شكراً لتحميلك هذا الملف من موقع المناهج العمانية

مذكرة حل أنشطة وإجابات الاستقصاءات العملية في الوحدة السابعة التغيرات في المحتوى الحراري وفق منهج كامبردج الجديد

تاريخ نشر الملف على موقع المناهج: 15-04-2023 19:45:14

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

إجابات الاستقصاءات العملية

فهرس الدرس

في هذه الوحدة سيكمل الطلبة استقصاءات عملية حول:

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

استقصاء عملي ٧-٢ : التغير في المحتوى الحراري لاحتراق الكحولات

استقصاء عملي ٧-٣ : التغير في المحتوى الحراري لتفكك حراري

التحضير للاستقصاء

- يجب أن يعرف الطلبة مصطلحات مثل المحتوى الحراري والتعريفات المختلفة المرتبطة بهذا الموضوع. يحتاج الطلبة إلى فهم هذه التعريفات وكيف تؤثر على معالجة البيانات. على سبيل المثال، دائمًا ما يتم التعبير عن التغيرات في المحتوى الحراري القياسية بوحدة kJ/mol.
- يجب أن يتحلى الطلبة بالثقة عند التحويل من J إلى kJ وأن يدركوا أن حساباتهم الأولية للحرارة يتم التعبير عنها بوحدة J.
- تعد الاستقصاءات حول قانون همس سهلة التنفيذ ولكن في كثير من الأحيان لا يفهم الطلبة النظرية الكامنة وراء ما يقومون بتنفيذه.

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

المقدمة

يتطلب هذا الاستقصاء من الطلبة رسم تمثيل بياني لدرجة الحرارة مقابل الحجم واستخدامه لتحديد التغيرات في درجة الحرارة في التفاعل. يستخدم هذا الاستقصاء محلولًا من هيدروكسيد الصوديوم كمادة متفاعلة محددة للتفاعل، في حين تتم إضافة الحمض تدريجيًا حتى يصبح فائضًا.

التفاعل يحدث وفق المعادلة الآتية:

$$NaOH(aq) + HCl(aq) \longrightarrow NaCl(aq) + H_2O(l)$$

أو بشكل أكثر دقة:

$$OH^-(aq) + H^+(aq) \longrightarrow H_2O(l)$$

المدة

- سيستغرق النشاط العملي والتجهيز نحو نصف ساعة لإكماله.
- ينبغي تخصيص نصف ساعة أخرى لرسم التمثيل البياني وإجراء الحسابات ومناقشة النتائج وحساب النسب المئوية للأخطاء.

التحضير للاستقصاء

يجب أن يعرف الطلبة تعريف التغير في المحتوى الحراري للتعادل.

ستحتاج إلى

المواد والأدوات:
• أكواب من البوليستيرين عدد 2 • 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 الحرارة (اختياري) • حمض الهيدروكلوريك تركيزه نحو 2 mol/L • محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 1.00 mol/L

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- 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.

توجيهات حول الاستقصاء

- على الرغم من أن الطلبة سوف يستخدمون سحاحة لتوصيل حجوم دقيقة خلال المعايرة، إلّا أن الأمر يكون معقدًا عند استخدام ميزان حرارة لجمع قراءات درجة الحرارة، لذلك ربما لا يتقنون الأمر مباشرة (على الفور).
- لاحظ أن تركيز محلول هيدروكسيد الصوديوم يساوي 1.00 mol/L، بينما يساوي تركيز الحمض 2 mol/L. يجب تذكير الطلبة بذلك حتى لا يفترضوا أن قمة التمثيل البياني يجب أن تكون عند 25.0 mL. إن عدم تزويد الطلبة بحمض تركيزه 2.00 mol/L، سيمكنهم من التدرب على رسم الخطوط الأفضل تمثيلًا والاستقراء بشكل أكثر فعالية.
- ستعطي التجربة فقط تغيرات طفيفة في درجة الحرارة عند بعض النقاط، ولكن من المهم تحريك الكوب بشكل دائري لخلط المحلول للحصول على القراءات الأكثر دقة. يجب القيام بذلك بعناية، وإلا فقد يعلق بعض المحلول على جوانب الكأس أو ينسكب خارجه.
- في البداية، لا يفهم بعض الطلبة أسباب تنفيذ التجربة باستخدام التمثيل البياني لدرجة الحرارة مقابل الحجم. ومع ذلك، عند إتمامهم التجربة، وشرح النتائج لهم، يمكنهم فهم هذه الأسباب.
- قد يحتاج بعض الطلبة إلى المساعدة عند إجراء الحسابات، ولكن يُفترض فيهم إكمال إنجاز النشاط العملي ورسم التمثيل البياني الخاص بهم قبل البدء بالحسابات.

- سيتمكن الطلبة الأكثر قدرة من حساب قيم التغير في المحتوى الحراري للتفاعل بشكل مستقل وإيجاد النسبة المئوية للخطأ باستخدام النتائج النظرية أعلاه مع النتائج التجريبية.
- يمكن للطلبة الأكثر قدرة أن يجربوا أحماضًا مختلفة، مثل حمض الإيثانويك (تركيز، نحو 2 mol/L) أو حمض الكبريتيك (تركيز، نحو 1 mol/L) لمعرفة ما إذا كانوا سيجدون قيمة للتغير في المحتوى الحراري الفعلي للتفاعل.

يمكن تلخيص التفاعل بالمعادلة الأيونية:

$$OH^-(aq) + H^+(aq) \longrightarrow H_2O(l)$$

والقيمة المقبولة للتغير في المحتوى الحراري القياسي للتعادل هي: $\Delta H_{neut} = -57.1$ kJ/mol

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

يجب أن يكون الطلبة قادرين على تحويل قيم الحرارة/التغير في المحتوى الحراري من J إلى kJ. يفشل الطلبة من حين لآخر في القيام بذلك.

متغيرات الاستقصاء

يوضح الجدول الآتي أنواع المتغيرات ويعطي أمثلة عليها.

نوع المتغير	أمثلة
المتغير المستقل	حجم الحمض
المتغير التابع	التغير في درجة الحرارة
المتغيرات الضابطة	حجم المادة القلوية تركيز المادة القلوية تركيز الحمض

النتائج

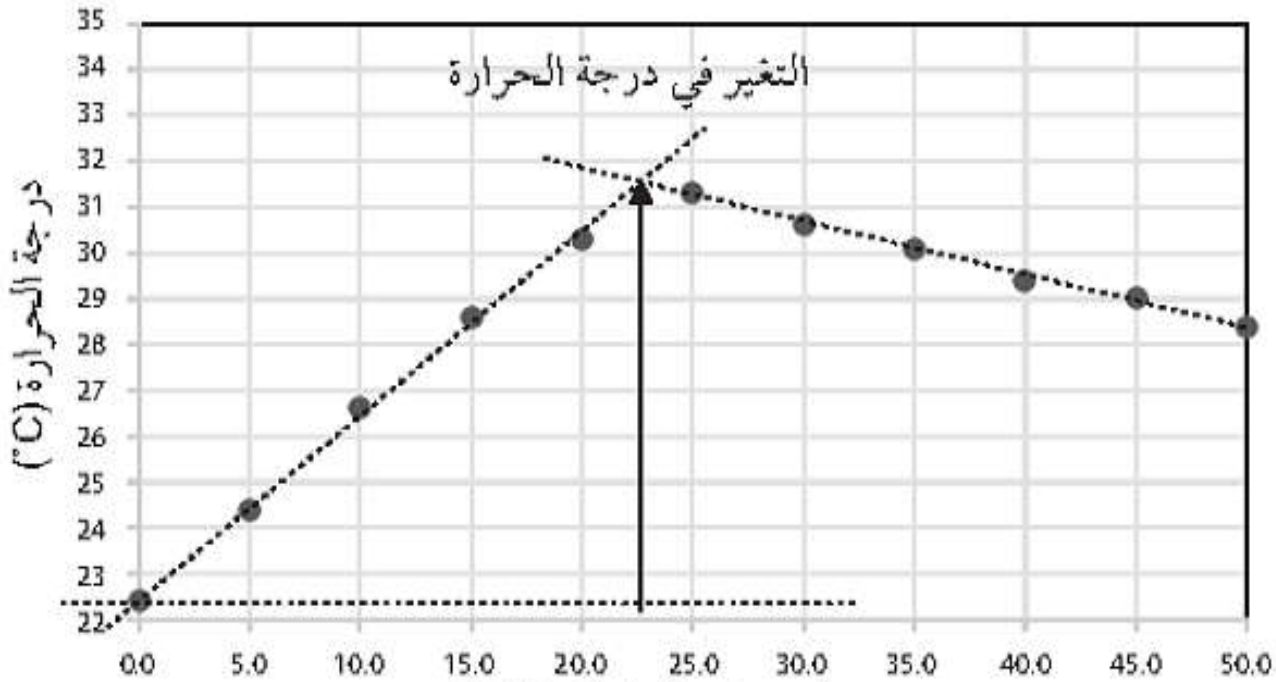
يعطي الجدول (٧-١) فكرة عن النتائج التي يجب على الطلبة الحصول عليها عند إتمام الاستقصاء.

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)	22.4	24.4	26.6	28.6	30.3	31.3	30.6	30.1	29.4	29.0	28.4

الجدول ٧-١

إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة (باستخدام النتائج)

١. انظر إلى الشكل ٧-١.



الشكل ٧-١.

عندما يتم رسم التمثيل البياني باستخدام البيانات الواردة في الجدول (٧-١)، تكون درجة الحرارة الابتدائية 22.4 °C ودرجة الحرارة القصوى التي تم قياسها بالاستقراء 31.6 °C.

٢. التغير الأقصى في درجة الحرارة ΔT:

$$31.6 - 22.4 = 9.2\ ^\circ C$$

٣. بلغ حجم هيدروكسيد الصوديوم المستخدم 50.0 mL.

عند درجة الحرارة القصوى التي تم الوصول إليها من خلال التمثيل البياني في الشكل ٧-١، بلغ حجم الحمض المضاف 22.5 mL.

$$m = 50.0 + 22.5 = 72.5\ g$$

$$q = mc\Delta T = 72.5 \times 4.18 \times 9.2 = 2788\ J$$

٤. عدد مولات هيدروكسيد الصوديوم المستخدمة

$$(n) = \text{الحجم} \times \text{التركيز} = 1.00\ (mol/L) \times 0.05\ (L) = 0.05\ mol$$

٥. $$\Delta H = -\frac{q}{n} = -\frac{2788.0}{0.05} = -55760\ J/mol = -55.8\ kJ/mol$$

٦. $$\text{النسبة المئوية للخطأ} = \frac{|\text{القيمة الفعلية} - \text{القيمة التجريبية}|}{\text{القيمة الفعلية}} \times 100\% = \frac{|-55.8 + -57.1|}{-57.1} \times 100\% = 2.28\%$$

٧. $$\text{النسبة المئوية للخطأ} = \frac{\text{الخطأ الأقصى}}{\text{قيمة القياس}} \times 100\%$$

انظر الجدول (٧-٢) أدناه.

الجهاز/القراءة	خطأ القراءة	القراءة التي سجلت	النسبة المئوية للخطأ	التعليقات
يقرأ ميزان الحرارة المستخدم لتسجيل درجات الحرارة حتى 0.2 °C، وبالتالي فإن له عدم دقة من ±0.1 °C	0.2 °C	9.2 °C	2.17%	يستخدم التغير في درجة الحرارة قراءتين لدرجة الحرارة، لذا فإن الخطأ يساوي: ±0.1 °C × 2 = ±0.2 °C
للسحاحة المستخدمة في قياس حجم الحمض عدم دقة من ±0.05 mL	0.1 mL	22.5 mL	0.44%	تستخدم الحجوم التي يتم قياسها بالسحاحة قراءتين، لذا فإن الخطأ يساوي: ±0.05 mL × 2 = ±0.1 mL
للماصة التي سعتها 50.0 mL والمستخدمة في قياس حجم هيدروكسيد الصوديوم عدم دقة من ±0.1 mL	0.1 mL	50.0 mL	0.20%	الحجم الذي يتم قياسه بالماصة يتم بقراءة واحدة فقط، لذا فإن الخطأ يساوي: ±0.1 mL
		المجموع	2.81%	

الجدول ٧-٢

هذا يعني أن الخطأ الفعلي للتجربة (2.28%) ينتج من أجهزة القياس (2.81%)، ولكن قد يكون بعض الخطأ ناتجًا من تسرب الحرارة بسبب التوصيل الحراري (على سبيل المثال من خلال الجزء العلوي المفتوح من الجهاز) أو من طريقة الاستقراء المستخدمة في التمثيل البياني.

استقصاء عملي ٧-٢: التغير في المحتوى الحراري لاحتراق الكحولات

المقدمة

يتعلق هذا الاستقصاء العملي بما هو خطأ فيه بالقدر نفسه بما هو جيد فيه. من الناحية المثالية، يمكن استخدام وعاء الغازات المضغوطة كمسعر لإيجاد التغير في المحتوى الحراري لاحتراق الكحولات. ومع ذلك، في هذه العملية، يتم استخدام مواقد كحولية.

بالنسبة إلى الكحولات الأربعة جميعها يتم رفع درجة حرارة الماء بالمقدار نفسه في كل مرة. هذا يعني أن التغير في المحتوى الحراري سيكون هو نفسه في كل مرة لأن الجهاز المستخدم يكون هو نفسه. يعد تركيب الجهاز بسيطًا جدًا؛ ويمكن استخدام حصيرة مقاومة (عازلة) للحرارة لعزل الجهاز عن التيار الهوائي من خلال وضعها حول الموقد الكحولي والمسعر. في حال استخدام مسعرات زجاجية، يجب تغيير السعة الحرارية النوعية أما الحسابات فتبقى هي نفسها.

المدة

- سيستغرق النشاط العملي نحو نصف الساعة لإتمامه.

- يمكن تخصيص مواقد كحولية لكحولات معينة ويمكن التشارك فيها بين مجموعات الطلبة. تعد المجموعات المكونة من شخصين مثالية.
- ينبغي تخصيص نصف ساعة إضافية للتجهيز وإجراء الحسابات ومناقشة النتائج وحساب النسب المئوية للأخطاء.

ستحتاج إلى

المواد والأدوات:

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

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- ارتد نظارات واقية للعينَين في جميع مراحل الاستقصاء.
- تعدّ جميع الكحولات قابلة للاشتعال.
- يجب التعامل مع أنواع الكحولات على أنها مواد ضارة.

توجيهات حول الاستقصاء

- يجب أن يدرك الطلبة أن الحرارة اللازمة لتسخين المسعر يجب أن تؤخذ في الحسبان.
- يجب أن يدرك الطلبة أن الموقد الكحولي ستتم مشاركته فيما بينهم، وبالتالي يمكن أن يعطلوا المجموعات الأخرى إذا لم ينجزوا قياساتهم في مدة زمنية معقولة.
- تتمثل المشكلة الأكبر بوضع الشعلة عند الارتفاع نفسه لكل موقد وتعديل موضع المسعر بحيث يكون قاعه عند المسافة نفسها من الشعلة في كل مرة.
- ارتفاع درجة الحرارة الموصى به في كتاب الأنشطة هو 20 °C، والتي يمكن الوصول إليها في وقت قصير جدًّا - نحو دقيقة واحدة. سيكون ضروريًا في هذه الحال القيام بتقليب متواصل وسريع في كل تجربة.
- من المفترض أن الطلبة رأوا سابقًا كيفية حساب الأخطاء التي تسببها الأجهزة التي يستخدمونها. في هذا الاستقصاء العملي، يجب أن يكونوا قادرين على الأقل على حساب النسبة المئوية للخطأ في نتائجهم بالمقارنة مع القيم المتوافرة في

المراجع العلمية. بعد أن يقوموا بحساب الأخطاء الناتجة من الأجهزة التي يستخدمونها، ستبقى نسبة معينة من الخطأ غير مرتبطة بالأجهزة.

- مصدر الخطأ الأكثر وضوحًا هو تسرب (فقدان) الحرارة عبر الجهاز. كما أن احتراق الكحولات، خصوصًا تلك التي تمتلك كتلة جزيئية نسبية أكبر، لا يكون كاملًا، ويجب تذكير الطلبة بتعريف التغير في المحتوى الحراري القياسي للاحتراق.
- يمكن التحقق من أن الاحتراق غير كامل من خلال فحص الجانب السفلي من المسعر، حيث يعد وجود رواسب الكربون إشارة جيدة إلى أن الاحتراق غير كامل.

تتمثل إحدى طرائق التعزيز للطلبة في تشجيعهم على استخدام جداول بيانات من أجل «أتمتة» عملياتهم الحسابية وتوفير وقتهم. وقد يظن بعضهم أن ذلك يوفر عليهم القيام بالحسابات. ومع ذلك، فعند إنشاء جداول البيانات الخاصة بهم وتفعيلها، فهم في الواقع يقومون بالحسابات ويستخدمون المعادلات التي يحتاجون إلى فهمها.

- ويمكن التوسع (التعزيز) مع الطلبة الأكثر قدرة، بأن يأخذوا قيم التغير في المحتوى الحراري القياسي للاحتراق التي وجدوها أو القيم المتوافرة في المراجع ورسمها مقابل الكتلة الجزيئية النسبية. ومن تمثيلاتهم البيانية يمكنهم إيجاد التغير في المحتوى الحراري عند حرق كل مجموعة $-CH_2-$ إضافية، ويمكنهم بالتالي حساب المحتوى الحراري للرابطة C–H.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

ينسى الطلبة أحيانًا أنهم يقومون بتسخين المسعر الحراري في الوقت نفسه مع الماء. لهذا السبب يجب أن يتذكروا أن المسعر يمتلك سعة حرارية نوعية مختلفة عن الماء. تبلغ السعة الحرارية النوعية للنحاس 0.385 J/g.K أو J/g.°C وللزجاج 0.840 J/g.K أو J/g.°C.

تنبؤ

تنبؤ محتمل لطالب ما حول الاستقصاء يمكن أن يكون كما يلي: كلما ازدادت الصيغة الجزيئية بمجموعة CH_2، يصبح التغير في المحتوى الحراري القياسي للاحتراق طاردًا أكثر للحرارة بمقدار 654 kJ/mol.

الميثانول ($CH_3OH(l)$): $\Delta H_c^{\ominus}\ [C_2H_5OH(l)] - (-654) = -1367 - (-654) = -713$ kJ/mol

1–هكسانول ($C_6H_{13}OH(l)$): $\Delta H_c^{\ominus}\ [C_5H_{11}OH(l)] + (-654) = -3330 + (-654) = -3984$ kJ/mol

1–ديكانول ($C_{10}H_{21}OH(l)$): $\Delta H_c^{\ominus}\ [C_5H_{11}OH(l)] + (5 \times -654) = -3330 + (5 \times -654) = -6600$ kJ/mol

إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة (باستخدام النتائج)

١. التغيرات في المحتوى الحراري القياسي للاحتراق للكحولات الأربعة:

كتلة المسعر النحاسي = 198.00 g

كمية الحرارة الكلية الممتصة نتيجة احتراق كل كحول

$q = (19800 \times 0.385 \times 20) + (100 \times 4.18 \times 20)$

$= 1524.6 + 8360 = 9884.6$ J

يكون هذا التغير في المحتوى الحراري هو نفسه الذي للكحولات الأربعة. بالنسبة إلى النتائج الواردة في الجدول (٧-٢)، لم تكن المواقد الكحولية متوافرة ، لذلك تم استخدام مواقد صغيرة. وكانت المدة الزمنية المستغرقة لكل تجربة تتراوح من دقيقة إلى دقيقتين.

ترد في الجدول (٧-٣) نتائج الكحولات الأربعة جميعها وهي مأخوذة من جدول بيانات.

الكحول	كتلة الموقد + الكحول قبل الاحتراق	كتلة الموقد + الكحول بعد الاحتراق	الكتلة المحترقة	الكتلة المولية	عدد المولات المحترقة	الحرارة المنطلقة من كل كحول (J)	القيمة التجريبية للتغير في المحتوى الحراري القياسي للاحتراق (kJ/mol)
إيثانول	6.05	5.57	0.48	46	0.010435	9884.6	-947.3
1-بروبانول	6.20	5.79	0.41	60	0.006833	9884.6	-1446.5
1-بيوتانول	6.27	5.87	0.40	74	0.005405	9884.6	-1828.7
1-بنتانول	6.90	6.52	0.38	88	0.004318	9884.6	-2289.1

الجدول ٧-٣

٢. (أ - د) ترد النسبة المئوية للخطأ لكل من الكحولات في الجدول (٧-٤).

الكحول	القيمة التجريبية للتغير في المحتوى الحراري القياسي للاحتراق (kJ/mol)	القيمة الفعلية المقبولة (المرجعية) للتغير في المحتوى الحراري القياسي للاحتراق (kJ/mol)	النسبة المئوية للخطأ
إيثانول	-947	-1367	30.7
1-بروبانول	-1447	-2021	28.4
1-بيوتانول	-1829	-2676	31.7
1-بنتانول	-2289	-3330	31.3

الجدول ٧-٤

٣. (أ و ب) يرد الحد الأقصى لنسبة الخطأ الناتج من الأدوات المستخدمة في الجدول (٧-٥).

الجهاز/ القراءة	خطأ القراءة	القراءة التي سجلت	النسبة المئوية للخطأ	التعليقات
قراءة ميزان الحرارة حتى 0.5	1.0	20.0	5.0	يتم أخذ قراءتين لميزان الحرارة - كلاهما يعطي خطأ أقصى ±0.5°C وبالتالي فإن الخطأ الكلي يساوي 1.0 °C
قراءة المخبار المدرج حتى 2 mL	1	100	1.0	الحجم الذي يعطيه المخبار المدرج يمتلك قراءة واحدة، وبالتالي فإن الخطأ يبلغ فقط ±1 mL
		النسبة المئوية الكلية %	6.0	

الجدول ٧-٥

٤. النسبة المئوية للخطأ المرتبطة بقياس الكتلة المحترقة لكل من الكحولات.

إيثانول — النسبة المئوية للخطأ = $\frac{0.01}{0.48}$ × 100% = 2.08%

1–بروبانول — النسبة المئوية للخطأ = $\frac{0.01}{0.41}$ × 100% = 2.44%

1–بيوتانول — النسبة المئوية للخطأ = $\frac{0.01}{0.40}$ × 100% = 2.50%

1–بنتانول — النسبة المئوية للخطأ = $\frac{0.01}{0.38}$ × 100% = 2.63%

٥. النسبة المئوية القصوى للخطأ لكحول واحد

المثال = 1–بنتانول

إجمالي الخطأ الناتج من جهاز القياس = 8.63%

٦. بالنسبة لـ1–بنتانول، فإن الفرق بين نسبة الخطأ الإجمالية والخطأ الناتج من الجهاز هو:

31.3 – 8.63 = 22.67%

ربما يرجع هذا الاختلاف الكبير إلى الاحتراق غير الكامل للكحول وفقدان (تسرب) الحرارة من خلال التوصيل الحراري (عبر جوانب المسعر) والحمل (الانتقال) الحراري (لا تسخن المخلفات الغازية الساخنة المسعر).

استقصاء عملي ٧-٣: التغير في المحتوى الحراري للتفكك الحراري

المقدمة

يعد من المستحيل قياس التغير في المحتوى الحراري لبعض التفاعلات. ولأن التفكك الحراري تفاعل ماص للحرارة، فمن المستحيل قياس التغير في المحتوى الحراري له مباشرة. والطريقة الوحيدة لإيجاد هذه التغيرات هي باستخدام قانون هس. سندرس في هذا الاستقصاء التفكك الحراري لكربونات البوتاسيوم الهيدروجينية، التي تتم وفق المعادلة الآتية:

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

المدة

- يمكن إتمام هذا الاستقصاء العملي بسهولة في غضون نصف ساعة، على الرغم من أنه ينبغي قضاء بعض الوقت قبل البدء به وذلك لشرح النظرية الكامنة وراء الطريقة وكيف سيقوم الطلبة بحساب التغيرات.
- يمكن للطلبة العمل بشكل فردي.
- ينبغي تخصيص نصف ساعة إضافية للتجهيز والقيام بالحسابات ومناقشة النتائج وحساب النسب المئوية للأخطاء.

التحضير للاستقصاء

- يحتاج الطلبة إلى معرفة النظرية الكامنة وراء قانون هس وكيف يمكن استخدامه لتحديد التغيرات في المحتوى الحراري التي يستحيل تحديدها بطرائق أخرى.
- يحتاج الطلبة إلى مراجعة التفاعلات بين الأحماض والكربونات أو الكربونات الهيدروجينية.

ستحتاج إلى

المواد والأدوات:

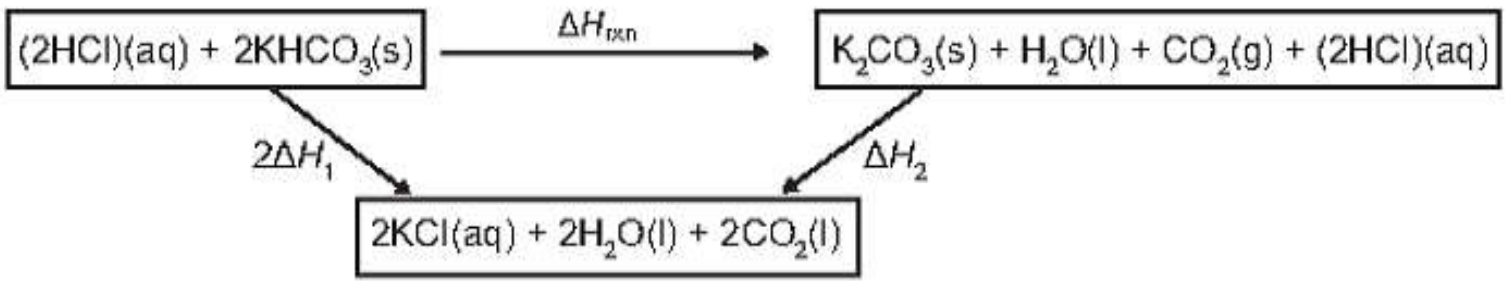
- كوب من البوليستيرين مع الغطاء
- كأس زجاجية لحمل كوب البوليستيرين
- ميزان حرارة (من 10 °C– إلى 50 °C ويفضل أن يقرأ حتى المنزلة 0.2 °C (أو مجس حرارة متصل بحاسوب)
- ملعقة كيماويات
- أوراق بلاستيكية للوزن
- مخبار مدرج سعة 50 mL
- صوف قطني لتوفير عزل إضافي
- ميزان رقمي يقرأ حتى منزلتَين عشريتَين على الأقل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

⚠ احتياطات الأمان والسلامة

- ارتدِ نظارات واقية للعينَين في جميع مراحل الاستقصاء.
- يُعدّ حمض الهيدروكلوريك مادة مهيّجة عند هذا التركيز.
- يحدث الكثير من الفوران خلال التفاعلات ولذلك يجب توخي الحذر وذلك بإعادة وضع الغطاء بمجرد إضافة المواد الصلبة إلى الحمض لتقليل التعرض لرذاذ الحمض.

توجيهات حول الاستقصاء

- لا يستخدم العديد من الطلبة ضعفي قيمة التغير في المحتوى الحراري ΔH_1 في حساباتهم. يجب أن يدركوا أيضًا أن الإشارة المعطاة للتغير في المحتوى الحراري (زائد أو ناقص) مهمة جدًا للنتيجة النهائية.
- يواجه عدد من الطلبة صعوبات فيما يتعلق بقانون هس، وبالتالي فإن التدريب على القيام بهذه الحسابات سيساعدهم كثيرًا في التغلب على هذه الصعوبات.



الشكل ٧-٢

- شجع الطلبة على استخدام جداول البيانات من أجل «أتمتة» حساباتهم وتوفير وقتهم. إذا كنت تخشى من أن هذا سيمنعهم من إجراء الحسابات بأنفسهم، فتذكر أنه عند إنشاء جداول البيانات الخاصة بهم وتفعيلها، إنما هم في الواقع يقومون بالحسابات ويستخدمون المعادلات التي يحتاجون إلى فهمها.

المفاهيم الخاطئة وسوء الفهم

قد يخلط الطلبة بين تفاعلات $KHCO_3$ و K_2CO_3 و HCl عند بناء حلقة هس.

إجابات أسئلة كتاب التجارب العملية والأنشطة (باستخدام النتائج)

١-٥ النتائج الموضحة في الجدول (٧-٦) مأخوذة من استقصاء عملي نموذجي حول هذا الموضوع.

كتلة $KHCO_3$ = 2.55 g

كتلة K_2CO_3 = 3.46 g

	درجة الحرارة الابتدائية (°C)	درجة الحرارة النهائية (°C)	التغير في درجة الحرارة (°C)	الحرارة المتبادلة q (J)	الكتلة (g)	الكتلة المولية (g/mol)	عدد المولات (mol)	التغير في المحتوى الحراري القياسي للتفاعل (kJ/mol)
$KHCO_3$ التفاعل الأول	18	14.4	−3.6	−752.4	2.55	100.1	0.02547	+29.5
K_2CO_3 التفاعل الثاني	17.9	22.2	+4.3	+898.7	3.46	138.2	0.02504	-35.9

الجدول ٧-٦

٦. التغير في المحتوى الحراري القياسي للتفاعل:

باستخدام قانون هس: $\Delta H_{rxn} + \Delta H_2 = 2\ \Delta H_1$

$$\Delta H_{rxn} = 2\ \Delta H_1 - \Delta H_2 = 2 \times 29.5 - (-35.9) = +94.9\ kJ$$

٧. $$\Delta H_{rxn} = -2\Delta H_f\,(KHCO_3\,(s)) + \Delta H_f\,(K_2CO_3\,(s)) + \Delta H_f\,(H_2O(l)) + \Delta H_f\,(CO_2\,(g)) =$$

$$-(2 \times -959.4) + (-1146) + (-285.8) + (-393.5)$$

$$= +93.5\ kJ$$

٨. النسبة المئوية للخطأ $= \left[\frac{94.9 - 93.5}{93.5}\right] \times 100\% = 1.5\%$

التفاعل الأول

يقرأ مقياس الحرارة حتى 0.2°C وبالتالي فإن عدم الدقة يساوي ±0.1 °C. تؤخذ قراءتان لدرجة الحرارة، وبالتالي فإن عدم الدقة الكلي يساوي 0.2°C.

النسبة المئوية للخطأ $= \left(\frac{0.2}{3.6}\right) \times 100\% = 5.56\%$

للوزن قراءتان يتم إجراؤهما، وتساوي درجة عدم الدقة لكل منهما g ±0.005.

النسبة المئوية للخطأ = $\frac{2 \times 0.005}{2.55} \times 100\% = 0.39\%$

لقياس الحمض باستخدام المخبار المدرج، يقيس المخبار المدرج حتى mL 1 وبالتالي عدم الدقة = mL ± 0.5.

النسبة المئوية للخطأ = $\left(\frac{0.5}{50}\right) \times 100\% = 1\%$

لذلك، النسبة المئوية الإجمالية للخطأ للتفاعل ١=

$5.56 + 0.39 + 1 = 6.95\%$

التفاعل الثاني

النسبة المئوية للخطأ عند درجة الحرارة = $\left(\frac{0.2}{4.3}\right) \times 100\% = 4.65\%$

النسبة المئوية للخطأ عند الوزن = $\frac{2 \times 0.005}{3.46} \times 100\% = 0.29\%$

نسبة الخطأ عند قياس الحمض = 1%

لذلك، نسبة الخطأ الإجمالية

$= 4.65 + 0.29 + 1.0 = 5.94\%$

إجمالي الخطأ المحتمل بسبب جهاز القياس

$= 4.65 + 0.29 + 1.0 = 5.94\%$

إجمالي الخطأ المحتمل بسبب جهاز القياس

$= 5.94 + 6.95 = 12.89\%$

هذا يعني أن الخطأ الفعلي للتجربة (1.5%) يكون ضمن الخطأ الناتج من جهاز القياس.