نسب عددية صحيحة، ثم اكتب النسب المولية لهذه المعادلة.



الشكل 5-10

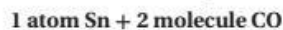


43. يتفاعل أكسيد القصدير IV مع الكربون وفق المعادلة:

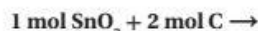


فسّر المعادلة الكيميائية من حيث الجسيمات المُمثلة، وعدد المولات، والكتلة.

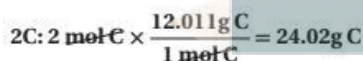
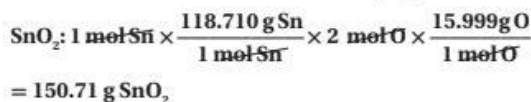
الجسيمات:



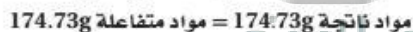
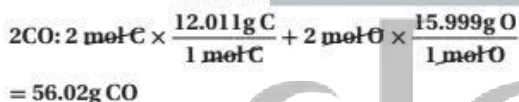
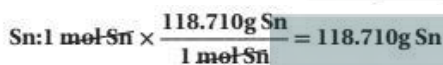
المولات:



كتلة المواد المتفاعلة:



كتلة المواد الناتجة:



44. تتكوّن نترات النحاس (II) وثنائي أكسيد النيتروجين والماء

عندما يُضاف النحاس الصلب إلى حمض النيتريك. اكتب

معادلة كيميائية موزونة للتفاعل، ثم اكتب ست نسب مولية.



$$1 \text{ mol Pb} \times \frac{207.2 \text{ g Pb}}{1 \text{ mol Pb}} + 2 \text{ mol N} \times \frac{14.007 \text{ g N}}{1 \text{ mol N}} \\ + 6 \text{ mol O} \times \frac{15.999 \text{ g O}}{1 \text{ mol O}} = 331.2 \text{ g Pb(NO}_3)_2$$

$$\text{كتلة المواد المتفاعلة} = 404.1 \text{ g}$$

كتلة المواد الناتجة :

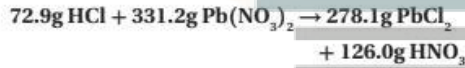
PbCl₂:

$$1 \text{ mol Pb} \times \frac{207.2 \text{ g Pb}}{1 \text{ mol Pb}} + 2 \text{ mol Cl} \times \frac{35.453 \text{ g Cl}}{1 \text{ mol Cl}} \\ = 278.1 \text{ g PbCl}_2$$

2HNO₃:

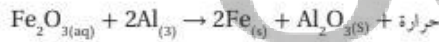
$$2 \text{ mol H} \times \frac{1.008 \text{ g H}}{1 \text{ mol H}} + 2 \text{ mol N} \times \frac{14.007 \text{ g N}}{1 \text{ mol N}} \\ + 6 \text{ mol O} \times \frac{15.999 \text{ g O}}{1 \text{ mol O}} \\ = 126.0 \text{ g HNO}_3$$

$$\text{كتلة المواد الناتجة} = 404.1 \text{ g}$$



$$404.1 \text{ g مواد متفاعلة} = 404.1 \text{ g مواد ناتجة}$$

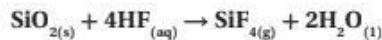
46. عندما يُخلط الألومنيوم مع أكسيد الحديد (III)، يُنتج فلز الحديد وأكسيد الألومنيوم، مع كمية كبيرة من الحرارة. فما النسبة المولية المُستخدمة لتحديد عدد مولات الحديد إذا كان عدد مولات Fe₂O₃ معروفة؟



$$\frac{2 \text{ mol Fe}}{1 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3}$$

47. يتفاعل ثاني أكسيد السليكون الصُّلب (السليكا) مع محلول حمض الهيدروفلوريك HF، لِيُنتج غاز رباعي فلوريد السليكون والماء.

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.



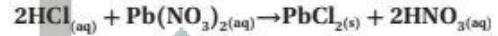
يجب أن تتضمن الإجابة أي ست نسب مولية من الآتية :

$$\begin{array}{l} \frac{1 \text{ mol Cu}}{4 \text{ mol HNO}_3} \quad \frac{4 \text{ mol HNO}_3}{1 \text{ mol Cu}} \\ \frac{1 \text{ mol Cu}}{1 \text{ mol Cu(NO}_3)_2} \quad \frac{1 \text{ mol Cu(NO}_3)_2}{1 \text{ mol Cu}} \\ \frac{1 \text{ mol Cu}}{2 \text{ mol NO}_2} \quad \frac{2 \text{ mol NO}_2}{1 \text{ mol Cu}} \\ \frac{1 \text{ mol Cu}}{2 \text{ mol H}_2\text{O}} \quad \frac{2 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol Cu}} \\ \frac{4 \text{ mol HNO}_3}{1 \text{ mol Cu(NO}_3)_2} \quad \frac{1 \text{ mol Cu(NO}_3)_2}{4 \text{ mol HNO}_3} \\ \frac{4 \text{ mol HNO}_3}{2 \text{ mol NO}_2} \quad \frac{2 \text{ mol NO}_2}{4 \text{ mol HNO}_3} \\ \frac{4 \text{ mol HNO}_3}{2 \text{ mol H}_2\text{O}} \quad \frac{2 \text{ mol H}_2\text{O}}{4 \text{ mol HNO}_3} \\ \frac{1 \text{ mol Cu(NO}_3)_2}{2 \text{ mol NO}_2} \quad \frac{2 \text{ mol NO}_2}{1 \text{ mol Cu(NO}_3)_2} \\ \frac{1 \text{ mol Cu(NO}_3)_2}{2 \text{ mol H}_2\text{O}} \quad \frac{2 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol Cu(NO}_3)_2} \\ \frac{2 \text{ mol NO}_2}{2 \text{ mol H}_2\text{O}} \quad \frac{2 \text{ mol H}_2\text{O}}{2 \text{ mol NO}_2} \end{array}$$

45. عندما يتفاعل محلول حمض الهيدروكلوريك مع محلول

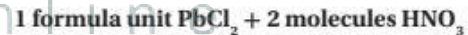
نترات الرصاص (II) يترسب كلوريد الرصاص (II) ويُنتج محلول حمض النيتريك.

a. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل.

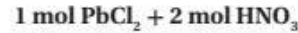
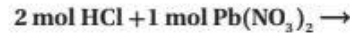


b. فسر المعادلة من حيث الجسيمات المُمثلة وعدد المولات والكتلة.

الجسيمات :



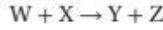
المولات :



كتلة المواد المتفاعلة :

2HCl:

$$2 \text{ mol H} \times \frac{1.008 \text{ g H}}{1 \text{ mol H}} + 2 \text{ mol Cl} \times \frac{35.453 \text{ g Cl}}{1 \text{ mol Cl}} \\ = 72.9 \text{ g HCl}$$



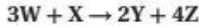
الجدول 2-5 بيانات التفاعل

عدد مولات المواد المتفاعلة	عدد مولات المواد الناتجة	عدد مولات المواد المتفاعلة	عدد مولات المواد الناتجة
W	X	Y	Z
0.90	0.30	0.60	1.20

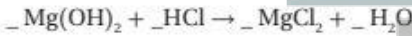
قسم كل كمية مولية على 0.30 mol وهو أقل مقام في الجدول.

$$X: \frac{0.30 \text{ mol}}{0.30} = 1 \quad W: \frac{0.90 \text{ mol}}{0.30 \text{ mol}} = 3$$

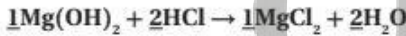
$$Z: \frac{1.20 \text{ mol}}{0.30 \text{ mol}} = 4 \quad Y: \frac{0.60 \text{ mol}}{0.30} = 2$$



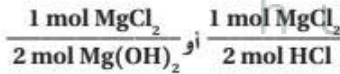
51. مضاد الحموضة يُعدّ هيدروكسيد الماغنسيوم أحد مكونات أقراص مضاد الحموضة؛ إذ تتفاعل مضادات الحموضة مع حمض الهيدروكلوريك الفائض في المعدة للمساعدة على عملية الهضم.



a. زن معادلة التفاعل.



b. اكتب النسب المولية التي تُستخدم في تحديد عدد مولات MgCl_2 الناتجة عن هذا التفاعل.



5-2

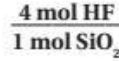
إتقان المفاهيم

52. ما الخطوة الأولى في جميع الحسابات الكيميائية؟

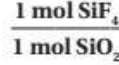
كتابة معادلة كيميائية موزونة للتفاعل.

b. اكتب ثلاث نسب مولية، وبين كيف تُستخدمها في الحسابات الكيميائية.

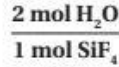
يمكن أن يكتب الطلاب أي (3) نسب من 12 نسبة المولية، والأمثلة تكون على النحو الآتي،



تُستخدم لإيجاد كمية حمض الهيدروفلوريك HF الذي سيتفاعل مع كمية معروفة من السليكا SiO_2 .

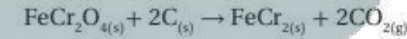


وتُستخدم لإيجاد كمية SiF_4 التي يمكن أن تنتج من كمية معروفة من SiO_2 .

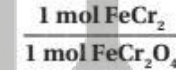


وتُستخدم لإيجاد كمية الماء H_2O التي يمكن أن تنتج مع تكون SiF_4 .

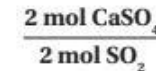
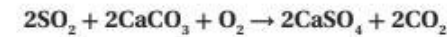
48. الكروم أهم خام تجاري للكروم هو الكروميت FeCr_2O_4 . ومن الخطوات المتبعة في استخلاص الكروم من خامه تفاعل الكروميت مع الفحم (الكربون) لإنتاج الفيروكروم FeCr_2 .



ما النسبة المولية التي تُستخدم لتحويل مولات الكروميت إلى مولات الفيروكروم؟



49. تلوث الهواء تتم إزالة الملوث SO_2 من الهواء عن طريق تفاعله مع كربونات الكالسيوم والأكسجين، والمواد الناتجة من هذا التفاعل هي كبريتات الكالسيوم وثاني أكسيد الكربون. حدّد النسبة المولية التي تُستخدم في تحويل مولات SO_2 إلى مولات CaSO_4 .

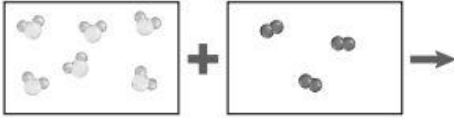


$$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \times \frac{2 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 8.4 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}$$

الخطوة 3، احسب كتلة $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ بالجرامات.

$$8.4 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH} \times \frac{46.07 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 390 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}$$

58. يُمثّل كل صندوق في الشكل 11-5 محتويات دوري. يحتوي أحدهما على كبريتيد الهيدروجين، ويحتوي الآخر على الأكسجين. وعند مزجهما يحدث تفاعل وينتج بخار ماء وكبريت. تُمثّل الدوائر الحمراء في الشكل الأكسجين، في حين تُمثّل الدوائر الصفراء الكبريت، أما الدوائر الزرقاء فتُمثّل الهيدروجين.



الشكل 11-5

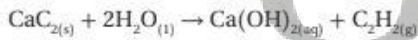
a. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل.



b. مُستخدماً الألوان نفسها، أعِدْ رسم الورق بعد حدوث التفاعل.

يجب أن تُظهر رسوم الطلاب ستة جزيئات ماء وست ذرات كبريت.

59. اللحم إذا تفاعلت 5.50 mol من كربيد الكالسيوم مع كمية فائضة من الماء، فما عدد مولات غاز الأسيتيلين (غاز يستخدم في اللحام) الناتج؟



النسبة المولية لـ C_2H_2 ، C_2H_2 هي 1، 1. ولهذا، فإن 5.50 mol من C_2H_2 سوف تنتج 5.50 mol من CaC_2 .

53. ما المعلومات التي تُقدّمها المعادلة الموزونة للتفاعل؟

تُعبّر المعادلة الموزونة عن العلاقة بين المواد المتفاعلة والناتجة. وتُستخدم المعادلات في المعادلة لكتابة النسب المولية التي تربط بين المواد المتفاعلة والناتجة.

54. ما القانون الذي تركز عليه الحسابات الكيميائية، وكيف تدعمه؟

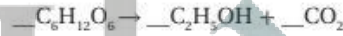
تعتمد الحسابات الكيميائية على قانون حفظ الكتلة. وتُستخدم الحسابات لتحديد كتل المواد المتفاعلة والناتجة. إذ يجب أن يساوي مجموع كتل المواد المتفاعلة مجموع كتل المواد الناتجة، لتحقيق قانون حفظ الكتلة.

55. كيف تُستخدم النسب المولية في الحسابات الكيميائية؟ الكتلة المولية هي عامل التحويل من عدد مولات مادة مُعطاة إلى كتلة والعكس صحيح.

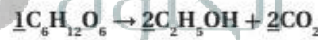
56. ما المعلومات التي يجب أن تتوافر لك لتحسب كتلة المادة الناتجة عن التفاعل الكيميائي؟

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 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ، (ويعرف بكحول الحبوب) من تخمّر السكر. والمعادلة الكيميائية غير الموزونة للتفاعل هي:



زن المعادلة الكيميائية، وحدد كتلة $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ التي تتكوّن من 750 g من $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$.



الخطوة 1، احسب عدد مولات $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

$$750\text{g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \times \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{180.16\text{g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 4.2 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$$

الخطوة 2، احسب عدد مولات $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

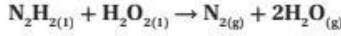
الخطوة 2، احسب كتلة C_8H_{18} بالجرامات.

$$0.250 \text{ mol PbCrO}_4 \times \frac{323.2 \text{ g PbCrO}_4}{1 \text{ mol PbCrO}_4} = 80.8 \text{ g PbCrO}_4$$

63. وقود الصاروخ يُستخدم التفاعل المولّد للطاقة الحرارية بين

سائل الهيدرازين N_2H_4 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.



b. ما مقدار الهيدرازين، بالجرام، اللازم لإنتاج 10.0 mol من غاز النيتروجين؟

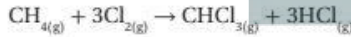
الخطوة 1، احسب عدد مولات N_2H_4 .

$$10.0 \text{ mol } N_2 \times \frac{1 \text{ mol } N_2H_4}{1 \text{ mol } N_2} = 10.0 \text{ mol } N_2H_4$$

الخطوة 2، احسب كتلة N_2H_4 بالجرامات.

$$10.0 \text{ mol } N_2H_4 \times \frac{30.03 \text{ g } N_2H_4}{1 \text{ mol } N_2H_4} = 3.00 \times 10^2 (300) \text{ g } N_2H_4$$

64. الكلوروفورم $CHCl_3$ مذيب مهم يُشج عن تفاعل الميثان والكلور.



ما مقدار CH_4 بالجرامات اللازم لإنتاج 50.0g $CHCl_3$ ؟

الخطوة 1، احسب عدد مولات $CHCl_3$.

$$50.0 \text{ g } CHCl_3 \times \frac{1 \text{ mol } CHCl_3}{119.37 \text{ g } CHCl_3} = 0.419 \text{ mol } CHCl_3$$

الخطوة 2، احسب عدد مولات CH_4 .

$$0.419 \text{ mol } CHCl_3 \times \frac{1 \text{ mol } CH_4}{1 \text{ mol } CHCl_3} = 0.419 \text{ mol } CH_4$$

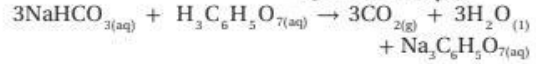
الخطوة 3، احسب كتلة CH_4 بالجرامات.

$$0.419 \text{ mol } CH_4 \times \frac{16.04 \text{ g } CH_4}{1 \text{ mol } CH_4} = 6.72 \text{ g } CH_4$$

60. مضاد الحموضة عندما يذوب قرص مضاد الحموضة في

الماء يُصدر أزيًا بسبب التفاعل بين كربونات الصوديوم الهيدروجينية $NaHCO_3$ ، وحمض الستريك $H_3C_6H_5O_7$

حسب المعادلة الآتية:



ما عدد مولات $Na_3C_6H_5O_7$ الناتجة عند إذابة قرص واحد

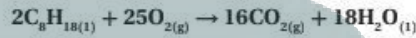
يحتوي على 0.0119 mol $NaHCO_3$ ؟

$$0.0119 \text{ mol } NaHCO_3 \times \frac{1 \text{ mol } Na_3C_6H_5O_7}{3 \text{ mol } NaHCO_3}$$

$$= 0.00397 \text{ mol } Na_3C_6H_5O_7$$

61. غاز الدفينة 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، ثم احسب كتلة الأوكتان المطلوبة لإطلاق 5.00 mol من ثاني أكسيد الكربون.



الخطوة 1، احسب عدد مولات C_8H_{18} .

$$5.00 \text{ mol } CO_2 \times \frac{2 \text{ mol } C_8H_{18}}{16 \text{ mol } CO_2} = 0.625 \text{ mol } C_8H_{18}$$

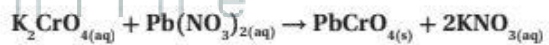
الخطوة 2، احسب كتلة C_8H_{18} بالجرامات.

$$0.625 \text{ mol } C_8H_{18} \times \frac{114.28 \text{ g } C_8H_{18}}{1 \text{ mol } C_8H_{18}} = 71.4 \text{ g } C_8H_{18}$$

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.



b. حدّد كتلة كرومات الرصاص (II) الناتجة عن تفاعل

0.250 mol من كرومات البوتاسيوم.

الخطوة 1، احسب عدد مولات $PbCrO_4$.

$$0.250 \text{ mol } K_2CrO_4 \times \frac{1 \text{ mol } PbCrO_4}{1 \text{ mol } K_2CrO_4}$$

$$= 0.250 \text{ mol } PbCrO_4$$

الخطوة 3، احسب كتلة CO_2 بالجرامات.

$$15.833 \text{ mol } \text{CO}_2 \times \frac{44.01 \text{ g } \text{CO}_2}{1 \text{ mol } \text{CO}_2} = 696.825 \text{ g } \text{CO}_2$$

الخطوة 1، احسب عدد مولات O_2 .

$$380 \text{ g } \text{O}_2 \times \frac{1 \text{ mol } \text{O}_2}{32.00 \text{ g } \text{O}_2} = 11.875 \text{ mol } \text{O}_2$$

الخطوة 2، احسب عدد مولات KHCO_3 .

$$11.875 \text{ mol } \text{O}_2 \times \frac{4 \text{ mol } \text{KHCO}_3}{3 \text{ mol } \text{O}_2} = 15.833 \text{ mol } \text{KHCO}_3$$

الخطوة 3، احسب كتلة KHCO_3 بالجرامات.

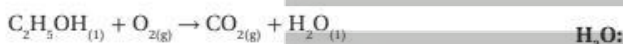
$$15.833 \text{ mol } \text{KHCO}_3 \times \frac{100.12 \text{ g } \text{KHCO}_3}{1 \text{ mol } \text{KHCO}_3}$$

$$= 1585.233 \text{ g } \text{KHCO}_3$$

66. وقود gasohol عبارة عن مزيج من الجازولين والإيثانول.

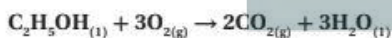
زن المعادلة الكيميائية الآتية وحدد كتلة CO_2 الناتجة عن

احتراق 100.0 g من الإيثانول.



H_2O :

زن المعادلة الكيميائية،



$$100.0 \text{ g } \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \times \frac{1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}{46.08 \text{ g } \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}$$

$$= 2.170 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$$

الخطوة 2، احسب عدد مولات CO_2 .

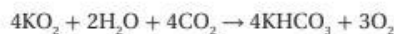
$$2.170 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \times \frac{2 \text{ mol } \text{CO}_2}{1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 4.340 \text{ mol } \text{CO}_2$$

الخطوة 3، احسب كتلة CO_2 بالجرامات.

$$4.340 \text{ mol } \text{CO}_2 \times \frac{44.01 \text{ g } \text{CO}_2}{1 \text{ mol } \text{CO}_2} = 191.0 \text{ g } \text{CO}_2$$

65. إنتاج الأكسجين تستخدم وكالة الفضاء الروسية فائق أكسيد

البوتاسيوم KO_2 لإنتاج الأكسجين في البدلات الفضائية.



أكمل الجدول 3-5.

الجدول 3-5 بيانات إنتاج الأكسجين				
كتلة O_2	كتلة KHCO_3	كتلة CO_2	كتلة H_2O	كتلة KO_2
380g	1585.233g	696.825g	142.658g	1125.75g

KO_2 :

الخطوة 1، احسب عدد مولات O_2 .

$$380 \text{ g } \text{O}_2 \times \frac{1 \text{ mol } \text{O}_2}{32.00 \text{ g } \text{O}_2} = 11.875 \text{ mol } \text{O}_2$$

الخطوة 2، احسب عدد مولات KO_2 .

$$11.875 \text{ mol } \text{O}_2 \times \frac{4 \text{ mol } \text{KO}_2}{3 \text{ mol } \text{O}_2} = 15.833 \text{ mol } \text{KO}_2$$

الخطوة 3، احسب كتلة KO_2 بالجرامات.

$$15.833 \text{ mol } \text{KO}_2 \times \frac{71.1 \text{ g } \text{KO}_2}{1 \text{ mol } \text{KO}_2} = 1125.75 \text{ g } \text{KO}_2$$

الخطوة 1، احسب عدد مولات O_2 .

$$380 \text{ g } \text{O}_2 \times \frac{1 \text{ mol } \text{O}_2}{32.00 \text{ g } \text{O}_2} = 11.875 \text{ mol } \text{O}_2$$

$$11.875 \text{ mol } \text{O}_2 \times \frac{2 \text{ mol } \text{H}_2\text{O}}{3 \text{ mol } \text{O}_2} = 7.917 \text{ mol } \text{H}_2\text{O}$$

الخطوة 3، احسب كتلة H_2O بالجرامات.

$$7.917 \text{ mol } \text{H}_2\text{O} \times \frac{18.02 \text{ g } \text{H}_2\text{O}}{1 \text{ mol } \text{H}_2\text{O}} = 142.658 \text{ g } \text{H}_2\text{O}$$

الخطوة 1، احسب عدد مولات O_2 .

$$380 \text{ g } \text{O}_2 \times \frac{1 \text{ mol } \text{O}_2}{32.00 \text{ g } \text{O}_2} = 11.875 \text{ mol } \text{O}_2$$

الخطوة 2، احسب عدد مولات CO_2 .

$$11.875 \text{ mol } \text{O}_2 \times \frac{4 \text{ mol } \text{CO}_2}{3 \text{ mol } \text{O}_2} = 15.833 \text{ mol } \text{CO}_2$$

الخطوة 3، احسب كتلة Au بالجرامات.

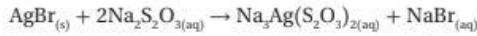
$$\text{mol Au} \times \frac{196.97 \text{ g Au}}{1 \text{ mol Au}} = 50.2 \text{ g Au}$$

b. إذا كانت كتلة خام الذهب 150.0g، فما النسبة المئوية للذهب في الخام؟

$$\% \text{Au} = \frac{\text{كتلة الذهب}}{\text{كتلة الخام}} \times 100\%$$

$$\% \text{Au} = \frac{50.02 \text{ g Au}}{150.0 \text{ g ore}} \times 100\% = 33.5\% \text{ Au}$$

69. الأفلام، تحتوي أفلام التصوير على بروميد الفضة مذاباً في الجلاتين. وعند تعرض هذه الأفلام للضوء يتحلل بعض بروميد الفضة مُنتِجاً حبيبات صغيرة من الفضة. وتتم إزالة بروميد الفضة من الجزء الذي لم يتعرض للضوء بمعالجة الفيلم في ثيوكبريتات الصوديوم.



حدّد كتلة $\text{Na}_3\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2$ 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 $\text{Na}_3\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2$.

$$1.46 \times 10^{-3} \text{ mol AgBr} \times \frac{1 \text{ mol Na}_3\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2}{1 \text{ mol AgBr}} = 1.46 \times 10^{-3} \text{ mol Na}_3\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2$$

الخطوة 3، احسب كتلة $\text{Na}_3\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2$ بالجرامات.

$$1.46 \times 10^{-3} \text{ mol Na}_3\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2 \times \frac{401.12 \text{ g Na}_3\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2}{1 \text{ mol Na}_3\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2} = 1221 \text{ g Na}_3\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2$$

67. بطارية السيارة تُستخدم 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 موازنة لهذا التفاعل.



b. حدّد 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 .

$$25.0 \text{ g Pb} \times \frac{1 \text{ mol Pb}}{207.2 \text{ g Pb}} = 0.121 \text{ mol Pb}$$

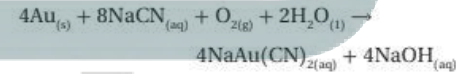
الخطوة 2، احسب عدد مولات PbSO_4 .

$$0.121 \text{ mol Pb} \times \frac{2 \text{ mol PbSO}_4}{1 \text{ mol Pb}} = 0.242 \text{ mol PbSO}_4$$

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. يُستخلص الذهب من الخام بمعالجته بمحلول سيانيد الصوديوم في وجود الأكسجين والماء.



a. حدّد كتلة الذهب المُستخلص إذا استُخدم 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 .

$$0.510 \text{ mol NaCN} \times \frac{4 \text{ mol Au}}{8 \text{ mol NaCN}} = 0.255 \text{ mol Au}$$

إتقان المفاهيم

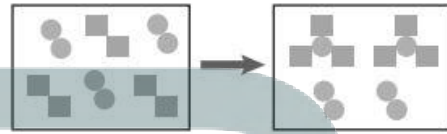
70. كيف تُستخدم النسبة المولية في إيجاد المادة المُحددة للفاعل؟

تتم مقارنة النسب المولية من المعادلة مع النسب المولية المحسوبة من الكميات المعطاة.

71. وضح لماذا تُعدّ العبارة التالية غير صحيحة: (المادة المُحددة للفاعل هي المادة المتفاعلة ذات الكتلة الأقل).

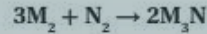
الكتلة لا تحدد المادة المُحددة للفاعل وإنما عدد المولات فقط، فالمادة المُحددة هي المادة التي تُنتج أقل عدد من مولات الناتج.

72. تُمثّل المربعات في الشكل 5-12 العنصر M، وتُمثّل الدوائر العنصر N.



الشكل 5-12

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.



b. إذا كان كل مربع يُمثّل 1 mol M، وتُمثّل كل دائرة 1 mol N، فما عدد مولات كل من M و N 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).

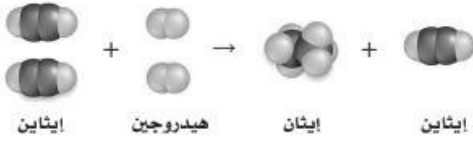
c. ما عدد مولات المادة الناتجة؟ ما عدد مولات كل من العنصرين M و N التي لم تتفاعل؟

نتج 2 mol من M_3N ، وتبقى 2 mol من N_2 غير متفاعلة (ما مجموعه 4 mol من ذرات العنصر N).

d. أيّ العنصرين مادة مُحددة للفاعل؟ وأيّها ما M_2 المادة المُحددة للفاعل، N_2 المادة الفائضة.

إتقان حل المسائل

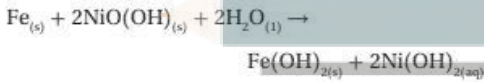
73. يوضح الشكل 5-13 التفاعل بين الإيثانين (C_2H_6) والهيدروجين، والمادة الناتجة هي الإيثان (C_2H_4) . ما المادة المُحددة للفاعل وما المادة الفائضة؟ وضح ذلك.



الشكل 5-13

الهيدروجين هو المادة المُحددة للفاعل؛ الإيثانين هو المادة الفائضة. تبقى مول واحد من الإيثانين لم يتفاعل.

74. بطارية نيكول-حديد، اخترع توماس أديسون عام 1901 بطارية نيكول-حديد. وتُمثّل المعادلة التالية التفاعل الكيميائي في هذه البطارية:



ما عدد مولات $Fe(OH)_2$ التي تُنتج عن تفاعل 5.0 mol Fe مع 8 mol $NiO(OH)$ ؟

وفقاً للمعادلة الكيميائية الموزونة، يتفاعل 2 mol من $NiO(OH)$ مع كل 1 mol من Fe، لذا سيتفاعل 4 mol من Fe مع 8 mol من $NiO(OH)$ تاركة 1 mol من Fe الفائض. وكل 1 mol من Fe المتفاعل يُنتج 1 mol من $Fe(OH)_2$ ، وذلك لأن 4 mol من Fe قد تفاعلت، فسيُنتج 4 mol من $Fe(OH)_2$.

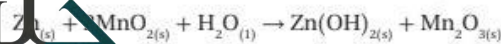
75. أحد مركبات الزينون القليلة التي تتكوّن هو سابع فلوريد زينون سيزيوم $CsXeF_7$ ، ما عدد مولات $CsXeF_7$ التي يمكن إنتاجها من خلال تفاعل 12.5 mol من فلوريد السيزيوم مع 10.0 mol من سداس فلوريد الزينون.



$$10.0 \text{ mol } XeF_6 \times \frac{1 \text{ mol } CsXeF_7}{1 \text{ mol } XeF_6} = 10.0 \text{ mol } CsXeF_7$$

78. البطارية القلوية ، تُنتج البطارية القلوية الطويلة العمر ، الكيمياء

حسب المعادلة التالية:



a. ما المادة المُحددة للتفاعل إذا تفاعلت 25.0g Zn مع

30.0 mol MnO₂ ؟

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.

$$30.0\text{g MnO}_2 \times \frac{1\text{mol MnO}_2}{86.92\text{g MnO}_2} = 0.345\text{ mol MnO}_2$$

وفقاً للمعادلة الكيميائية الموزونة، تتفاعل 2 mol MnO₂ مع

1 mol Zn، وفي التفاعل فالنسبة هي 1 mol من MnO₂ مع

1.1 mol Zn، أو 0.345/0.380. لذا، MnO₂ هي المادة المُحددة

للتفاعل.

b. حدّد كتلة Zn(OH)₂ الناتجة من التفاعل.

الخطوة 1 ، احسب عدد مولات Zn(OH)₂.

$$0.345\text{ mol MnO}_2 \times \frac{1\text{mol Zn(OH)}_2}{2\text{mol MnO}_2} = 0.173\text{ mol Zn(OH)}_2$$

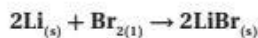
الخطوة 2 ، احسب كتلة Zn(OH)₂ بالجرامات.

$$0.173\text{ mol Zn(OH)}_2 \times \frac{99.39\text{g Zn(OH)}_2}{1\text{mol Zn(OH)}_2} = 17.1\text{g Zn(OH)}_2$$

79. يتفاعل الليثيوم تلقائياً مع البروم لإنتاج بروميد الليثيوم،

اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل. وإذا تفاعل

25.0g من الليثيوم مع 25.0g من البروم معاً فما:



a. المادة المُحددة 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 Br₂.

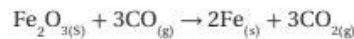
$$25.0\text{g Br}_2 \times \frac{1\text{mol Br}_2}{159.80\text{g Br}_2} = 0.156\text{ mol Br}_2$$

76. إنتاج الحديد يُستخرج الحديد تجارياً من تفاعل الهيماتيت

Fe₂O₃ مع أول أكسيد الكربون. ما مقدار الحديد بالجرامات،

الذي يمكن إنتاجه من تفاعل 25.0 mol هيماتيت Fe₂O₃

مع 30.0 mol من أول أكسيد الكربون؟



وفقاً للمعادلة الكيميائية الموزونة، يتفاعل 1 mol من الهيماتيت

Fe₂O₃ مع 3 mol من أول أكسيد الكربون CO. لذا، يحتاج

25.0 mol من الهيماتيت Fe₂O₃ إلى 75.0 mol من CO

حتى يتفاعل كلياً، ولكن الكمية المتوافرة منها مقدارها

30 mol فقط، لذا تُعدّ CO المادة المُحددة 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.

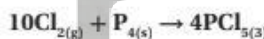
$$20.0\text{ mol Fe} \times \frac{55.85\text{g Fe}}{1\text{mol Fe}} = 1117\text{g Fe}$$

77. يُنتج خماسي كلوريد الفوسفور الصلب عن تفاعل غاز

الكلور مع الفسفور P₄ الصلب. وعند تفاعل 16g من الكلور

مع 32.0g من الفسفور، فأَيّ المادتين المتفاعلتين مُحددة

للتفاعل، وأيهما فائضة؟



احسب عدد مولات Cl₂.

$$16.0\text{g Cl}_2 \times \frac{1\text{mol Cl}_2}{70.90\text{g Cl}_2} = 0.226\text{ mol Cl}_2$$

احسب عدد مولات P₄.

$$32.0\text{g P}_4 \times \frac{1\text{mol P}_4}{123.88\text{g P}_4} = 0.258\text{ mol P}_4$$

وفقاً للمعادلة الكيميائية الموزونة، يتفاعل 10 mol من Cl₂

مع 1 mol من P₄.

احسب عدد مولات P₄ 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، Cl₂ هو المادة المُحددة للتفاعل، في حين أن P₄ هو المادة

الفائضة.

82. هل يمكن أن تكون نسبة المردود المثوية لأ تفاعل اكبر
من 100%؟ وضح إجابتك.
لا، لا يمكن أن ينتج أكثر من المردود النظري والتي يُحدّد من خلال المواد المتفاعلة.

83. ما العلاقة الرياضية المُستخدمة في حساب نسبة المردود المثوية للتفاعل الكيميائي؟

$$100\% \times \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} = \text{نسبة المردود المثوية}$$

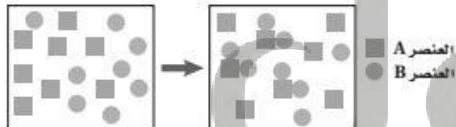
84. ما البيانات التجريبية التي تحتاج إليها لحساب كل من المردود النظري ونسبة المردود المثوية لأي تفاعل كيميائي؟

كمية إحدى المواد المتفاعلة والمردود الفعلي لمادة ناتجة.

85. يتفاعل أكسيد الفلز مع الماء ليُنتج هيدروكسيد الفلز. ما المعلومات الأخرى التي تحتاج إليها لتحديد نسبة المردود المثوية لهيدروكسيد الفلز في التفاعل؟

كتلة إحدى المواد المتفاعلة، والكتلة الفعلية لهيدروكسيد الفلز الناتج.

86. تفحص التفاعل الظاهر في الشكل 14-5. هل يستمر هذا التفاعل حتى النهاية؟ فسر إجابتك، ثم احسب نسبة المردود المثوية للتفاعل.



الشكل 14-5

لا يستمر التفاعل حتى النهاية. وباستخدام مربعات لتمثيل العنصر A، ودوائر لتمثيل العنصر B. بداية يُنتج 4 جسيمات من AB_2 . لكن حقيقة ما نتج هو ثلاثة جسيمات فقط. فهناك جسيمات غير متفاعلة من A و B لإنتاج جسيم آخر من AB_2 . لذا، فنسبة المردود المثوية تساوي 75%.

النسبة الفعلية لمولات الليثيوم إلى مولات البروم هي، $\frac{3.60 \text{ mol Li}}{0.156 \text{ mol Br}_2}$ أو 1 mol Br_2 ، 23 mol Li . ولكن فعلياً يلزم 2 mol Li من فقط لكل 1 mol Br_2 . لذا، Br_2 هي المادة المُحددة للتفاعل.

b. كتلة بروميد الليثيوم الناتجة.

الخطوة 1، احسب عدد مولات LiBr.

$$0.156 \text{ mol Br}_2 \times \frac{2 \text{ mol LiBr}}{1 \text{ mol Br}_2} = 0.312 \text{ mol LiBr}$$

الخطوة 2، احسب كتلة LiBr بالجرامات.

$$0.312 \text{ mol LiBr} \times \frac{86.84 \text{ g LiBr}}{1 \text{ mol LiBr}} = 27.1 \text{ g LiBr}$$

c. المادة الفائضة وكتلتها المتبقية.

Li هي المادة الفائضة.

الخطوة 1، احسب عدد مولات Li المتفاعلة.

$$0.156 \text{ mol Br}_2 \times \frac{2 \text{ mol Li}}{1 \text{ mol Br}_2} = 0.312 \text{ mol Li}$$

عدد مولات Li المتبقية

عدد مولات Li المتفاعلة - عدد مولات Li جميعها =

$$= 3.60 \text{ mol} - 0.312 \text{ mol}$$

$$= 3.29 \text{ mol.}$$

الخطوة 2، احسب كتلة Li المتبقية بالجرامات.

$$0.329 \text{ mol Li} \times \frac{6.94 \text{ g Li}}{1 \text{ mol Li}} = 22.8 \text{ g Li}$$

5-4

إتقان المفاهيم

80. ما الفرق بين المردود الفعلي والمردود النظري؟
المردود الفعلي هو كمية المادة الناتجة من التفاعل الكيميائي عملياً، أما المردود النظري فهو الكمية المتوقعة الحصول عليها من خلال الحسابات الكيميائية.

81. كيف يتم تحديد كل من المردود الفعلي والمردود النظري؟
يُحدّد المردود الفعلي من خلال التجربة، أما المردود النظري فيتم حسابه من خلال مادة متفاعلة معطاة أو المادة المُحددة للتفاعل.

الخطوة 2، احسب عدد مولات PbO.

$$\text{PbS} \times \frac{2 \text{ mol PbO}}{2 \text{ mol PbS}} = 0.84 \text{ mol PbO}$$

الخطوة 3، احسب كتلة PbO بالجرامات.

$$0.84 \text{ mol PbO} \times \frac{223.19 \text{ g PbO}}{1 \text{ mol PbO}} = 186.6 \text{ g PbO}$$

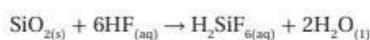
b. ما نسبة المردود المثوية إذا نتج 70.0 g من PbO ؟

$$\text{نسبة المردود المثوية} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100\%$$

$$= \frac{70}{186.6} \times 100\% = 37.5\% \text{ PbO}$$

89. لا يمكن حفظ محاليل حمض الهيدروفلوريك في أوعية

زجاجية؛ لأنه يتفاعل مع أكسيد السليكا في الزجاج ليُنتج حمض سداسي الفلوروسيليسك H_2SiF_6 حسب المعادلة التالية:



إذا تفاعل 40.0 g من SiO_2 مع 40.0 g من HF ونتاج 45.8 g من H_2SiF_6 .

a. ما المادة المُحددة للتفاعل ؟

احسب عدد مولات SiO_2 .

$$40.0 \text{ g SiO}_2 \times \frac{1 \text{ mol SiO}_2}{60.09 \text{ g SiO}_2} = 0.666 \text{ mol SiO}_2$$

احسب عدد مولات HF.

$$40.0 \text{ g HF} \times \frac{1 \text{ mol HF}}{20.01 \text{ g HF}} = 2.00 \text{ mol HF}$$

النسبة الفعلية لمولات HF إلى مولات SiO_2 في المعادلة

الكيميائية الموزونة هي 1 mol SiO_2 : 6 mol HF، ولكن

فعلياً، $\frac{2.00 \text{ mol HF}}{0.666 \text{ mol SiO}_2}$ يلزم 3 mol HF فقط لكل

1 mol SiO_2 ، لذا HF هي المادة المُحددة للتفاعل.

b. ما الكتلة المتبقية من المادة الفائضة ؟

SiO_2 هي المادة الفائضة.

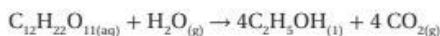
الخطوة 1، احسب عدد مولات SiO_2 المتفاعلة.

$$2.00 \text{ mol HF} \times \frac{1 \text{ mol SiO}_2}{6 \text{ mol HF}} = 0.333 \text{ mol SiO}_2$$

إتقان حل المسائل

87. الإيثانول ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)، يُنتج عن تخمُّر السكروز $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$

مع وجود الإنزيمات.



حدّد المردود النظري ونسبة المردود المثوية للإيثانول

إذا تخمّر 684 g من السكروز وكان الناتج 349 g إيثانول.

المردود النظري،

الخطوة 1، احسب عدد مولات $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$.

$$684 \text{ g C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \times \frac{1 \text{ mol C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}}{342.23 \text{ g C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}}$$

$$= 2.0 \text{ mol C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$$

الخطوة 2، احسب عدد مولات $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$.

$$2.0 \text{ mol C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \times \frac{4 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1 \text{ mol C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}}$$

$$= 8.0 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}$$

الخطوة 3، احسب كتلة $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ بالجرامات.

$$8.0 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH} \times \frac{46.07 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 369 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}$$

$$\text{نسبة المردود المثوية} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100\%$$

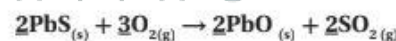
$$= \frac{349}{369} \times 100\% = 94.6\% \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH}$$

88. يُستخلص أكسيد الرصاص (II) بتحميص الجالينا؛ كبريتيد

الرصاص (II)، في الهواء. $\text{PbS}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{PbO}_{(s)} + \text{SO}_{2(g)}$

a. زن المعادلة الكيميائية وحدّد المردود النظري لـ PbO إذا

سُخِّن 200 g من كبريتيد الرصاص PbS .



المردود النظري،

الخطوة 1، احسب عدد مولات PbS .

$$200.0 \text{ g PbS} \times \frac{1 \text{ mol PbS}}{239.27 \text{ g PbS}} = 0.84 \text{ mol PbS}$$

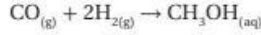
$$2.35 \text{ mol } \text{CO}_2 \times \frac{43.99 \text{ g } \text{CO}_2}{1 \text{ mol } \text{CO}_2} = 103.3 \text{ g } \text{CO}_2$$

b. ما نسبة المردود المثوية لـ CO_2 إذا نتج 97.5 g CO_2 ؟

$$\text{نسبة المردود المثوية} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100\%$$

$$= \frac{97.5}{103.3} \times 100\% = 94.4\% \text{ CO}_2$$

91. يتم إنتاج الميثانول، من تفاعل أول أكسيد الكربون مع غاز الهيدروجين.



إذا تفاعل 8.50g من أول أكسيد الكربون مع كمية فائضة من الهيدروجين وتنتج 8.52g من الميثانول، فأكمل الجدول 4-5، واحسب نسبة المردود المثوية.

جدول 4-5 بيانات تفاعل الميثانول		
$\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$	$\text{CO}_{(g)}$	
9.73 g	8.50 g	الكتلة
32.05g/mol	28.01g/mol	الكتلة المولية
0.303 mol	0.303 mol	عدد المولات

الخطوة 1، احسب عدد مولات CO .

$$8.50 \text{ g } \text{CO} \times \frac{1 \text{ mol } \text{CO}}{28.01 \text{ g } \text{CO}} = 0.303 \text{ mol } \text{CO}$$

الخطوة 2، احسب عدد مولات CH_3OH .

$$0.303 \text{ mol } \text{CO} \times \frac{1 \text{ mol } \text{CH}_3\text{OH}}{1 \text{ mol } \text{CO}} = 0.303 \text{ mol } \text{CH}_3\text{OH}$$

الخطوة 3، احسب كتلة CH_3OH بالجرامات.

$$0.303 \text{ mol } \text{CH}_3\text{OH} \times \frac{32.05 \text{ g } \text{CH}_3\text{OH}}{1 \text{ mol } \text{CH}_3\text{OH}} = 9.71 \text{ g } \text{CH}_3\text{OH}$$

$$\text{نسبة المردود المثوية} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100\%$$

$$= \frac{8.52}{9.71} \times 100\% = 87.7\% \text{ CH}_3\text{OH}$$

عدد مولات SiO_2 المتبقية

= عدد مولات SiO_2 المتفاعلة - عدد مولات SiO_2 جميعها

$$= 0.666 \text{ mol} - 0.333 \text{ mol}$$

$$= 0.333 \text{ mol}$$

الخطوة 2، احسب كتلة SiO_2 المتبقية بالجرامات.

$$0.333 \text{ mol } \text{SiO}_2 \times \frac{60.09 \text{ g } \text{SiO}_2}{1 \text{ mol } \text{SiO}_2} = 20.0 \text{ g } \text{SiO}_2$$

c. ما المردود النظري لـ H_2SiF_6 ؟

المردود النظري،

الخطوة 1، احسب عدد مولات H_2SiF_6 المتفاعلة.

$$2.00 \text{ mol } \text{HF} \times \frac{1 \text{ mol } \text{H}_2\text{SiF}_6}{6 \text{ mol } \text{HF}} = 0.333 \text{ mol } \text{H}_2\text{SiF}_6$$

الخطوة 2، احسب كتلة H_2SiF_6 بالجرامات.

$$0.333 \text{ mol } \text{H}_2\text{SiF}_6 \times \frac{144.11 \text{ g } \text{H}_2\text{SiF}_6}{1 \text{ mol } \text{H}_2\text{SiF}_6} = 48.0 \text{ g } \text{H}_2\text{SiF}_6$$

d. ما نسبة المردود المثوية ؟

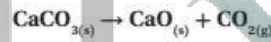
$$\text{نسبة المردود المثوية} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100\%$$

$$= \frac{45.8}{48} \times 100\% = 95.4\% \text{ H}_2\text{SiF}_6$$

90. تتحلل كربونات الكالسيوم CaCO_3 عند التسخين إلى أكسيد

الكالسيوم CaO وثاني أكسيد الكربون CO_2 .

a. ما المردود النظري لـ CO_2 إذا تحلل 235.0 g من CaCO_3 ؟



المردود النظري،

الخطوة 1، احسب عدد مولات CaCO_3 .

$$235.0 \text{ g } \text{CaCO}_3 \times \frac{1 \text{ mol } \text{CaCO}_3}{100.06 \text{ g } \text{CaCO}_3} = 2.35 \text{ mol } \text{CaCO}_3$$

الخطوة 2، احسب عدد مولات CO_2 .

$$2.35 \text{ mol } \text{CaCO}_3 \times \frac{1 \text{ mol } \text{CO}_2}{1 \text{ mol } \text{CaCO}_3} = 2.35 \text{ mol } \text{CO}_2$$

الخطوة 3، احسب كتلة CO_2 بالجرامات.

ثم احسب نسبة المردود المثوية.

$$\text{نسبة المردود المثوية} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100\%$$

$$= \frac{45.0}{49.92} \times 100\% = 90.1\% P_4$$

93. يتكوّن الكلور من تفاعل حمض الهيدروكلوريك مع أكسيد المنجنيز وفقاً للمعادلة الموزونة التالية:



احسب المردود النظري ونسبة المردود المثوية 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:



الخطوة 2، احسب كمية المادة الفائضة من المعادلة.

احسب عدد مولات MnO_2 .

$$86.0 \text{ g MnO}_2 \times \frac{1 \text{ mol MnO}_2}{86.94 \text{ g MnO}_2} = 0.989 \text{ mol MnO}_2$$

احسب عدد مولات HCl .

$$50.0 \text{ g HCl} \times \frac{1 \text{ mol HCl}}{36.34 \text{ g HCl}} = 1.37 \text{ mol HCl}$$

وفقاً للمعادلة الكيميائية الموزونة، يتفاعل MnO_2 مع HCl بنسبة 1 mol MnO_2 : 4 mol HCl ، والنسبة المولية الفعلية

في هذا التفاعل هي، $\frac{0.989 \text{ mol MnO}_2}{1.37 \text{ mol HCl}}$ أو 1 mol MnO_2 : 1.37 mol HCl

لذا، 1.38 mol HCl هي المادة الفائضة و HCl هي المادة المحددة للتفاعل.

الخطوة 3، احسب عدد مولات Cl_2 .

$$1.37 \text{ mol HCl} \times \frac{1 \text{ mol Cl}_2}{4 \text{ mol HCl}} = 0.343 \text{ mol Cl}_2$$

الخطوة 4، احسب كتلة Cl_2 بالجرامات.

$$0.343 \text{ mol Cl}_2 \times \frac{70.90 \text{ g Cl}_2}{1 \text{ mol Cl}_2} = 24.3 \text{ g Cl}_2$$

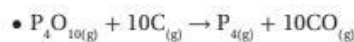
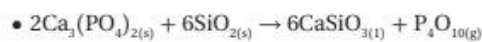
ثم احسب نسبة المردود المثوية.

$$\text{نسبة المردود المثوية} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100\%$$

$$= \frac{20.0}{24.3} \times 100\% = 82.3\%$$

92. الفوسفور P_4 يُحضّر تجارياً بتسخين مزيج من فوسفات

الكالسيوم $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ والرمل SiO_2 ، وفحم الكوك C في فرن كهربائي. وتتضمن العملية خطوتين هما:



يتفاعل P_4O_{10} الناتج عن التفاعل الأول مع الكمية الفائضة من الفحم في التفاعل الثاني. حدّد المردود النظري لـ P_4 إذا سُخّن 250 g من $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ مع 400 g من SiO_2 معاً، وحدّد نسبة المردود المثوية 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 .

$$400.0 \text{ g SiO}_2 \times \frac{1 \text{ mol SiO}_2}{60.08 \text{ g SiO}_2} = 6.657 \text{ mol SiO}_2$$

احسب عدد مولات $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

$$250.0 \text{ g Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \times \frac{1 \text{ mol Ca}_3(\text{PO}_4)_2}{310.17 \text{ g Ca}_3(\text{PO}_4)_2}$$

$$= 0.8060 \text{ mol Ca}_3(\text{PO}_4)_2$$

وفقاً للمعادلة الكيميائية الموزونة، يتفاعل $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ مع SiO_2 بنسبة 1، 3، وتكون SiO_2 في هذا التفاعل هي المادة

الفائضة، والكمية 0.8060 mol من $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ هي الكمية المتفاعلة.

الخطوة 2، احسب عدد مولات P_4O_{10} الناتجة.

$$0.8060 \text{ mol Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \times \frac{1 \text{ mol P}_4\text{O}_{10}}{2 \text{ mol Ca}_3(\text{PO}_4)_2} = 0.4030 \text{ mol P}_4\text{O}_{10}$$

الخطوة 3، احسب عدد مولات P_4 الناتجة من الخطوة 2.

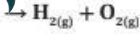
$$0.4030 \text{ mol P}_4\text{O}_{10} \times \frac{1 \text{ mol P}_4}{1 \text{ mol P}_4\text{O}_{10}} = 0.4030 \text{ mol P}_4$$

الخطوة 4، احسب كتلة P_4 بالجرامات.

$$0.4030 \text{ mol P}_4 \times \frac{123.88 \text{ g P}_4}{1 \text{ mol P}_4} = 49.92 \text{ g P}_4$$

المردود النظري = 49.92 g

التحليل الكهربائي، حدّد المردود النظري ونسبة المئوية للمردود الفعلي عند تحليل 6.0g من كبريتات الهيدروجين إذا تمّ تحليل 3.80g من غاز الهيدروجين إضافةً إلى الأكسجين.



المردود النظري،

الخطوة 1، احسب عدد مولات H_2O .

$$36.0g H_2O \times \frac{1 \text{ mol } H_2O}{18.02g H_2O} = 2.00 \text{ mol } H_2O$$

الخطوة 2، احسب عدد مولات H_2 .

$$2.00 \text{ mol } H_2O \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{2 \text{ mol } H_2O} = 1.00 \text{ mol } H_2$$

الخطوة 3، احسب كتلة H_2 بالجرامات.

$$1.00 \text{ mol } H_2 \times \frac{2.02g H_2}{1 \text{ mol } H_2} = 2.04g H_2$$

$$\text{النسبة المئوية للمردود الفعلي} = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times 100\%$$

$$= \frac{3.80}{4.04} \times 100\% = 94.1\% H_2$$

التفكير الناقد

98. حلّ واستنتج، تمّ الحصول في إحدى التجارب على نسبة

مردود مئوية 108، فهل هذه النسبة ممكنة؟ وضّح ذلك.

افترض أن حساباتك صحيحة، فما الأسباب التي قد تفسّر

مثل هذه النتيجة؟

لا، لا يمكن أن تكون نسبة المردود المئوية أكبر من 100،

وإذا كانت النتائج كبيرة فذلك يعني أن النواتج لم تجفّف

بصورة تامة، أو أنها ملوّثة بمواد أخرى.

99. لاحظ واستنتج، حدّد ما إذا كان أيّ من التفاعلات التالية

يعتمد على المادة المُحلّدة للتفاعل، ثمّ حدّد تلك المادة.

a. تحلّل كلورات البوتاسيوم لإنتاج كلوريد البوتاسيوم

والأكسجين.

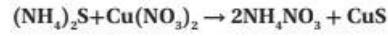
لا، وذلك بسبب وجود مادة متفاعلة واحدة.

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 ؟

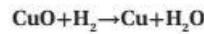


$$\frac{2 \text{ mol } NH_4NO_3}{1 \text{ mol } CuS}$$

95. عند تسخين أكسيد النحاس II مع غاز الهيدروجين

يُنتج عنصر النحاس والماء. ما كتلة النحاس الناتجة،

إذا تفاعل 32.0g من أكسيد النحاس II؟



الخطوة 1، احسب عدد مولات CuO .

$$32.0g CuO \times \frac{1 \text{ mol } CuO}{79.55g CuO} = 0.402 \text{ mol } CuO$$

الخطوة 2، احسب عدد مولات Cu .

$$0.402 \text{ mol } CuO \times \frac{1 \text{ mol } Cu}{1 \text{ mol } CuO} = 0.402 \text{ mol } Cu$$

الخطوة 3، احسب كتلة Cu بالجرامات.

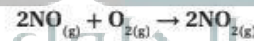
$$0.402 \text{ mol } Cu \times \frac{63.55g Cu}{1 \text{ mol } Cu} = 25.6g Cu$$

96. تلوث الهواء يتحوّل أكسيد النيتروجين الملوّث والموجود

في الهواء بسرعة إلى غاز ثاني أكسيد النيتروجين عندما

يتفاعل مع الأكسجين.

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.



b. ما النسبة المولية التي يمكن استخدامها لتحويل مولات

أكسيد النيتروجين إلى مولات ثاني أكسيد النيتروجين.

$$\frac{2 \text{ mol } NO_2}{1 \text{ mol } NO}$$

التجارب 4-2: $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ هي المادة المُحددة المتفاعل في

حين أن Na_3PO_4 هي المادة الفائضة؛ لأن إضافة $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$

إلى التفاعل سببت تفاعلاً إضافياً.

101. صمم تجربة لتحديد نسبة المردود المئوية لكبريتات النحاس (II)

النحاس (II) اللامائية من خلال تسخين كبريتات النحاس (II) المائية لإزالة الماء.

أحضر وعاء تبخير وحسب كتلته، وأضف 2.00g من كبريتات النحاس (II) خماسية الماء وسجل كتلة الوعاء والكبريتات المائية معاً. سخن الوعاء على لهب خافت مدة 5 min، ثم بشدة مدة 5 min أخرى، وذلك لطرد وتبخير الماء. دع الوعاء يبرد، ثم سجل الكتلة الجديدة. احسب كتلة الكبريتات اللامائية مستخدماً المعادلة التالية: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$. إضافة إلى كتلة الكبريتات المائية قبل التسخين، ثم جد المردود النظري لكبريتات النحاس. احسب كذلك المردود الفعلي لكبريتات اللامائية كذلك. اقسّم المردود النظري على المردود العملي (الفعلي)، واضرب خارج القسمة في 100% لحساب نسبة المردود المئوية لكبريتات النحاس اللامائية.

102. طبق، يمكنك إعادة إشعال النار في الخشب بعد خمودها

بتحريك الهواء الذي فوقها. وضح، اعتماداً على الحسابات الكيميائية، لماذا تشتعل النار من جديد عندما تحرك الهواء من فوقها؟

عندما يتحرك الهواء فوق اللهب، تزداد كمية الأكسجين

المضافة ومن ثم يحترق الفحم.

مسألة تحفيز

103. عند تسخين 9.59g من أكسيد الفناديوم مع الهيدروجين، يتسج الماء وأكسيد فناديوم آخر كتلته (8.76g). وعند تعريض أكسيد الفناديوم الثاني لحرارة إضافية مع وجود الهيدروجين تتكون 5.38g من الفناديوم الصلب.

a. حدد الضيغ الجزيئية لكل الأكسجين.

الأكسيد الأول،

الخطوة 1، احسب عدد المولات.

$$\text{V: } 5.38\text{g-V} \times \frac{1\text{mol V}}{50.94\text{g-V}} = 0.106\text{ mol v}$$

$$\text{O: } 4.21\text{g-O} \times \frac{1\text{mol O}}{15.999\text{g-O}} = 0.263\text{ mol}$$

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 المُحددة.

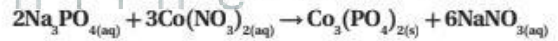
100. طبق، أجرى الطلاب تجربة لملاحظة المواد المُحددة

والفائضة، فأضافوا كميات مختلفة من محلول فوسفات الصوديوم Na_3PO_4 إلى الكؤوس، ثم أضافوا كمية ثابتة من محلول نترات الكوبالت (II) $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ ، وحركوا المحاليل، ثم تركوها في الكؤوس طوال اليوم. وفي اليوم التالي وجدوا أن كلاً منها يحتوي على راسب أرجواني. سكب الطلاب السائل الطافي من كل كأس على حدة، وقسموه إلى قسمين، ثم 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 $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ مع Na_3PO_4

التجربة	حجم Na_3PO_4	حجم $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$	النتيجة	النتيجة	التفاعل
			مع قطرة Na_3PO_4	مع قطرة $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$	
1	5.0 mL	10.0 mL	لا يوجد راسب	لا يوجد راسب	
2	10.0 mL	10.0 mL	لا يوجد راسب	لا يوجد راسب	
3	15.0 mL	10.0 mL	لا يوجد راسب	لا يوجد راسب	
4	20.0 mL	10.0 mL	لا يوجد راسب	لا يوجد راسب	

a. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل.



b. حدد بناءً على النتائج، المادة المُحددة للتفاعل والفائضة لكل تجربة.

التجربة رقم 1، Na_3PO_4 هي المادة المُحددة للتفاعل، في حين أن $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ هي المادة الفائضة؛ لأن إضافة Na_3PO_4 إلى التفاعل سببت تفاعلاً إضافياً.

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.

$$0.212 \text{ mol } H_2 \times \frac{2.016 \text{ g } H_2}{1 \text{ mol } H_2} = 0.426 \text{ g } H_2$$

$$0.106 \text{ g} + 0.426 \text{ g} = 0.532 \text{ g } H_2$$

مراجعة تراكمية

104. لقد لاحظت أن ذوبان السكر في الشاي الساخن أسرع

منه في الشاي البارد. لذا فقد قرّرت أن الارتفاع في درجة

الحرارة يزيد من سرعة ذوبان السكر في الماء. فهل هذه

العبارة فرضية أم نظرية؟

الخطوة 2، اقسّم عدد المولات على عدد المولات الأقل.

$$\frac{0.106 \text{ mol } V}{0.106 \text{ mol}} = 1 \text{ mol } V$$

$$\frac{0.236 \text{ mol } O}{0.106 \text{ mol}} = 2.5 \text{ mol } O$$

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.

$$V: 5.38 \text{ g } V \times \frac{1 \text{ mol } V}{50.94 \text{ g } V} = 0.106 \text{ mol } V$$

$$O: 3.38 \text{ g } O \times \frac{1 \text{ mol } O}{15.999 \text{ g } O} = 0.211 \text{ mol } O$$

الخطوة 2، اقسّم عدد المولات على عدد المولات الأقل.

$$\frac{0.106 \text{ mol } V}{0.106 \text{ mol}} = 1 \text{ mol } V$$

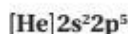
$$\frac{0.211 \text{ mol } O}{0.106 \text{ mol}} = 2 \text{ mol } O$$

النسبة المولية هي 1 mol V : 2 mol O

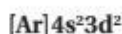
VO_2

إنها فرضية، لأنها مبنية على الملاحظة فقط لا على البيانات.

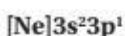
105. اكتب التوزيع الإلكتروني لذرات العناصر التالية:



a. الفلور



b. التيتانيوم



c. الألومنيوم



d. الرادون

b. اكتب معادلة كيميائية موزونة لكل خطوة من خطوات التفاعل.



c. حدّد 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 .

$$0.053 \text{ mol } V_2O_5 \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{1 \text{ mol } V_2O_5} = 0.053 \text{ mol } H_2$$

106. اشرح لماذا توجد اللافلزات الغازية على صورة جزيئات

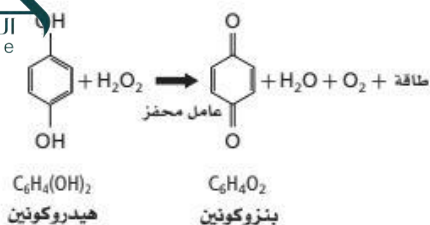
ثنائية الذرة، مع أن غازات العناصر الأخرى موجودة في صورة ذرة واحدة فقط.

تصل جزيئات اللافلزات الغازية للتوزيع الإلكتروني للغاز النبيل

بتكوين روابط تساهمية بين ذرتين، أما الغازات الأحادية

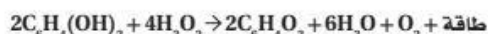
الذرة فلديها التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل.

ويوضح الشكل 15-5 المعادلة الكيميائية غير المتوازنة لتتج الرذاذ.



الشكل 15-5

110. زن المعادلة الظاهرة في الشكل 15-5. وإذا كانت خنفساء تختزن 100 mg من الهيدروكينون مع 50 mg من فوق أكسيد الهيدروجين، فأَي المادتين مُحَدَّدة للتفاعل؟



100 mg 50 mg ?mg

$\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2$ ، حوّل إلى وحدة الجرام.

$$100.0 \text{ mg } \text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2 \times \frac{1 \times 10^{-3} \text{ g}}{1 \text{ mg}} = 0.10 \text{ g } \text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2$$

احسب عدد مولات $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2$.

$$0.10 \text{ g } \text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2 \times \frac{1 \text{ mol } \text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2}{110.00 \text{ g } \text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2}$$

$$= 9.08 \times 10^{-4} \text{ mol } \text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2$$

H_2O_2 ، حوّل إلى وحدة الجرام.

$$50.0 \text{ mg } \text{H}_2\text{O}_2 \times \frac{1 \times 10^{-3} \text{ g}}{1 \text{ mg}} = 0.05 \text{ g } \text{H}_2\text{O}_2$$

احسب عدد مولات H_2O_2 .

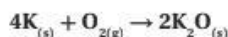
$$0.05 \text{ g } \text{H}_2\text{O}_2 \times \frac{1 \text{ mol } \text{H}_2\text{O}_2}{34.02 \text{ g } \text{H}_2\text{O}_2} = 1.47 \times 10^{-3} \text{ mol } \text{H}_2\text{O}_2$$

احسب النسبة المولية لكل مادة،

$$\frac{9.08 \times 10^{-4} \text{ mol } \text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2}{9.08 \times 10^{-4} \text{ mol}} = 1 \text{ mol } \text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2$$

$$\frac{1.47 \times 10^{-3} \text{ mol } \text{H}_2\text{O}_2}{9.08 \times 10^{-4} \text{ mol}} = 1.618 \text{ mol } \text{H}_2\text{O}_2$$

107. اكتب معادلة موزونة لتفاعل البوتاسيوم مع الأكسجين.



تقويم إضافي

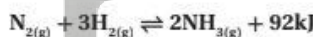
الكتابة في الكيمياء

108. تلوث الهواء ابحت في ملوثات الهواء الناتجة عن احتراق الجازولين في محرك السيارة. ناقش الملوثات الشائعة والتفاعل الذي يُستجها، موضّحاً باستخدام الحسابات الكيميائية، كيف يمكن تخفيف نسبة كل ملوث إذا ازداد عدد الأشخاص الذين يستخدمون النقل الجماعي؟

ستتنوع الإجابات، فالملوثات الشائعة هي NO ، NO_2 ، و SO_3 ، و O_3 . تحقّق من الحسابات الكيميائية، وأنها تسبب انخفاضاً في الملوثات.

109. عملية هابر تُعدّ نسبة المردود المثوية للأمونيوم الناتجة عن اتحاد الهيدروجين مع النيتروجين تحت الظروف العادية قليلة للغاية. إلا أن عملية هابر تؤدي إلى اتحاد الهيدروجين والنيتروجين تحت مجموعة ظروف صُمّمت لكي تزيد النواتج. ابحت في الظروف المُستخدمة في عملية هابر، وبيّن أهمية تطوير هذه العملية.

ستتنوع الإجابات، تأكد من وجود المعادلة التالية،



كان هدف عملية هابر التحكم في التفاعل. لذا، فإن كمية كبيرة من النواتج المفيدة أُنتجت بسرعة. وكان للعملية أهمية كبيرة؛ لأنه أمكن التوصل من خلال ذلك إلى مركب نيتروجيني يمكن إنتاجه بكميات كبيرة.

أسئلة المستندات

الدفاع الكيميائي تُنتج الكثير من الحشرات فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 والهيدروكينون $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2$. وقد استغلّت بعض أنواع الخنافس هذه القدرة وقامت بخلط هذه المواد الكيميائية بعامل مساعد، فكانت النتيجة تفاعلاً كيميائياً طارداً للحرارة ورذاذاً كيميائياً ساخناً مهيجاً لأي مفترس. يأمل الباحثون في استخدام طريقة مماثلة لإشعال المحركات التوربينية للطائرة.

الخطوة 2، احسب كتلة $C_6H_4O_2$ الناتجة بالـ

$$7.35 \times 10^{-4} \text{ mol } C_6H_4O_2 \times \frac{108.09 \text{ g } C_6H_4O_2}{1 \text{ mol } C_6H_4O_2} = 7.94 \times 10^{-2} \text{ g } C_6H_4O_2$$

الخطوة 3، حوّل إلى وحدة الملجرام.

$$7.94 \times 10^{-2} \text{ g } C_6H_4O_2 \times \frac{1 \text{ mg}}{1 \times 10^{-3} \text{ g}} = 79.4 \text{ mg } C_6H_4O_2$$

اختبار مُقنّن

الصفحتان 46 - 47

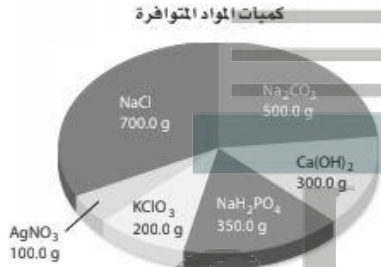
أسئلة الاختيار من متعدد

1. تعتمد الحسابات الكيميائية على:

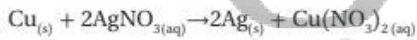
- a. النسب المولية الثابتة
- b. قانون حفظ الطاقة
- c. ثابت أفوجادرو
- d. قانون حفظ المادة

(d)

استعن بالرسم الآتي للإجابة عن الأسئلة من 2 إلى 4.



2. يُحضّر فلز الفضة النقي باستخدام التفاعل الآتي:



ما كتلة فلز النحاس، بالجرامات، المطلوبة للتفاعل مع $AgNO_3$ تمامًا؟

- a. 18.0g
- b. 37.3g
- c. 74g
- d. 100.0g

(a)

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

$$\text{بنسبة مولية } \frac{2 \text{ mol } C_6H_4(OH)_2}{3.24 \text{ mol } H_2O_2}$$

المادة المُحددة 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، حوّل إلى وحدة الملجرام.

$$8.09 \times 10^{-2} \text{ g } C_6H_4(OH)_2 \times \frac{1 \text{ mg}}{1 \times 10^{-3} \text{ g}} = 80.9 \text{ mg } C_6H_4(OH)_2$$

الخطوة 4، احسب كتلة $C_6H_4(OH)_2$ المتبقية بالملجرام.

$$\text{كتلة } C_6H_4(OH)_2 \text{ المتفاعلة} - \text{كتلة } C_6H_4(OH)_2 \text{ الكلية} = 100 \text{ mg} - 80.9 \text{ mg} = 19.1 \text{ mg } C_6H_4(OH)_2$$

112. كم mg يُنتج من البنزوكونين؟

الخطوة 1، احسب عدد مولات $C_6H_4O_2$ الناتجة.

$$1.47 \times 10^{-3} \text{ mol } H_2O_2 \times \frac{2 \text{ mol } C_6H_4O_2}{4 \text{ mol } H_2O_2} = 7.35 \times 10^{-4} \text{ mol } C_6H_4O_2$$

احسب عدد مولات NaOH الناتجة .

$$4.049 \text{ mol Ca(OH)}_2 \times \frac{2 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ mol Ca(OH)}_2}$$

$$= 8.097 \text{ mol NaOH}$$

4. يتم تحضير مركب ثنائي الهيدروجين بيروفسفات الصوديوم $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ، والمعروف بالاسم الشائع مسحوق الخبز، بتسخين NaH_2PO_4 إلى درجة حرارة عالية حسب المعادلة الآتية:



فإذا كانت الكمية المطلوبة $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ، 444.0g، فكم جراماً من NaH_2PO_4 يلزم شراؤها لإنتاج هذه الكمية من $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ؟

- a. 0.000 g c. 94.00 g
b. 130.0 g d. 480.0 g

(b)

الخطوة 1، احسب عدد مولات $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$.

$$444.0 \text{ g Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7 \times \frac{1 \text{ mol Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7}{221.94 \text{ g Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7}$$

$$= 2.00 \text{ mol Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$$

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

$$= 350.0 \text{ g (من الرسم)} - 480.0 \text{ g (الحسوبة)} = 130.0 \text{ g}$$

الخطوة 1، احسب عدد مولات AgNO_3 .

$$100.0 \text{ g AgNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol AgNO}_3}{169.88 \text{ g AgNO}_3} = 0.589 \text{ mol AgNO}_3$$

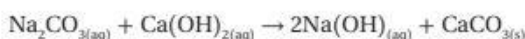
الخطوة 2، احسب عدد مولات Cu.

$$0.589 \text{ mol AgNO}_3 \times \frac{1 \text{ mol Cu}}{2 \text{ mol AgNO}_3} = 0.294 \text{ mol Cu}$$

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. تُعد طريقة لي بلانك الطريقة التقليدية لتصنيع هيدروكسيد الصوديوم حسب المعادلة الآتية:



ما الحد 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

(b)

حدد المادة المحددة للتفاعل.

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 .

$$300.0 \text{ g Ca(OH)}_2 \times \frac{1 \text{ mol Ca(OH)}_2}{74.10 \text{ g Ca(OH)}_2}$$

$$= 4.049 \text{ mol Ca(OH)}_2$$

وفقاً 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 المحددة للتفاعل.

والكمية 4.049 mol من Ca(OH)_2 هي الكمية المتفاعلة.

7. أي مجالات الطاقة الفرعية الآتية توجد فيها إلكترونات تكافؤ العناصر المُصنّفة (W)؟
a. s b. p c. d d. f

5. يتحلّل أكسيد الزئبق الأحمر تحت تأثير الحرارة العالية ليكون فلز الزئبق وغاز الأكسجين حسب المعادلة الآتية:
 $2\text{HgO}_{(s)} \rightarrow 2\text{Hg}_{(l)} + \text{O}_{2(g)}$

فإذا تحلّلت 3.55 mol HgO لتكوين 1.54 mol O₂ و 618 g Hg، فما نسبة المردود المثوية لهذا التفاعل؟

- a. 13.2%
b. 56.6%
c. 42.5%
d. 86.8%

(d)

المردود النظري،

احسب عدد مولات O₂،

$$3.55 \text{ mol HgO} \times \frac{2 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol HgO}} = 1.775 \text{ mol O}_2$$

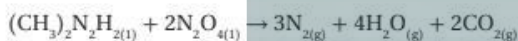
احسب نسبة المردود المثوية،

$$100\% = \frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود النظري}} \times \text{نسبة المردود المثوية}$$

$$= \frac{1.54 \text{ mol}}{1.775 \text{ mol}} \times 100\% = 86.8\% \text{ O}_2$$

استعن بالرسم الآتي للإجابة عن السؤالين 6 و 7.

9. يشتعل (CH₃)₂N₂H₂ عند ملامسته لرابع أكسيد ثنائي النيتروجين N₂O₄.



ولأن هذا التفاعل يُنتج كمية هائلة من الطاقة عن كمية قليلة من المواد المتفاعلة، فقد استُعمل لنقل الصواريخ في رحلات أبولو للقمر. فإذا استُهلك 18.0 mol من رابع أكسيد ثنائي النيتروجين في هذا التفاعل، فما عدد مولات غاز النيتروجين الناتجة؟

احسب النسبة المولية،

$$\text{النسبة المولية} = \frac{3 \text{ mol N}_2}{2 \text{ mol N}_2\text{O}_4}$$

احسب عدد مولات N₂،

$$18 \text{ mol N}_2\text{O}_4 \times \frac{3 \text{ mol N}_2}{2 \text{ mol N}_2\text{O}_4} = 27 \text{ mol N}_2$$

الجدول الدوري																	
1	2											13	14	15	16	17	18
Y	Y											W	W	W	W	W	W
Y	Y	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	W	W	W	W	W	W
Y	Y	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	W	W	W	W	W	W
Y	Y	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	W	W	W	W	W	W
Y	Y	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	W	W	W	W	W	W
Y	Y	Z	Z	Z													
Y	Y	Z	Z	Z													

6. أي العناصر له أكبر نصف قطر ذري في دورته؟

- a. W
b. X
c. Y
d. Z

(c)

استخدم الأشكال الآتية للإجابة عن الأسئلة من 10 إلى 14.

أسئلة الإجابات المفتوحة

استخدم الجدول الآتي في الإجابة عن السؤالين 15 و16.

العنصر	العدد الذري	طاقة التأين الأولى kJ/mol
الصوديوم	11	496
المغنسيوم	12	736
الألمنيوم	13	578
السليكون	14	787
الفوسفور	15	1012
السيلينيوم	16	1000
الكلور	17	1251
الأرجون	18	1521

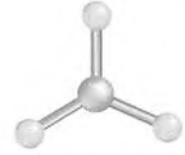
15. مثل البيانات السابقة بيانيًا، وضع العدد الذري على المحور السيني.

يجب أن تمثل البيانات علاقة خطية تقريبًا مع قليل من الجواف المتعرجة كما في الشكل الآتي:



16. وضح الخط الذي تتغير فيه طاقة التأين، وكيف ترتبط الإلكترونات تكافؤ العنصر؟

تزداد طاقة التأين 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 إلكترونين تكافؤين وهي نسبيًا سهلة الفقد؛ لأن ذلك يُنتج غلافًا خارجيًا مكتملاً. أما عناصر الجانب الأيمن من الجدول الدوري فلها طاقة تأين مرتفعة؛ لأن الغلاف الخارجي لها ممتلئ تقريبًا مما يجعلها أكثر قدرة على اكتساب عدد من الإلكترونات بدلا من فقدائها.



10. أي الأشكال أعلاه يُمثل جزيء كبريتيد الهيدروجين؟

11. أي الأشكال يُمثل جزيئات لها أربعة أزواج مرتبطة من الإلكترونات ولا تحتوي على أي زوج من الإلكترونات غير المرتبطة؟

12. أي الأشكال يُعرف بالشكل الهرمي؟

13. أي الأشكال يُمثل ثاني أكسيد الكربون؟

14. أي الأشكال يُمثل جزيئات فيه مجالات مهجنة من نوع sp^2 ؟