شكراً لتحميلك هذا الملف من موقع المناهج العمانية

كتاب التجارب العملية والأنشطة

التواصل الاجتماعي بحسب الصف الحادي عشر

روابط مواد الصف الحادي عشر على تلغرام

التربية الاسلامية	اللغة العربية	اللغة الانجليزية	الرياضيات

المزيد من الملفات بحسب الصف الحادي عشر والمادة كيمياء في الفصل الثاني

1	نموذج إجابة الامتحان النهائي الرسمي
2	إجابة الاختبارات النهائية الجديدة بمحافظة ظفار
3	اختبارات نهائية جديدة بمحافظة ظفار
4	نموذج إجابة الامتحان التجريبي النهائي الجديد بمحافظة ظفار
5	امتحان تجريبي نهائي نموذج جديد بمحافظة ظفار

الدورية في خصائص العناصر Periodicity

أهداف التعلُّم

٦-١ يصف دورية الخصائص في كل من نصف القطر الذري، ونصف القطر الأيوني، ودرجة الانصهار، والتوصيل الكهربائي للعناصر الموجودة في الدورة 3 في الجدول الدوري، ويشرحها.

٦-٢ يشرح التغير في درجة الانصهار، والتوصيل الكهربائي في ضوء البنى (التراكيب) والروابط الكيميائية للعناصر الموجودة في الدورة 3.

٦-٣ يصف تفاعلات بعض العناصر مع الأكسجين لتكوين: SO_2، P_4O_{10}، Al_2O_3، MgO، Na_2O، ومع الكلور لتكوين: PCl_5، $SiCl_4$، AlCl3، $MgCl_2$، NaCl، ومع الماء (لتكوين: $Mg(OH)_2$، NaOH)، ويكتب معادلاتها.

٦-٤ يذكر التغيرات في أعداد التأكسد لكل من العناصر المكونة للأكاسيد الآتية: Al_2O_3، MgO، Na_2O، P_4O_{10}، SO_2، SO_3، والكلوريدات $MgCl_2$، NaCl، $AlCl_3$، $SiCl_4$، PCl_5 من حيث إلكترونات المستوى الخارجي لها (مستوى إلكترونات التكافؤ) ويشرحها.

٦-٥ يصف تفاعلات الأكاسيد: Al_2O_3، MgO، Na_2O، SiO_2، P_4O_{10}، SO_2، SO_3 مع الماء، إن وُجدت، ويكتب معادلاتها متضمنة قيم pH التقريبية للمحاليل التي يتم الحصول عليها.

٦-٦ يصف السلوك الحمضي أو القاعدي للأكاسيد: Na_2O، MgO، Al_2O_3، P_4O_{10}، SO_2، SO_3، والهيدروكسيدات: NaOH، $Mg(OH)_2$، $Al(OH)_3$، موضحًا السلوك المتذبذب (المتردد) في تفاعلاتها مع الأحماض والقواعد (هيدروكسيد الصوديوم فقط) ويكتب معادلاتها.

٦-٧ يصف، تفاعلات الكلوريدات: $MgCl_2$، NaCl، $AlCl_3$، $SiCl_4$، PCl_5 مع الماء، متضمنة قيم pH التقريبية للمحاليل التي يتم الحصول عليها ويكتب معادلاتها.

٦-٨ يشرح التغيرات وأنماط التدرج في كل من ٦-٥ و ٦-٦ و٦-٧، في ضوء التركيب، الروابط الكيميائية والسالبية الكهربائية.

٦-٩ يقترح أنواع الروابط الكيميائية الموجودة في الكلوريدات والأكاسيد، من خلال ملاحظة خصائصها الكيميائية والفيزيائية.

٦-١٠ يتنبأ الخصائص الكيميائية والفيزيائية لعنصر ما بمعلومية موقعه في الجدول الدوري وبناءً على معرفته بدورية خصائص العناصر.

٦-١١ يتنبأ طبيعة عناصر غير معروفة وموقعها المحتمل في الجدول الدوري وهويتها بناءً على الخصائص الكيميائية والفيزيائية المعطاة.

الأنشطة

نشاط ٦-١ تدرّج الأنماط الدورية في الخصائص الفيزيائية والبنى

هذا النشاط يساعدك على مراجعة **دورية** الخصائص الفيزيائية والروابط الكيميائية للعناصر وبنى (أو تراكيب) هذه العناصر.

مصطلحات علمية

الدورية Periodicity:
هي تكرّر تدرّج الأنماط في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعناصر عبر الدورات في الجدول الدوري.

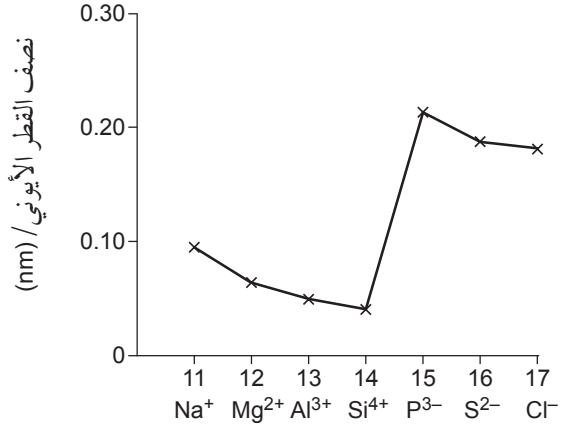
الجذب	**إلكترونات**	**يزداد**	**السالبة**	**النووية**	**النواة**	
الخارجية	**البروتونات**	**الكم**	**مستوى الطاقة**	**الحجب**		

١. تقلّ قيمة نصف القطر الذري للعناصر عبر الدورة من اليسار إلى اليمين. أكمل الفقرة أدناه مستخدمًا الكلمات الموجودة في القائمة أعلاه:

يزداد عدد ..... (الشحنات الموجبة) عبر الدورة من اليسار إلى اليمين، لذلك تزداد الشحنة ..... أيضًا.

..... عدد الإلكترونات (الشحنات ..... أيضًا عبر الدورة من اليسار إلى اليمين. ينتقل كل إلكترون إضافي في الذرات المتتالية إلى مستوى طاقة ..... الرئيسي نفسه. لذلك لا يزداد كثيرًا تأثير ..... من ..... مستويات الطاقة الداخلية على إلكترونات ..... الخارجي. وبالتالي، عبر دورة ما، يؤدي ازدياد قوة ..... بين النواة والإلكترونات ..... إلى جذب هذه الإلكترونات أكثر نحو ..... .

٢. يوضح الشكل ٦-١ تمثيلًا بيانيًّا لأنصاف الأقطار الأيونية مقابل العدد الذري لعناصر الدورة الثالثة.



الشكل ٦-١: تمثيل بياني لأنصاف الأقطار الأيونية مقابل العدد الذري لعناصر الدورة الثالثة.

صف كيف تتغير قيم أنصاف الأقطار الأيونية عبر هذه الدورة واشرح هذا التغيّر.

.....

.....

.....

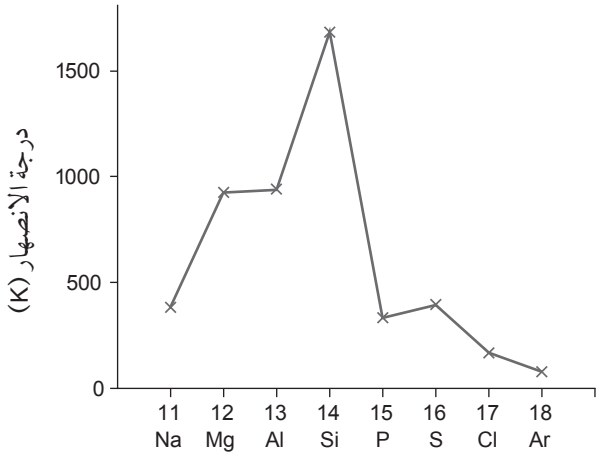
.....

مهم

قبل القيام بهذا النشاط، ستجد أنه من المفيد الرجوع إلى تفاصيل البنى والروابط الكيميائية في الوحدة الثالثة.

يهدف هذا النشاط بشكل أساسي إلى إيجاد الأنماط في البيانات المعطاة. انظر بعناية إلى تدرّج الأنماط واستخدمه في تنبّؤاتك.

٣. يوضح الشكل ٦-٢ تمثيلًا بيانيًّا لدرجات الانصهار مقابل العدد الذري للعناصر الموجودة في الدورة الثالثة.



الشكل ٦-٢: تمثيل بياني لدرجات الانصهار مقابل العدد الذري للعناصر الموجودة في الدورة 3.

أ. صف كيف تتغير درجات الانصهار عبر الدورة الثالثة.

.....

.....

.....

ب. اشرح سبب امتلاك الألومنيوم درجة انصهار أعلى من الصوديوم في ضوء التراكيب والروابط.

.....

.....

.....

ج. اشرح سبب امتلاك السيليكون درجة الانصهار الأعلى.

.....

.....

.....

د. اشرح سبب امتلاك العناصر من الفوسفور إلى الأرجون درجات انصهار منخفضة.

.....

.....

.....

هـ. تنبّأ بدرجات الانصهار التقريبية للنيون والبوتاسيوم والكالسيوم.

.....

.....

.....

و. تُعدّ معظم العناصر في المجموعات من 1 إلى 13 موصلة جيدة للكهرباء. اشرح ذلك.

.....

.....

.....

ز. يوصل الألومنيوم الكهرباء بشكل أفضل من الصوديوم. اشرح ذلك.

.....

.....

.....

ح. لماذا لا يوصل الكبريت الكهرباء؟

.....

.....

.....

نشاط ٦-٢ عناصر وأكاسيد وكلوريدات الدورة الثالثة

مهم

ستجد أنه من المفيد الرجوع إلى الوحدة الثالثة لمراجعة معلوماتك حول التراكيب والروابط الكيميائية.

تشير الدورية إلى تكرّر أنماط الخصائص في الجدول الدوري. يراجع هذا النشاط تركيب وخصائص بعض أكاسيد وكلوريدات الدورة الثالثة.

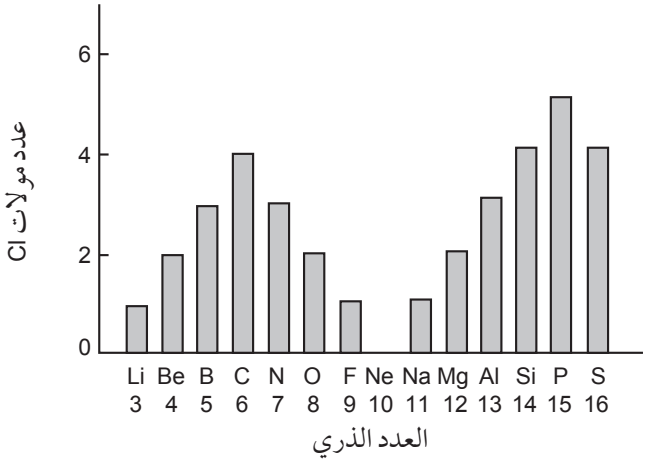
١. طابق وصف الأكاسيد من 1 إلى 6 على اليمين بخصائصها من (أ) إلى (و) على اليسار.

1 أكسيد يتفاعل مع الماء لتكوين حمض من النوع H_2XO_3	**أ.** أكسيد الألومنيوم
2 أكسيد عنصر تمتلك ذراته عدد تأكسد 5+	**ب.** أكسيد السيليكون (IV)
3 **أكسيد متذبذب متردد** يمتلك بنية ضخمة	**ج.** ثنائي أكسيد الكبريت
4 أكسيد من النوع XO يمتلك بنية أيونية ضخمة	**د.** أكسيد الماغنيسيوم
5 أكسيد يمتلك درجة انصهار مرتفعة بسبب بنيته التساهمية الضخمة	**هـ.** أكسيد الصوديوم
6 أكسيدٍ أيوني يتفاعل مع الماء ليكوّن محلولاً شديد القلوية	**و.** أكسيد الفوسفور (V)

مصطلحات علمية

أكسيد متذبذب متردد
Amphoteric oxide: أكسيد يتفاعل مع كلا الأحماض والقواعد (المواد القلوية).

٢. يوضح الشكل ٦-٣ عدد مولات ذرات الكلور التي تتّحد مع مول واحد من ذرات عناصر مختلفة. في حال وجود أكثر من نوع واحد من الكلوريد، يتم عرض النوع الذي يحتوي على النسبة الأعلى من ذرات الكلور.



الشكل ٦-٣: عدد مولات ذرات الكلور التي تتحد مع مول واحد من ذرات بعض العناصر.

أ. صف نمط التدرج العام لصيغ الكلوريدات عبر الدورة.

.....

.....

ب. استنتج صيغ كلوريدات الكربون والسيليكون والنيتروجين والفوسفور.

.....

.....

ج. استنتج أعداد تأكسد الفوسفور والكبريت في الكلوريدات الموضحة في المخطط.

.....

.....

٣. أ. اشرح، مستخدمًا مفهوم السالبية الكهربائية، سبب امتلاك كلوريد الماغنيسيوم بنية أيونية، بينما يمتلك كلوريد الفوسفور (V) بنية تساهمية بسيطة.

.....

.....

.....

ب. قارن بين تفاعل كلوريد الماغنيسيوم وكلوريد الفوسفور (V) مع الماء واقترح أسباب الاختلاف فيما بينهما.

.....

.....

٤. أكمل المعادلات الآتية:

أ. $PCl_5 + \ldots\ldots \rightarrow H_3PO_4 + \ldots\ldots HCl$

ب. $SO_3 + H_2O \rightarrow \ldots\ldots$

ج. $Mg(OH)_2 + \ldots\ldots \rightarrow MgCl_2 + \ldots\ldots$

د. $SiO_2 + \ldots\ldots NaOH \rightarrow \ldots\ldots + \ldots\ldots$

هـ. $Na + \ldots\ldots H_2O \rightarrow \ldots\ldots + \ldots\ldots$

و. $Al_2O_3 + \ldots\ldots H_2SO_4 \rightarrow \ldots\ldots + \ldots\ldots H_2O$

ز. $SiCl_4 + \ldots\ldots H_2O \rightarrow \ldots\ldots + \ldots\ldots$

ح. ..... P + ... Cl_2 → .....

ط. ..... Al + ... O_2 → .....

٥. يتفاعل أكسيد الصوديوم مع الماء ليكوّن محلولاً شديد القلوية، في حين أن أكسيد الماغنيسيوم يتفاعل ليكوّن محلولاً قلويًّا ضعيفًا.

أ. اقترح قيم pH للمحاليل المتكوّنة مع:

- أكسيد الصوديوم
- أكسيد الماغنيسيوم

ب. يكون المحلول المتكوّن عندما يتفاعل أكسيد الماغنيسيوم مع الماء أقل قلوية من المحلول المتكوّن عندما يتفاعل أكسيد الصوديوم مع الماء. اشرح ذلك.

.....

.....

ج. اكتب معادلة تفاعل أكسيد الماغنيسيوم مع الماء.

.....

٦. لا يتفاعل ثنائي أكسيد السيليكون مع الماء ولا يذوب فيه، بينما يتفاعل كل من ثنائي أكسيد الكبريت وأكسيد الفوسفور (V) لتكوين محاليل حمضية.

أ. اشرح، في ضوء التركيب والروابط الكيميائية سبب عدم تفاعل ثنائي أكسيد السيليكون مع الماء وعدم ذوبانه فيه.

.....

.....

ب. اقترح قيم pH للمحاليل المتكوّنة مع ثنائي أكسيد الكبريت وأكسيد الفوسفور (V).

.....

ج. اشرح سبب تكوين ثنائي أكسيد الكبريت وأكسيد الفوسفور (V) محاليل حمضية مع الماء.

.....

.....

د. اكتب معادلة التفاعل بين ثنائي أكسيد الكبريت والماء.

.....

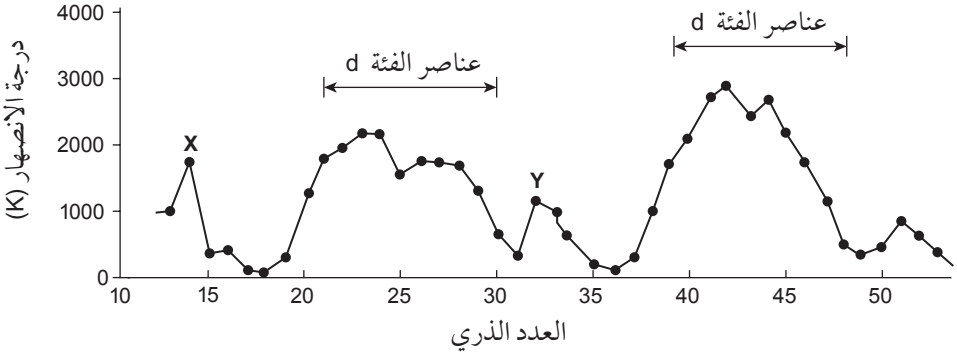
هـ. اكتب معادلة التفاعل بين أكسيد الفوسفور (V) والماء.

.....

نشاط ٦-٣ القيام بالتنبؤات

سيساعدك هذا النشاط على التنبّؤ بخصائص العناصر من خلال موقعها في الجدول الدوري. كما أنه يمنحك القدرة على تفسير تدرّج الأنماط في مجموعات العناصر غير الشائعة.

١. يوضح الشكل ٦-٤ درجات انصهار العناصر التي تمتلك الأعداد الذرية بين 13 و 54.



الشكل ٦-٤: درجات الانصهار مقابل العدد الذري.

أ. اشرح كيف يوضح هذا التمثيل البياني مفهوم الدورية.

.....

.....

ب. ينتمي العنصران **X** و **Y** إلى المجموعة نفسها من الجدول الدوري. اشرح في ضوء التركيب والروابط الكيميائية سبب امتلاك هذه العناصر درجات انصهار مرتفعة نسبيًّا.

.....

.....

ج. اشرح سبب امتلاك العنصر ذي العدد الذري 15 درجة انصهار أقل بكثير من درجة انصهار العنصر **X**.

.....

.....

د. صف كيف تتغير درجات انصهار **عناصر الفئة d** مقابل أعدادها الذرية.

.....

.....

هـ. اشرح سبب امتلاك العنصرَين 18 و 36 درجات الانصهار الأقل.

.....

.....

مصطلحات علمية

عناصر الفئة d
d- block elements:
عناصر المجموعات من 3 إلى 12، حيث يتم ملء الأفلاك d تدريجيًّا.

٢. يوضح الجدول ٦-١ بعض خصائص عناصر المجموعة 14.

العنصر	درجة الانصهار (°C)	التوصيل الكهربائي	طاقة الرابطة (kJ/mol)	السالبية الكهربائية	السلوك الحمضي/ القاعدي للأكسيد
الكربون (الماس) C	3550	غير موصّل	350	2.5	حمضي
السيليكون Si	1410	شبه موصّل	222	1.8	
الجرمانيوم Ge		شبه موصّل	188	1.8	متذبذب
القصدير Sn	232	موصّل	–		متذبذب
الرصاص Pb	327		–	1.8	متذبذب

الجدول ٦-١: بعض خصائص عناصر المجموعة 14.

مهم

عند دراسة بيانات لتدرج الأنماط عليك التنبؤ بقيمة تتوافق مع القيم المختلفة المدوّنة (استقراء خارجي عبر الدورة) أو التنبؤ بتدرج القيم التي تقع بين قيمتَين متتاليتَين (استقراء داخلي عبر المجموعة).

أ. تنبّأ بدرجة انصهار الجرمانيوم Ge.

.....

ب. تنبّأ **بالتوصيل الكهربائي** للرصاص Pb.

.....

ج. تنبّأ بالسالبية الكهربائية للقصدير Sn.

.....

مصطلحات علمية

التوصيل الكهربائي
Electrical conductivity:
هو قابلية مادة ما لنقل (تمرير) التيار الكهربائي عبر بنيتها.

د. تنبأ بالسلوك الحمضي أو القاعدي لأكسيد السيليكون.

.....

هـ. صف تدرج قوة الرابطة التساهمية من أعلى إلى أسفل في المجموعة.

.....

و. لماذا لا توجد في الجدول قيم طاقة الرابطة لكل من القصدير والرصاص؟

.....

٣. تؤشّر طاقة التأين الأولى لذرة ما إلى مدى سهولة خسارة الذرة لإلكترون واحد. فكلما كانت قيمة طاقة التأين الأولى أكبر، كان أصعب على الذرة خسارة الإلكترون. يعطي الجدول ٦–٢ أدناه قيم طاقات التأين الأولى لعناصر الدورة الثالثة.

مهم

في السؤال ٣، فكّر في عوامل مثل الشحنة النووية، والمسافة التي تفصل الإلكترونات الخارجية عن النواة والحجب.

العنصر	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
طاقة التأين الأولى / (kJ/mol)	+496	+738	+578	+787	+1012	+1000	+1251	+1521

الجدول ٦–٢: طاقة التأين الأولى لعناصر الدورة الثالثة.

أ. صف النمط العام لتدرج طاقة التأين الأولى من الصوديوم إلى الأرغون.

.....

.....

ب. اقترح في ضوء البنية الذرية سبب امتلاك الأرغون لطاقة التأين الأولى الأكبر.

.....

.....

ج. تقلّ قيم طاقات التأين الأولى من أعلى إلى أسفل عبر المجموعة. اشرح ذلك.

.....

.....

٤. يكوّن العنصر **X** أكسيدًا تبلغ درجة انصهاره 2614 °C. ويتفاعل هذا الأكسيد مع الماء ليكوّن محلولًا قلويًّا. يكوّن **X** الكلوريد XCl_2، الذي يذوب في الماء ليكوّن محلولًا متعادلًا. يمتلك **X** ثالث أعلى طاقة تأين أولى ضمن المجموعة التي ينتمي إليها. حدّد العنصر **X**، مبررًا إجابتك.

.....

.....

.....

.....

الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ٦-١: خصائص أكاسيد الفلزات وكلوريدات الفلزات عبر الدورة الثالثة

في هذا الاستقصاء العملي سوف تقوم باستقصاء تفاعلات أكاسيد الفلزات وكلوريدات الفلزات مع الماء. من النتائج يمكنك تحديد أنماط التدرّج واستنتاج بعض الخصائص عند الانتقال عبر الدورة الثالثة من اليسار إلى اليمين.

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

- أنابيب اختبار عدد 6
- رف حامل لأنابيب الاختبار
- ماصة قطارة سعة 1 - 2 mL
- ملعقة كيماويات صغيرة
- قنينة غسيل وماء مقطر
- زجاجة بنية بقطارة تحتوي على محلول الكاشف العام
- محلول من هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 0.1 mol/L
- أكسيد الماغنيسيوم
- أكسيد الألومنيوم
- كلوريد الماغنيسيوم المميّه
- كلوريد الألومنيوم المميّه
- كلوريد الصوديوم

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة النصائح الواردة في قسم السلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع لأي نصيحة من معلّمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء.
- يجب عليك ارتداء نظارات واقية للعينَين في جميع الأوقات.
- خلال بعض التفاعلات قد تتولّد كمية معينة من الحرارة. يجب أن يؤخذ هذا في الاعتبار.
- محلول هيدروكسيد الصوديوم مادة أكّالة.
- كلوريد الألومنيوم المميّه مادة مهيجة.
- يجب التخلّص من المواد الصلبة والسوائل المتبقية جميعها في الحوض مع سكب الكثير من الماء.
- الكاشف العام ذائب في الإيثانول وهو قابل للاشتعال.

الجزء ١: اختبار أكاسيد الفلزات

تقييم المخاطر

قبل البدء بأي استقصاء عملي، ضع في اعتبارك الأدوات والمواد الكيميائية وإجراءات السلامة لهذا الاستقصاء، واكتب تقييمًا للمخاطر. ينبغي أن تعرض تقييمك في جدول يحمل العناوين الآتية:

- المخاطر
- تدابير تقليل المخاطر

الطريقة

١. باستخدام أنبوبة اختبار جديدة في كل مرّة، قم بتنفيذ الإجراءات الموضحة في الجدول ٦–١ أدناه.

أنبوبة الاختبار	الإضافة الأولى	الإضافة الثانية	الإضافة الثالثة
Na_2O	5 mL من الماء المقطر	خمس قطرات من محلول هيدروكسيد الصوديوم	3 إلى 4 قطرات من محلول الكاشف العام
MgO	5 mL من الماء المقطر	مقدار ملعقة كيماويات صغيرة من أكسيد الماغنيسيوم الصلب	
Al_2O_3	5 mL من الماء المقطر	مقدار ملعقة كيماويات صغيرة من أكسيد الألومنيوم	

الجدول ٦–١: الإضافات المطلوبة لكل أنبوبة اختبار.

٢. سجّل ملاحظاتك في الجدول ٦-٢ أدناه.

النتائج

أنبوبة الاختبار	الملاحظات	الاستنتاجات
Na_2O	....	....
MgO	....	....
Al_2O_3	....	....

الجدول ٦-٢: جدول النتائج.

التحليل والاستنتاج والتقويم

١. ما السلوك الحمضي أو القاعدي لأكاسيد الفلزات عند الانتقال عبر الدورة الثالثة من اليسار إلى اليمين؟

.....

.....

.....

٢. اكتب معادلات التفاعلات الموزونة (إن وجدت) بين كل من أكاسيد الفلزات والماء:

أ. أكسيد الصوديوم

.....

ب. أكسيد الماغنيسيوم

.....

ج. أكسيد الألومنيوم

.....

الجزء ٢: اختبار كلوريدات الفلزات

الطريقة

١. باستخدام أنبوبة اختبار جديدة في كل مرة، قم بتنفيذ الإجراءات الموضحة في الجدول ٦-٣ أدناه.

أنبوبة الاختبار	الإضافة الأولى	الإضافة الثانية	الإضافة الثالثة
NaCl	5 mL من الماء المقطر	مقدار ملعقة كيماويات صغيرة من كلوريد الصوديوم الصلب	3 إلى 4 قطرات من محلول الكاشف العام
$MgCl_2$	5 mL من الماء المقطر	مقدار ملعقة كيماويات صغيرة من كلوريد الماغنيسيوم المميّه الصلب	
$AlCl_3$	5 mL من الماء المقطر	مقدار ملعقة كيماويات صغيرة من كلوريد الألومنيوم المميّه الصلب	

الجدول ٦-٣: الإضافات المطلوبة لكل أنبوبة اختبار.

النتائج

أنبوبة الاختبار	الملاحظات	الاستنتاجات
NaCl	....	....
$MgCl_2$	....	....
$AlCl_3$	....	....

الجدول ٦-٤: جدول النتائج.

التحليل والاستنتاج والتقويم

مصطلحات علمية

الروابط الكيميائية
Chemical bonding: قوى الجذب التي تحافظ على الجسيمات في بنية واحدة معًا. يمكن أن تكون الرابطة تساهمية أو أيونية أو فلزية.

١. ما نمط التدرج في طبيعة **الروابط الكيميائية** لكلوريدات الفلزات عند الانتقال عبر الدورة الثالثة من اليسار إلى اليمين؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

.....

.....

.....

٢. اكتب معادلة التفاعلات الموزونة (إن وجدت) لكل من كلوريدات الفلزات الثلاثة مع الماء. إذا لم تكن متأكدًا من إجابتك، حاول البحث على الشبكة العالمية للمعلومات (الإنترنت).

أ. كلوريد الصوديوم

.....

ب. كلوريد الماغنيسيوم

.....

ج. كلوريد الألومنيوم

.....

أسئلة نهاية الوحدة

١. يوضح الجدول أدناه قيم درجات انصهار بعض الأكاسيد لعناصر من الدورة الثالثة.

الأكسيد	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_4O_{10}	SO_3
درجة الانصهار (K)	1405	3125	2345	1986	613	290

أ. اشرح، في ضوء البنية والروابط الكيميائية، نمط التدرج في درجات الانصهار عبر الدورة.

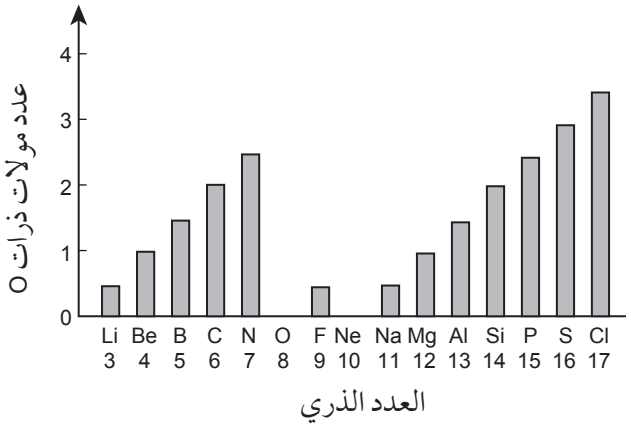
ب. تصبح أكاسيد عناصر الدورة الثالثة أكثر حمضية بطبيعتها عند الانتقال عبر الدورة من اليسار إلى اليمين.

١- أكسيد الصوديوم هو **أكسيد قاعدي**. اكتب معادلة موزونة لتفاعل أكسيد الصوديوم مع الماء، وضمنها رموز الحالة الفيزيائية.

٢- ما نوع أكسيد الألومنيوم؟

٣- اكتب معادلة لتفاعل أكسيد الألومنيوم مع هيدروكسيد الصوديوم المركز والساخن.

ج. يوضح الشكل أدناه عدد مولات ذرات الأكسجين التي تتّحد مع مول واحد من ذرات عناصر مختلفة في الدورتَين الثانية والثالثة. وعند وجود أكثر من أكسيد واحد لعنصر ما، يظهر الأكسيد الذي يمتلك النسبة الأعلى من ذرات الأكسجين.



١- ما النمط الذي تظهره نسبة مولات ذرات الأكسجين إلى المول الواحد من ذرات العنصر في صيغ هذه الأكاسيد عبر كل من الدورتَين الثانية والثالثة؟

مهم

قبل البدء بالإجابة عن هذه الأسئلة، تأكد من أنه يمكنك ربط الفلزات والبنى الضخمة للجزيئات بخصائصها.

تتطلب جزئيات بعض الأسئلة كتابة معادلات كيميائية.

مصطلحات علمية

أكسيد قاعدي
Basic oxide: أكسيد يتفاعل فقط مع حمض لتكوين ملح وماء. وتكون هذه الأكاسيد بشكل عام أكاسيد فلزية.

تابع

٢- استنتج، من المخطط، صيغ أكاسيد النيتروجين والسيليكون والكلور.

٣- صف التغيّر في أعداد التأكسد لعناصر الدورة الثالثة في أكاسيدها واشرحه، في ضوء التوزيع الإلكتروني لذراتها.

٢. أ. يوضح الجدول أدناه قيم التوصيل الكهربائي لبعض عناصر الدورة الثالثة.

العنصر	الصوديوم	الماغنيسيوم	الألومنيوم	السيليكون	الفوسفور	الكبريت
التوصيل الكهربائي (S/m)	0.218	0.224	0.380	2×10^{-10}		1×10^{-23}

مهم

إذا طُلب إليك تحديد المصطلحات العلمية الكيميائية، فيجب أن تكون دقيقًا جدًّا. غالبًا ما تكون الظروف القياسية والحالات الفيزيائية أجزاء مهمة من الوصف.

١- اشرح الاختلافات في قيم التوصيل الكهربائي من حيث تركيب العناصر.

٢- اقترح قيمة للتوصيل الكهربائي للفوسفور.

ب. يتفاعل الماغنيسيوم مع الأكسجين لإنتاج أكسيد الماغنيسيوم.

١- اكتب المعادلة الموزونة لهذا التفاعل.

٢- اشرح، باستخدام الأفكار التي تتناول السالبية الكهربائية، سبب امتلاك أكسيد الماغنيسيوم بنية أيونية، بينما يمتلك ثنائي أكسيد الكبريت بنية تساهمية بسيطة.

٣- يتفاعل كل من أكسيد الماغنيسيوم وثلاثي أكسيد الكبريت مع الماء. اقترح كيف يتفاعل كل منهما، وسبب تفاعلهما.

ج. يقع الزرنيخ أسفل الفوسفور في المجموعة 15 من الجدول الدوري.

١- تنبأ بنوع الرابطة الموجودة في أكسيد الزرنيخ (V).

٢- تنبأ بصيغة أكسيد الزرنيخ (V).

٣- تنبأ بتأثير الماء على أكسيد الزرنيخ (V).

تابع

٣. توضح عناصر الدورة الثالثة أنماط تدرج في بعض خصائصها.

أ. ١- صف نمط التدرج لنصف القطر الذري عبر الدورة الثالثة واشرحه.

٢- يُعدّ نصف القطر الأيوني لأيون الكبريتيد، S^{2-}، أكبر بكثير من نصف القطر الأيوني لأيون الماغنيسيوم، Mg^{2+}، على الرغم من أن الكبريت يمتلك شحنة نووية أكبر من الماغنيسيوم. اشرح السبب.

ب. توضح كلوريدات عناصر الدورة الثالثة أنماط تدرج في خصائصها. أحد أنماط التدرج هذه هو سهولة التحليل المائي للكلوريدات (الهاليدات بشكل عام).

١- صِف نمط التدرج هذا.

٢- يكون كلوريد السيليكون (IV) سائلًا عند درجة حرارة الغرفة. اكتب معادلة موزونة **للتحليل المائي** لـ كلوريد السيليكون (IV) ذاكرًا رموز الحالة الفيزيائية.

٣- يتكوّن كلوريد الألومنيوم Al_2Cl_6 عند تسخين الألومنيوم في الكلور. اكتب معادلة موزونة لهذا التفاعل.

ج. يوضح الجدول أدناه درجات انصهار بعض كلوريدات الدورة الثالثة.

كلوريد	NaCl	$MgCl_2$	Al_2Cl_6	$SiCl_4$	PCl_5	SCl_2
درجة الانصهار (K)	1074	987	466 (عند الضغط 2.5 atm)	205	434	152

١- اشرح نمط التدرج في درجات الانصهار هذه باستخدام أفكار حول البنى والروابط الكيميائية.

٢- استخدم المعلومات الواردة في الجدول لاقتراح سبب عدم اعتبار الشروحات جميعها التي قدمتها موثوق بها.

٣- يمتلك محلول كلوريد الصوديوم في الماء (pH = 7). ويمتلك محلول كلوريد الماغنيسيوم في الماء (pH = 6.5). اشرح سبب هذا الفرق في قيم pH.

مصطلحات علمية

التحليل المائي
Hydrolysis: تفكك (تكسير) مركب بوساطة الماء. يستخدم التحليل المائي أيضًا لوصف تكسير مادة ما بوساطة محاليل حمضية مخففة أو محاليل قلوية.

مهم

عند وصف أنماط التدرج، لا يكفي كتابة "يزداد" أو "ينقص"، بل تحتاج إلى إعطاء إجابات أكثر دقة، على سبيل المثال: "يزداد عند الانتقال عبر الدورة حتى المجموعة 13".

التغيرات في المحتوى الحراري
Enthalpy Changes

أهداف التعلُّم

٧-١ يُعرّف مصطلح «التغير في المحتوى الحراري» (ΔH)، ويستخدمه، ويطبقه على التفاعلات الكيميائية الطاردة للحرارة (ΔH سالبة)، والتفاعلات الكيميائية الماصة للحرارة (ΔH موجبة).

٧-٢ يُنشئ (يرسم) مخططات لمسار التفاعل، ويفسرها من حيث التغيرات في المحتوى الحراري، وطاقة التنشيط.

٧-٣ يُعرّف مصطلح «الظروف القياسية» الموضحة بالرمز $^{\ominus}$، ويستخدمها. (يفترض هذا المنهاج أن هذه الظروف هي 298 K، و 100 kPa)

٧-٤ يُعرّف مصطلح «التغير في المحتوى الحراري» ويستخدمه، مع الإشارة إلى تغير المحتوى الحراري للتفاعل (ΔH_r) وللتكوين (ΔH_f) وللاحتراق (ΔH_c) وللتعادل (ΔH_{neut}).

٧-٥ يحسب التغيرات في المحتوى الحراري من البيانات ونتائج التجارب، بما في ذلك استخدام المعادلتَين:

$$q = mc\Delta T$$

$$\Delta H = \frac{-mc\Delta T}{n}$$

٧-٦ يستخدم قانون هسّ لإنشاء (لرسم) دورات طاقة بسيطة، ويحدد التغيرات في المحتوى الحراري التي لا يمكن إيجادها بالتجربة المباشرة.

٧-٧ يجري عمليات حسابية باستخدام بيانات متوسط طاقات الروابط.

الأنشطة

نشاط ٧-١ التغير في المحتوى الحراري ومخططات مسار التفاعل

ستتدرّب في هذا النشاط على رسم **مخططات مسار التفاعل للتفاعلات الطاردة للحرارة** و**التفاعلات الماصة للحرارة** التي تتضمن أيضًا **طاقة التنشيط**. وستتذكر في هذا النشاط أيضًا **الظروف القياسية**.

١. أكمل الجمل الآتية حول **التغيرات في المحتوى الحراري** باستخدام الكلمات الموجودة في القائمة أدناه.

امتصاص	**الكيميائي**	**ماصًّا**	**طاردًا**	**ΔH**	**الحرارية**
كلفن	**باسكال**	**الفيزيائية**	**انطلقت**	**القياسية**	**محيطه**

التغير في المحتوى الحراري هو تبادل الطاقة ..... بين مخلوط التفاعل ..... و ..... عند ضغط ثابت. والرمز المستخدم للتغير في المحتوى الحراري هو ..... فإذا تمّ ..... الحرارة من محيط التفاعل يكون التفاعل ..... للحرارة. وإذا ..... الحرارة نحو محيط التفاعل يكون التفاعل ..... للحرارة. عند إجراء مقارنة بين التغيرات في المحتوى الحراري نستخدم الظروف ..... وهذه الظروف تحدد على النحو الآتي: ضغط قيمته 100 kPa ..... ودرجة حرارة مقدارها 298 ..... وحيث تكون المواد المتفاعلة والناتجة جميعها في حالتها ..... العادية عند هذه الظروف.

مصطلحات علمية

الظروف القياسية Standard conditions: ضغط يساوي 100 kPa، ودرجة حرارة تساوي 298 K وموضحة بالرمز $^{\ominus}$.

التغير في المحتوى الحراري (ΔH) Enthalpy change,: الطاقة الحرارية المنتقلة (المتبادلة مع المحيط) أثناء حدوث تفاعل كيميائي عند ضغط ثابت.

مصطلحات علمية

مخططات مسار التفاعل Reaction pathway diagrams: مخططات بيانية توضح المحتويات الحرارية النسبية للمواد المتفاعلة (في الطرف الأيسر)، وللمواد الناتجة (في الطرف الأيمن) والتغير في المحتوى الحراري للتفاعل في هيئة سهم، ويمكن أن تتضمن أيضًا طاقة التنشيط.

التفاعل الطارد للحرارة Exothermic reaction: تفاعل تنطلق منه طاقة حرارية أثناء حدوثه. وتكون قيمة ΔH سالبة.

التفاعل الماص للحرارة Endothermic reaction: تفاعل يتم فيه امتصاص طاقة حرارية أثناء حدوثه. وتكون قيمة ΔH موجبة.

طاقة التنشيط Activation energy, E_A: الحد الأدنى من الطاقة التي يجب أن تمتلكها الجُسيمات المتصادمة لتكسير الروابط وبدء حدوث التفاعل الكيميائي.

٢. **أ.** ارسم مخطط مسار التفاعل للتفاعل الذي يتم وفقًا للمعادلة الآتية، وضمّنه طاقة التنشيط:

$$Mg(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow MgSO_4(aq) + Cu(s) \qquad \Delta H = -531\ kJ/mol$$

ب. هل يعد هذا التفاعل ماصًّا أم طاردًا للحرارة؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

٣. ارسم مخطط مسار التفاعل، للتفاعل الذي يتم وفقًا للمعادلة الآتية، وضمّنه طاقة التنشيط:

$$2NaNO_3(s) \rightarrow 2NaNO_2(s) + O_2(g) \qquad \Delta H_r^{\ominus} = +218\ kJ/mol$$

نشاط ٧-٢ التغير في المحتوى الحراري

سوف تتعرف في هذا النشاط على الأنواع المختلفة من التغير في المحتوى الحراري وعلى كيفية تعريف هذا التغيّر.

١. أكمل الفراغات.

أ. التغير في المحتوى الحراري القياسي ..... هو التغير في المحتوى الحراري عندما يتكوّن مول واحد من ..... من عناصره ..... عند الظروف القياسية.

ب. التغير في المحتوى الحراري القياسي ..... كمية الحرارة المنطلقة عند احتراق مول ..... من مادة ما عند الظروف القياسية.

ج. التغير في المحتوى الحراري القياسي ..... هو التغير في المحتوى الحراري عندما تتفاعل كميات المواد المتفاعلة وفقًا للتناسب الكيميائي الموضح في ..... لتكوين المواد ..... عند .....

٢. طابق التغير في المحتوى الحراري من 1 إلى 5 من اليمين مع المعادلات من (أ) إلى (هـ) التي تمثلها إلى اليسار.

1. التغير في المحتوى الحراري القياسي لاحتراق الميثان $\Delta H_c^\ominus[CH_4(g)]$	**أ.** $H^+(aq) + OH^-(aq) \rightarrow H_2O(l)$
2. التغير في المحتوى الحراري القياسي لتكوين الميثان $\Delta H_f^\ominus[CH_4(g)]$	**ب.** $C(graphite) + 2H_2(g) \rightarrow CH_4(g)$
3. التغير في المحتوى الحراري القياسي للتعادل $\Delta H_{neut}^\ominus$	**ج.** $NaCl(aq) + AgNO_3(aq) \rightarrow NaNO_3(aq) + AgCl(s)$
4. التغير في المحتوى الحراري القياسي للتفاعل $\Delta H_r^\ominus$	**د.** $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$

٣. اكتب معادلات موزونة لتمثيل التفاعلات الآتية:

أ. التغير في المحتوى الحراري لاحتراق البروبان (C_3H_8).

.....

مهم

من المهم أن تتعلم بدقة تعريفات التغير في المحتوى الحراري. تأكد من الرجوع إلى:

- عدد المولات للمادة الناتجة أو المادة المتفاعلة ذات الصلة.
- الحالة الفيزيائية الصحيحة للمواد المتفاعلة والناتجة.
- الظروف القياسية.

مصطلحات علمية

التغير في المحتوى الحراري القياسي للاحتراق Standard enthalpy change of combustion $\Delta H_c^\ominus$: كمية الحرارة المنطلقة عند احتراق مول واحد من مادة ما عند الظروف القياسية.

التغير في المحتوى الحراري القياسي للتكوين Standard enthalpy change of formation $\Delta H_f^\ominus$: هو التغير في المحتوى الحراري عندما يتكوّن مول واحد من مركب من عناصره عند الظروف القياسية.

التغير في المحتوى الحراري القياسي للتفاعل Standard enthalpy change of reaction $\Delta H_r^\ominus$: هو التغير في المحتوى الحراري عندما تتفاعل كميات المواد المتفاعلة وفقًا للتناسب الكيميائي الموضح في المعادلة الكيميائية لتكوين المواد الناتجة عند الظروف القياسية.

ب. التغير في المحتوى الحراري لتعادل هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) مع حمض الكبريتيك (H_2SO_4).

.....

ج. التغير في المحتوى الحراري لتفاعل تفكك كربونات الماغنيسيوم ($MgCO_3$).

.....

د. التغير في المحتوى الحراري لتكوين أكسيد الصوديوم (Na_2O).

.....

٤. أيّ تفاعل في السؤال (٣) يعدّ تفاعلًا ماصًّا للحرارة؟

.....

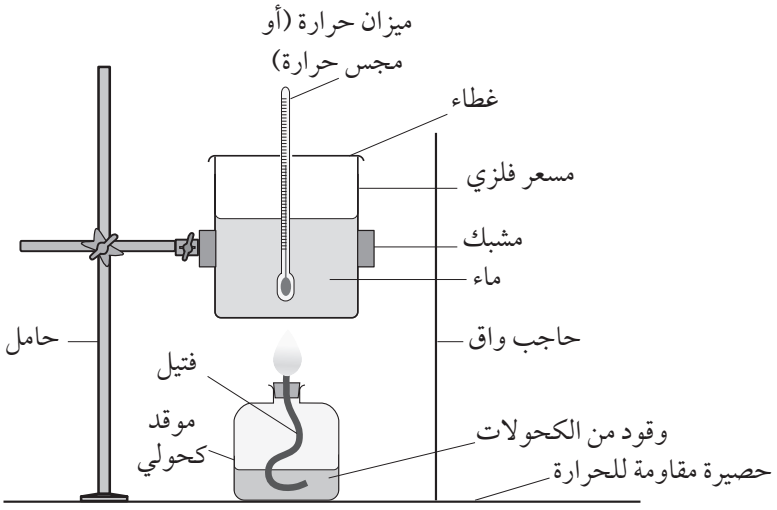
٥. أيّ تفاعل في السؤال (٣) يعدّ تفاعلًا طاردًا للحرارة؟

.....

نشاط ٧-٣ حساب التغير في المحتوى الحراري في تجربة

ستتدرب في هذا النشاط على مراجعة مفهوم التغير في المحتوى الحراري للاحتراق. وتطوّر مهاراتك في معالجة النتائج.

يوضح الشكل ٧–١ الجهاز المستخدم لحساب التغير في المحتوى الحراري لاحتراق 1-هيكسانول ($C_6H_{13}OH$).



الشكل ٧–١: جهاز لقياس التغير في المحتوى الحراري للاحتراق.

١. صف كيفية تنفيذ هذه التجربة.

.....

.....

٢. نتائج هذه التجربة كما يلي:

كتلة المسعر الفلزي = 200 g

كتلة الماء في المسعر الفلزي = 70 g

كتلة (الموقد + 1-هيكسانول) الابتدائية = 92.33 g

كتلة (الموقد + 1-هيكسانول) النهائية = 92.19 g

درجة حرارة الماء الابتدائية في المسعر الفلزي = 20.5 °C

درجة الحرارة النهائية للماء في المسعر الفلزي = 35.2 °C

احسب ما يلي:

مهم

من المهم أن تكون على دراية بكيفية حساب تغيّرات المحتوى الحراري بوساطة الطرائق التجريبية. ولكل تجربة يجب أن تعرف:

- اختيار أفضل جهاز
- مصادر الخطأ
- القراءات التي تحتاج إلى إجرائها.

أ. التغير في درجة حرارة الماء والمسعر الفلزي (ΔT)

.....

ب. الطاقة التي امتصها الماء، باستخدام العلاقة:

$q = mc\Delta T$، حيث إن قيمة السعة الحرارية النوعية للماء c تساوي: 4.18 J/g °C

.....

ج. الكتلة المولية لـ 1-هيكسانول، $C_6H_{13}OH$

.....

د. الطاقة المنطلقة عند احتراق مول واحد من 1-هيكسانول $\Delta H_c^{\ominus}$، بوحدة kJ/mol

.....

٣. إذا علمت أن القيمة الفعلية لـ $\Delta H_c^{\ominus}$ [$C_6H_{13}OH(l)$] تساوي -3984 kJ/mol

سبب الاختلاف بين القيمة الفعلية والقيمة التجريبية التي تم الحصول عليها في السؤال ٢.

.....

.....

.....

٤. اكتب المعادلة الموزونة للاحتراق الكامل لـ -1هيكسانول. أعطِ قيمة التغير في المحتوى الحراري مع كتابة الرمز والإشارة الصحيحَين للتغير في المحتوى الحراري.

.....

.....

.....

٥. تمت إضافة 20.0 mL من محلول نترات الماغنيسيوم تركيزه 1.0 mol/L إلى 20 mL من محلول كربونات الصوديوم تركيزه 1.0 mol/L في كأس زجاجية فتكوّن راسب من كربونات الماغنيسيوم. وكانت درجة حرارة كلا المحلولَين قبل خلطهما 18.9 °C. وبعد خلطهما، بلغت درجة الحرارة القصوى 23.2 °C.

أ. اكتب المعادلة الموزونة لهذا التفاعل.

.....

ب. صِف التدابير التي ستتخذها لتجنب فقدان الحرارة خلال هذه التجربة.

.....

ج. احسب الطاقة المنطلقة نحو **محيط التفاعل**. علمًا بأن قيمة **السعة الحرارية النوعية** للماء تساوي 4.18 J/g °C.

.....

.....

د. ما الفرضيات التي اقترحتها عند تطبيق المعادلة التي استخدمتها في الجزئية ج؟

.....

.....

هـ. احسب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل لكل مول من نترات الماغنيسيوم.

.....

مصطلحات علمية

محيط التفاعل Surroundings: كل مادة تحيط بالتفاعل عدا المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في تفاعل كيميائي، على سبيل المثال: المذيب ووعاء التفاعل.

السعة الحرارة النوعية Specific heat capacity, c: هي كمية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة 1 g من مادة ما بمقدار 1 °C.

.....

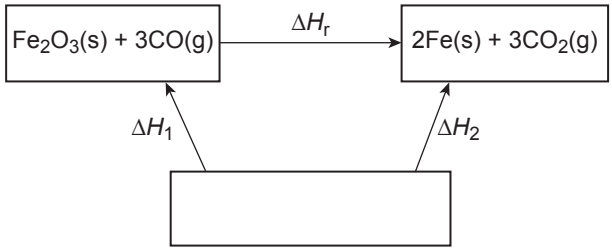
نشاط ٧-٤ استخدام قانون هس

ستتدرب في هذا النشاط على رسم **حلقات الطاقة** وتفسيرها لحساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل

١. تم اختزال أكسيد الحديد(III) بوساطة أحادي أكسيد الكربون، وفق المعادلة الآتية:

$$Fe_2O_3(s) + 3CO(g) \rightarrow 2Fe(s) + 3CO_2(g)$$

أ. أكمل حلقة المحتوى الحراري لهذا التفاعل في حالاتها الفيزيائية القياسية.



الشكل ٧-٢: حلقة محتوى حراري للتفاعل.

ب. احسب التغير في المحتوى الحراري، ΔH_r للتفاعل، علمًا بأن:

قيم $\Delta H_f^{\ominus}$ بوحدة kJ/mol : $Fe_2O_3(s) = -824.2, CO(g) = -110.5, CO_2(g) = -393.5$

.....

.....

٢. احسب التغير في المحتوى الحراري لاحتراق البروبان باستخدام حلقة محتوى حراري مشابهة لتلك التي أكملتها في السؤال ١، علمًا بأن:

$$C_3H_8(g) + 5O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(l)$$

قيم $\Delta H_f^{\ominus}$ بوحدة kJ/mol : $C_3H_8(g) = -104.5, CO_2(g) = -393.5, H_2O(l) = -285.8$

.....

.....

.....

مصطلحات علمية

حلقة الطاقة (حلقة هس) (Hess cycle), Energy cycle: مخطط يوضح المسارات البديلة بين المواد المتفاعلة والناتجة والتي تسمح بتحديد أحد تغيرات الطاقة من خلال تغيرات الطاقة الأخرى باستخدام قانون هسّ.

قانون هس Hess's law: التغيُّر الكلّي في المحتوى الحراري لأي تفاعل كيميائي تحت ضغط ثابت يساوي كمية ثابتة سواء تم التفاعل في خطوة واحدة أو أكثر.

مهم

عند رسم حلقات هس للطاقة (حلقات المحتوى الحراري) تذكّر ما يلي:

- يُكتب التفاعل الذي تريد حساب محتواه الحراري في الأعلى.
- يتم إكمال الحلقة بوضع العناصر، أو المواد الناتجة من الاحتراق، أو المحاليل المائية في الأسفل.
- يجب أن تتجه الأسهم في الاتجاه الصحيح حتى تتمكن من تطبيق قانون هس.

.....

٣. يمكن استخدام التغير في المحتوى الحراري للاحتراق لإيجاد التغير في المحتوى الحراري لتكوين البيوتان.

أ. ارسم حلقة المحتوى الحراري لهذا التفاعل.

ب. احسب التغير في المحتوى الحراري لتكوين البيوتان باستخدام قانون هسّ علمًا بأن:

قيم $\Delta H_c^{\ominus}$ بوحدة kJ/mol:

C(graphite) = -393.5, $H_2(g)$ = -285.8, $C_4H_{10}(g)$ = -2876.5

.....

.....

.....

.....

ج. التغير في المحتوى الحراري القياسي لاحتراق الكربون (الجرافيت) هو نفسه التغير في المحتوى الحراري القياسي لتكوين ثاني أكسيد الكربون. اشرح السبب.

.....

.....

.....

.....

مصطلحات علمية

طاقة الرابطة Bond energy: هي الطاقة اللازمة لكسر رابطةتساهمية معيّنة موجودة في جزيء ما في حالته الغازية، وتسمى أيضًا طاقة تفكك الرابطة أو المحتوى الحراري للرابطة.

نشاط ٧-٥ طاقة الرابطة والتغير في المحتوى الحراري

سوف تتعرف في هذا النشاط على مفهوم **طاقة الرابطة**، وستتدرّب على العمليات الحسابية التي تتضمّن طاقات الروابط.

١. يوضح التسلسل أدناه كسر الروابط C–H الأربع في الميثان.

$CH_4 \rightarrow CH_3 + H \qquad \Delta H_1$

$CH_3 \rightarrow CH_2 + H \qquad \Delta H_2$

$CH_2 \rightarrow CH + H \qquad \Delta H_3$

$CH \rightarrow C + H \qquad \Delta H_4$

باستخدام المعادلات وتغيرات المحتوى الحراري الخاصة بها، اشرح الفرق بين مصطلحَي طاقة الرابطة ومتوسط طاقة الرابطة.

.....

.....

.....

.....

مهم

عند حساب التغير في المحتوى الحراري باستخدام طاقات الروابط، تذكر ما يلي:

- عند كسر الرابطة، تكون إشارة ΔH موجبة (+) وعند تكوين الرابطة تكون اشارة ΔH سالبة (−).
- تُعطى قيم طاقة الرابطة للروابط الموضحة، على سبيل المثال، E(O=O) = +496، تشير إلى الرابطة الثنائية في جزيء الأكسجين (أي إلى الرابطتَين σ و π).
- يجب أن تأخذ في الحسبان عدد المولات لروابط معينة، على سبيل المثال: $2CO_2$ تمتلكان أربع روابط C=O.

٢. يعدّ احتراق الميثان (CH_4) تفاعلًا طاردًا للحرارة. وهو يتم وفق المعادلة الآتية. اشرح، من حيث كسر الروابط وتكوينها، سبب كون هذا التفاعل طاردًا للحرارة.

٣. ترد أدناه معادلة الاحتراق الكامل للميثان:

$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$

أ. باستخدام الطاقة اللازمة لكسر الروابط في الجدول ٧-١، أكمل الجدول الآتي لحساب الطاقة اللازمة لكسر الروابط الموجودة في الميثان والأكسجين والطاقة المنطلقة عند تكوين الروابط الجديدة.

C–H	413
O=O	496
C=O	805
O–H	463
C=C	612

الجدول ٧–١: قيم متوسط طاقة الرابطة لبعض الروابط الشائعة.

الروابط المنكسرة kJ	الروابط المتكوّنة kJ
4 × (C–H) =	2 × (C═O) =
2 × (O═O) =	4 × (O–H) =
المجموع =	المجموع =

الجدول ٧–٢: الطاقة اللازمة لكسر الروابط في المواد المتفاعلة وتكوين الروابط في المواد الناتجة

ب. احسب التغير في المحتوى الحراري لهذا التفاعل.

.....

.....

٤. استخدم طاقات الروابط من الجدول ٧–٢ أعلاه لحساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل الذي يتم وفق المعادلة الآتية.

$$CH_2{=}CH_2(g) + 3O_2 \rightarrow 2CO_2(g) + 2H_2O(g)$$

الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ٧-١: حساب التغير في المحتوى الحراري لتفاعل التعادل بالتجربة

خلال هذا الاستقصاء العملي، سوف تقيس التغير في المحتوى الحراري لتعادل محلول من هيدروكسيد الصوديوم مع حمض الهيدروكلوريك بوساطة المعايرة.

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

- أكواب من البوليسترين
- كأس زجاجية 250 mL
- ميزان حرارة (من 10- °C إلى 50 °C ويفضل مع تدرج 0.2 °C) أو مجس حرارة متصل (أو موصول) بحاسوب
- ماصة سعة 50 mL أو (25 mL)
- مضخة ماصة
- سحاحة سعة 50 mL
- حامل سحاحة
- حامل حديد كامل، لحمل ميزان الحرارة (اختياري)
- سدادة من الفلين مع ثقب واحد، يتناسب مع ميزان الحرارة أو مجس حرارة (اختياري)
- حمض الهيدروكلوريك تركيزه نحو 2 mol/L
- محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 1.00 mol/L

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة النصائح الواردة في قسم السلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع لأي نصيحة من معلّمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء.
- ارتدِ نظارات واقية للعينَين في جميع مراحل الاستقصاء.
- يعدّ حمض الهيدروكلوريك مادة مهيجة عند هذا التركيز.
- يعدّ محلول هيدروكسيد الصوديوم مادة أكّالة عند هذا التركيز.

متغيرات الاستقصاء

اقرأ طريقة إجراء هذا الاستقصاء وحدد:

- المتغير المستقل
- المتغير التابع
- المتغيرات الضابطة.

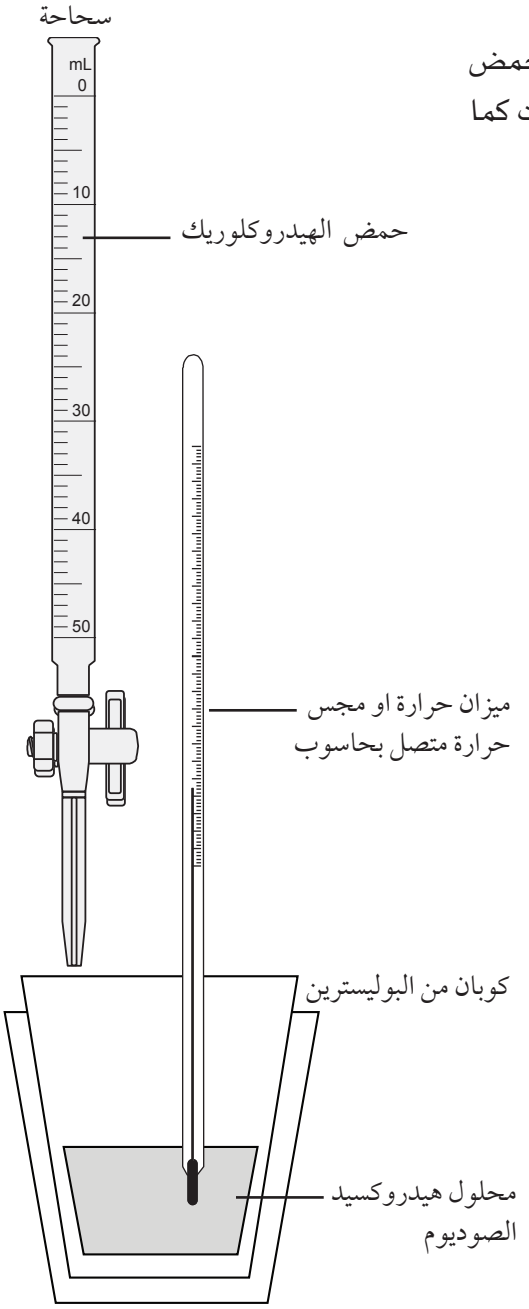
صف كيف يتم قياس كل متغير.

الطريقة

١. ضع كوبًا من البوليسترين داخل كوب آخر من البوليسترين لعزله وثبّتهما داخل الكأس الزجاجية.

٢. باستخدام ماصة ومضخة ماصة، أضف 50 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى كوب البوليسترين (إذا كانت الماصة 50 mL غير متوفرة، فاستخدم ماصة 25 mL مرتين).

٣. نظف السحاحة واملأها بحمض الهيدروكلوريك ورتّب الأدوات كما هو موضح في الشكل ٧–١.



الشكل ٧–١: جهاز لتحديد التغير في المحتوى الحراري لتفاعل تعادل بوساطة المعايرة.

٤. قس درجة حرارة محلول هيدروكسيد الصوديوم قبل إضافة الحمض ثم سجل درجة الحرارة في الجدول ٧-١.

٥. باستخدام السحاحة، أضف 5.0 mL من حمض الهيدروكلوريك إلى المحلول الموجود في الكوب. قم بتقليب محتوى الكوب عن طريق تحريكه بشكل دائري، وقِس أعلى درجة حرارة تمّ الوصول إليها. سجل القيمة التي قمت بقياسها في الجدول ٧-١.

٦. أضف على الفور مرة أخرى 5.0 mL من حمض الهيدروكلوريك المخفف وحرك المخلوط الناتج. قم بقياس أعلى درجة حرارة وسجلها في الجدول ٧-١.

٧. كرّر الخطوة ٦ حتى يبلغ مجموع ما أضفته 50.0 mL من الحمض، مسجّلًا أعلى درجة حرارة بعد كل إضافة لـ 5.0 mL.

النتائج

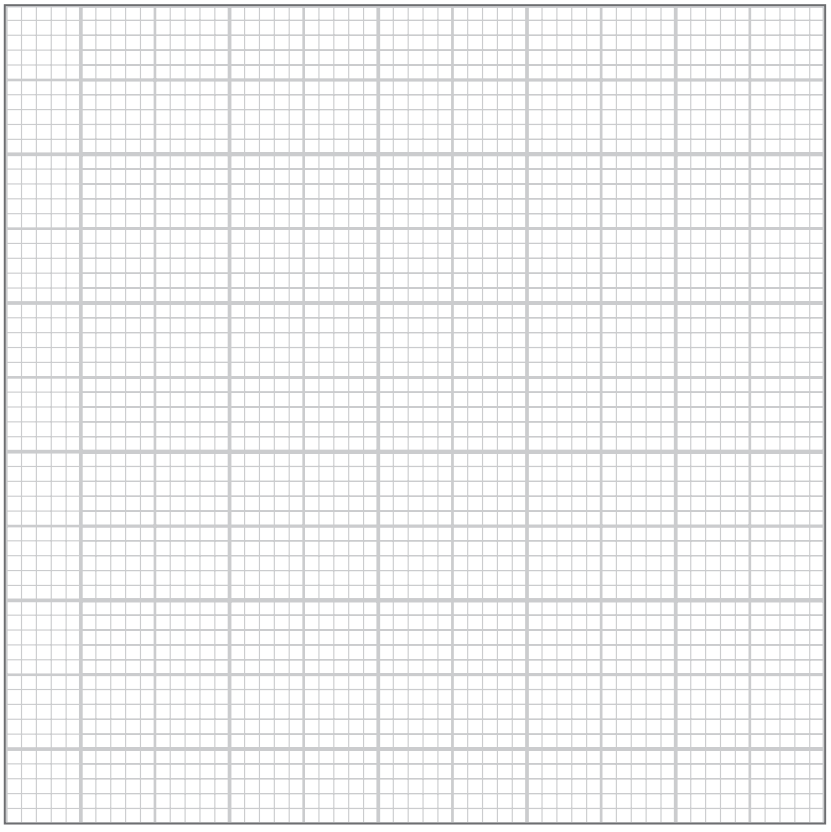
حجم الحمض/ (mL)	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0
درجة الحرارة / (°C)											

الجدول ٧-١: جدول النتائج.

التحليل والاستنتاج والتقويم

١. مثّل النتائج المسجلة في الجدول ٧-١ مع مراعاة ما يلي:

- باستخدام أكبر مقياس ممكن، ارسم تمثيلًا بيانيًّا لدرجة الحرارة (المحور العمودي/ الرأسي) مقابل حجم الحمض (المحور الأفقي).
- سينقسم التمثيل البياني إلى قسمَين - سيُظهر القسم الأول ارتفاعًا في درجة الحرارة، وسيُظهر القسم الثاني انخفاضًا في درجة الحرارة.
- ارسم الخط الأكثر ملاءمة عبر النقاط جميعها الموجودة في القسم الأول من التمثيل البياني والذي يوضح ارتفاع درجة الحرارة.
- ارسم الخط الأكثر ملاءمة عبر النقاط جميعها الموجودة في القسم الثاني والذي يوضح انخفاض درجة الحرارة.
- قم باستقراء كلا الخطَّين الأكثر ملاءمة في قسمَي التمثيل البياني لاستنتاج درجة الحرارة القصوى التي تمّ الوصول إليها من دون فقدان للحرارة.



٢. من التمثيل البياني، حدّد التغير الأقصى في درجة الحرارة (ΔT) لهذا الاستقصاء.

.....

٣. يتم حساب كمية الحرارة (q) باستخدام المعادلة الآتية:

$$q = m \times c \times \Delta T$$

افترض أن:

- كثافة المحلول المتكوّن تساوي كثافة الماء النقي (1 g/mL).
- السعة الحرارية النوعية للمحلول تساوي السعة الحرارية النوعية للماء النقي.

أ. احسب كمية الحرارة الناتجة من التفاعل.

.....

.....

.....

ب. ما قيمة التغير في المحتوى الحراري لهذا التفاعل؟

.....

.....

.....

٤. احسب عدد مولات NaOH الموجودة في 50 mL من محلول بتركيز 1.00 mol/L.

.....

.....

.....

٥. احسب التغير في المحتوى الحراري القياسي للتعادل بوحدة kJ/mol.

.....

.....

.....

٦. القيمة المقبولة للتغير في المحتوى الحراري القياسي للتعادل تساوي kJ/mol -57.1. احسب النسبة المئوية للخطأ بين القيمة التي قمت بحسابها مستخدمًا نتائجك في السؤال (٥) والقيمة المقبولة.

.....

.....

.....

٧. احسب النسب المئوية للأخطاء الناتجة من قياسات درجة الحرارة والحجوم.

.....

.....

.....

.....

استقصاء عملي ٧-٢ التغير في المحتوى الحراري لاحتراق الكحولات

في هذا الاستقصاء العملي، سوف تستقصي التغير في المحتوى الحراري لاحتراق الكحولات ذات السلاسل الخطية: الإيثانول، و -1بروبانول، و -1بيوتانول، و -1بنتانول. سوف تقوم بحرق الكحولات جميعها باستخدام مواقد كحولية. ولجعله **اختبارًا صحيحًا**، يجب أن تتأكد من أن التغير في المحتوى الحراري الذي تمّ قياسه يكون هو نفسه في كل مرة. لذلك، سوف تقوم برفع درجة حرارة حجم مُقاس (محدّد) من الماء بالمقدار نفسه لكل نوع من الكحولات.

في هذه الطريقة، ستستخدم مسعر من النحاس كوعاء لتسخين الماء. وعند تسخين الماء، فإنك تقوم أيضًا بتسخين المسعر.

الصيغة المستخدمة لحساب كمية الحرارة هي: $q = m \times c \times \Delta T$

في هذه التجربة:

الحرارة الكلية q = (الماء) q + (المسعر) q

الحرارة الكلية q J = ($m_{\text{الماء}} \times c_{\text{الماء}} \times \Delta T$) + ($m_{\text{المسعر}} \times c_{\text{المسعر}} \times \Delta T$)

السعة الحرارية النوعية للماء c تساوي 4.18 J/g°C.

السعة الحرارية النوعية للنحاس c تساوي 0.385 J/g°C.

إذا كنت تستخدم الزجاج كوعاء، فإن c تساوي 0.385 J/g°C.

مصطلحات علمية

اختبار صحيح Fair test: تجربة يؤثر فيها فقط المتغير المستقل على المتغير التابع. وتبقى المتغيرات الأخرى جميعها ثابتة.

المسعر Calorimeter: وعاء على شكل كأس يتم فيه قياس تغيرات الطاقة الحرارية.

مهم

m = الكتلة
c = السعة الحرارية النوعية
ΔT = التغير في درجة الحرارة

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

- مواقد كحولية يحتوي كل منها من أحد أنواع الكحولات الأربعة (إيثانول، -1بروبانول، -1بيوتانول، -1بنتانول)
- مسعر نحاسي
- سلك نحاسي للتقليب (للتحريك)
- حامل حديد كامل مع ماسك
- حصيرة عازلة للحرارة عدد 3 على الأقل
- ميزان حرارة (ثرمومتر) أو مجس حرارة متصل بحاسوب
- مخبار مدرج سعة 100 mL
- أعواد ثقاب
- ميزان رقمي يقرأ حتى منزلتَين عشريتَين على الأقل
- مصدر للماء
- موقد بنزن

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة النصائح الواردة في قسم السلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع لأي نصيحة من معلّمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء.
- ارتد نظارات واقية للعينَين في جميع مراحل الاستقصاء.
- تعدّ جميع الكحولات قابلة للاشتعال.
- يجب التعامل مع أنواع الكحولات على أنها مواد ضارة.

الجزء ١: التركيب الأولي للجهاز

قبل تنفيذ هذا الاستقصاء، يجب عليك التحقق من تركيب الجهاز بدقة لضمان إجراء اختبار صحيح لكل كحول يتم استخدامه.

الطريقة

١. زن المسعر النحاسي وسلك التقليب.

٢. ضع الموقد الكحولاتي الذي يحتوي على الإيثانول في المكان المخصص له في التجربة الفعلية على حصيرة عازلة للحرارة.

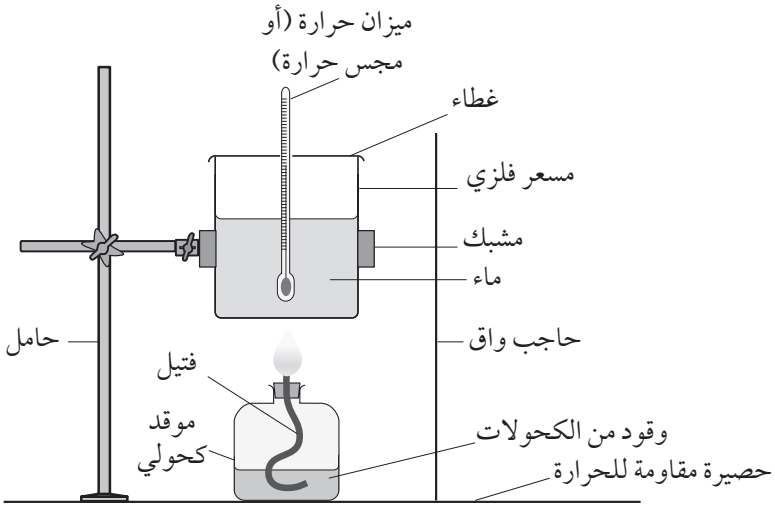
أ. باستخدام عود ثقاب مشتعل، أشعل الفتيل لتكوّن فكرة عن مدى ارتفاع الشعلة. يجب ألّا يزيد ارتفاع الشعلة عن عن 2 cm.

ب. ثبّت المسعر بحيث تلامس الشعلة قاعدته (انظر إلى الشكل ٧-٢).

٣. لضمان دقة القياسات، يجب أن يكون ارتفاع الشعلة هو نفسه في التجارب الأربع جميعها، وكذلك يجب أن تكون المسافة بين الشعلة وقاعدة المسعر هي نفسها.

٤. أضف 100 mL من الماء إلى المسعر ولاحظ ما إذا كان مستودع ميزان الحرارة أو مجس الحرارة مغمورًا بالماء. إذا لم يتحقق ذلك، يجب عليك زيادة حجم الماء.

٥. ضع حصيرتَين عازلتَين للحرارة على جانبَي الجهاز للحصول على حاجبَين عازلَين كما هو موضح في الشكل ٧-٢.



الشكل ٧-٢: جهاز لقياس التغير في المحتوى الحراري لتفاعل طارد للحرارة.

الجزء ٢: الإجراء العملي

سوف تقوم الآن بإجراء الاستقصاء لتحديد التغير في المحتوى الحراري لاحتراق الكحولات جميعها.

التنبؤ

يعطي الجدول ٧-٣ الصيغ الجزيئية للكحولات الأربعة وقيمة مرجعية للمحتوى الحراري لاحتراق كل منها. استخدم هذه المعلومات لإجراء تنبؤ كمي لكيفية التغير في المحتوى الحراري للاحتراق مع تغير الكتلة المولية للكحول. استخدم تنبؤَك، واقترح قيمة التغير في المحتوى الحراري لاحتراق كل من:

- الميثانول CH_3OH
- 1-هكسانول $C_6H_{13}OH$
- 1-ديكانول $C_{10}H_{21}OH$

الطريقة

١. أضف 100 mL من الماء في المسعر (أو حجم الماء الذي حددته في التركيب الأولي للجهاز).

٢. ثبّت المسعر في الموقع وعند الارتفاع اللذَين حددتهما في التركيب الأولي للجهاز.

٣. زِن الموقد الكحولاتي بالإضافة إلى الغطاء إن وجد.
كتلة (الموقد + الإيثانول) = g .....

٤. حرك الماء جيدًا وقم بقياس درجة حرارته.
درجة الحرارة الابتدائية للماء = °C .....

٥. **أ.** انزع الغطاء عن الموقد وضعه تحت المسعر.
ب. أشعل الفتيل.

٦. حرك الماء جيدًا حتى ترتفع درجة حرارته بمقدار °C 20 بالضبط.
درجة الحرارة النهائية للماء = °C.....

٧. **أ.** أطفئ الشعلة وقم بتغطية الموقد بالغطاء إن وجد.
ب. انقل الموقد إلى الميزان الرقمي باستخدام حصيرة عازلة للحرارة وزِنْه.
كتلة (الموقد + الإيثانول) = g .....
كتلة الإيثانول المحترق = g .....

٨. كرّر الخطوات من 1 إلى 7 باستخدام الكحولات الثلاثة الأخرى وسجل نتائجك في الجدول ٧-٣.

إيثانول	كتلة (الموقد + الإيثانول) قبل الاحتراق	g .....
	(الموقد + الإيثانول) بعد الاحتراق	g .....
	كتلة **الإيثانول** المحترق	g .....
-1بروبانول	كتلة (الموقد + الـ -1بروبانول) قبل الاحتراق	g .....
	كتلة (الموقد + الـ -1بروبانول) بعد الاحتراق	g .....
	كتلة الـ -**1بروبانول** المحترق	g .....
-1بيوتانول	كتلة (الموقد + الـ -1بيوتانول) قبل الاحتراق	g .....
	كتلة (الموقد + الـ -1بيوتانول) بعد الاحتراق	g .....
	كتلة الـ -**1بيوتانول** المحترق	g .....
-1بنتانول	كتلة (الموقد + الـ -1بنتانول) قبل الاحتراق	g .....
	كتلة (الموقد + الـ -1بنتانول) بعد الاحتراق	g .....
	كتلة الـ -**1بنتانول** المحترق	g .....

الجدول ٧-٣: جدول النتائج.

التحليل والاستنتاج والتقويم

التغير في المحتوى الحراري هو نفسه لأنواع الكحولات الأربعة لأنك قمت بتسخين كتلة الماء نفسها واستخدمت الجهاز نفسه ومصدر الحرارة نفسه. تذكر أن هذه القيمة تكون بوحدة الجول (J) وأن التغيرات في المحتوى الحراري يتم التعبير عنها عادةً بالكيلوجول (KJ).

إذا كانت كتلة الإيثانول المحترق هي m بالجرام (g)، فإن عدد مولات الإيثانول (n) المحترق في التجربة هو:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{m}{46}$$

إذا كانت كمية الحرارة هي q، فيمكن حساب التغير في المحتوى الحراري القياسي للاحتراق ($\Delta H_c^\ominus$) على النحو الآتي:

$$(\Delta H_c^\ominus) = -\left(\frac{q}{n} \div 1000\right) \text{ kJ/mol}$$

١. احسب التغيرات في المحتوى الحراري القياسية للكحولات الأربعة وسجل نتائجك في الجدول ٧–٤.

اسم الكحولات	الكتلة المولية	عدد المولات المحترقة / (mol)	القيمة التجريبية لـ $\Delta H_c^\ominus$ / kJ/mol	القيمة الفعلية المقبولة لـ $\Delta H_c^\ominus$ / kJ/mol
الإيثانول				-1367
الـ –1بروبانول				-2021
الـ –1بيوتانول				-2676
الـ –1بنتانول				-3330

الجدول ٧–٤: جدول النتائج.

٢. احسب **النسبة المئوية للخطأ** في القيمة التجريبية لـ ($\Delta H_c^\ominus$) لكل كحول مقارنة بالقيمة الفعلية لـ ($\Delta H_c^\ominus$) الموضحة في الجدول ٧–٤.

أ. الإيثانول

.....

.....

ب. -1بروبانول

.....

.....

ج. -1بيوتانول

.....

.....

د. -1بنتانول

.....

.....

٣. احسب النسبة المئوية القصوى للخطأ الناتج من استخدام الجهاز باستخدام المعادلة الآتية:

$$\text{النسبة المئوية للخطأ} = \frac{|\text{القيمة الفعلية} - \text{القيمة التجريبية}|}{\text{القيمة الفعلية}} \times 100\%$$

.....

.....

أ. احسب قيمة عدم الدقة في قياس درجة الحرارة؟ (لاحظ أنه تم أخذ قراءتين لكل تغير في درجة الحرارة).

.....

.....

ب. احسب قيمة عدم الدقة في قياس حجم الماء:

.....

.....

٤. احسب قيمة عدم الدقة في كتلة الكحولات المحترقة:

أ. الإيثانول

.....

.....

ب. -1بروبانول

.....

.....

ج. 1-بيوتانول

.....

.....

د. 1-بنتانول

.....

.....

٥. اختر نوعًا واحدًا من الكحولات واحسب النسبة المئوية القصوى للخطأ الناتج من الجهاز المستخدم.

.....

.....

.....

٦. ما مصادر الخطأ الأخرى التي قد تؤدي إلى عدم الدقة في نتائجك؟

.....

.....

.....

.....

.....

.....

استقصاء عملي ٧-٣ التغير في المحتوى الحراري للتفكك الحراري

مصطلحات علمية

التفكك الحراري Thermal decomposition: تفكك مركب ما تحت تأثير الحرارة إلى مادتَين مختلفتَين أو أكثر.

عندما يتم تسخين كربونات البوتاسيوم الهيدروجينية فإنها تتفكك إلى كربونات البوتاسيوم وثاني أكسيد الكربون والماء، وفق المعادلة الآتية:

$$2KHCO_3(s) \rightarrow K_2CO_3(s) + CO_2(g) + H_2O(l)$$

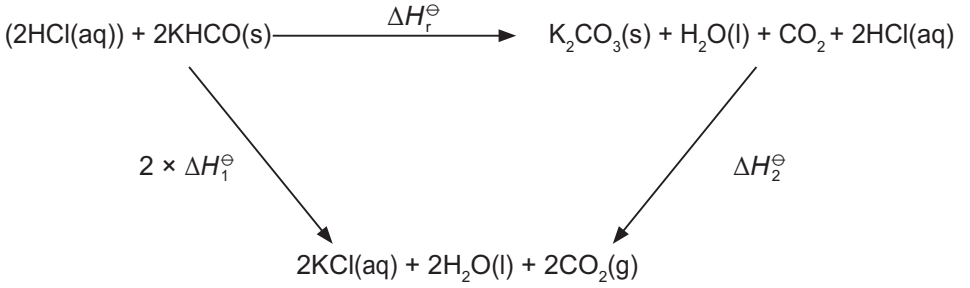
ولأن هذا التفاعل يُعدّ تفكّكًا حراريًّا وهو تفاعل ماص للحرارة، سيكون مستحيلًا قياس التغير في المحتوى الحراري له بشكل مباشر. وللتغلب على هذه المشكلة، نستخدم قانون هسّ لإيجاد التغير في المحتوى الحراري بشكل غير مباشر.

حيث يتفاعل كل من كربونات البوتاسيوم الهيدروجينية وكربونات البوتاسيوم مع حمض الهيدروكلوريك وتكون التغيرات في المحتوى الحراري في كلا الحالتَين قابلة للقياس.

$KHCO_3(s) + HCl(aq) \rightarrow KCl(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$ التغير في المحتوى الحراري $= \Delta H_1^\ominus$

$K_2CO_3(s) + 2HCl(aq) \rightarrow 2KCl(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$ التغير في المحتوى الحراري $= \Delta H_2^\ominus$

يمكننا بناء حلقة هسّ لهذا التفاعل، الشكل ٧-٣.



الشكل ٧-٣: حلقة هسّ.

باستخدام قانون هس: $\Delta H_r^\ominus + \Delta H_2^\ominus = 2\Delta H_1^\ominus$

وبالتالي، $\Delta H_r^\ominus = 2\Delta H_1^\ominus - \Delta H_2^\ominus$ ومن خلال **تحديد** قيم $\Delta H_1^\ominus$ و $\Delta H_2^\ominus$ سنكون قادرين على حساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل.

أفعال إجرائية

حدّد Determine: أجب استنادًا إلى المعلومات المتاحة.

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

- كوب من البوليسترين مع الغطاء
- كأس زجاجية لحمل كوب البوليسترين
- ميزان حرارة (من 10- °C إلى 50 °C ويفضل أن يقرأ حتى المنزلة 0.2 °C
- أوراق بلاستيكية للوزن
- مجس حرارة متصل بحاسوب
- مخبار مدرج سعة 50 mL
- صوف قطني لتوفير عزل إضافي
- كربونات البوتاسيوم
- كربونات البوتاسيوم الهيدروجينية
- حمض الهيدروكلوريك بتركيز 2 mol/L
- ميزان رقمي يقرأ حتى منزلتَين عشريتَين على الأقل

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة النصائح الواردة في قسم السلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع لأي نصيحة من معلّمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء.
- ارتدِ نظارات واقية للعينَين في جميع مراحل الاستقصاء.
- يُعدّ حمض الهيدروكلوريك مادة مهيّجة عند هذا التركيز.

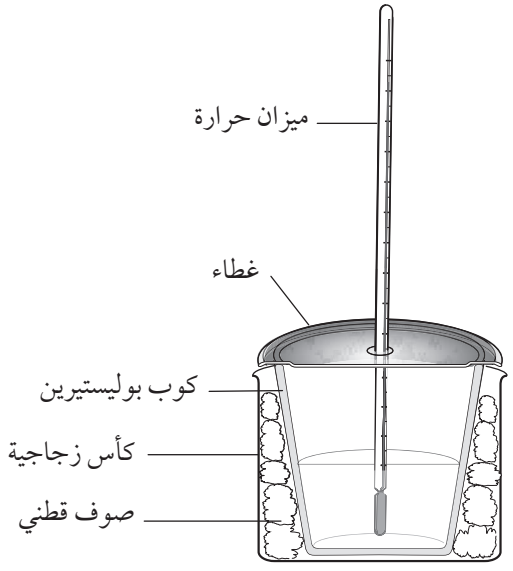
الجزء ١: تحديد التغير في المحتوى الحراري للتفاعل الأول

الطريقة

١. احسب كتلة 0.025 mol من كربونات البوتاسيوم الهيدروجينية.
(A_r: K = 39.1, H = 1, C = 12, O = 16)
الكتلة المولية لكربونات البوتاسيوم الهيدروجينية = g/mol .....
كتلة 0.025 mol = g .....

٢. زِن كتلة 0.025 mol من كربونات البوتاسيوم الهيدروجينية التي قمت بحسابها.
كربونات البوتاسيوم الهيدروجينية التي تمّ وزنها = g .....

٣. ضع كوب البوليسترين داخل الكأس الزجاجية وقم بتعبئة الصوف القطني في الفراغ المحيط بالكوب (الموجود بين الكأس والكوب) لتحسين عملية العزل كما هو موضح في الشكل ٧–٤.



الشكل ٧–٤: جهاز لتحديد التغير في المحتوى الحراري لتفاعل التعادل.

٤. أضف 50.0 mL من حمض الهيدروكلوريك بتركيز 2 mol/L في كوب البوليسترين.

٥. قس درجة الحرارة الابتدائية للحمض.
درجة الحرارة الابتدائية للحمض = °C.....

٦. أضف كربونات البوتاسيوم الهيدروجينية إلى الحمض. سيحدث فوران سريع، لذا تأكد من أن الغطاء جاهز لتفادي أي انسكابات.

٧. حرّك الكأس ومحتوياته دائريًّا للتأكد من أنه قد تمّ تحريك المخلوط جيدًا.

٨. عند اكتمال التفاعل، سجّل درجة الحرارة الدنيا.
درجة الحرارة النهائية لمخلوط التفاعل الأول = °C.....

الجزء ٢: تحديد التغير في المحتوى الحراري للتفاعل الثاني

الطريقة

١. احسب كتلة 0.025 mol من كربونات البوتاسيوم.
(A_r: K = 39.1, C = 12, O = 16)
الكتلة المولية لكربونات البوتاسيوم = g/mol .....
كتلة 0.025 mol = g .....

٢. زِن كتلة 0.025 mol من كربونات البوتاسيوم التي قمت بحسابها.
كتلة كربونات البوتاسيوم التي وزنتها = g .....

٣. ضع كوب البوليسترين داخل الكأس الزجاجية وقم بتعبئة الصوف القطني في الفراغ المحيط بالكوب (الموجود بين الكأس والكوب) لتحسين عملية العزل.

٤. أضف 50.0 mL من حمض الهيدروكلوريك بتركيز 2 moL في كوب البوليسترين.

٥. قس درجة الحرارة الابتدائية للحمض.
درجة الحرارة الابتدائية للحمض = °C.....

٦. أضف كربونات البوتاسيوم إلى الحمض. مرة أخرى، سيحدث فوران سريع، لذا تأكد من أن الغطاء جاهز لتفادي أي انسكابات.

٧. حرّك الكأس ومحتوياته دائريًّا للتأكد من أنه قد تمّ تحريك المخلوط جيدًا.

٨. عند اكتمال التفاعل، سجل درجة الحرارة القصوى.
درجة الحرارة النهائية لمخلوط التفاعل الثاني = °C.....

التحليل والاستنتاج والتقويم

١. أكمل الجدول ٧-٥ أدناه.

درجة الحرارة	التفاعل الأول	التفاعل الثاني
درجة الحرارة النهائية/°C		
درجة الحرارة الابتدائية/°C		
التغير في درجة الحرارة (ΔT)/ °C		

الجدول ٧-٥: جدول النتائج.

مقدار كمية الحرارة: $q = m \times c$ (السعة الحرارية النوعية) $\times \Delta T$.

التغير في المحتوى الحراري القياسي لكل تفاعل: $\Delta H_r^\ominus = \frac{-q}{0.025\ \text{mol}}$

افترض أن كثافة حمض الهيدروكلوريك تساوي 1.00 g/mL والسعة الحرارية النوعية 4.18 J/.c.

٢. احسب قيمة q للتفاعل الأول.

.....

.....

٣. احسب التغير في المحتوى الحراري القياسي للتفاعل الأول. ($\Delta H_1^\ominus$) باستخدام القيمة الخاصة بك لـ q و 0.025 مول كقيمة n).

.....

.....

٤. احسب قيمة q للتفاعل الثاني.

.....

.....

٥. احسب التغير في المحتوى الحراري القياسي للتفاعل الثاني. ($\Delta H_2^\ominus$) باستخدام القيمة الخاصة بك لـ q و 0.025 mol كقيمة n).

.....

.....

٦. استخدم هاتَين النتيجتَين لحساب التغير في المحتوى الحراري للتفكك الحراري لكربونات البوتاسيوم الهيدروجينية ($\Delta H_r^\ominus = 2\Delta H_1^\ominus - \Delta H_2^\ominus$).

.....

.....

.....

أفعال إجرائية

افترض Assume: ضع افتراضًا أو فرضية، أي أن معلومةً ما تُعدّ صحيحة، على سبيل المثال: 1 mol من أي غاز يشغل حجمًا يساوي 24 L.

٧. معادلة التفكك الحراري لكربونات البوتاسيوم الهيدروجينية هي:

$$2KHCO_3(s) \rightarrow K_2CO_3(s) + CO_2(g) + H_2O(l)$$

الجدول ٧-٦ يوضح التغيرات في المحتوى الحراري القياسي للتكوين ذات الصلة بالتفاعل:

المادة	$\Delta H_f^\ominus$ / kJ/mol
$KHCO_3(s)$	-959.4
$K_2CO_3(s)$	-1146
$(CO_2(g)$	-393.5
$H_2O(l)$	-285.8

الجدول ٧-٦: التغيرات في المحتوى الحراري القياسي للتكوين ذات الصلة بالتفاعل.

باستخدام هذه القيم لـ $\Delta H_f^\ominus$ احسب تغير المحتوى الحراري القياسي لتفاعل التفكيك الحراري أعلاه.

.....

.....

٨. احسب النسبة المئوية للخطأ بين القيمة التي حسبتها باستخدام نتائجك في السؤال (٦) والقيمة التي حسبتها في السؤال (٧).

.....

.....

أ. احسب النسبة المئوية القصوى للخطأ في التفاعل الأول والتفاعل الثاني الناتج عن الجهاز المستخدم.

التفاعل الأول

.....

.....

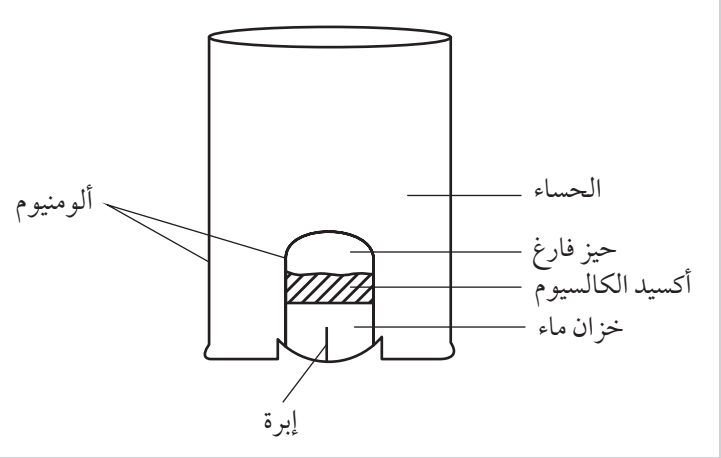
التفاعل الثاني

.....

.....

أسئلة نهاية الوحدة

١. يوضح الشكل أدناه علبة معدنية يمكنها تسخين الحساء بدون مصدر خارجي للحرارة.



علمًا أنه عندما يتم خلط فائض من الماء مع أكسيد الكالسيوم، يحدث تفاعل طارد للحرارة، وفق المعادلة الآتية:

المعادلة 1: $CaO(s) + H_2O(l) \rightarrow Ca(OH)_2(aq)$

أ. ما سبب ارتفاع درجة حرارة الحساء عندما يتفاعل أكسيد الكالسيوم مع الماء؟

ب. عندما يتفاعل أكسيد الكالسيوم، يتمدد الألومنيوم.

١- لماذا قد يشكل ذلك مشكلة؟

٢- استخدم المعلومات الواردة في المخطط لشرح كيفية التغلب على هذه المشكلة.

ج. **احسب** التغير في المحتوى الحراري للتفاعل الذي يتم وفق المعادلة الآتية:

المعادلة 2: $CaO(s) + H_2O(l) \rightarrow Ca(OH)_2(s)$

$\Delta H_f^\ominus [CaO(s)] = -635.1$ kJ/mol

$\Delta H_f^\ominus [Ca(OH)_2(s)] = -986.1$ kJ/mol

$\Delta H_f^\ominus [H_2O(l)] = -285.8$ kJ/mol

د. لا تسخّن الطاقة المنطلقة من التفاعل في المعادلة 2 العلبة بشكل كافٍ. عن طريق مقارنة المعادلتَين 1 و 2، صِف التغيّر في محتوى حرارٍي آخر يشارك في تسخين العلبة.

هـ. ينتج أكسيد الكالسيوم من التفاعل الذي يتم وفق المعادلة الآتية:

$3Ca(s) + Fe_2O_3(s) \rightarrow 2Fe(s) + 3CaO(s)$

مهم

ستحتاج إلى دراسة المخطط بعناية عند الإجابة عن الأسئلة التي تليه.

أفعال إجرائية

احسب Calculate:
استخلص، من الحقائق المعطاة، المعلومات أو الأرقام.

مهم

في الجزئية ج، يجب عليك استخدام قانون هسّ مع القيم المعطاة.

مهم

تأكد من أنك تعرف كيفية رسم مخطط مسار التفاعل قبل الإجابة عن الجزئية هـ.

تابع

ارسم حلقة طاقة موضحًا المواد الناتجة من احتراق المواد المتفاعلة والمواد الناتجة، لحساب التغير في المحتوى الحراري لهذا التفاعل.

$\Delta H_c^\ominus$ [Ca(s)] = –635.1 kJ/mol

$\Delta H_c^\ominus$ [Fe(s)] = –824.2 kJ/mol

٢- يُعدّ التغير في المحتوى الحراري لهذا التفاعل طاردًا للحرارة. ارسم مخططًا معنونًا بالرموز لمسار هذا التفاعل.

٢. يمكن استخدام طاقات الروابط لإيجاد التغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما.

أ. ١- ما المقصود بمصطلح متوسط طاقة الرابطة؟

٢- يؤدي استخدام طاقات الروابط إلى قيمة أكثر دقة لـ $\Delta H_f^\ominus[C_2H_5OH]$ من استخدام متوسط طاقات الروابط. اشرح إجابتك.

٣- اكتب المعادلة التي تمثل قيمة طاقة الرابطة للبروم وضمّنها رموز الحالة الفيزيائية

ب. احسب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل الذي يتم وفق المعادلة الآتية:

$$H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(g)$$

يوضح الجدول أدناه قيم طاقات الروابط ذات الصلة.

نوع الرابطة	طاقة الرابطة (kJ/mol)
H–H	435.9
Cl–Cl	243.4
H–Cl	431.0

ج. ارسم مخطط مسار التفاعل لهذا التفاعل لتوضيح كسر الروابط في الهيدروجين والكلور وتكوين الروابط في كلوريد الهيدروجين. لا تظهر طاقة التنشيط.

د. هل يتم امتصاص الطاقة أو إطلاقها عندما يتفكك كلوريد الهيدروجين إلى هيدروجين وكلور؟ اشرح إجابتك.

أفعال إجرائية

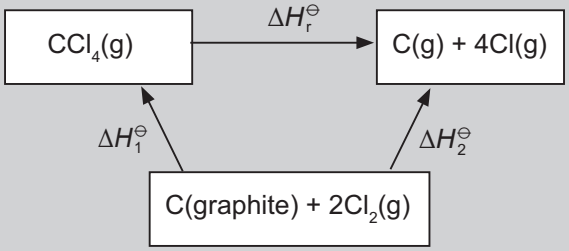
ارسم Sketch: أنشئ رسمًا بسيطًا يوضح الميزات الرئيسية.

مهم

يجب أن تضع عناوين لمحاور الرسم البياني. في الجزئية ٢-ج، تأكد من إضافة سهمَي طاقة التنشيط والتغير في المحتوى الحراري، وعنونِهما بشكل مناسب.

تابع

هـ. استخدم حلقة المحتوى الحراري في الشكل أدناه لحساب متوسط طاقة الرابطة للرابطة C–Cl في رباعي كلوريد الكربون، CCl_4.



$\Delta H_1^\ominus = -129.6$ kJ/mol

$\Delta H_{at}^\ominus [\frac{1}{2}Cl_2(g)] = +121.7$ kJ/mol

$\Delta H_{at}^\ominus [C(graphite)] = +716.7$ kJ/mol

٣. أ. عرّف التغير في المحتوى الحراري القياسي للتعادل.

ب. صِف كيف ستُجري تجربة لإيجاد التغير في المحتوى الحراري لتعادل حمض الهيدروكلوريك مع هيدروكسيد الصوديوم.

ج. تمّ خلط 50 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 1.0 mol/L مع 25 mL من حمض الكبريتيك تركيزه 1.0 mol/L.

$2NaOH(aq) + H_2SO_4(aq) \rightarrow Na_2SO_4(aq) + 2H_2O(l)$

بلغ الارتفاع الأقصى في درجة الحرارة 8.9 °C.

احسب التغير في المحتوى الحراري للتعادل.

السعة الحرارية النوعية للماء 4.18 J/g°c.

د. لا يمكن قياس التغير في المحتوى الحراري للتفاعل الموضح بالمعادلة (أ) أدناه بشكل مباشر.

المعادلة (أ): $Ca(s) + CuO(s) \rightarrow CaO(s) + Cu(s)$

أ. اشرح سبب عدم إمكانية قياس التغير في المحتوى الحراري لهذا التفاعل بشكل مباشر.

ب. تمّ إعطاؤك قيمة التغير في المحتوى الحراري للتفاعل:

$Ca(s) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow CaO(s)$

ما التغير في المحتوى الحراري الآخر المطلوب لحساب التغير في المحتوى الحراري في المعادلة (أ)؟ اكتب معادلة التغير في المحتوى الحراري هذه.

مهم

العملية المتبعة لحساب القيمة غير المعروفة في الجزئية ٢– هـ هي الطريقة نفسها المستخدمة في حلقات المحتوى الحراري الأخرى، لكنك ستحتاج إلى قراءة السؤال بعناية.

ΔH_{at} هي الطاقة اللازمة لتكوين 1 mol من الذرات في حالتها الغازية من عنصر في حالته الطبيعية.

مهم

تذكر أن تكتب التعريفات بدقة.

مهم

فكر في حلقة محتوى حراري مناسبة يمكن بناؤها عند الإجابة عن الجزئية د.

التغيرات في المحتوى الحراري
Enthalpy Changes

أهداف التعلُّم

٧-١ يُعرّف مصطلح «التغير في المحتوى الحراري» (ΔH) ويطبقه على التفاعلات الكيميائية الطاردة للحرارة (ΔH سالبة)، والتفاعلات الكيميائية الماصة للحرارة (ΔH موجبة).

٧-٢ يرسم مخططات لمسار التفاعل، ويفسرها من حيث التغيرات في المحتوى الحراري، وطاقة التنشيط.

٧-٣ يُعرّف مصطلح «الظروف القياسية» الموضحة بالرمز $^{\ominus}$، ويستخدمها. (الظروف القياسية هي 298 K، و 100 kPa)

٧-٤ يُعرّف مصطلح «التغير في المحتوى الحراري للتفاعل (ΔH_r)، وللتكوين (ΔH_f)، وللاحتراق (ΔH_c)، وللتعادل (ΔH_{neut}).

٧-٥ يحسب التغيرات في المحتوى الحراري من البيانات ونتائج التجارب، بما في ذلك استخدام المعادلتَين:

$q = mc\Delta T$

$\Delta H = -mc\Delta T/n$

٧-٦ يستخدم قانون هسّ لرسم دورات الطاقة البسيطة، ويحدد التغيرات في المحتوى الحراري التي لا يمكن إيجادها بالتجربة المباشرة.

٧-٧ يجري عمليات حسابية باستخدام بيانات متوسط طاقات الروابط.

الأنشطة

نشاط ٧-١ التغير في المحتوى الحراري ومخططات مسار التفاعل

ستتدرّب في هذا النشاط على رسم **مخططات مسار التفاعل للتفاعلات الطاردة للحرارة** و**التفاعلات الماصة للحرارة** التي تتضمن أيضًا **طاقة التنشيط**. وستتذكر في هذا النشاط أيضًا **الظروف القياسية**.

١. أكمل الجمل الآتية حول **التغيرات في المحتوى الحراري** باستخدام الكلمات الموجودة في القائمة أدناه.

امتصاص	**الكيميائي**	**ماصًّا**	**طاردًا**	**ΔH**	**الحرارية**
كلفن	**باسكال**	**الفيزيائية**	**انطلقت**	**القياسية**	**محيطه**

التغير في المحتوى الحراري هو تبادل الطاقة ..... بين مخلوط التفاعل ..... و ..... عند ضغط ثابت. والرمز المستخدم للتغير في المحتوى الحراري هو ..... فإذا تمّ ..... الحرارة من محيط التفاعل يكون التفاعل ..... للحرارة. وإذا ..... الحرارة نحو محيط التفاعل يكون التفاعل ..... للحرارة. عند إجراء مقارنة بين التغيرات في المحتوى الحراري نستخدم الظروف ..... وهذه الظروف تحدد على النحو الآتي: ضغط قيمته 100 kPa ..... ودرجة حرارة مقدارها 298 ..... وحيث تكون المواد المتفاعلة والناتجة جميعها في حالتها ..... العادية عند هذه الظروف.

مصطلحات علمية

الظروف القياسية Standard conditions: ضغط يساوي 100 kPa، ودرجة حرارة تساوي 298 K وموضحة بالرمز $^{\ominus}$.

التغير في المحتوى الحراري (ΔH) Enthalpy change,: الطاقة الحرارية المنتقلة (المتبادلة مع المحيط) أثناء حدوث تفاعل كيميائي عند ضغط ثابت.

مصطلحات علمية

مخططات مسار التفاعل Reaction pathway diagrams: مخططات بيانية توضح المحتويات الحرارية النسبية للمواد المتفاعلة (في الطرف الأيسر)، وللمواد الناتجة (في الطرف الأيمن) والتغير في المحتوى الحراري للتفاعل في هيئة سهم، ويمكن أن تتضمن أيضًا طاقة التنشيط.

التفاعل الطارد للحرارة Exothermic reaction: تفاعل تنطلق منه طاقة حرارية أثناء حدوثه. وتكون قيمة ΔH سالبة.

التفاعل الماص للحرارة Endothermic reaction: تفاعل يتم فيه امتصاص طاقة حرارية أثناء حدوثه. وتكون قيمة ΔH موجبة.

طاقة التنشيط Activation energy, E_A: الحد الأدنى من الطاقة التي يجب أن تمتلكها الجُسيمات المتصادمة لتكسير الروابط وبدء حدوث التفاعل الكيميائي.

٢. **أ.** ارسم مخطط مسار التفاعل للتفاعل الذي يتم وفقًا للمعادلة الآتية، وضمّنه طاقة التنشيط:

$$Mg(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow MgSO_4(aq) + Cu(s) \qquad \Delta H = -531\ kJ/mol$$

ب. هل يعد هذا التفاعل ماصًّا أم طاردًا للحرارة؟ اشرح إجابتك.

.....

.....

٣. ارسم مخطط مسار التفاعل، للتفاعل الذي يتم وفقًا للمعادلة الآتية، وضمّنه طاقة التنشيط:

$$2NaNO_3(s) \rightarrow 2NaNO_2(s) + O_2(g) \qquad \Delta H_r^{\ominus} = +218\ kJ/mol$$

نشاط ٧-٢ التغير في المحتوى الحراري

سوف تتعرف في هذا النشاط على الأنواع المختلفة من التغير في المحتوى الحراري وعلى كيفية تعريف هذا التغيّر.

١. أكمل الفراغات.

أ. التغير في المحتوى الحراري القياسي ..... هو التغير في المحتوى الحراري عندما يتكوّن مول واحد من ..... من عناصره ..... عند الظروف القياسية.

ب. التغير في المحتوى الحراري القياسي ..... كمية الحرارة المنطلقة عند احتراق مول ..... من مادة ما عند الظروف القياسية.

ج. التغير في المحتوى الحراري القياسي ..... هو التغير في المحتوى الحراري عندما تتفاعل كميات المواد المتفاعلة وفقًا للتناسب الكيميائي الموضح في ..... لتكوين المواد ..... عند .....

٢. طابق التغير في المحتوى الحراري من 1 إلى 5 من اليمين مع المعادلات من (أ) إلى (هـ) التي تمثلها إلى اليسار.

1. التغير في المحتوى الحراري القياسي لاحتراق الميثان $\Delta H_c^\ominus[CH_4(g)]$	**أ.** $H^+(aq) + OH^-(aq) \rightarrow H_2O(l)$
2. التغير في المحتوى الحراري القياسي لتكوين الميثان $\Delta H_f^\ominus[CH_4(g)]$	**ب.** $C(graphite) + 2H_2(g) \rightarrow CH_4(g)$
3. التغير في المحتوى الحراري القياسي للتعادل $\Delta H_{neut}^\ominus$	**ج.** $NaCl(aq) + AgNO_3(aq) \rightarrow NaNO_3(aq) + AgCl(s)$
4. التغير في المحتوى الحراري القياسي للتفاعل $\Delta H_r^\ominus$	**د.** $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$

٣. اكتب معادلات موزونة لتمثيل التفاعلات الآتية:

أ. التغير في المحتوى الحراري لاحتراق البروبان (C_3H_8).

.....

مهم

من المهم أن تتعلم بدقة تعريفات التغير في المحتوى الحراري. تأكد من الرجوع إلى:

- عدد المولات للمادة الناتجة أو المادة المتفاعلة ذات الصلة.
- الحالة الفيزيائية الصحيحة للمواد المتفاعلة والناتجة.
- الظروف القياسية.

مصطلحات علمية

التغير في المحتوى الحراري القياسي للاحتراق Standard enthalpy change of combustion $\Delta H_c^\ominus$: كمية الحرارة المنطلقة عند احتراق مول واحد من مادة ما عند الظروف القياسية.

التغير في المحتوى الحراري القياسي للتكوين Standard enthalpy change of formation $\Delta H_f^\ominus$: هو التغير في المحتوى الحراري عندما يتكوّن مول واحد من مركب من عناصره عند الظروف القياسية.

التغير في المحتوى الحراري القياسي للتفاعل Standard enthalpy change of reaction $\Delta H_r^\ominus$: هو التغير في المحتوى الحراري عندما تتفاعل كميات المواد المتفاعلة وفقًا للتناسب الكيميائي الموضح في المعادلة الكيميائية لتكوين المواد الناتجة عند الظروف القياسية.

ب. التغير في المحتوى الحراري لتعادل هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) مع حمض الكبريتيك (H_2SO_4).

.....

ج. التغير في المحتوى الحراري لتفاعل تفكك كربونات الماغنيسيوم ($MgCO_3$).

.....

د. التغير في المحتوى الحراري لتكوين أكسيد الصوديوم (Na_2O).

.....

٤. أيّ تفاعل في السؤال (٣) يعدّ تفاعلًا ماصًّا للحرارة؟

.....

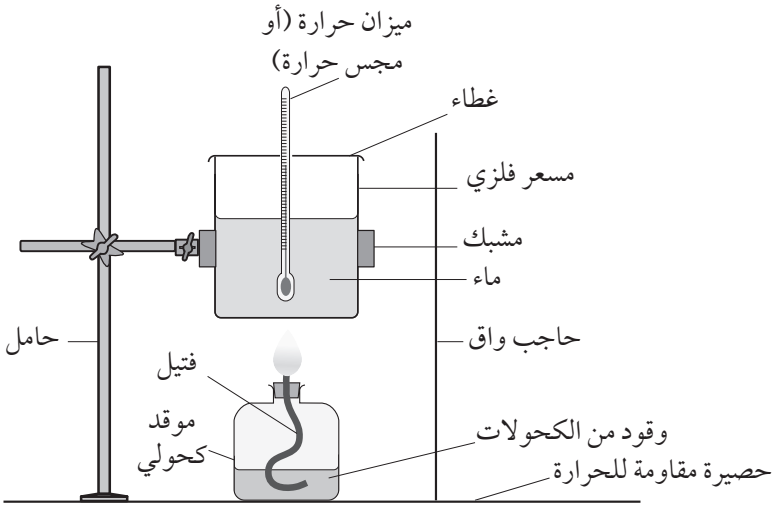
٥. أيّ تفاعل في السؤال (٣) يعدّ تفاعلًا طاردًا للحرارة؟

.....

نشاط ٧-٣ حساب التغير في المحتوى الحراري في تجربة

ستتدرب في هذا النشاط على مراجعة مفهوم التغير في المحتوى الحراري للاحتراق. وتطوّر مهاراتك في معالجة النتائج.

يوضح الشكل ٧–١ الجهاز المستخدم لحساب التغير في المحتوى الحراري لاحتراق 1-هيكسانول ($C_6H_{13}OH$).



الشكل ٧–١: جهاز لقياس التغير في المحتوى الحراري للاحتراق.

١. صف كيفية تنفيذ هذه التجربة.

.....

.....

٢. نتائج هذه التجربة كما يلي:

كتلة المسعر الفلزي = 200 g

كتلة الماء في المسعر الفلزي = 70 g

كتلة (الموقد + 1-هيكسانول) الابتدائية = 92.33 g

كتلة (الموقد + 1-هيكسانول) النهائية = 92.19 g

درجة حرارة الماء الابتدائية في المسعر الفلزي = 20.5 °C

درجة الحرارة النهائية للماء في المسعر الفلزي = 35.2 °C

احسب ما يلي:

مهم

من المهم أن تكون على دراية بكيفية حساب تغيّرات المحتوى الحراري بوساطة الطرائق التجريبية. ولكل تجربة يجب أن تعرف:

- اختيار أفضل جهاز
- مصادر الخطأ
- القراءات التي تحتاج إلى إجرائها.

أ. التغير في درجة حرارة الماء والمسعر الفلزي (ΔT)

.....

ب. الطاقة التي امتصها الماء، باستخدام العلاقة:

$q = mc\Delta T$، حيث إن قيمة السعة الحرارية النوعية للماء c تساوي: 4.18 J/g °C

.....

ج. الكتلة المولية لـ 1-هيكسانول، $C_6H_{13}OH$

.....

د. الطاقة المنطلقة عند احتراق مول واحد من 1-هيكسانول $\Delta H_c^{\ominus}$، بوحدة kJ/mol

.....

٣. إذا علمت أن القيمة الفعلية لـ $[C_6H_{13}OH(l)]$ $\Delta H_c^{\ominus}$ تساوي -3984 kJ/mol

سبب الاختلاف بين القيمة الفعلية والقيمة التجريبية التي تم الحصول عليها في السؤال ٢.

.....

.....

.....

٤. اكتب المعادلة الموزونة للاحتراق الكامل لـ -1هيكسانول. أعطِ قيمة التغير في المحتوى الحراري مع كتابة الرمز والإشارة الصحيحَين للتغير في المحتوى الحراري.

.....

.....

.....

٥. تمت إضافة 20.0 mL من محلول نترات الماغنيسيوم تركيزه 1.0 mol/L إلى 20 mL من محلول كربونات الصوديوم تركيزه 1.0 mol/L في كأس زجاجية فتكوّن راسب من كربونات الماغنيسيوم. وكانت درجة حرارة كلا المحلولَين قبل خلطهما 18.9 °C. وبعد خلطهما، بلغت درجة الحرارة القصوى 23.2 °C.

أ. اكتب المعادلة الموزونة لهذا التفاعل.

.....

ب. صِف التدابير التي ستتخذها لتجنب فقدان الحرارة خلال هذه التجربة.

.....

ج. احسب الطاقة المنطلقة نحو **محيط التفاعل**. علمًا بأن قيمة **السعة الحرارية النوعية** للماء تساوي 4.18 J/g °C.

.....

.....

د. ما الفرضيات التي اقترحتها عند تطبيق المعادلة التي استخدمتها في الجزئية ج؟

.....

.....

هـ. احسب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل لكل مول من نترات الماغنيسيوم.

.....

.....

مصطلحات علمية

محيط التفاعل Surroundings: كل مادة تحيط بالتفاعل عدا المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في تفاعل كيميائي، على سبيل المثال: المذيب ووعاء التفاعل.

السعة الحرارة النوعية Specific heat capacity, c: هي كمية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة 1 g من مادة ما بمقدار 1 °C.

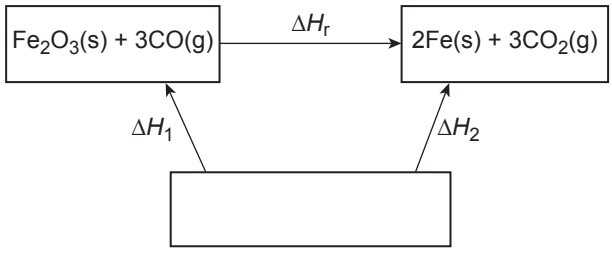
نشاط ٧-٤ استخدام قانون هس

ستتدرب في هذا النشاط على رسم **حلقات الطاقة** وتفسيرها لحساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل

١. تم اختزال أكسيد الحديد(III) بوساطة أحادي أكسيد الكربون، وفق المعادلة الآتية:

$$Fe_2O_3(s) + 3CO(g) \rightarrow 2Fe(s) + 3CO_2(g)$$

أ. أكمل حلقة المحتوى الحراري لهذا التفاعل في حالاتها الفيزيائية القياسية.



الشكل ٧-٢: حلقة محتوى حراري للتفاعل.

ب. احسب التغير في المحتوى الحراري، ΔH_r للتفاعل، علمًا بأن:

قيم $\Delta H_f^{\ominus}$ بوحدة kJ/mol: $Fe_2O_3(s) = -824.2$, $CO(g) = -110.5$, $CO_2(g) = -393.5$

.....

.....

٢. احسب التغير في المحتوى الحراري لاحتراق البروبان باستخدام حلقة محتوى حراري مشابهة لتلك التي أكملتها في السؤال ١، علمًا بأن:

$$C_3H_8(g) + 5O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(l)$$

قيم $\Delta H_f^{\ominus}$ بوحدة kJ/mol: $C_3H_8(g) = -104.5$, $CO_2(g) = -393.5$, $H_2O(l) = -285.8$

.....

.....

.....

.....

مصطلحات علمية

حلقة الطاقة (حلقة هس) (Hess cycle), Energy cycle: مخطط يوضح المسارات البديلة بين المواد المتفاعلة والناتجة والتي تسمح بتحديد أحد تغيرات الطاقة من خلال تغيرات الطاقة الأخرى باستخدام قانون هسّ.

قانون هس Hess's law: التغيُّر الكلّي في المحتوى الحراري لأي تفاعل كيميائي تحت ضغط ثابت يساوي كمية ثابتة سواء تم التفاعل في خطوة واحدة أو أكثر.

مهم

عند رسم حلقات هس للطاقة (حلقات المحتوى الحراري) تذكّر ما يلي:

- يُكتب التفاعل الذي تريد حساب محتواه الحراري في الأعلى.
- يتم إكمال الحلقة بوضع العناصر، أو المواد الناتجة من الاحتراق، أو المحاليل المائية في الأسفل.
- يجب أن تتجه الأسهم في الاتجاه الصحيح حتى تتمكن من تطبيق قانون هس.

٣. يمكن استخدام التغير في المحتوى الحراري للاحتراق لإيجاد التغير في المحتوى الحراري لتكوين البيوتان.

أ. ارسم حلقة المحتوى الحراري لهذا التفاعل.

ب. احسب التغير في المحتوى الحراري لتكوين البيوتان باستخدام قانون هسّ علمًا بأن:

قيم $\Delta H_c^{\ominus}$ بوحدة kJ/mol:
C(graphite) = -393.5, $H_2(g)$ = -285.8, $C_4H_{10}(g)$ = -2876.5

.....

.....

.....

.....

ج. التغير في المحتوى الحراري القياسي لاحتراق الكربون (الجرافيت) هو نفسه التغير في المحتوى الحراري القياسي لتكوين ثاني أكسيد الكربون. اشرح السبب.

.....

.....

.....

.....

نشاط ٧-٥ طاقة الرابطة والتغير في المحتوى الحراري

سوف تتعرف في هذا النشاط على مفهوم **طاقة الرابطة**، وستتدرّب على العمليات الحسابية التي تتضمّن طاقات الروابط.

١. يوضح التسلسل أدناه كسر الروابط C–H الأربع في الميثان.

$$CH_4 \rightarrow CH_3 + H \qquad \Delta H_1$$
$$CH_3 \rightarrow CH_2 + H \qquad \Delta H_2$$
$$CH_2 \rightarrow CH + H \qquad \Delta H_3$$
$$CH \rightarrow C + H \qquad \Delta H_4$$

باستخدام المعادلات وتغيرات المحتوى الحراري الخاصة بها، اشرح الفرق بين مصطلحَي طاقة الرابطة ومتوسط طاقة الرابطة.

.....

.....

.....

.....

٢. يعدّ احتراق الميثان (CH_4) تفاعلًا طاردًا للحرارة. وهو يتم وفق المعادلة الآتية. اشرح، من حيث كسر الروابط وتكوينها، سبب كون هذا التفاعل طاردًا للحرارة.

٣. ترد أدناه معادلة الاحتراق الكامل للميثان:

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$$

أ. باستخدام الطاقة اللازمة لكسر الروابط في الجدول ٧–١، أكمل الجدول الآتي لحساب الطاقة اللازمة لكسر الروابط الموجودة في الميثان والأكسجين والطاقة المنطلقة عند تكوين الروابط الجديدة.

نوع الرابطة	قيم متوسط طاقة الرابطة kJ/mol
C–H	413
O=O	496
C=O	805
O–H	463
C=C	612

الجدول ٧–١: قيم متوسط طاقة الرابطة لبعض الروابط الشائعة.

مصطلحات علمية

طاقة الرابطة Bond energy: هي الطاقة اللازمة لكسر رابطةتساهمية معيّنة موجودة في جزيء ما في حالته الغازية، وتسمى أيضًا طاقة تفكك الرابطة أو المحتوى الحراري للرابطة.

مهم

عند حساب التغير في المحتوى الحراري باستخدام طاقات الروابط، تذكر ما يلي:

- عند كسر الرابطة، تكون إشارة ΔH موجبة (+) وعند تكوين الرابطة تكون اشارة ΔH سالبة (−).
- تُعطى قيم طاقة الرابطة للروابط الموضحة، على سبيل المثال، E(O=O) = +496، تشير إلى الرابطة الثنائية في جزيء الأكسجين (أي إلى الرابطتَين σ و π).
- يجب أن تأخذ في الحسبان عدد المولات لروابط معينة، على سبيل المثال: $2CO_2$ تمتلكان أربع روابط C=O.

الروابط المنكسرة kJ	الروابط المتكوّنة kJ
4 × (C–H) =	2 × (C═O) =
2 × (O═O) =	4 × (O–H) =
المجموع =	المجموع =

الجدول ٧–٢: الطاقة اللازمة لكسر الروابط في المواد المتفاعلة وتكوين الروابط في المواد الناتجة

ب. احسب التغير في المحتوى الحراري لهذا التفاعل.

.....

.....

٤. استخدم طاقات الروابط من الجدول ٧–٢ أعلاه لحساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل الذي يتم وفق المعادلة الآتية.

$$CH_2{=}CH_2(g) + 3O_2 \rightarrow 2CO_2(g) + 2H_2O(g)$$

الاستقصاءات العملية

استقصاء عملي ٧-١: حساب التغير في المحتوى الحراري لتفاعل التعادل بالتجربة

خلال هذا الاستقصاء العملي، سوف تقيس التغير في المحتوى الحراري لتعادل محلول من هيدروكسيد الصوديوم مع حمض الهيدروكلوريك بوساطة المعايرة.

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

- أكواب من البوليسترين
- كأس زجاجية 250 mL
- ميزان حرارة (من 10- °C إلى 50 °C ويفضل مع تدرج 0.2 °C) أو مجس حرارة متصل (أو موصول) بحاسوب
- ماصة سعة 50 mL أو (25 mL)
- مضخة ماصة
- سحاحة سعة 50 mL
- حامل سحاحة
- حامل حديد كامل، لحمل ميزان الحرارة (اختياري)
- سدادة من الفلين مع ثقب واحد، يتناسب مع ميزان الحرارة أو مجس حرارة (اختياري)
- حمض الهيدروكلوريك تركيزه نحو 2 mol/L
- محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 1.00 mol/L

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة النصائح الواردة في قسم السلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع لأي نصيحة من معلّمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء.
- ارتدِ نظارات واقية للعينَين في جميع مراحل الاستقصاء.
- يعدّ حمض الهيدروكلوريك مادة مهيجة عند هذا التركيز.
- يعدّ محلول هيدروكسيد الصوديوم مادة أكّالة عند هذا التركيز.

متغيرات الاستقصاء

اقرأ طريقة إجراء هذا الاستقصاء وحدد:

- المتغير المستقل
- المتغير التابع
- المتغيرات الضابطة.

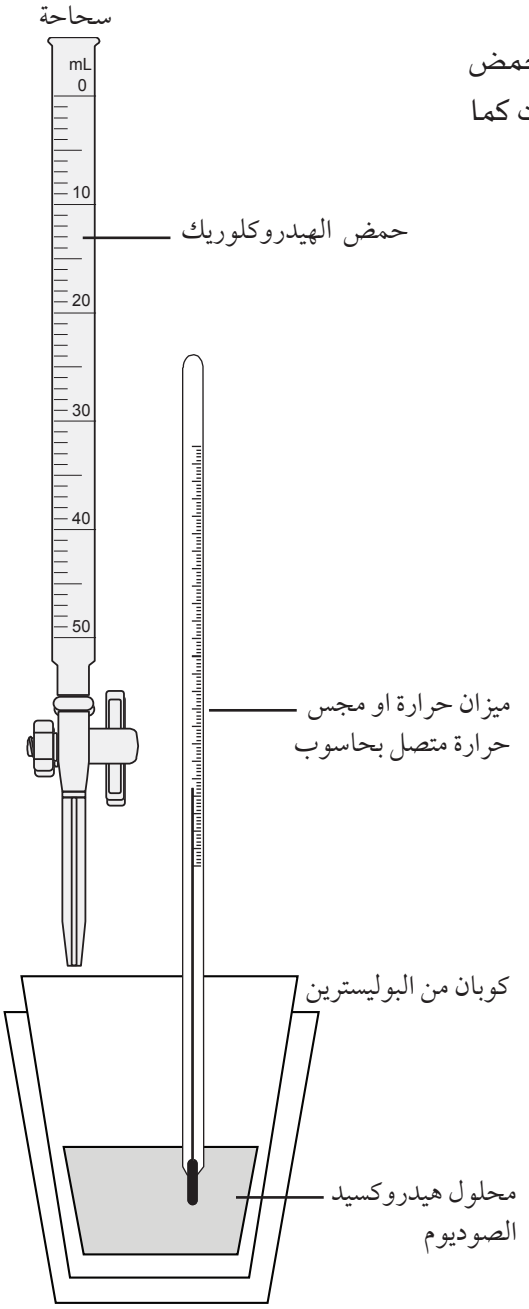
صف كيف يتم قياس كل متغير.

الطريقة

١. ضع كوبًا من البوليسترين داخل كوب آخر من البوليسترين لعزله وثبّتهما داخل الكأس الزجاجية.

٢. باستخدام ماصة ومضخة ماصة، أضف 50 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى كوب البوليسترين (إذا كانت الماصة 50 mL غير متوفرة، فاستخدم ماصة 25 mL مرتين).

٣. نظف السحاحة واملأها بحمض الهيدروكلوريك ورتّب الأدوات كما هو موضح في الشكل ٧–١.



الشكل ٧–١: جهاز لتحديد التغير في المحتوى الحراري لتفاعل تعادل بوساطة المعايرة.

٤. قس درجة حرارة محلول هيدروكسيد الصوديوم قبل إضافة الحمض ثم سجل درجة الحرارة في الجدول ٧-١.

٥. باستخدام السحاحة، أضف 5.0 mL من حمض الهيدروكلوريك إلى المحلول الموجود في الكوب. قم بتقليب محتوى الكوب عن طريق تحريكه بشكل دائري، وقِس أعلى درجة حرارة تمّ الوصول إليها. سجل القيمة التي قمت بقياسها في الجدول ٧-١.

٦. أضف على الفور مرة أخرى 5.0 mL من حمض الهيدروكلوريك المخفف وحرك المخلوط الناتج. قم بقياس أعلى درجة حرارة وسجلها في الجدول ٧-١.

٧. كرّر الخطوة ٦ حتى يبلغ مجموع ما أضفته 50.0 mL من الحمض، مسجّلًا أعلى درجة حرارة بعد كل إضافة لـ 5.0 mL.

النتائج

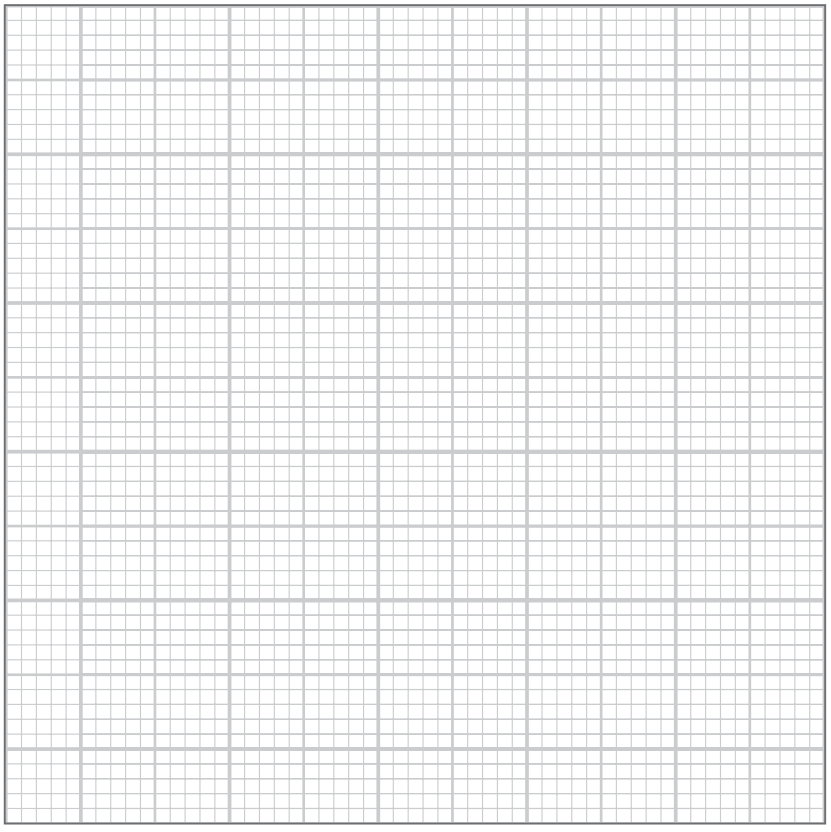
حجم الحمض/ (mL)	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0
درجة الحرارة / (°C)											

الجدول ٧-١: جدول النتائج.

التحليل والاستنتاج والتقويم

١. مثّل النتائج المسجلة في الجدول ٧-١ مع مراعاة ما يلي:

- باستخدام أكبر مقياس ممكن، ارسم تمثيلًا بيانيًّا لدرجة الحرارة (المحور العمودي/ الرأسي) مقابل حجم الحمض (المحور الأفقي).
- سينقسم التمثيل البياني إلى قسمَين - سيُظهر القسم الأول ارتفاعًا في درجة الحرارة، وسيُظهر القسم الثاني انخفاضًا في درجة الحرارة.
- ارسم الخط الأكثر ملاءمة عبر النقاط جميعها الموجودة في القسم الأول من التمثيل البياني والذي يوضح ارتفاع درجة الحرارة.
- ارسم الخط الأكثر ملاءمة عبر النقاط جميعها الموجودة في القسم الثاني والذي يوضح انخفاض درجة الحرارة.
- قم باستقراء كلا الخطَّين الأكثر ملاءمة في قسمَي التمثيل البياني لاستنتاج درجة الحرارة القصوى التي تمّ الوصول إليها من دون فقدان للحرارة.



٢. من التمثيل البياني، حدّد التغير الأقصى في درجة الحرارة (ΔT) لهذا الاستقصاء.

.....

٣. يتم حساب كمية الحرارة (q) باستخدام المعادلة الآتية:

$$q = m \times c \times \Delta T$$

افترض أن:

- كثافة المحلول المتكوّن تساوي كثافة الماء النقي (1 g/mL).
- السعة الحرارية النوعية للمحلول تساوي السعة الحرارية النوعية للماء النقي.

أ. احسب كمية الحرارة الناتجة من التفاعل.

.....

.....

.....

ب. ما قيمة التغير في المحتوى الحراري لهذا التفاعل؟

.....

.....

.....

٤. احسب عدد مولات NaOH الموجودة في 50 mL من محلول بتركيز 1.00 mol/L.

.....

.....

.....

٥. احسب التغير في المحتوى الحراري القياسي للتعادل بوحدة kJ/mol.

.....

.....

.....

٦. القيمة المقبولة للتغير في المحتوى الحراري القياسي للتعادل تساوي kJ/mol -57.1. احسب النسبة المئوية للخطأ بين القيمة التي قمت بحسابها مستخدمًا نتائجك في السؤال (٥) والقيمة المقبولة.

.....

.....

.....

٧. احسب النسب المئوية للأخطاء الناتجة من قياسات درجة الحرارة والحجوم.

.....

.....

.....

.....

استقصاء عملي ٧-٢ التغير في المحتوى الحراري لاحتراق الكحولات

في هذا الاستقصاء العملي، سوف تستقصي التغير في المحتوى الحراري لاحتراق الكحولات ذات السلاسل الخطية: الإيثانول، و -1بروبانول، و -1بيوتانول، و -1بنتانول. سوف تقوم بحرق الكحولات جميعها باستخدام مواقد كحولية. ولجعله **اختبارًا صحيحًا**، يجب أن تتأكد من أن التغير في المحتوى الحراري الذي تمّ قياسه يكون هو نفسه في كل مرة. لذلك، سوف تقوم برفع درجة حرارة حجم مُقاس (محدّد) من الماء بالمقدار نفسه لكل نوع من الكحولات.

في هذه الطريقة، ستستخدم مسعر من النحاس كوعاء لتسخين الماء. وعند تسخين الماء، فإنك تقوم أيضًا بتسخين المسعر.

الصيغة المستخدمة لحساب كمية الحرارة هي: $q = m \times c \times \Delta T$

في هذه التجربة:

الحرارة الكلية q = (الماء) q + (المسعر) q

الحرارة الكلية q J = $(m_{\text{الماء}} \times c_{\text{الماء}} \times \Delta T) + (m_{\text{المسعر}} \times c_{\text{المسعر}} \times \Delta T)$

السعة الحرارية النوعية للماء c تساوي 4.18 J/g°C.

السعة الحرارية النوعية للنحاس c تساوي 0.385 J/g°C.

إذا كنت تستخدم الزجاج كوعاء، فإن c تساوي 0.385 J/g°C.

مصطلحات علمية

اختبار صحيح Fair test: تجربة يؤثر فيها فقط المتغير المستقل على المتغير التابع. وتبقى المتغيرات الأخرى جميعها ثابتة.

المسعر Calorimeter: وعاء على شكل كأس يتم فيه قياس تغيرات الطاقة الحرارية.

مهم

m = الكتلة
c = السعة الحرارية النوعية
ΔT = التغير في درجة الحرارة

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

- مواقد كحولية يحتوي كل منها على 10 g من أحد أنواع الكحولات الأربعة (إيثانول، -1بروبانول، -1بيوتانول، -1بنتانول)
- مسعر نحاسي
- سلك نحاسي للتقليب (للتحريك)
- حامل حديد كامل مع ماسك
- حصيرة عازلة للحرارة عدد 3 على الأقل
- ميزان حرارة (ثرمومتر) أو مجس حرارة متصل بحاسوب
- مخبار مدرج سعة 100 mL
- أعواد ثقاب
- ميزان رقمي يقرأ حتى منزلتَين عشريتَين على الأقل
- مصدر للماء
- موقد بنزن

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة النصائح الواردة في قسم السلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع لأي نصيحة من معلّمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء.
- ارتد نظارات واقية للعينَين في جميع مراحل الاستقصاء.
- تعدّ جميع الكحولات قابلة للاشتعال.
- يجب التعامل مع أنواع الكحولات على أنها مواد ضارة.

الجزء ١: التركيب الأولي للجهاز

قبل تنفيذ هذا الاستقصاء، يجب عليك التحقق من تركيب الجهاز بدقة لضمان إجراء اختبار صحيح لكل كحول يتم استخدامه.

الطريقة

١. زن المسعر النحاسي وسلك التقليب.

٢. ضع الموقد الكحولاتي الذي يحتوي على الإيثانول في المكان المخصص له في التجربة الفعلية على حصيرة عازلة للحرارة.

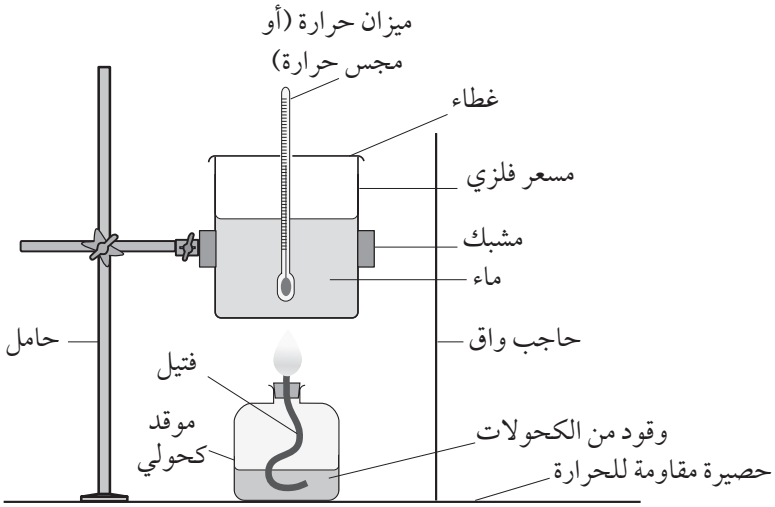
أ. باستخدام عود ثقاب مشتعل، أشعل الفتيل لتكوّن فكرة عن مدى ارتفاع الشعلة. يجب ألّا يزيد ارتفاع الشعلة عن عن 2 cm.

ب. ثبّت المسعر بحيث تلامس الشعلة قاعدته (انظر إلى الشكل ٧-٢).

٣. لضمان دقة القياسات، يجب أن يكون ارتفاع الشعلة هو نفسه في التجارب الأربع جميعها، وكذلك يجب أن تكون المسافة بين الشعلة وقاعدة المسعر هي نفسها.

٤. أضف 100 mL من الماء إلى المسعر ولاحظ ما إذا كان مستودع ميزان الحرارة أو مجس الحرارة مغمورًا بالماء. إذا لم يتحقق ذلك، يجب عليك زيادة حجم الماء.

٥. ضع حصيرتَين عازلتَين للحرارة على جانبَي الجهاز للحصول على حاجبَين عازلَين كما هو موضح في الشكل ٧-٢.



الشكل ٧-٢: جهاز لقياس التغير في المحتوى الحراري لتفاعل طارد للحرارة.

الجزء ٢: الإجراء العملي

سوف تقوم الآن بإجراء الاستقصاء لتحديد التغير في المحتوى الحراري لاحتراق الكحولات جميعها.

التنبؤ

يعطي الجدول ٧-٣ الصيغ الجزيئية للكحولات الأربعة وقيمة مرجعية للمحتوى الحراري لاحتراق كل منها. استخدم هذه المعلومات لإجراء تنبؤ كمي لكيفية التغير في المحتوى الحراري للاحتراق مع تغير الكتلة المولية للكحول. استخدم تنبؤَك، واقترح قيمة التغير في المحتوى الحراري لاحتراق كل من:

- الميثانول CH_3OH
- 1-هكسانول $C_6H_{13}OH$
- 1-ديكانول $C_{10}H_{21}OH$

الطريقة

١. أضف 100 mL من الماء في المسعر (أو حجم الماء الذي حددته في التركيب الأولي للجهاز).

٢. ثبّت المسعر في الموقع وعند الارتفاع اللذَين حددتهما في التركيب الأولي للجهاز.

٣. زِن الموقد الكحولاتي بالإضافة إلى الغطاء إن وجد.
كتلة (الموقد + الإيثانول) = g .....

٤. حرك الماء جيدًا وقم بقياس درجة حرارته.
درجة الحرارة الابتدائية للماء = °C .....

٥. **أ.** انزع الغطاء عن الموقد وضعه تحت المسعر.
ب. أشعل الفتيل.

٦. حرك الماء جيدًا حتى ترتفع درجة حرارته بمقدار °C 20 بالضبط.
درجة الحرارة النهائية للماء = °C.....

٧. **أ.** أطفئ الشعلة وقم بتغطية الموقد بالغطاء إن وجد.
ب. انقل الموقد إلى الميزان الرقمي باستخدام حصيرة عازلة للحرارة وزِنْه.
كتلة (الموقد + الإيثانول) = g .....
كتلة الإيثانول المحترق = g .....

٨. كرّر الخطوات من 1 إلى 7 باستخدام الكحولات الثلاثة الأخرى وسجل نتائجك في الجدول ٧-٣.

إيثانول	كتلة (الموقد + الإيثانول) قبل الاحتراق	g .....
	(الموقد + الإيثانول) بعد الاحتراق	g .....
	كتلة **الإيثانول** المحترق	g .....
-1بروبانول	كتلة (الموقد + الـ -1بروبانول) قبل الاحتراق	g .....
	كتلة (الموقد + الـ -1بروبانول) بعد الاحتراق	g .....
	كتلة الـ -**1بروبانول** المحترق	g .....
-1بيوتانول	كتلة (الموقد + الـ -1بيوتانول) قبل الاحتراق	g .....
	كتلة (الموقد + الـ -1بيوتانول) بعد الاحتراق	g .....
	كتلة الـ -**1بيوتانول** المحترق	g .....
-1بنتانول	كتلة (الموقد + الـ -1بنتانول) قبل الاحتراق	g .....
	كتلة (الموقد + الـ -1بنتانول) بعد الاحتراق	g .....
	كتلة الـ -**1بنتانول** المحترق	g .....

الجدول ٧-٣: جدول النتائج.

التحليل والاستنتاج والتقويم

التغير في المحتوى الحراري هو نفسه لأنواع الكحولات الأربعة لأنك قمت بتسخين كتلة الماء نفسها واستخدمت الجهاز نفسه ومصدر الحرارة نفسه. تذكر أن هذه القيمة تكون بوحدة الجول (J) وأن التغيرات في المحتوى الحراري يتم التعبير عنها عادةً بالكيلوجول (KJ).

إذا كانت كتلة الإيثانول المحترق هي m بالجرام (g)، فإن عدد مولات الإيثانول (n) المحترق في التجربة هو:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{m}{46}$$

إذا كانت كمية الحرارة هي q، فيمكن حساب التغير في المحتوى الحراري القياسي للاحتراق ($\Delta H_c^\ominus$) على النحو الآتي:

$$(\Delta H_c^\ominus) = -\left(\frac{q}{n} \div 1000\right) \text{ kJ/mol}$$

١. احسب التغيرات في المحتوى الحراري القياسية للكحولات الأربعة وسجل نتائجك في الجدول ٧–٤.

اسم الكحولات	الكتلة المولية	عدد المولات المحترقة / (mol)	القيمة التجريبية لـ $\Delta H_c^\ominus$ / kJ/mol	القيمة الفعلية المقبولة لـ $\Delta H_c^\ominus$ / kJ/mol
الإيثانول				-1367
الـ –1بروبانول				-2021
الـ –1بيوتانول				-2676
الـ –1بنتانول				-3330

الجدول ٧–٤: جدول النتائج.

٢. احسب **النسبة المئوية للخطأ** في القيمة التجريبية لـ ($\Delta H_c^\ominus$) لكل كحول مقارنة بالقيمة الفعلية لـ ($\Delta H_c^\ominus$) الموضحة في الجدول ٧–٤.

أ. الإيثانول

.....

.....

ب. -1بروبانول

.....

.....

ج. -1بيوتانول

.....

.....

د. -1بنتانول

.....

.....

٣. احسب النسبة المئوية القصوى للخطأ الناتج من استخدام الجهاز باستخدام المعادلة الآتية:

$$\text{النسبة المئوية للخطأ} = \frac{|\text{القيمة الفعلية} - \text{القيمة التجريبية}|}{\text{القيمة الفعلية}} \times 100\%$$

.....

.....

أ. احسب قيمة عدم الدقة في قياس درجة الحرارة؟ (لاحظ أنه تم أخذ قراءتين لكل تغير في درجة الحرارة).

.....

.....

ب. احسب قيمة عدم الدقة في قياس حجم الماء:

.....

.....

٤. احسب قيمة عدم الدقة في كتلة الكحولات المحترقة:

أ. الإيثانول

.....

.....

ب. -1بروبانول

.....

.....

ج. 1-بيوتانول

.....

.....

د. 1-بنتانول

.....

.....

٥. اختر نوعًا واحدًا من الكحولات واحسب النسبة المئوية القصوى للخطأ الناتج من الجهاز المستخدم.

.....

.....

.....

٦. ما مصادر الخطأ الأخرى التي قد تؤدي إلى عدم الدقة في نتائجك؟

.....

.....

.....

.....

.....

.....

استقصاء عملي ٧-٣ التغير في المحتوى الحراري للتفكك الحراري

مصطلحات علمية

التفكك الحراري Thermal decomposition: تفكك مركب ما تحت تأثير الحرارة إلى مادتَين مختلفتَين أو أكثر.

عندما يتم تسخين كربونات البوتاسيوم الهيدروجينية فإنها تتفكك إلى كربونات البوتاسيوم وثاني أكسيد الكربون والماء، وفق المعادلة الآتية:

$$2KHCO_3(s) \rightarrow K_2CO_3(s) + CO_2(g) + H_2O(l)$$

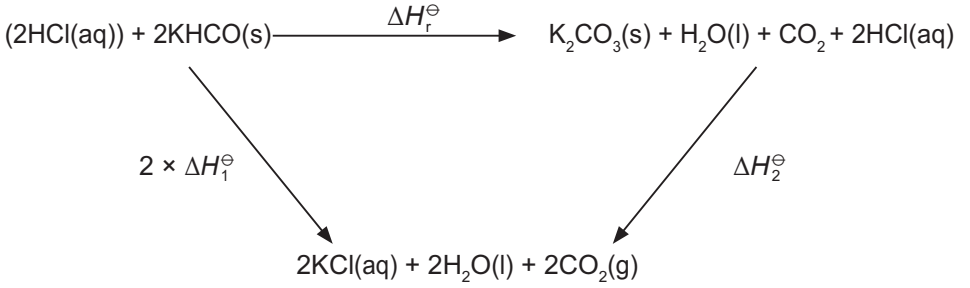
ولأن هذا التفاعل يُعدّ تفكّكًا حراريًّا وهو تفاعل ماص للحرارة، سيكون مستحيلًا قياس التغير في المحتوى الحراري له بشكل مباشر. وللتغلب على هذه المشكلة، نستخدم قانون هسّ لإيجاد التغير في المحتوى الحراري بشكل غير مباشر.

حيث يتفاعل كل من كربونات البوتاسيوم الهيدروجينية وكربونات البوتاسيوم مع حمض الهيدروكلوريك وتكون التغيرات في المحتوى الحراري في كلا الحالتَين قابلة للقياس.

$KHCO_3(s) + HCl(aq) \rightarrow KCl(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$ التغير في المحتوى الحراري $= \Delta H_1^\ominus$

$K_2CO_3(s) + 2HCl(aq) \rightarrow 2KCl(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$ التغير في المحتوى الحراري $= \Delta H_2^\ominus$

يمكننا بناء حلقة هسّ لهذا التفاعل، الشكل ٧-٣.



الشكل ٧-٣: حلقة هسّ.

باستخدام قانون هس: $\Delta H_r^\ominus + \Delta H_2^\ominus = 2\Delta H_1^\ominus$

وبالتالي، $\Delta H_r^\ominus = 2\Delta H_1^\ominus - \Delta H_2^\ominus$ ومن خلال **تحديد** قيم $\Delta H_1^\ominus$ و $\Delta H_2^\ominus$ سنكون قادرين على حساب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل.

أفعال إجرائية

حدّد Determine: أجب استنادًا إلى المعلومات المتاحة.

ستحتاج إلى

الموادّ والأدوات:

- كوب من البوليسترين مع الغطاء
- كأس زجاجية لحمل كوب البوليسترين
- ميزان حرارة (من 10- °C إلى 50 °C ويفضل أن يقرأ حتى المنزلة 0.2 °C
- أوراق بلاستيكية للوزن
- مجس حرارة متصل بحاسوب
- مخبار مدرج سعة 50 mL
- صوف قطني لتوفير عزل إضافي
- كربونات البوتاسيوم
- كربونات البوتاسيوم الهيدروجينية
- حمض الهيدروكلوريك بتركيز 2 mol/L
- ميزان رقمي يقرأ حتى منزلتَين عشريتَين على الأقل

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- تأكّد من قراءة النصائح الواردة في قسم السلامة في بداية هذا الكتاب، واستمع لأي نصيحة من معلّمك قبل تنفيذ هذا الاستقصاء.
- ارتدِ نظارات واقية للعينَين في جميع مراحل الاستقصاء.
- يُعدّ حمض الهيدروكلوريك مادة مهيّجة عند هذا التركيز.

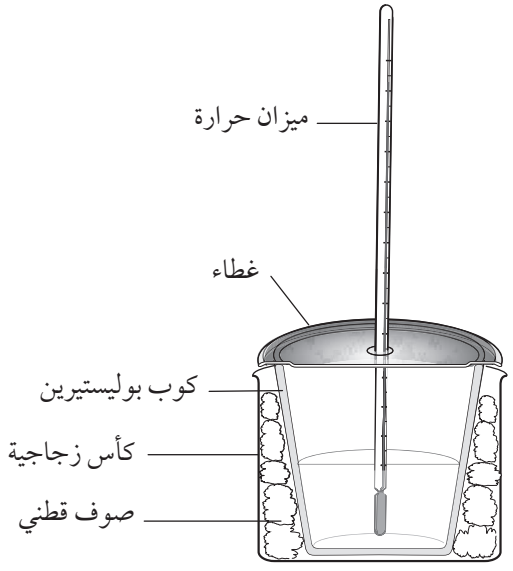
الجزء ١: تحديد التغير في المحتوى الحراري للتفاعل الأول

الطريقة

١. احسب كتلة 0.025 mol من كربونات البوتاسيوم الهيدروجينية.
(A_r: K = 39.1, H = 1, C = 12, O = 16)
الكتلة المولية لكربونات البوتاسيوم الهيدروجينية = g/mol .....
كتلة 0.025 mol = g .....

٢. زِن كتلة 0.025 mol من كربونات البوتاسيوم الهيدروجينية التي قمت بحسابها.
كربونات البوتاسيوم الهيدروجينية التي تمّ وزنها = g .....

٣. ضع كوب البوليسترين داخل الكأس الزجاجية وقم بتعبئة الصوف القطني في الفراغ المحيط بالكوب (الموجود بين الكأس والكوب) لتحسين عملية العزل كما هو موضح في الشكل ٧–٤.



الشكل ٧–٤: جهاز لتحديد التغير في المحتوى الحراري لتفاعل التعادل.

٤. أضف 50.0 mL من حمض الهيدروكلوريك بتركيز 2 mol/L في كوب البوليسترين.

٥. قس درجة الحرارة الابتدائية للحمض.
درجة الحرارة الابتدائية للحمض = °C.....

٦. أضف كربونات البوتاسيوم الهيدروجينية إلى الحمض. سيحدث فوران سريع، لذا تأكد من أن الغطاء جاهز لتفادي أي انسكابات.

٧. حرّك الكأس ومحتوياته دائريًّا للتأكد من أنه قد تمّ تحريك المخلوط جيدًا.

٨. عند اكتمال التفاعل، سجّل درجة الحرارة الدنيا.
درجة الحرارة النهائية لمخلوط التفاعل الأول = °C.....

الجزء ٢: تحديد التغير في المحتوى الحراري للتفاعل الثاني

الطريقة

١. احسب كتلة 0.025 mol من كربونات البوتاسيوم.
(A_r: K = 39.1, C = 12, O = 16)
الكتلة المولية لكربونات البوتاسيوم = g/mol .....
كتلة 0.025 mol = g .....

٢. زِن كتلة 0.025 mol من كربونات البوتاسيوم التي قمت بحسابها.
كتلة كربونات البوتاسيوم التي وزنتها = g .....

٣. ضع كوب البوليسترين داخل الكأس الزجاجية وقم بتعبئة الصوف القطني في الفراغ المحيط بالكوب (الموجود بين الكأس والكوب) لتحسين عملية العزل.

٤. أضف 50.0 mL من حمض الهيدروكلوريك بتركيز 2 moL في كوب البوليسترين.

٥. قس درجة الحرارة الابتدائية للحمض.
درجة الحرارة الابتدائية للحمض = °C.....

٦. أضف كربونات البوتاسيوم إلى الحمض. مرة أخرى، سيحدث فوران سريع، لذا تأكد من أن الغطاء جاهز لتفادي أي انسكابات.

٧. حرّك الكأس ومحتوياته دائريًّا للتأكد من أنه قد تمّ تحريك المخلوط جيدًا.

٨. عند اكتمال التفاعل، سجل درجة الحرارة القصوى.
درجة الحرارة النهائية لمخلوط التفاعل الثاني = °C.....

التحليل والاستنتاج والتقويم

١. أكمل الجدول ٧-٥ أدناه.

درجة الحرارة	التفاعل الأول	التفاعل الثاني
درجة الحرارة النهائية/°C		
درجة الحرارة الابتدائية/°C		
التغير في درجة الحرارة (ΔT)/ °C		

الجدول ٧-٥: جدول النتائج.

مقدار كمية الحرارة: $q = m \times c$ (السعة الحرارية النوعية) $\times \Delta T$.

التغير في المحتوى الحراري القياسي لكل تفاعل: $\Delta H_r^\ominus = \frac{-q}{0.025\ \text{mol}}$

افترض أن كثافة حمض الهيدروكلوريك تساوي 1.00 g/mL والسعة الحرارية النوعية 4.18 J/.c.

٢. احسب قيمة q للتفاعل الأول.

.....

.....

٣. احسب التغير في المحتوى الحراري القياسي للتفاعل الأول. ($\Delta H_1^\ominus$) باستخدام القيمة الخاصة بك لـ q و 0.025 مول كقيمة n).

.....

.....

٤. احسب قيمة q للتفاعل الثاني.

.....

.....

٥. احسب التغير في المحتوى الحراري القياسي للتفاعل الثاني. ($\Delta H_2^\ominus$) باستخدام القيمة الخاصة بك لـ q و 0.025 mol كقيمة n).

.....

.....

٦. استخدم هاتَين النتيجتَين لحساب التغير في المحتوى الحراري للتفكك الحراري لكربونات البوتاسيوم الهيدروجينية ($\Delta H_r^\ominus = 2\Delta H_1^\ominus - \Delta H_2^\ominus$).

.....

.....

.....

أفعال إجرائية

افترض Assume: ضع افتراضًا أو فرضية، أي أن معلومةً ما تُعدّ صحيحة، على سبيل المثال: 1 mol من أي غاز يشغل حجمًا يساوي 24 L.

٧. معادلة التفكك الحراري لكربونات البوتاسيوم الهيدروجينية هي:

$$2KHCO_3(s) \rightarrow K_2CO_3(s) + CO_2(g) + H_2O(l)$$

الجدول ٧-٦ يوضح التغيرات في المحتوى الحراري القياسي للتكوين ذات الصلة بالتفاعل:

المادة	$\Delta H_f^\ominus$ / kJ/mol
$KHCO_3(s)$	-959.4
$K_2CO_3(s)$	-1146
$(CO_2(g)$	-393.5
$H_2O(l)$	-285.8

الجدول ٧-٦: التغيرات في المحتوى الحراري القياسي للتكوين ذات الصلة بالتفاعل.

باستخدام هذه القيم لـ $\Delta H_f^\ominus$ احسب تغير المحتوى الحراري القياسي لتفاعل التفكيك الحراري أعلاه.

.....

.....

٨. احسب النسبة المئوية للخطأ بين القيمة التي حسبتها باستخدام نتائجك في السؤال (٦) والقيمة التي حسبتها في السؤال (٧).

.....

.....

أ. احسب النسبة المئوية القصوى للخطأ في التفاعل الأول والتفاعل الثاني الناتج عن الجهاز المستخدم.

التفاعل الأول

.....

.....

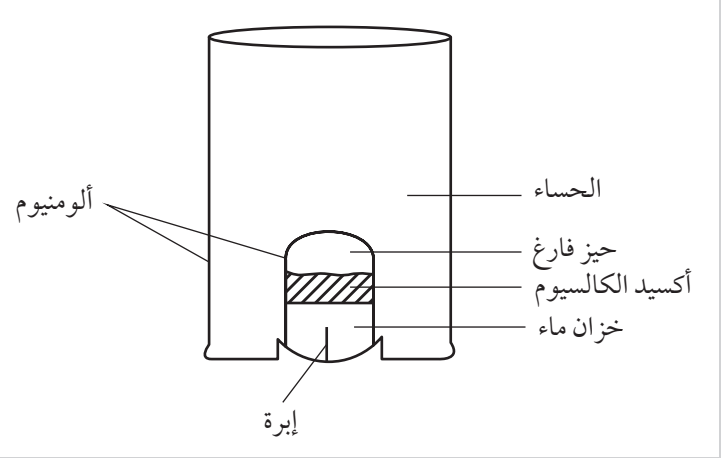
التفاعل الثاني

.....

.....

أسئلة نهاية الوحدة

١. يوضح الشكل أدناه علبة معدنية يمكنها تسخين الحساء بدون مصدر خارجي للحرارة.



علمًا أنه عندما يتم خلط فائض من الماء مع أكسيد الكالسيوم، يحدث تفاعل طارد للحرارة، وفق المعادلة الآتية:

المعادلة 1: $CaO(s) + H_2O(l) \rightarrow Ca(OH)_2(aq)$

أ. ما سبب ارتفاع درجة حرارة الحساء عندما يتفاعل أكسيد الكالسيوم مع الماء؟

ب. عندما يتفاعل أكسيد الكالسيوم، يتمدد الألومنيوم.

١- لماذا قد يشكل ذلك مشكلة؟

٢- استخدم المعلومات الواردة في المخطط لشرح كيفية التغلب على هذه المشكلة.

ج. **احسب** التغير في المحتوى الحراري للتفاعل الذي يتم وفق المعادلة الآتية:

المعادلة 2: $CaO(s) + H_2O(l) \rightarrow Ca(OH)_2(s)$

$\Delta H_f^\ominus [CaO(s)] = -635.1$ kJ/mol

$\Delta H_f^\ominus [Ca(OH)_2(s)] = -986.1$ kJ/mol

$\Delta H_f^\ominus [H_2O(l)] = -285.8$ kJ/mol

د. لا تسخّن الطاقة المنطلقة من التفاعل في المعادلة 2 العلبة بشكل كافٍ. عن طريق مقارنة المعادلتَين 1 و 2، صِف التغيّر في محتوى حرارٍي آخر يشارك في تسخين العلبة.

هـ. ينتج أكسيد الكالسيوم من التفاعل الذي يتم وفق المعادلة الآتية:

$3Ca(s) + Fe_2O_3(s) \rightarrow 2Fe(s) + 3CaO(s)$

مهم

ستحتاج إلى دراسة المخطط بعناية عند الإجابة عن الأسئلة التي تليه.

أفعال إجرائية

احسب Calculate:
استخلص، من الحقائق المعطاة، المعلومات أو الأرقام.

مهم

في الجزئية ج، يجب عليك استخدام قانون هسّ مع القيم المعطاة.

مهم

تأكد من أنك تعرف كيفية رسم مخطط مسار التفاعل قبل الإجابة عن الجزئية هـ.

تابع

ارسم حلقة طاقة موضحًا المواد الناتجة من احتراق المواد المتفاعلة والمواد الناتجة، لحساب التغير في المحتوى الحراري لهذا التفاعل.

$\Delta H_c^\ominus$ [Ca(s)] = –635.1 kJ/mol

$\Delta H_c^\ominus$ [Fe(s)] = –824.2 kJ/mol

٢- يُعدّ التغير في المحتوى الحراري لهذا التفاعل طاردًا للحرارة. ارسم مخططًا معنونًا بالرموز لمسار هذا التفاعل.

٢. يمكن استخدام طاقات الروابط لإيجاد التغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما.

أ. ١- ما المقصود بمصطلح متوسط طاقة الرابطة؟

٢- يؤدي استخدام طاقات الروابط إلى قيمة أكثر دقة لـ $\Delta H_f^\ominus[C_2H_5OH]$ من استخدام متوسط طاقات الروابط. اشرح إجابتك.

٣- اكتب المعادلة التي تمثل قيمة طاقة الرابطة للبروم وضمّنها رموز الحالة الفيزيائية

ب. احسب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل الذي يتم وفق المعادلة الآتية:

$$H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(g)$$

يوضح الجدول أدناه قيم طاقات الروابط ذات الصلة.

نوع الرابطة	طاقة الرابطة (kJ/mol)
H–H	435.9
Cl–Cl	243.4
H–Cl	431.0

ج. ارسم مخطط مسار التفاعل لهذا التفاعل لتوضيح كسر الروابط في الهيدروجين والكلور وتكوين الروابط في كلوريد الهيدروجين. لا تظهر طاقة التنشيط.

د. هل يتم امتصاص الطاقة أو إطلاقها عندما يتفكك كلوريد الهيدروجين إلى هيدروجين وكلور؟ اشرح إجابتك.

أفعال إجرائية

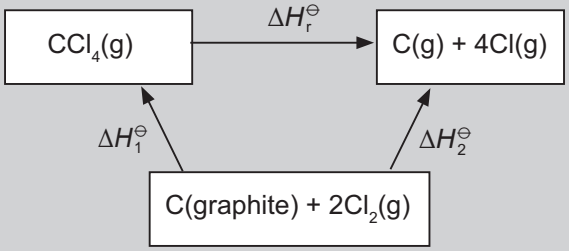
ارسم Sketch: أنشئ رسمًا بسيطًا يوضح الميزات الرئيسية.

مهم

يجب أن تضع عناوين لمحاور الرسم البياني. في الجزئية ٢-ج، تأكد من إضافة سهمَي طاقة التنشيط والتغير في المحتوى الحراري، وعنونِهما بشكل مناسب.

تابع

هـ. استخدم حلقة المحتوى الحراري في الشكل أدناه لحساب متوسط طاقة الرابطة للرابطة C–Cl في رباعي كلوريد الكربون، CCl_4.



$\Delta H_1^\ominus = -129.6$ kJ/mol

$\Delta H_{at}^\ominus [\frac{1}{2}Cl_2(g)] = +121.7$ kJ/mol

$\Delta H_{at}^\ominus [C(graphite)] = +716.7$ kJ/mol

٣. أ. عرّف التغير في المحتوى الحراري القياسي للتعادل.

ب. صِف كيف ستُجري تجربة لإيجاد التغير في المحتوى الحراري لتعادل حمض الهيدروكلوريك مع هيدروكسيد الصوديوم.

ج. تمّ خلط 50 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 1.0 mol/L مع 25 mL من حمض الكبريتيك تركيزه 1.0 mol/L.

$2NaOH(aq) + H_2SO_4(aq) \rightarrow Na_2SO_4(aq) + 2H_2O(l)$

بلغ الارتفاع الأقصى في درجة الحرارة 8.9 °C.

احسب التغير في المحتوى الحراري للتعادل.

السعة الحرارية النوعية للماء 4.18 J/g°c.

د. لا يمكن قياس التغير في المحتوى الحراري للتفاعل الموضح بالمعادلة (أ) أدناه بشكل مباشر.

المعادلة (أ): $Ca(s) + CuO(s) \rightarrow CaO(s) + Cu(s)$

أ. اشرح سبب عدم إمكانية قياس التغير في المحتوى الحراري لهذا التفاعل بشكل مباشر.

ب. تمّ إعطاؤك قيمة التغير في المحتوى الحراري للتفاعل:

$Ca(s) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow CaO(s)$

ما التغير في المحتوى الحراري الآخر المطلوب لحساب التغير في المحتوى الحراري في المعادلة (أ)؟ اكتب معادلة التغير في المحتوى الحراري هذه.

مهم

العملية المتبعة لحساب القيمة غير المعروفة في الجزئية ٢– هـ هي الطريقة نفسها المستخدمة في حلقات المحتوى الحراري الأخرى، لكنك ستحتاج إلى قراءة السؤال بعناية.

ΔH_{at} هي الطاقة اللازمة لتكوين 1 mol من الذرات في حالتها الغازية من عنصر في حالته الطبيعية.

مهم

تذكر أن تكتب التعريفات بدقة.

مهم

فكر في حلقة محتوى حراري مناسبة يمكن بناؤها عند الإجابة عن الجزئية د.