تجميعة مراجعة صفحات الكتاب وفق الهيكل الوزاري نظام حديث ثلاثة مواد

تم تحميل هذا الملف من موقع المناهج الإماراتية
موقع المناهج ⇦ المناهج الإماراتية ⇦ الصف الحادي عشر المتقدم ⇦ كيمياء ⇦ الفصل الأول ⇦ ملفات متنوعة ⇦ الملف
تاريخ إضافة الملف على موقع المناهج: 2025-11-20 18:57:08
المزيد من مادة كيمياء: ملفات ا كتب للمعلم ا كتب للطالب ا اختبارات الكترونية ا اختبارات ا حلول ا عروض بوربوينت ا أوراق عمل منهج انجليزي ا ملخصات وتقارير ا مذكرات وبنوك ا الامتحان النهائي ا للمدرس
إعداد: Shawky Mohamed

التواصل الاجتماعي بحسب الصف الحادي عشر المتقدم					
صفحة المناهج الإماراتية على فيسبوك					
المواد على تلغرام	التربية الاسلامية	اللغة العربية	اللغة الانجليزية	الرياضيات	

المزيد من الملفات بحسب الصف الحادي عشر المتقدم والمادة كيمياء في الفصل الأول	
1	حل مراجعة نهائية وفق الهيكل الوزاري الجديد منهج انسباير
2	مراجعة نهائية وفق الهيكل الوزاري الجديد منهج انسباير
3	حل مراجعة نهائية وفق الهيكل الوزاري الجديد منهج بريدج
4	مراجعة نهائية وفق الهيكل الوزاري الجديد منهج بريدج
5	حل كراسة تدريبية مراجعة وفق الهيكل الوزاري الجديد الخطة P2 منهج بريدج

بسم الله الرحمن الرحيم

هيكل الصف الحادي عشر المتقدم كيمياء
نظام حديث 3 مواد

Mr.Mohamed Shawky

+971504104328
02010699896662

لذك المدونه

HTTPS://MOHAMEDSHAWKY.12OLB/2025/08/MOC.TOPSGOLBLMTH.21 TSOP-G

- https://youtu.be/cpyPx9Q3ONw شرح هيكل الكيمياء اول جزء
- https://youtu.be/gincoHFNPxE
- شرح الجزء الثاني من الهيكل

بسم الله والصلاه والسلام علي رسول الله من يهديه الله فلا مضل له ومن يضلل فلا هادي له الا الله

- تقبل الله منا هذا العمل لوجهه الكريم فاللهم ارزقنا واياكم حسن العمل وحسن الطاعات وجنبنا واياكم شر المنكرات
- ان شاء الله تجدون شرح الهيكل هنا في هذه القناه https://www.youtube.com/@sciencemedia

4556

+971504104328

6, 7	نص الكتاب + الجدول 1+ مثال 1+ تطبيقات	CHM.5.5.01.001.07 يجري عمليات لتحويل ما بين وحدات درجة الحرارة والحرارة	https://youtu.be/wphTj3IcByI 1

الجدول 1 العلاقات بين وحدات الطاقة

معاملات العلاقة	معاملات التحويل
1 J = 0.2390 cal	$\frac{1\ J}{0.2390\ cal}$ $\frac{0.2390\ cal}{1\ J}$
1 cal = 4.184 J	$\frac{1\ cal}{4.184\ J}$ $\frac{4.184\ J}{1\ cal}$
1 Cal = 1 kcal	$\frac{1\ Cal}{1000\ cal}$ $\frac{1000\ cal}{1\ Cal}$

■ **الشكل 1** في بداية الدورة يكون لدى المتزلجة في a طاقة وضع عالية بسبب موقعها ومكانها. في b تتحول طاقة الوضع للمتزلجة إلى طاقة حركية.
قارن كيف تختلف طاقة وضع المتزلجة عند نقطة البداية وعند خط النهاية؟

ما هي الطاقة؟ **الطاقة** هي القدرة على القيام بالعمل أو إنتاج حرارة. إنها توجد شكلين أساسيين: الطاقة الكامنة (طاقة الوضع) والطاقة الحركية. طاقة الوضع

تقاس الطاقة في النظام الدولي للوحدات SI بالجول (J) **joule** الجول الواحد يُعادل 0.2390 cal. والسعر الحراري الواحد يساوي J 4.184. يلخص **الجدول 1** العلاقات بين السعرات الحرارية، والسعرات الحرارية الغذائية، والجول، والكيلو جول (kJ) ومعاملات التحويل التي يمكنك استخدامها للتحويل من وحدة إلى أخرى.

واحدة (1°C) بـ **السعر** (cal). عندما يحرق جسمك السكريات والدهون ليكوّن ثاني أكسيد الكربون والماء، فإن هذه التفاعلات الطاردة تولد حرارة يمكن قياسها بالسعرات الغذائية (Cal). لاحظ أنه يعبر عن السعرات الغذائية بحرف C كبير في كلمة (Cal) يرجع هذا لأن السعر الغذائي يساوي 1000 سعر حراري، أو كيلو كالوري (kcal). تذكر أن البادئة كيلو تعني 1000. على سبيل المثال، تحتوي ملعقة كبيرة من الزبد على 100 سعر غذائي (100 cal) تقريبًا. هذا يعني أنه اذا احترق الزبد تمامًا لانتاج ثاني أكسيد الكربون والماء، فسيتم اطلاق 100 kcal

مثال 1

تحويل وحدات الطاقة يتكون إفطار من الحبوب، وعصير البرتقال، واللبن يحتوي على 230 Cal. عبّر عن هذه الطاقة بالجول.

1 تحليل المسألة

تم إعطائك مقدار من الطاقة بالسعرات الغذائية. يجب عليك تحويل السعرات الغذائية إلى سعرات ومن ثم تحويل السعرات إلى جول.

معلوم

مقدار الطاقة = 230 Cal

مجهول

مقدار الطاقة = ؟J

2 حساب المجهول

حوّل السعرات الغذائية إلى سعرات.

$$230\ \text{Cal} \times \frac{1000\ \text{cal}}{1\ \text{Cal}} = 2.3 \times 10^5\ \text{cal}$$

طبق العلاقة 1 Cal = 1000 cal.

حوّل السعرات إلى جول.

$$2.3 \times 10^5\ \text{cal} \times \frac{4.184\ \text{J}}{1\ \text{cal}} = 9.6 \times 10^5\ \text{J}$$

طبق العلاقة 1Cal = 4.184 J

تطبيقات

1. تحتوي قطعة من الشوفان والفاكهة على 142 Cal. حوّل هذه الطاقة إلى سعرات.

2. يطلق تفاعل طارد للحرارة 86.5 kJ. كم مقدار الطاقة الناتجة بوحدة kcal؟

3. **تحدي** حدد وحدة جديدة للطاقة، وسمّها باسمك، والتي تبلغ قيمتها عشر سعر حراري(cal). ما معاملات التحويل التي تربط هذه الوحدة الجديدة بالجول؟ وبالسعر الغذائي؟

almanahj.com/ae 2025 2026

https://youtu.be/SABLdFcLuks

2	CHM.5.5.01.001.08 يصف العلاقة بين الحرارة النوعية لمادة ما ومقاومة التغيّر في درجة الحرارة	نص الكتاب + الجدول 2 + تطبيقات	7, 8, 9
3	CHM.5.5.01.002.03 يحسب الحرارة النوعية لعيّنة ما بالإعتماد على تغيّر كتلتها ودرجة حرارتها مستخدما المعادلات مثل ($Q=mc\Delta T$)	نص الكتاب + الجدول 2+ مثال 2+ تطبيقات + مراجعة	8, 9, 10
4	CHM.5.5.01.001.08 يصف العلاقة بين الحرارة النوعية لمادة ما ومقاومة التغيّر في درجة الحرارة	نص الكتاب + الجدول 2 + تطبيقات	7, 8, 9

الحرارة النوعية

قد قرأت أنه يلزم توفير 1 cal أو 4.184 J لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء النقي درجة سيليزية واحدة (1°C). نُعرّف الكمية 4.184 J/(g·°C) بالحرارة النوعية (c) للماء. نُعرّف **الحرارة النوعية** لأي مادة بكمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من هذه المادة (1°C). ولأن المواد المختلفة لها تراكيب مختلفة، فإن لكل مادة الحرارة النوعية الخاصة بها.

لرفع درجة حرارة الماء (1°C)، يجب أن يمتص كل جرام واحد من الماء 4.184 J. بينما يلزم توفير قدر أقل بكثير من الطاقة لرفع درجة حرارة كتلة مساوية من الخرسانة (1°C). ربما قد لاحظت أن الأرصفة الخرسانية تصبح ساخنة في اليوم الصيفي المشمس. يعتمد مستوى السخونة على الحرارة النوعية للخرسانة، ولكن هناك عوامل أخرى مهمة أيضا. تبلغ الحرارة النوعية للخرسانة 0.84 J/(g·°C) مما يعني أن درجة حرارة الخرسانة ترتفع تقريبًا خمسة أضعاف درجة حرارة الماء عند امتصاص كتل متساوية من الماء والخرسانة لنفس مقدار الطاقة.

حساب الحرارة الممتصة افترض أن درجة حرارة كتلة من الرصيف الخرساني تبلغ 5.00×10^3 g قد زادت بمقدار 6.0°C. فهل يمكن حساب مقدار الطاقة التي تم امتصاصها؟ تذكر أن الحرارة النوعية للمادة تخبرك عن مقدار الحرارة التي قد امتصها جرام واحد من هذه المادة لرفع درجة حرارتها (1°C).

يوضح **جدول 2** درجات الحرارة النوعية لبعض المواد الشائعة. تبلغ الحرارة النوعية للخرسانة 0.84 J/(g·°C) لذا، فإن جرام واحد من الخرسانة يمتص 0.84 J عندما ترتفع حرارته (1°C) ولتحديد الحرارة التي امتصتها 5.00×10^3 g من الخرسانة يجب عليك ضرب 0.84 J في 5.00×10^3. ثم، نظرًا لتغير درجة حرارة الخرسانة بمقدار 6.0°C، يجب عليك ضرب الناتج من ضرب الكتلة والحرارة النوعية في 6.0°C.

معادلة حساب الحرارة

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

q تُمثل الحرارة التي تم امتصاصها أو تحريرها. c تُمثل الحرارة النوعية للمادة. m تُمثل كتلة العينة بالجرامات. ΔT هو التغير في درجة الحرارة °C أو $T_f - T_i$.

إن كمية الحرارة التي تمتصها المادة أو تُطلقها مساوية لحاصل ضرب حرارتها النوعية في كتلتها في التغير في درجة حرارتها.

المادة	الحرارة النوعية J/(g·°C)
الماء(l)	4.184
الإيثانول(l)	2.44
الماء(s)	2.03
الماء(g)	2.01
البريليوم(s)	1.825
المغنيسيوم(s)	1.023
الألمنيوم(s)	0.897
الخرسانة(s)	0.84
الجرانيت(s)	0.803
الكالسيوم(s)	0.647
الحديد(s)	0.449
المستر ونشيوم(s)	0.301
الخضة(s)	0.235
الباريوم(s)	0.204
الرصاص(s)	0.129
الذهب(s)	0.129

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

2	CHM.5.5.01.001.08 يصف العلاقة بين الحرارة النوعية لمادة ما ومقاومة التغير في درجة الحرارة	نص الكتاب + الجدول 2 + تطبيقات	7, 8, 9
3	CHM.5.5.01.002.03 يحسب الحرارة النوعية لعيّنة ما بالإعتماد على تغير كتلتها ودرجة حرارتها مستخدما المعادلات مثل ($Q=mc\Delta T$)	نص الكتاب + الجدول 2+ مثال 2+ تطبيقات + مراجعة	8, 9, 10
4	CHM.5.5.01.001.08 يصف العلاقة بين الحرارة النوعية لمادة ما ومقاومة التغير في درجة الحرارة	نص الكتاب + الجدول 2 + تطبيقات	7, 8, 9

حساب الطاقة المنطلقة يمكن للمواد امتصاص الطاقة وإطلاقها على حد سواء. يمكن استخدام المعادلة السابقة نفسها لحساب الطاقة التي تطلقها المواد عندما تبرد. افترض أن قطعة خرسانية كتلتها $5.00 \times 10^3\ g$ وصلت إلى درجة حرارة 74.0°C خلال يوم مشمس وانخفضت درجة حرارتها إلى 40.0°C ليلًا. فكم كمية الحرارة التي تم تحريرها؟ احسب أولًا ΔT.

$$\Delta T = 40.0°C - 74.0°C = -34.0°C$$

ثم، استخدم المعادلة لحساب كمية الحرارة.

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

$$q_{\text{خرسانة}} = \frac{0.84\ J}{(g \cdot °C)} \times (5.00 \times 10^3\ g) \times -34.0°C = -140{,}000\ J \text{ أو } -140\ kJ$$

الإشارة السالبة في الإجابة النهائية تدل على أن الطاقة منطلقة

يمكنك استخدام هذه المعادلة لحساب الحرارة التي امتصتها الكتلة الخرسانية.

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

$$q_{\text{خرسانة}} = \frac{0.84\ J}{(g \cdot °C)} \times (5.00 \times 10^3\ g) \times 6.0°C = 25{,}000\ J = 25\ kJ$$

يبلغ إجمالي مقدار الطاقة التي امتصتها الكتلة الخرسانية 25,000 J أو 25 kJ. على سبيل المقارنة، ما مقدار الحرارة التي يمتصها 5.00×10^3 g من الماء عندما تزيد درجة حرارته بمقدار 6.0°C؟ إن حساب للماء هو q نفسه بالنسبة للخرسانة باستثناء أنه يجب عليك استخدام الحرارة النوعية الخاصة بالماء 4.184J/(g·°C).

$$q_{\text{ماء}} = \frac{4.184\ J}{(g \cdot °C)} \times (5.00 \times 10^3\ g) \times 6.0°C = 1.3 \times 10^5\ J = 130\ kJ$$

إذا قسمت الحرارة التي امتصها الماء (130 kJ) على الحرارة التي امتصتها الخرسانة(25kJ) ستجد أنه بالنسبة لنفس التغير في درجة الحرارة، فقد امتص الماء خمسة أضعاف مقدار الحرارة التي امتصتها الكتلة الخرسانية.

المادة	الحرارة النوعية J/(g·°C)
الماء(l)	4.184
الإيثانول(l)	2.44
الماء(s)	2.03
الماء(g)	2.01
البريليوم(s)	1.825
المغنيسيوم(s)	1.023
الألمنيوم(s)	0.897
الخرسانة(s)	0.84
الجرانيت(s)	0.803
الكالسيوم(s)	0.647
الحديد(s)	0.449
السترونشيوم(s)	0.301
الخضة(s)	0.235
الباريوم(s)	0.204
الرصاص(s)	0.129
الذهب(s)	0.129

https://youtu.be/mqemzd0kCbc

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

2	CHM.5.5.01.001.08 يصف العلاقة بين الحرارة النوعية لمادة ما ومقاومة التغير في درجة الحرارة	نص الكتاب + الجدول 2 + تطبيقات	7, 8, 9
3	CHM.5.5.01.002.03 يحسب الحرارة النوعية لعيّنة ما بالإعتماد على تغير كتلتها ودرجة حرارتها مستخدما المعادلات مثل ($Q=mc\Delta T$)	نص الكتاب + الجدول 2+ مثال 2+ تطبيقات + مراجعة	8, 9, 10
4	CHM.5.5.01.001.08 يصف العلاقة بين الحرارة النوعية لمادة ما ومقاومة التغير في درجة الحرارة	نص الكتاب + الجدول 2 + تطبيقات	7, 8, 9

المادة	الحرارة النوعية J/(g·°C)
الماء(l)	4.184
الإيثانول(l)	2.44
الماء(s)	2.03
الماء(g)	2.01
البريليوم(s)	1.825
المغنيسيوم(s)	1.023
الألمنيوم(s)	0.897
الخرسانة(s)	0.84
الجرانيت(s)	0.803
الكالسيوم(s)	0.647
الحديد(s)	0.449
السترونشيوم(s)	0.301
الفضة(s)	0.235
الباريوم(s)	0.204
الرصاص(s)	0.129
الذهب(s)	0.129

https://youtu.be/sOhWHsCd7BQ

https://youtu.be/mqemzd0kCbc

مثال 2

حساب الحرارة النوعية عند بناء الجسور وناطحات السحب، يجب ترك فراغات بين الدعامات الفولاذية المتجاورة للسماح بتمدد وانكماش الفلز بسبب الحرارة والبرودة. تغيرت درجة حرارة عينة من الحديد تبلغ كتلتها 10.0 g من 50.4°C إلى 25.0°C وتنتج 114 J. فما الحرارة النوعية للحديد؟

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت كتلة العينة، ودرجة الحرارة الابتدائية والنهائية، وكمية الطاقة الناتجة. يمكنك حساب الحرارة النوعية للحديد من خلال إعادة ترتيب المعادلة التي تربط هذه المتغيرات مع بعضها البعض لتصل إلى c.

معلوم

الطاقة الناتجة $= -114\ J$ — $T_i = 50.4°C$

كتلة الحديد $= 10.0\ g\ Fe$ — $T_f = 25.0°C$

المجهول

الحرارة النوعية للحديد $c = ?\ J/(g·°C)$

2 حساب المجهول

احسب ΔT.

$$\Delta T = 25.0°C - 50.4°C = -25.4°C$$

اكتب معادلة حساب كمية الحرارة.

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

عدل المعادلة لإيجاد c

$$\frac{c \times m \times \Delta T}{m \times \Delta T} = \frac{q}{m \times \Delta T}$$

$$c = \frac{q}{m \times \Delta T}$$

عوض $q = 114\ J,\ m = 10.0\ g,\ \Delta T = 25.4°C$

$$c = \frac{-114\ J}{(10.0\ g)(-25.4°C)}$$

$$c = 0.449\ J/(g·°C)$$

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

2	CHM.5.5.01.001.08 يصف العلاقة بين الحرارة النوعية لمادة ما ومقاومة التغير في درجة الحرارة	نص الكتاب + الجدول 2 + تطبيقات	7, 8, 9
3	CHM.5.5.01.002.03 يحسب الحرارة النوعية لعيّنة ما بالإعتماد على تغير كتلتها ودرجة حرارتها مستخدما المعادلات مثل ($Q=mc\Delta T$)	نص الكتاب + الجدول 2+ مثال 2+ تطبيقات + مراجعة	8, 9, 10
4	CHM.5.5.01.001.08 يصف العلاقة بين الحرارة النوعية لمادة ما ومقاومة التغير في درجة الحرارة	نص الكتاب + الجدول 2 + تطبيقات	7, 8, 9

المادة	الحرارة النوعية J/(g·°C)
الماء(l)	4.184
الإيثانول(l)	2.44
الماء(s)	2.03
الماء(g)	2.01
البريليوم(s)	1.825
المغنيسيوم(s)	1.023
الألمنيوم(s)	0.897
الخرسانة(s)	0.84
الجرانيت(s)	0.803
الكالسيوم(s)	0.647
الحديد(s)	0.449
السترونشيوم(s)	0.301
الفضة(s)	0.235
الباريوم(s)	0.204
الرصاص(s)	0.129
الذهب(s)	0.129

تطبيقات

4. إذا زادت درجة حرارة كتلة من الإيثانول مقدارها 34.4 g من 25.0°C إلى 78.8°C. فما كمية الحرارة التي امتصها الإيثانول؟ انظر **جدول 2**.

5. تم تسخين عينة كتلتها 155 g من مادة غير معلومة من 25.0°C إلى 40.0°C. وامتصت هذه المادة خلال العملية 5696 J من الطاقة. فما الحرارة النوعية لهذه المادة؟ تعرّف على هذه المادة من بين تلك المواد المُدرجة في **جدول 2**.

https://youtu.be/z7d-6D5igK4

MR /MOHAMED SHAWKY

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

2	CHM.5.5.01.001.08 يصف العلاقة بين الحرارة النوعية لمادة ما ومقاومة التغير في درجة الحرارة	نص الكتاب + الجدول 2 + تطبيقات	7, 8, 9
3	CHM.5.5.01.002.03 يحسب الحرارة النوعية لعيّنة ما بالإعتماد على تغير كتلتها ودرجة حرارتها مستخدما المعادلات مثل ($Q=mc\Delta T$)	نص الكتاب + الجدول 2+ مثال 2+ تطبيقات + مراجعة	8, 9, 10
4	CHM.5.5.01.001.08 يصف العلاقة بين الحرارة النوعية لمادة ما ومقاومة التغير في درجة الحرارة	نص الكتاب + الجدول 2 + تطبيقات	7, 8, 9

الجدول 2 درجات الحرارة النوعية عند 298 K (25°C)

المادة	الحرارة النوعية J/(g·°C)
الماء(l)	4.184
الإيثانول(l)	2.44
الماء(s)	2.03
الماء(g)	2.01
البريليوم(s)	1.825
المغنيسيوم(s)	1.023
الألمنيوم(s)	0.897
الخرسانة(s)	0.84
الجرانيت(s)	0.803
الكالسيوم(s)	0.647
الحديد(s)	0.449
السترونشيوم(s)	0.301
الحمضة(s)	0.235
الباريوم(s)	0.204
الرصاص(s)	0.129
الذهب(s)	0.129

6. **تحدي** امتصت كتلة صلبة مقدارها 4.50 g من الذهب الخالص 276 J من الحرارة. كانت درجة الحرارة الابتدائية 25.0°C. فما درجة الحرارة النهائية؟

7. الفكرة **الرئيسة فسّر** كيف تتغير الطاقة من شكل إلى آخر في التفاعلات الطاردة. وفي التفاعلات الماصة للحرارة.

8. **ميّز** بين الطاقة الحركية وطاقة الوضع في الأمثلة التالية: مغناطيسين منفصلين؛ انهيار ثلجي؛ كتب على أرفف المكتبة؛ جدول ماء جبلي؛ سباق سيارات.

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

2	CHM.5.5.01.001.08 يصف العلاقة بين الحرارة النوعية لمادة ما ومقاومة التغير في درجة الحرارة	نص الكتاب + الجدول 2 + تطبيقات	7, 8, 9
3	CHM.5.5.01.002.03 يحسب الحرارة النوعية لعيّنة ما بالإعتماد على تغير كتلتها ودرجة حرارتها مستخدما المعادلات مثل ($Q=mc\Delta T$)	نص الكتاب + الجدول 2+ مثال 2+ تطبيقات + مراجعة	8, 9, 10
4	CHM.5.5.01.001.08 يصف العلاقة بين الحرارة النوعية لمادة ما ومقاومة التغير في درجة الحرارة	نص الكتاب + الجدول 2 + تطبيقات	7, 8, 9

جدول 2 درجات الحرارة النوعية عند 298 K (25°C)

المادة	الحرارة النوعية J/(g·°C)
الماء(l)	4.184
الإيثانول(l)	2.44
الماء(s)	2.03
الماء(g)	2.01
البريليوم(s)	1.825
المغنيسيوم(s)	1.023
الألمنيوم(s)	0.897
الخرسانة(s)	0.84
الجرانيت(s)	0.803
الكالسيوم(s)	0.647
الحديد(s)	0.449
السترونشيوم(s)	0.301
الفضة(s)	0.235
الباريوم(s)	0.204
الرصاص(s)	0.129
الذهب(s)	0.129

9. **وضّح** كيف يرتبط ضوء الشمعة المحترقة وحرارتها بطاقة الوضع الكيميائية.

10. **احسب** مقدار الحرارة التي يتم امتصاصها عندما يتم تسخين 5.50 g من الألمنيوم من درجة حرارة 25.0°C إلى 95.0°C. تبلغ الحرارة النوعية للألمنيوم 0.897 J/(g·°C).

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

2	CHM.5.5.01.001.08 يصف العلاقة بين الحرارة النوعية لمادة ما ومقاومة التغير في درجة الحرارة	نص الكتاب + الجدول 2 + تطبيقات	7, 8, 9
3	CHM.5.5.01.002.03 يحسب الحرارة النوعية لعيّنة ما بالإعتماد على تغير كتلتها ودرجة حرارتها مستخدما المعادلات مثل ($Q=mc\Delta T$)	نص الكتاب + الجدول 2+ مثال 2+ تطبيقات + مراجعة	8, 9, 10
4	CHM.5.5.01.001.08 يصف العلاقة بين الحرارة النوعية لمادة ما ومقاومة التغير في درجة الحرارة	نص الكتاب + الجدول 2 + تطبيقات	7, 8, 9

11. فسّر البيانات تم ترك كتل متساوية من الألمنيوم، والذهب، والحديد، والفضة في الشمس في نفس الوقت ولنفس المدة الزمنية. استخدم **جدول 2** لترتيب الفلزات الأربعة وفقًا لزيادة درجة حرارتهم من الأعلى إلى الأقل.

الجدول 2 درجات الحرارة النوعية عند 298 K (25°C)

المادة	الحرارة النوعية J/(g·°C)
الماء(l)	4.184
الإيثانول(l)	2.44
الماء(s)	2.03
الماء(g)	2.01
البريليوم(s)	1.825
المغنيسيوم(s)	1.023
الألمنيوم(s)	0.897
الخرسانة(s)	0.84
الجرانيت(s)	0.803
الكالسيوم(s)	0.647
الحديد(s)	0.449
السترونشيوم(s)	0.301
الفضة(s)	0.235
الباريوم(s)	0.204
الرصاص(s)	0.129
الذهب(s)	0.129

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

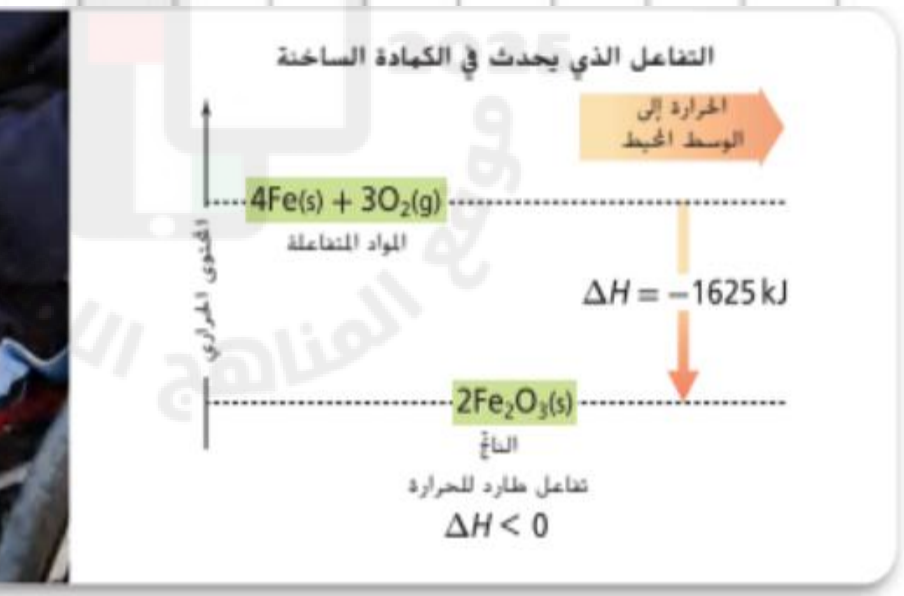
5	CHM.5.5.01.001.04 يصف كيفية ارتباط الطاقة الكيميائية بالحرارة المفقودة أو المكتسبة في التفاعلات الكيميائية (التفاعلات الطاردة للحرارة والماصة للحرارة)	نص الكتاب + الأشكال 7 ، 8 ، 9	14, 15, 16
7	CHM.5.5.01.004.03 يحدّد اتجاه التدفق الحراري (للعمليات الطاردة للحرارة والماصة للحرارة)	نص الكتاب + الشكل 7	13, 14
9	CHM.5.5.01.004.04 يقارن ويقابل مخططات طاقة الوضع للتفاعلات الطاردة للحرارة والماصة للحرارة من حيث الشكل العام ، المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة وللمواد الناتجة، طاقة التنشيط للتفاعلات الأمامية والعكسية، المحتوى الحراري العام للتفاعل وإشارته	نص الكتاب + الأشكال 8 ، 9	15, 16
11	CHM.5.5.01.004.03 يحدّد اتجاه التدفق الحراري (للعمليات الطاردة للحرارة والمتصة للحرارة)	نص الكتاب + الأشكال 8 ، 9	15, 16

$$4Fe(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2Fe_2O_3(s) \quad \Delta H_{rxn} = -1625\ kJ$$

تم عرض رسم بياني للتغير في المحتوى الحراري في **الشكل 8**.

■ **الشكل 8** يشير السهم المتجه نحو الأسفل إلى أنه تم تحرير (انطلاق) 1625 kJ من الحرارة إلى المحيط في التفاعل الذي حدث بين الحديد والأكسجين. توفر الكمادة الساخنة التي تستخدم هذا التفاعل الطاقة لتدفئة اليدين الباردتين.

فسّر كيف يوضح الرسم البياني أن هذا التفاعل طارد للحرارة.



■ **الشكل 7** يمتص خليط التفاعل، خلال هذا التفاعل الماص للحرارة، طاقة كافية من الماء الموجود على السطح الرطب مما يؤدي إلى تجمده فيلتصق الكأس باللوح.

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

5	CHM.5.5.01.001.04 يصف كيفية ارتباط الطاقة الكيميائية بالحرارة المفقودة أو المكتسبة في التفاعلات الكيميائية (التفاعلات الطاردة للحرارة والماصة للحرارة)	نص الكتاب + الأشكال 7 ، 8 ، 9	14, 15, 16
7	CHM.5.5.01.004.03 يحدّد اتجاه التدفق الحراري (للعمليات الطاردة للحرارة والماصة للحرارة)	نص الكتاب + الشكل 7	13, 14
9	CHM.5.5.01.004.04 يقارن ويقابل مخططات طاقة الوضع للتفاعلات الطاردة للحرارة والماصة للحرارة من حيث الشكل العام ، المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة وللمواد الناتجة، طاقة التنشيط للتفاعلات الأمامية والعكسية، المحتوى الحراري العام للتفاعل وإشارته	نص الكتاب + الأشكال 8 ، 9	15, 16
11	CHM.5.5.01.004.03 يحدّد اتجاه التدفق الحراري (للعمليات الطاردة للحرارة والممتصة للحرارة)	نص الكتاب + الأشكال 8 ، 9	15, 16

ولأن المواد المتفاعلة موجودة في بداية التفاعل والمواد الناتجة موجودة في نهاية التفاعل تصبح المعادلة.

$$\Delta H_{rxn} = H_{products} - H_{reactants}$$

إشارة المحتوى الحراري للتفاعل تذكّر تفاعل الكمادة الساخنة.

$$4Fe(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2Fe_2O_3(s) + 1625\ kJ$$

طبقًا للمعادلة، تفقد المواد المتفاعلة في هذا التفاعل الطارد للحرارة حرارتها فتكون H المواد الناتجة $<$ H المواد المتفاعلة. عندما يتم طرح H المواد المتفاعلة من H المواد الناتجة الأصفر نحصل على قيمة سالبة لـ ΔH_{rxn}. التغيرات الحرارية في التفاعلات الطاردة للحرارة دائمًا سالبة. تُكتب معادلة تفاعل الكمادة الساخنة وتغيرها الحراري عادةً على النحو التالي.

تغيرات الطاقة المصاحبة للتفاعلات بسهولة. فقد عرّف الكيميائيون خاصية تُسمى بالمحتوى الحراري. **المحتوى الحراري** (H) هو المحتوى الحراري لنظام ما عند ضغط ثابت.

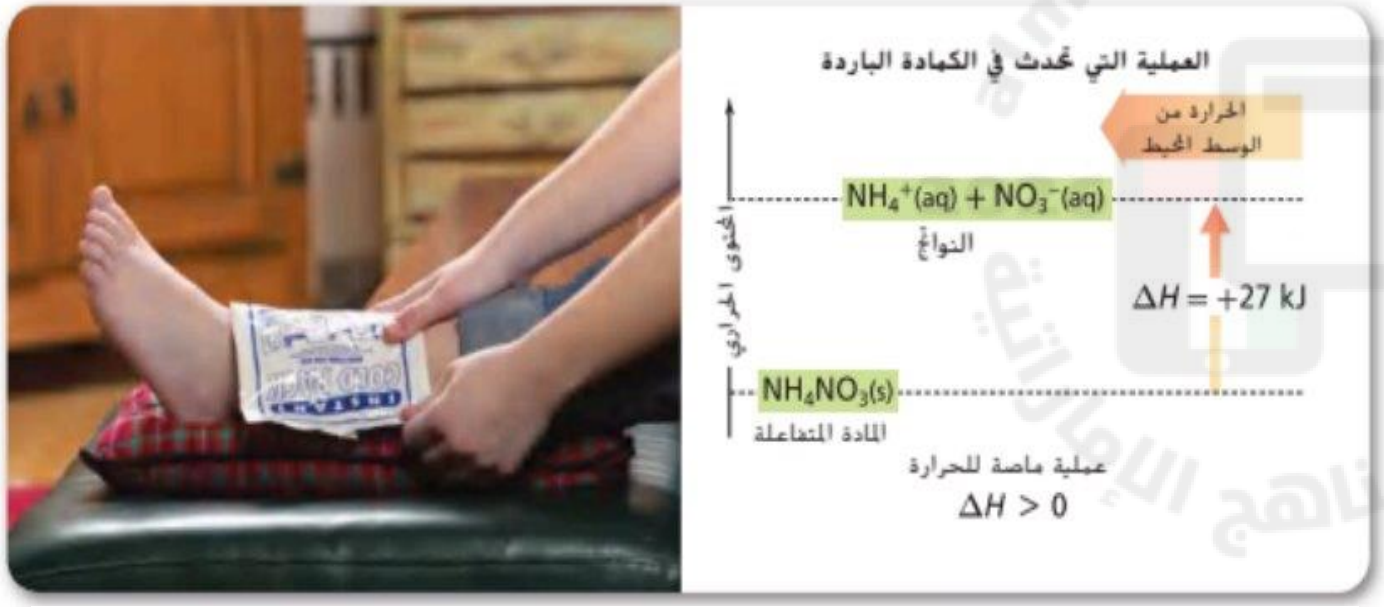
بالرغم من عدم قدرتك على قياس الطاقة الفعلية أو المحتوى الحراري الفعلي للمادة، إلا أنه بوسعك قياس التغير الذي يطرأ على المحتوى الحراري وهو الحرارة التي تم امتصاصها أو تحريرها خلال التفاعل الكيميائي. يُطلق على التغير في المحتوى الحراري للتفاعل **المحتوى الحراري للتفاعل (حرارة التفاعل)** (ΔH_{rxn}). لقد تعلمت بالفعل أن الرمز الذي يسبقه الحرف اليوناني (Δ) يُقصد به التغير في الخاصية. لذلك، فإن ΔH_{rxn} هو الفرق بين المحتوى الحراري للمواد التي توجد في نهاية التفاعل والمحتوى الحراري للمواد الموجودة في بداية التفاعل.

$$\Delta H_{rxn} = H_{final} - H_{initial}$$

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

5	CHM.5.5.01.001.04 يصف كيفية ارتباط الطاقة الكيميائية بالحرارة المفقودة أو المكتسبة في التفاعلات الكيميائية (التفاعلات الطاردة للحرارة والماصة للحرارة)	نص الكتاب + الأشكال 7 ، 8 ، 9	14, 15, 16
7	CHM.5.5.01.004.03 يحدّد اتجاه التدفق الحراري (للعمليات الطاردة للحرارة والماصة للحرارة)	نص الكتاب + الشكل 7	13, 14
9	CHM.5.5.01.004.04 يقارن ويقابل مخططات طاقة الوضع للتفاعلات الطاردة للحرارة والماصة للحرارة من حيث الشكل العام ، المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة، طاقة التنشيط للتفاعلات الأمامية والعكسية، المحتوى الحراري العام للتفاعل واشارته	نص الكتاب + الأشكال 8 ، 9	15, 16
11	CHM.5.5.01.004.03 يحدّد اتجاه التدفق الحراري (للعمليات الطاردة للحرارة والممتصة للحرارة)	نص الكتاب + الأشكال 8 ، 9	15, 16



الآن، تذكر عملية الكمادة الباردة.

الآن، تذكر عملية الكمادة الباردة.

$$27\ kJ + NH_4NO_3(s) \rightarrow NH_4^+(aq) + NO_3^-(aq)$$

النسبة للتفاعل الماص للحرارة $H_{products} > H_{reactants}$. لذلك، عندما يتم طرح $H_{products}$ من $H_{reactants}$ يتم تحقيق نتيجة موجبةلـ ΔH_{rxn}. يكتب الكيميائيون عادلة عملية الكمادة الباردة وتغير محتواها الحراري بالطريقة التالية:

$$NH_4NO_3(s) \rightarrow NH_4^+(aq) + NO_3^-(aq)\ \Delta H_{rxn} = 27\ kJ$$

الشكل 9 يوضح التغير في الطاقة لعملية الكمادة الباردة. المحتوى الحراري لنواتج في هذه العملية أكبر بمقدار 27kJ من المحتوى الحراري للمادة المتفاعلة حيث تم امتصاص الطاقة. لذلك، فإن إشارة ΔH_{rxn} لهذا التفاعل وغيره من تفاعلات والعمليات الأخرى الماصة للحرارة تكون موجبة. تذكر أن إشارة ΔH_{rxn} جميع التفاعلات الطاردة للحرارة تكون سالبة.

التغير في المحتوى الحراري ΔH يعادل الحرارة المكتسبة أو المفقودة q_p خلال تفاعل أو العملية التي تمت تحت ضغط ثابت. نظرًا لأن جميع التفاعلات الواردة ي هذا الكتاب قد تمت تحت ضغط ثابت، يمكنك القول بأن $q = \Delta H_{rxn}$.

$$4Fe(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2Fe_2O_3(s)\ \Delta H_{rxn} = -1625\ kJ$$

تم عرض رسم بياني للتغير في المحتوى الحراري في **الشكل 8**.

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

12, 13	نص الكتاب + مثال 3 + تطبيقات	CHM.5.5.01.002.02 يحسب مقدار الحرارة المنطلقة من مادة ما مع تغير درجة حرارتها	

■ **الشكل 6 a.** سجلت درجة حرارة ابتدائية 25.60°C لمقدار 125 g من الماء بالمسعّر **b.** تم تسخين عينة كتلتها 50.0 g من فلز غير معلوم إلى درجة حرارة 115.0°C وتم وضعها في المسعّر **c.** تنتقل الحرارة من الفلز إلى الماء حتى يصبح كلاهما بنفس درجة الحرارة. تبلغ درجة الحرارة النهائية 29.30°C.

الشكل 6 يوضح إجراء التجربة. لاحظ أن درجة الحرارة في المسعّر أصبحت ثابتة عند 29.30°C. وهي درجة الحرارة النهائية لكل من الماء والفلز. بافتراض عدم فقدان أي حرارة وانتقالها للوسط المحيط. فإن مقدار الحرارة التي اكتسبها الماء مساوية لمقدار الحرارة التي فقدها الفلز. يمكن حساب كمية الحرارة باستخدام المعادلة التي تعلمتها في القسم 1.

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

☑ التحقق من فهم النص **عرّف** المتغيرات الأربعة في المعادلة أعلاه.

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

أولًا، احسب الحرارة التي اكتسبها الماء. للقيام بذلك، تحتاج إلى معرفة الحرارة النوعية للماء 4.184 J/(g·°C).

$$q_{ماء} = 4.184\,J/(g\cdot°C) \times 125\ g \times (29.30°C - 25.60°C)$$
$$q_{ماء} = 4.184\,J/(g\cdot°C) \times 125\ g \times 3.70°C$$
$$q_{ماء} = 1940\,J$$

تساوي الحرارة التي اكتسبها الماء والتي تبلغ 1940 J والحرارة التي فقدها الفلز ($q_{فلز}$)؛ لذا يمكنك كتابة هذه المعادلة.

$$q_{فلز} = -q_{ماء}$$
$$q_{فلز} = -1940\,J$$
$$c_{فلز} \times m \times \Delta T = -1940\,J$$

الآن عدل في المعادلة لإيجاد الحرارة النوعية للفلز.

$$c_{فلز} = \frac{-1940\ J}{m \times \Delta T}$$

التغير في درجة حرارة الفلز ΔT هي الفرق بين درجة الحرارة النهائية للماء ودرجة الحرارة الابتدائية للفلز ($29.30°C - 115.0°C = -85.7°C$). عوض في المعادلة وأوجد الحل.

$$c_{فلز} = \frac{-1940\ J}{(50.0\ g)(-85.7°C)} = 0.453\ J/(g\cdot°C)$$

الحرارة النوعية للفلز غير المعلوم 0.453 J/(g·°C). **جدول 2** يوضح أن الفلز قد يكون الحديد.

مثال 3

استخدم الحرارة النوعية تمتص قطعة فلزية كتلتها 4.68 g كمية من الحرارة مقدارها 256J عندما ترتفع درجة حرارتها بمقدار 182°C. فما هي الحرارة النوعية لهذا الفلز؟ هل يمكن أن يكون هذا الفلز أحد الفلزات القلوية الأرضية المدرجة في **جدول 2**؟

1 تحليل المسألة

لقد تم إعطائك كتلة الفلز، وكمية الحرارة التي امتصها، والتغير في درجة الحرارة. يجب عليك حساب الحرارة النوعية. استخدم المعادلة لحساب q كمية الحرارة، ولكن عليك إيجاد الحرارة النوعية c.

معلوم

كتلة الفلز $m = 4.68\ g$

كمية الحرارة التي تم امتصاصها $q = 256\ J$

$\Delta T = 182°C$

مجهول

الحرارة النوعية $c = ?\ J/(g\cdot°C)$

2 إيجاد القيمة المجهولة

اكتب المعادلة الخاصة بكمية الحرارة q.

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

أوجد قيمة c.

$$c = \frac{q}{m \times \Delta T}$$

عوض $\Delta T = 182°C$, $q = 256\ J$, $m = 4.68\ g$

$$c = \frac{256\ J}{(4.68\ g)(182°C)} = 0.301\ J/(g\cdot°C)$$

يوضح الجدول 2 أن الفلز قد يكون السترونشيوم.

3 تقييم الإجابة

تتكون الكميات الثلاثة المستخدمة في الحساب من ثلاثة أرقام معنوية. لذا فإن الجواب سيتكون بشكل صحيح من ثلاثة أرقام. الحسابات صحيحة وتعطي الوحدة المتوقعة.

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

6	CHM.5.5.01.002.02 يحسب مقدار الحرارة المنطلقة من مادة ما مع تغير درجة حرارتها	نص الكتاب + مثال 3 + تطبيقات	12, 13

12. امتصت عينة من فلز غير معلوم كتلتها 90.0 g كمية من الحرارة مقدارها 25.6 J وارتفعت درجة حرارتها بمقدار 1.18°C. فما الحرارة النوعية لهذا الفلز؟

13. ارتفعت درجة حرارة عينة الماء من 20.0°C إلى 46.6°C عند امتصاصها 5650 J من الحرارة. ما كتلة العينة؟

almanahj.com/ae 2026 2025 المناهج الإماراتية

12, 13	نص الكتاب + مثال 3 + تطبيقات	CHM.5.5.01.002.02 يحسب مقدار الحرارة المنطلقة من مادة ما مع تغير درجة حرارتها	6

14. ما كمية الطاقة التي تكتسبها صخرة من الجرانيت كتلتها 2.00×10^3 g ($c_{\text{الجرانيت}} = 0.803$ J/(g·°C)) عندما تتغير درجة حرارتها من 10.0°C إلى 29.0°C؟

15. **تحدي** إذا فقد 335 g من الماء درجة حرارته 65.5°C كمية من الحرارة مقدارها 9750 J. فما درجة حرارة الماء النهائية؟

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

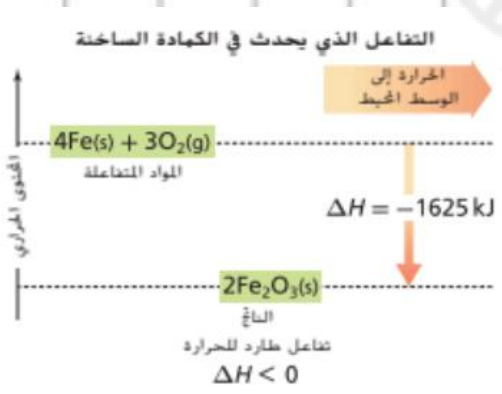
14, 15, 16	نص لكتاب + الأشكال 8 ، 9	CHM.5.5.01.006.02 يعرّف تغير المحتوى الحراري للتفاعل الكيميائي (Hrxn) كاتبًا المعادلة المستخدمة	8
15	نص الكتاب	CHM.5.5.01.006.01 يعرّف المحتوى الحراري (H)	10

يمكن قياس الحرارة المفقودة أو المكتسبة. في تفاعلات كثيرة. بشكل ملائم بالمِسعّر عند ضغط ثابت. كما هو موضح في التجربة المعروضة في **الشكل 6**. كوب البلاستيك الرغوي ليس مغلقًا. لذا فإن الضغط ثابت. تحدث تفاعلات كثيرة تحت ضغط ثابت؛ على سبيل المثال. تلك التفاعلات التي تحدث داخل الكائنات الحية على سطح الأرض. وفي البحيرات والمحيطات. وكتلك التي تحدث في الكؤوس والدوارق المفتوحة في المختبر. يُرمَز للطاقة المنطلقة أو الناتجة عن التفاعل الذي حدث عند ضغط ثابت في بعض الأحيان بالرمز q_p. لقياس ودراسة تغيرات الطاقة المصاحبة للتفاعلات بسهولة. فقد عرّف الكيميائيون خاصية تُسمى بالمحتوى الحراري. **المحتوى الحراري** (H) هو المحتوى الحراري لنظام ما عند ضغط ثابت.

بالرغم من عدم قدرتك على قياس الطاقة الفعلية أو المحتوى الحراري الفعلي للمادة. إلا أنه بوسعك قياس التغير الذي يطرأ على المحتوى الحراري وهو الحرارة التي تم امتصاصها أو تحريرها خلال التفاعل الكيميائي. يُطلق على التغير في المحتوى الحراري للتفاعل **المحتوى الحراري للتفاعل (حرارة التفاعل)** (ΔH_{rxn}). لقد تعلمت بالفعل أن الرمز الذي يسبقه الحرف اليوناني (Δ) يُقصد به التغير في الخاصية. لذلك. فإن ΔH_{rxn} هو الفرق بين المحتوى الحراري للمواد التي توجد في نهاية التفاعل والمحتوى الحراري للمواد الموجودة في بداية التفاعل.

$$\Delta H_{rxn} = H_{final} - H_{initial}$$

لمحتوى الحراري وتغير المحتوى الحراري يعتمد إجمالي ما تحتويه مادة من الطاقة على عدة عوامل والتي لا يزال بعضها غير مفهومًا تمامًا. لذا. بات ستحيلًا معرفة محتوى الطاقة الإجمالي للمادة. اهتم الكيميائيون بتغيرات الطاقة ي تحدث خلال التفاعلات أكثر من اهتمامهم بكميات الطاقة الموجودة في المواد متفاعلة والمواد الناتجة.



صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

14, 15, 16	نص لكتاب + الأشكال 8 ، 9	CHM.5.5.01.006.02 يعرّف تغير المحتوى الحراري للتفاعل الكيميائي (Hrxn) كاتبًا المعادلة المستخدمة	8
15	نص الكتاب	CHM.5.5.01.006.01 يعرّف المحتوى الحراري (H)	10

ولأن المواد المتفاعلة موجودة في بداية التفاعل والمواد الناتجة موجودة في نهاية التفاعل تصبح المعادلة.

$$\Delta H_{rxn} = H_{products} - H_{reactants}$$

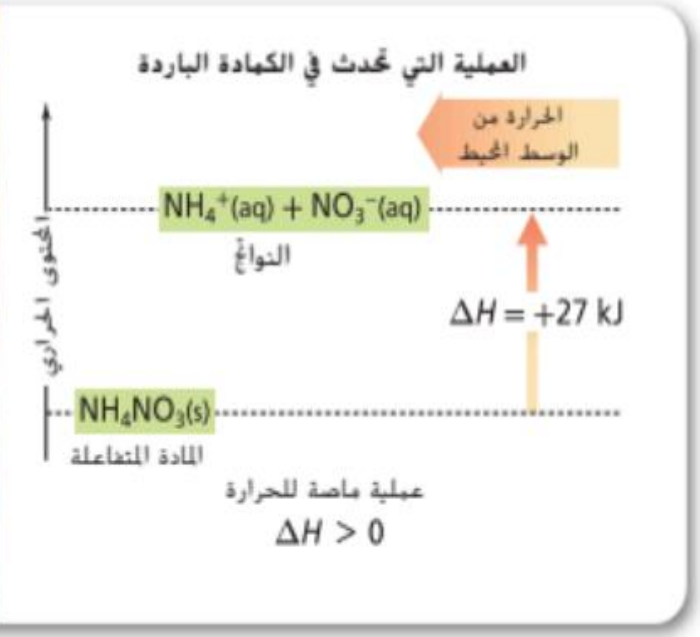
إشارة المحتوى الحراري للتفاعل تذكّر تفاعل الكمادة الساخنة.

$$4Fe(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2Fe_2O_3(s) + 1625\ kJ$$

طبقًا للمعادلة، تفقد المواد المتفاعلة في هذا التفاعل الطارد للحرارة حرارتها فتكون H المواد الناتجة $<$ H المواد المتفاعلة. عندما يتم طرح H المواد المتفاعلة من H المواد الناتجة الأصغر نحصل على قيمة سالبة لـ ΔH_{rxn}. التغيرات الحرارية في التفاعلات الطاردة للحرارة دائمًا سالبة. تُكتب معادلة تفاعل الكمادة الساخنة وتغيرها الحراري عادةً على النحو التالي.

$$4Fe(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2Fe_2O_3(s)\ \Delta H_{rxn} = -1625\ kJ$$

تم عرض رسم بياني للتغير في المحتوى الحراري في **الشكل 8**.



21. **احسب** الحرارة النوعية J/(g·°C) لمادة غير معلومة إذا كانت عينة كتلتها 2.50 g تحرر طاقة مقدارها 12.0 cal عندما تتغير درجة حرارتها من 25.0°C إلى 20.0°C.

22. **صمّم تجربة** صف الخطوات التي يمكنك اتباعها لتحديد الحرارة النوعية لقطعة فلز كتلتها 45 g.

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

14, 15, 16	نص لكتاب + الأشكال 8 ، 9	CHM.5.5.01.006.02 يعرّف تغير المحتوى الحراري للتفاعل الكيميائي (Hrxn) كاتبًا المعادلة المستخدمة	8
15	نص الكتاب	CHM.5.5.01.006.01 يعرّف المحتوى الحراري (H)	10

■ **الشكل 9** يشيرالسهم المتجه نحو الأعلى إلى أنه قد تم امتصاص 27 kJ من الحرارة من المحيط خلال عملية إذابة NH_4NO_3. يُعد هذا التفاعل أساس الكمادة الباردة. عندما تُوضع الكمادة الباردة على ساق شخص، يُصدر ساقه الحرارة اللازمة ويبرد نفسه.

حدد كمية الطاقة التي تمتصها نيترات الأمونيوم عند تنشيط الكمادة الباردة؟

الآن، تذكر عملية الكمادة الباردة.

$$27\ kJ + NH_4NO_3(s) \rightarrow NH_4^+(aq) + NO_3^-(aq)$$

بالنسبة للتفاعل الماص للحرارة $H_{products} > H_{reactants}$. لذلك، عندما يتم طرح $H_{reactants}$ من $H_{products}$ يتم تحقيق نتيجة موجبةلـ ΔH_{rxn}. يكتب الكيميائيون معادلة عملية الكمادة الباردة وتغير محتواها الحراري بالطريقة التالية:

$$NH_4NO_3(s) \rightarrow NH_4^+(aq) + NO_3^-(aq)\ \Delta H_{rxn} = 27\ kJ$$

الشكل 9 يوضح التغير في الطاقة لعملية الكمادة الباردة. المحتوى الحراري للنواتج في هذه العملية أكبر بمقدار 27kJ من المحتوى الحراري للمادة المتفاعلة حيث تم امتصاص الطاقة. لذلك، فإن إشارة ΔH_{rxn} لهذا التفاعل وغيره من التفاعلات والعمليات الأخرى الماصة للحرارة تكون موجبة. تذكر أن إشارة ΔH_{rxn} لجميع التفاعلات الطاردة للحرارة تكون سالبة.

التغير في المحتوى الحراري ΔH يعادل الحرارة المكتسبة أو المفقودة q_p خلال التفاعل أو العملية التي تمت تحت ضغط ثابت. نظرًا لأن جميع التفاعلات الواردة في هذا الكتاب قد تمت تحت ضغط ثابت، يمكنك القول بأن $q = \Delta H_{rxn}$.

16. **الفكرة الرئيسة صِف** كيف يمكنك حساب مقدار الحرارة الذي تم اكتسابه أو فقدانه عند تغير درجة حرارة المادة.

17. **فسّر** لماذا ΔH تكون للتفاعل الطارد للحرارة دائمًا قيمة سالبة؟

18. **فسّر** لماذا يعتبر مقدار الماء المحدد جزء أساسي من المسعّر؟

19. **فسّر** سبب وجوب معرفة الحرارة النوعية للمادة كي تتمكن من حساب الحرارة المكتسبة أو المفقودة نتيجة لتغير درجة حرارة المادة.

20. **صِف** ماذا يُقصد بالنظام في الديناميكا الحرارية. وما العلاقة بين النظام والمحيط والكون.

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

17	نص الكتاب	CHM.5.5.01.006.07 يعرفُ المحتوى الحراري للإحتراق محدّدًا الأساس في تعريفه	13

المعادلة الكيميائية الحرارية هي عبارة عن معادلة كيميائية موزونة تتضمن الحالات الفيزيائية لجميع المواد المتفاعلة والناتجة وتغير الطاقة. والذي يتم التعبير عنه عادة بالتغير في المحتوى الحراري ΔH.

ينتج عن احتراق الجلوكوز الطارد للحرارة في الجسم طاقة (عملية الأيض).

تُكتب المعادلة الكيميائية الحرارية لاحتراق الجلوكوز على النحو التالي:

$$C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g) \rightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(l) \quad \Delta H_{comb} = -2808\ kJ$$

حرارة الاحتراق (ΔH_{comb}) هي التغير في المحتوى الحراري عند الاحتراق الكامل لمول واحد من المادة. تم عرض حرارة الاحتراق القياسية للعديد من المواد في **الجدول 3**. يُرمز لتغيرات المحتوى الحراري القياسية بالرمز ΔH°.

يُشير الصفر العلوي إلى تحديد التغيرات في المحتوى الحراري لجميع المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في ظل ظروف قياسية. تتمثل الظروف القياسية في ضغط 1 atm ودرجة حرارة 298 K (25°C) ويجب عدم الخلط بينها وبين الضغط ودرجة الحرارة القياسيين (STP).

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

تغيرات الحالة

هناك العديد من العمليات، غير التفاعلات الكيميائية، التي تمتص الحرارة أو تطلقها. على سبيل المثال، فكّر فيما يحدث عند خروجك من حمام ساخن. سوف ترتعش حيث يتبخر الماء من جلدك. يرجع هذا لأن جلدك يوفر الحرارة اللازمة لتبخر الماء.

وبينما تخرج الحرارة من جلدك لتبخير الماء، سوف تشعر بالبرودة. يُطلق على الحرارة اللازمة لتبخير مول واحد من السائل **الحرارة المولية للتبخير** (ΔH_{vap}). وبالمثل، إذا أردت كوبًا من الماء البارد، يمكنك وضع مكعب من الثلج بداخله. فيبرد الماء حيث أنه يوفر الحرارة اللازمة لانصهار الثلج. يُطلق على الحرارة اللازمة لانصهار مول واحد من المادة الصلبة **الحرارة المولية للانصهار** (ΔH_{fus}). ولأن عمليات تبخير السائل وصهر المادة الصلبة تعتبر عمليات ماصة للحرارة، فإن قيم ΔH لها تكون موجبة. تم عرض الحرارة المولية القياسية للتبخير والانصهار لخمسة مركبات شائعة في **الجدول 4**.

المعادلات الكيميائية الحرارية لتغيرات حالة المادة يمكن وصف تبخير الماء وانصهار الثلج بالمعادلات التالية:

$$H_2O(l) \rightarrow H_2O(g) \qquad \Delta H_{vap} = 40.7\ kJ$$

$$H_2O(s) \rightarrow H_2O(l) \qquad \Delta H_{fus} = 6.01\ kJ$$

الجدول 4 الحرارة المولية القياسية للتبخير والانصهار

المادة	الصيغة	ΔH°_{vap} (kJ/mol)	ΔH°_{fus} (kJ/mol)
الماء	H_2O	40.7	6.01
إيثانول	C_2H_5OH	38.6	4.94
الميثانول	CH_3OH	35.2	3.22
حمض الأسيتيك	CH_3COOH	23.4	11.7
الأمونيا	NH_3	23.3	5.66

تُشير المعادلة الأولى إلى أنه قد تم امتصاص 40.7 kJ من الطاقة عند تحويل مول واحد من الماء إلى مول واحد من بخار الماء. تُشير المعادلة الثانية إلى أنه تم امتصاص 6.01 kJ من الطاقة عند انصهار مول واحد من الثلج ليتحول إلى مول واحد من الماء السائل.

ما الذي يحدث في العمليات العكسية. عندما يتكثف بخار الماء ويتحول إلى ماء سائل أو يتجمد الماء السائل ويتحول إلى ثلج؟ يتم إطلاق نفس كميات الطاقة في هذه العمليات الطاردة للحرارة تمامًا كالتي يتم امتصاصها في العمليات الماصة للحرارة كالتبخير والانصهار. لذلك، تكون الحرارة المولية للتكثف (ΔH_{cond}) والحرارة المولية للتبخير نفس القيمة العددية ولكن مختلفة في الإشارة. وبالمثل، فإن الحرارة المولية للتجمد (ΔH_{solid}) تساوي القيمة العددية للحرارة المولية للانصهار ولكن مختلفة الإشارة.

$$\Delta H_{vap} = -\Delta H_{cond}$$

$$\Delta H_{fus} = -\Delta H_{solid}$$

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

فارن بين معادلتي تكثف بخار الماء وتجمد الماء مع المعادلتين في الصفحة السابقة لتبخير الماء وانصهار الثلج.

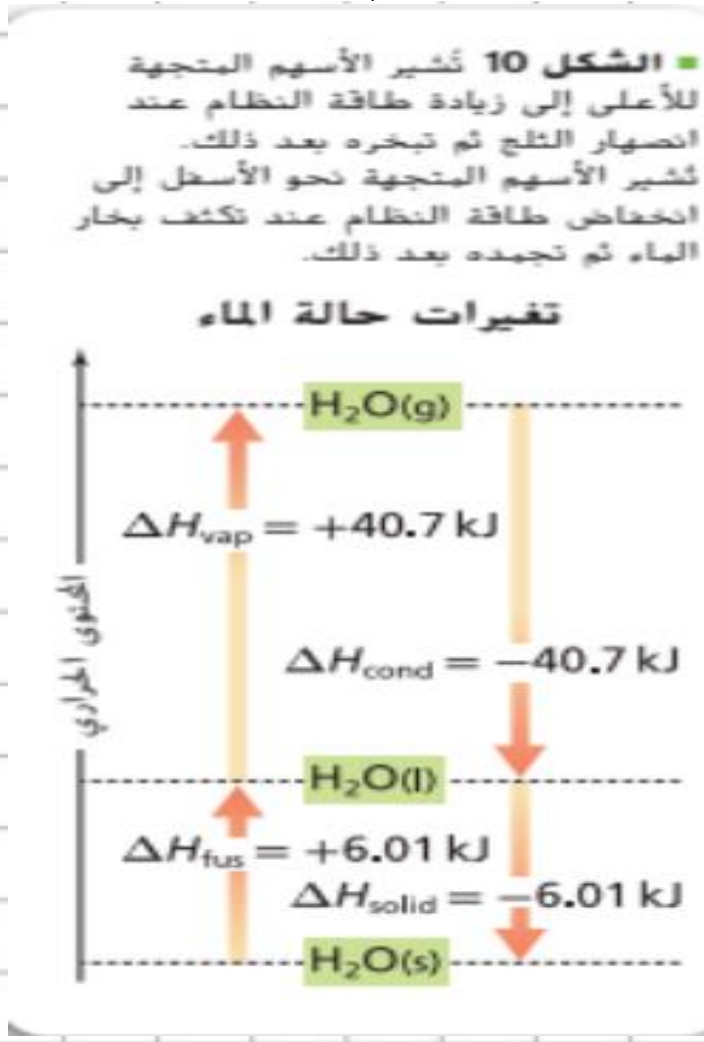
$$H_2O(g) \rightarrow H_2O(l) \qquad \Delta H_{cond} = -40.7\ kJ$$

$$H_2O(l) \rightarrow H_2O(s) \qquad \Delta H_{solid} = -6.01\ kJ$$

يستفيد بعض المزارعين من حرارة انصهار الثلج لحماية الفواكه والخضراوات من التجمد. فإذا تنبأوا بانخفاض درجة الحرارة إلى حد التجمد، فإنهم يرشون بساتينهم وحقولهم بالماء. عندما يتجمد الماء، تنبعث الحرارة (ΔH_{fus}) وغالبًا ما تؤدي إلى تدفئة الهواء المحيط بما يكفي لمنع ضرر الصقيع. سوف ترسم منحنى تسخين الماء، في مختبر حل المسائل التالي، وتوضحه بكتابة درجات حرارة الانصهار والتبخير.

التحقق من فهم النص **صنّف** عمليات التكثف، والتجمد، والتبخير، والانصهار باعتبارهم عمليات طاردة أو ماصة للحرارة.

الشكل 10 تشير الأسهم المتجهة للأعلى إلى زيادة طاقة النظام عند انصهار الثلج ثم تبخره بعد ذلك. تشير الأسهم المتجهة نحو الأسفل إلى انخفاض طاقة النظام عند تكثف بخار الماء ثم تجمده بعد ذلك.



صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم
MR /MOHAMED SHAWKY

كتابة المعادلات الكيميائية الحرارية

تعتبر تغير الطاقة جزء هام من التفاعلات الكيميائية. لذا، يُدرج الكيميائيون ΔH لجزء من عدة تفاعلات كيميائية. يُطلق على معادلات الكمادة الساخنة والكمادة الباردة معادلات كيميائية حرارية عند كتابتها على النحو التالي:

$$4Fe(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2Fe_2O_3(s) \quad \Delta H = -1625 \text{ kJ}$$

$$NH_4NO_3(s) \rightarrow NH_4^+(aq) + NO_3^-(aq) \quad \Delta H = 27 \text{ kJ}$$

المعادلة الكيميائية الحرارية هي عبارة عن معادلة كيميائية موزونة تتضمن الحالات الفيزيائية لجميع المواد المتفاعلة والناتجة وتغير الطاقة. والذي يتم التعبير عنه عادة بالتغير في المحتوى الحراري ΔH.

ينتج عن احتراق الجلوكوز الطارد للحرارة في الجسم طاقة (عملية الأيض). تكتب المعادلة الكيميائية الحرارية لاحتراق الجلوكوز على النحو التالي:

$$C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g) \rightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(l) \quad \Delta H_{comb} = -2808 \text{ kJ}$$

حرارة الاحتراق (ΔH_{comb}) هي التغير في المحتوى الحراري عند الاحتراق الكامل لمول واحد من المادة. تم عرض حرارة الاحتراق القياسية للعديد من المواد في **الجدول 3**. يُرمز لتغيرات المحتوى الحراري القياسية بالرمز ΔH°. يشير الصفر العلوي إلى تحديد التغيرات في المحتوى الحراري لجميع المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في ظل ظروف قياسية. تتمثل الظروف القياسية في ضغط 1 atm ودرجة حرارة 298 K (25°C) ويجب عدم الخلط بينها وبين الضغط ودرجة الحرارة القياسيين (STP).

الجدول 3 حرارة الاحتراق القياسية

المادة	الصيغة	ΔH°_{comb} (kJ/mol)
السكروز (سكر المائدة)	$C_{12}H_{22}O_{11}(s)$	−5644
الأوكتان (أحد مكونات الجازولين)	$C_8H_{18}(l)$	−5471
الجلوكوز (سكر بسيط يوجد في الخلايا الحاكية)	$C_6H_{12}O_6(s)$	−2808
البروبان (وقود غازي)	$C_3H_8(g)$	−2219
الميثان (وقود غازي)	$CH_4(g)$	−891

الجدول 4 الحرارة المولية القياسية للتبخير والانصهار

المادة	الصيغة	ΔH°_{vap} (kJ/mol)	ΔH°_{fus} (kJ/mol)
الماء	H_2O	40.7	6.01
إيثانول	C_2H_5OH	38.6	4.94
الميثانول	CH_3OH	35.2	3.22
حمض الأسيتيك	CH_3COOH	23.4	11.7
الأمونيا	NH_3	23.3	5.66

تغيرات الحالة

هناك العديد من العمليات، غير التفاعلات الكيميائية، التي تمتص الحرارة أو تطلقها. على سبيل المثال، فكّر فيما يحدث عند خروجك من حمام ساخن. سوف ترتعش حيث يتبخر الماء من جلدك. يرجع هذا لأن جلدك يوفر الحرارة اللازمة لتبخر الماء.

وبينما تخرج الحرارة من جلدك لتبخير الماء، سوف تشعر بالبرودة. يُطلق على الحرارة اللازمة لتبخير مول واحد من السائل **الحرارة المولية للتبخير** (ΔH_{vap}). وبالمثل، إذا أردت كوبًا من الماء البارد، يمكنك وضع مكعب من الثلج بداخله. فيبرد الماء حيث أنه يوفر الحرارة اللازمة لانصهار الثلج. يُطلق على الحرارة اللازمة لانصهار مول واحد من المادة الصلبة **الحرارة المولية للانصهار** (ΔH_{fus}). ولأن عمليات تبخير السائل وصهر المادة الصلبة تعتبر عمليات ماصة للحرارة، فإن قيم ΔH لها تكون موجبة. تم عرض الحرارة المولية القياسية للتبخير والانصهار لخمسة مركبات شائعة في **الجدول 4**.

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم
MR /MOHAMED SHAWKY

لتبخر الماء.

وبينما تخرج الحرارة من جلدك لتبخير الماء، سوف تشعر بالبرودة. يُطلق على الحرارة اللازمة لتبخير مول واحد من السائل **الحرارة المولية للتبخير** (ΔH_{vap}). وبالمثل، إذا أردت كوبًا من الماء البارد، يمكنك وضع مكعب من الثلج بداخله. فيبرد الماء حيث أنه يوفر الحرارة اللازمة لانصهار الثلج. يُطلق على الحرارة اللازمة لانصهار مول واحد من المادة الصلبة **الحرارة المولية للانصهار** (ΔH_{fus}). ولأن عمليات تبخير السائل وصهر المادة الصلبة تعتبر عمليات ماصة للحرارة، فإن قيم ΔH لها تكون موجبة. تم عرض الحرارة المولية القياسية للتبخير والانصهار لخمسة مركبات شائعة في **الجدول 4**.

المعادلات الكيميائية الحرارية لتغيرات حالة المادة يمكن وصف تبخير الماء وانصهار الثلج بالمعادلات التالية:

$$H_2O(l) \rightarrow H_2O(g) \qquad \Delta H_{vap} = 40.7\ kJ$$
$$H_2O(s) \rightarrow H_2O(l) \qquad \Delta H_{fus} = 6.01\ kJ$$

تُشير المعادلة الأولى إلى أنه قد تم امتصاص 40.7 kJ من الطاقة عند تحويل مول واحد من الماء إلى مول واحد من بخار الماء. تُشير المعادلة الثانية إلى أنه تم امتصاص 6.01 kJ من الطاقة عند انصهار مول واحد من الثلج ليتحول إلى مول واحد من الماء السائل.

ما الذي يحدث في العمليات العكسية. عندما يتكثف بخار الماء ويتحول إلى ماء سائل أو يتجمد الماء السائل ويتحول إلى ثلج؟ يتم إطلاق نفس كميات الطاقة في هذه العمليات الطاردة للحرارة تمامًا كالتي يتم امتصاصها في العمليات الماصة للحرارة كالتبخير والانصهار. لذلك، تكون الحرارة المولية للتكثف (ΔH_{cond}) والحرارة المولية للتبخير نفس القيمة العددية ولكن مختلفة في الإشارة. وبالمثل، فإن الحرارة المولية للتجمد (ΔH_{solid}) تساوي القيمة العددية للحرارة المولية للانصهار ولكن مختلفة الإشارة.

$$\Delta H_{vap} = -\Delta H_{cond}$$
$$\Delta H_{fus} = -\Delta H_{solid}$$

تفاعلات الاحتراق

الاحتراق هو تفاعل الوقود مع الأكسجين. في النظم البيولوجية، يعتبر الطعام هو الوقود. **الشكل 11** يبين بعض الأطعمة التي تحتوي على جلوكوز وكذلك بعض الأطعمة الأخرى التي تحتوي على الكربوهيدرات والتي يتم تحويلها بسهولة داخل جسمك إلى جلوكوز. وتعتمد أيضًا على تفاعلات احتراق أخرى والتي تحافظ على دفئك وبرودتك، والتي تنطلق في المركبات. تتمثل إحدى الطرق التي تساعدك على تدفئة منزلك أو طهي طعامك في حرق غاز الميثان. ينتج احتراق مول واحد من غاز الميثان 891 kJ طبقًا لهذه المعادلة.

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l) + 891\ kJ$$

تعمل معظم المركبات كالسيارات، والطائرات، والقوارب، والشاحنات باحتراق الجازولين، والذي يتكون معظمه من الأوكتان (C_8H_{18}). **الجدول 3** يوضح أن احتراق مول واحد من الأوكتان ينتج 5471 kJ وتكتب معادلة احتراق الأوكتان على النحو التالي:

$$C_8H_{18}(l) + \frac{25}{2}O_2(g) \rightarrow 8CO_2(g) + 9H_2O(l) + 5471\ kJ$$

هناك تفاعل احتراق آخر وهو احتراق الهيدروجين.

$$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l) + 286\ kJ$$

يوفر احتراق الهيدروجين الطاقة اللازمة لرفع المكوك في الفضاء. كما هو موضح في الصفحة الافتتاحية لهذه الوحدة.

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم
MR /MOHAMED SHAWKY

12	CHM.5.5.01.006.09 يجري عمليات حسابية موظفًا المحتوى الحراري للاحتراق	نص الكتاب + مثال 4 + تطبيقات	20
16	CHM.5.5.01.006.09 يجري عمليات حسابية موظفًا المحتوى الحراري للاحتراق	نص الكتاب + مثال 4+ تطبيقات	20, 21
17	CHM.5.5.01.006.06 يحسب التغير في المحتوى الحراري لتفاعلات كيميائية حرارية مختلفة	نص الكتاب + مثال 4 + تطبيقات + مراجعة	20, 21
18	CHM.5.5.01.006.08 يكتب المعادلة الكيميائية الحرارية لاحتراق مركب ما ، مع تحديد إشارة ΔH وتبيان إذا كان التفاعل طاردًا للحرارة أم ماصًا للحرارة	نص الكتاب + مثال 4 + تطبيقات	17,18, 20, 21

المعادلة الكيميائية الحرارية هي عبارة عن معادلة كيميائية موزونة تتضمن لحالات الفيزيائية لجميع المواد المتفاعلة والناتجة وتغير الطاقة. والذي يتم التعبير نه عادة بالتغير في المحتوى الحراري ΔH.

ينتج عن احتراق الجلوكوز الطارد للحرارة في الجسم طاقة (عملية الأيض).
كتب المعادلة الكيميائية الحرارية لاحتراق الجلوكوز على النحو التالي:

$$C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g) \rightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(l) \quad \Delta H_{comb} = -2808\ kJ$$

حرارة الاحتراق (ΔH_{comb}) هي التغير في المحتوى الحراري عند الاحتراق لكامل لمول واحد من المادة. تم عرض حرارة الاحتراق القياسية للعديد من لمواد في **الجدول 3**. يُرمز لتغيرات المحتوى الحراري القياسية بالرمز ΔH°. شير الصفر العلوي إلى تحديد التغيرات في المحتوى الحراري لجميع المواد لمتفاعلة والمواد الناتجة في ظل ظروف قياسية. تتمثل الظروف القياسية في ضغط 1 atm ودرجة حرارة 298 K (25°C) ويجب عدم الخلط بينها وبين لضغط ودرجة الحرارة القياسيين (STP).

فارن بين معادلتي تكثف بخار الماء وتجمد الماء مع المعادلتين في الصفحة السابقة لتبخير الماء وانصهار الثلج.

$$H_2O(g) \rightarrow H_2O(l) \qquad \Delta H_{cond} = -40.7\ kJ$$

$$H_2O(l) \rightarrow H_2O(s) \qquad \Delta H_{solid} = -6.01\ kJ$$

يستفيد بعض المزارعين من حرارة انصهار الثلج لحماية الفواكه والخضراوات من التجمد. فإذا تنبأوا بانخفاض درجة الحرارة إلى حد التجمد، فإنهم يرشون بساتينهم وحقولهم بالماء. عندما يتجمد الماء، تنبعث الحرارة (ΔH_{fus}) وغالبًا ما تؤدي إلى تدفئة الهواء المحيط بما يكفي لمنع ضرر الصقيع. سوف ترسم منحنى تسخين الماء، في مختبر حل المسائل التالي، وتوضحه بكتابة درجات حرارة الانصهار والتبخير.

التحقق من فهم النص **صنّف** عمليات التكثف، والتجمد، والتبخير، والانصهار باعتبارهم عمليات طاردة أو ماصة للحرارة.

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

12	CHM.5.5.01.006.09 يجري عمليات حسابية موظفًا المحتوى الحراري للاحتراق	نص الكتاب + مثال 4 + تطبيقات	20
16	CHM.5.5.01.006.09 يجري عمليات حسابية موظفًا المحتوى الحراري للاحتراق	نص الكتاب + مثال 4+ تطبيقات	20, 21
17	CHM.5.5.01.006.06 يحسب التغير في المحتوى الحراري لتفاعلات كيميائية حرارية مختلفة	نص الكتاب + مثال 4 + تطبيقات + مراجعة	20, 21
18	CHM.5.5.01.006.08 يكتب المعادلة الكيميائية الحرارية لاحتراق مركب ما ، مع تحديد إشارة ΔH وتبيان إذا كان التفاعل طاردًا للحرارة أم ماصًا للحرارة	نص الكتاب + مثال 4 + تطبيقات	17,18, 20, 21

مثال 4

الطاقة الناتجة عن التفاعل يعتبر مسعر الاحتراق مفيدًا في قياس الطاقة الناتجة عن تفاعلات الاحتراق. يتم إجراء التفاعل في حاوية ثابتة الحجم تحتوي أكسجين تحت ضغط عالٍ. ما كمية الحرارة الناتجة عند احتراق 54.0 g من الجلوكوز ($C_6H_{12}O_6$) وفقًا لهذه المعادلة؟

$$C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g) \longrightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(l) \quad \Delta H_{comb} = -2808 \text{ kJ}$$

1 تحليل المسألة

تم إعطاؤك كتلة الجلوكوز، ومعادلة احتراق الجلوكوز، و ΔH_{comb}. يجب عليك تحويل جرامات الجلوكوز إلى مولات جلوكوز نظرًا لأن الكتلة المولية للجلوكوز تزيد عن ثلاثة أضعاف كتلة الجلوكوز المحترقة. يمكنك التنبؤ بأن الطاقة الناتجة ستكون أقل من ثلث ΔH_{comb}.

معلوم

كتلة الجلوكوز $= 54.0 \text{ g } C_6H_{12}O_6$

$\Delta H_{comb} = -2808 \text{ kJ}$

مجهول

$q = ? \text{ kJ}$

2 حساب المجهول

حوّل جرامات $C_6H_{12}O_6$ إلى مولات $C_6H_{12}O_6$.

$$54.0 \text{ g } C_6H_{12}O_6 \times \frac{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6}{180.18 \text{ g } C_6H_{12}O_6} = 0.300 \text{ mol } C_6H_{12}O_6$$

اضرب في مقلوب الكتلة المولية $\frac{1 \text{ mol}}{180.18 \text{ g}}$

اضرب مولات $C_6H_{12}O_6$ في حرارة الاحتراق ΔH_{comb}.

$$0.300 \text{ mol } C_6H_{12}O_6 \times \frac{2808 \text{ kJ}}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6} = 842 \text{ kJ}$$

اضرب مولات الجلوكوز في $\frac{2808 \text{ kJ}}{1 \text{ mol } C_6H_{12}O_6}$

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

12	CHM.5.5.01.006.09 يجري عمليات حسابية موظفًا المحتوى الحراري للاحتراق	نص الكتاب + مثال 4 + تطبيقات	20
16	CHM.5.5.01.006.09 يجري عمليات حسابية موظفًا المحتوى الحراري للاحتراق	نص الكتاب + مثال 4+ تطبيقات	20, 21
17	CHM.5.5.01.006.06 يحسب التغير في المحتوى الحراري لتفاعلات كيميائية حرارية مختلفة	نص الكتاب + مثال 4 + تطبيقات + مراجعة	20, 21
18	CHM.5.5.01.006.08 يكتب المعادلة الكيميائية الحرارية لاحتراق مركب ما ، مع تحديد إشارة ΔH وتبيان إذا كان التفاعل طاردًا للحرارة أم ماصًا للحرارة	نص الكتاب + مثال 4 + تطبيقات	17,18, 20, 21

23. احسب الحرارة اللازمة لصهر 25.7 g من الميثانول الصلب عند درجة انصهاره. استخدم **جدول 4**.

24. ما كمية الحرارة الناتجة عند تكثيف 275 g من غاز الأمونيا وتحويله إلى سائل عند درجة غليانه؟ استخدم **جدول 4** لتحديد ΔH_{cond}.

25. **تحدي** ما كتلة الميثان(CH_4) التي يجب حرقها لإنتاج 12,880 kJ من الحرارة؟ استخدم **جدول 3**.

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

12	CHM.5.5.01.006.09 يجري عمليات حسابية موظفًا المحتوى الحراري للاحتراق	نص الكتاب + مثال 4 + تطبيقات	20
16	CHM.5.5.01.006.09 يجري عمليات حسابية موظفًا المحتوى الحراري للاحتراق	نص الكتاب + مثال 4+ تطبيقات	20, 21
17	CHM.5.5.01.006.06 يحسب التغير في المحتوى الحراري لتفاعلات كيميائية حرارية مختلفة	نص الكتاب + مثال 4 + تطبيقات + مراجعة	20, 21
18	CHM.5.5.01.006.08 يكتب المعادلة الكيميائية الحرارية لاحتراق مركب ما ، مع تحديد إشارة ΔH وتبيان إذا كان التفاعل طاردًا للحرارة أم ماصًا للحرارة	نص الكتاب + مثال 4 + تطبيقات	17,18, 20, 21

تفاعلات الاحتراق

الاحتراق هو تفاعل الوقود مع الأكسجين. في النظم البيولوجية، يعتبر الطعام هو الوقود. **الشكل 11** يبين بعض الأطعمة التي تحتوي على جلوكوز وكذلك بعض الأطعمة الأخرى التي تحتوي على الكربوهيدرات والتي يتم تحويلها بسهولة داخل جسمك إلى جلوكوز. وتعتمد أيضًا على تفاعلات احتراق أخرى والتي تحافظ على دفئك وبرودتك. والتي تتمثل في المركبات. تتمثل إحدى الطرق التي تساعدك على تدفئة منزلك أو طهي طعامك في حرق غاز الميثان. ينتج احتراق مول واحد من غاز الميثان 891 kJ طبقًا لهذه المعادلة.

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l) + 891\ kJ$$

تعمل معظم المركبات كالسيارات، والطائرات، والقوارب، والشاحنات باحتراق الجازولين، والذي يتكون معظمه من الأوكتان (C_8H_{18}). **الجدول 3** يوضح أن احتراق مول واحد من الأوكتان ينتج 5471 kJ وتكتب معادلة احتراق الأوكتان على النحو التالي:

$$C_8H_{18}(l) + \frac{25}{2}O_2(g) \longrightarrow 8CO_2(g) + 9H_2O(l) + 5471\ kJ$$

هناك تفاعل احتراق آخر وهو احتراق الهيدروجين.

$$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(l) + 286\ kJ$$

يوفر احتراق الهيدروجين الطاقة اللازمة لرفع المكوك في الفضاء. كما هو موضح في الصفحة الافتتاحية لهذه الوحدة.

عندما يتم احتراق مول واحد من الجلوكوز في مسعر الاحتراق، يتم إطلاق 2808 kJ من الحرارة. يتم إنتاج نفس هذا القدر من الطاقة داخل جسمك عندما تؤيض كتلة مساوية من الجلوكوز أثناء عملية التنفس الخلوي. تحدث هذه العملية في كل خلية من خلايا جسمك في سلسلة من مجموعة خطوات معقدة يتكسر خلالها الجلوكوز ويتم إطلاق الماء، وثاني أكسيد الكربون. هذه هي نفس المواد الناتجة عن احتراق الجلوكوز في المسعّر. يتم تخزين الطاقة الناتجة باعتبارها طاقة وضع كيميائية في روابط جسيمات الأدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP). عندما يحتاج أي جزء من أجزاء الجسم للطاقة، تُطلق جسيمات ATP طاقتها.

26. التذكرة **الرئيسة اكتب** معادلة كيميائية حرارية لاحتراق الإيثانول (C_2H_5OH)
$\Delta H_{comb} = -1367\ kJ/mol$

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

12	CHM.5.5.01.006.09 يجري عمليات حسابية موظفًا المحتوى الحراري للاحتراق	نص الكتاب + مثال 4 + تطبيقات	20
16	CHM.5.5.01.006.09 يجري عمليات حسابية موظفًا المحتوى الحراري للاحتراق	نص الكتاب + مثال 4+ تطبيقات	20, 21
17	CHM.5.5.01.006.06 يحسب التغير في المحتوى الحراري لتفاعلات كيميائية حرارية مختلفة	نص الكتاب + مثال 4 + تطبيقات + مراجعة	20, 21
18	CHM.5.5.01.006.08 يكتب المعادلة الكيميائية الحرارية لاحتراق مركب ما ، مع تحديد إشارة ΔH وتبيان إذا كان التفاعل طاردًا للحرارة أم ماصًا للحرارة	نص الكتاب + مثال 4 + تطبيقات	17,18, 20, 21

27. **حدِّد** أي من العمليات التالية تعتبر طاردة للحرارة؟ وأيها ماصة للحرارة؟

a. $C_2H_5OH(l) \rightarrow C_2H_5OH(g)$

b. $Br_2(l) \rightarrow Br_2(s)$

c. $C_5H_{12}(g) + 8O_2(g) \rightarrow 5CO_2(g) + 6H_2O(l)$

d. $NH_3(g) \rightarrow NH_3(l)$

e. $NaCl(s) \rightarrow NaCl(l)$

28. **وضِّح** كيف يمكنك حساب الحرارة الناتجة عن تجمُّد 0.250 mol من الماء.

29. **احسب** ما كمية الحرارة الناتجة عن احتراق 206 g من غاز الهيدروجين؟

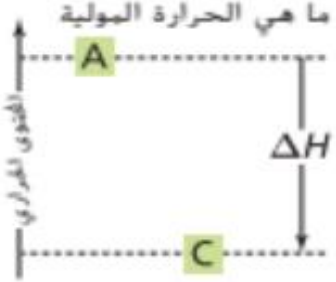
$\Delta H_{comb} = -286$ kJ/mol

30. **طبِّق** الحرارة المولية لتبخير الأمونيا هي 23.3 kJ/mol. ما هي الحرارة المولية لتكثف الأمونيا؟

31. **فسِّر الرسوم العلمية** تم توضيح المحتوى الحراري للتفاعل A → C في الرسم البياني على اليسار.

هل يعتبر التفاعل تفاعل ماص أم طارد للحرارة؟

فسر إجابتك.



صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

تطبيق قانون هس كيف يمكن استخدام قانون هس لحساب التغير في الطاقة للتفاعل الذي ينتج عنه SO_3؟

$$2S(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g) \quad \Delta H = ?$$

الخطوة 1 وهناك حاجة إلى المعادلات الكيميائية التي تحتوي على المواد الموجودة في المعادلة المطلوبة ويكون التغير في المحتوى الحراري معلومًا. تحتوي المعادلات التالية على S و O_2 و SO_3.

a. $S(s) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g) \quad \Delta H = -297kJ$

b. $2SO_3(g) \rightarrow 2SO_2(g) + O_2(g) \quad \Delta H = 198kJ$

الخطوة 2 توضح المعادلة المطلوبة تفاعل مولين من الكبريت. لذا أعد كتابة المعادلة a لمولين من الكبريت عن طريق ضرب معاملاتها في 2. ضاعف التغير في المحتوى الحراري ΔH لأنه سيتم إطلاق ضعف الطاقة إذا تفاعل مولان من الكبريت. مع هذه التغيرات تصبح المعادلة a كالتالي (المعادلة c).

c. $2S(s) + 2O_2(g) \rightarrow 2SO_2(g) \quad \Delta H = 2(-297kJ) = -594kJ$

الخطوة 3 في المعادلة المطلوبة يكون ثالث أكسيد الكبريت ناتجًا وليس مادة متفاعلة. لذا قم بعكس المعادلة b. حين تقوم بعكس معادلة ما، يجب أن تغير إشارة ΔH الخاصة بها فتصبح المعادلة b هي المعادلة d.

d. $2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g) \quad \Delta H = -198\ kJ$

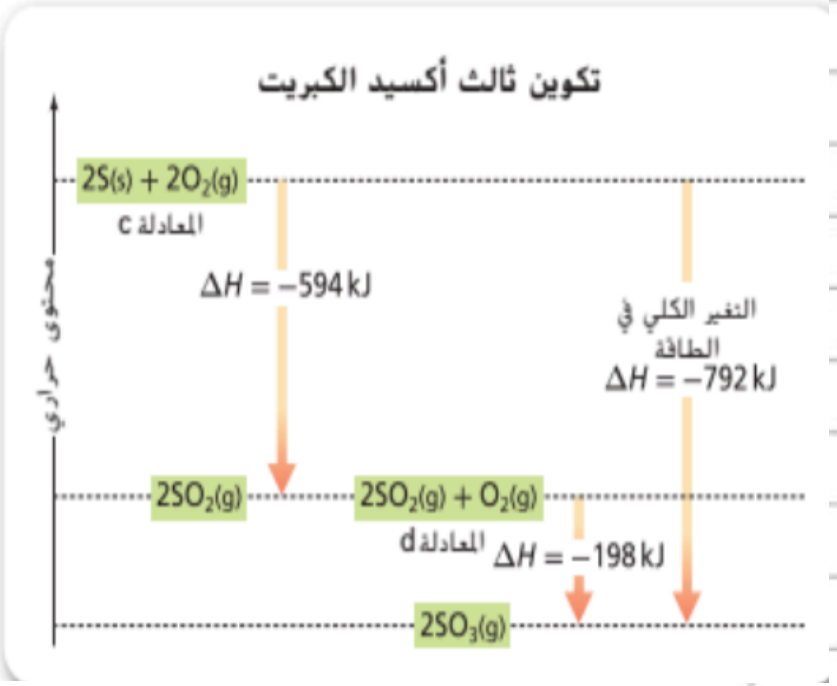
الخطوة 4 اجمع المعادلتين c و d للحصول على التفاعل المطلوب واجمع القيم المطابقة ل ΔH.

$$2S(s) + 2O_2(g) \rightarrow 2SO_2(g) \qquad \Delta H = -594\ kJ$$
$$2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g) \qquad \Delta H = -198\ kJ$$
$$2S(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g) \qquad \Delta H = -792\ kJ$$

تكون المعادلة الكيميائية الحرارية لحرق الكبريت وتكوين ثالث أكسيد الكبريت كالتالي:

$$2S(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g) \quad \Delta H = -792\ kJ$$

يوضح الشكل 13 التغيرات في الطاقة.



■ **الشكل 13** يشير السهم على اليسار إلى إنتاج 594 kJ عند تفاعل S مع O_2 لتشكل SO_2 (المعادلة c). يدل السهم الأوسط على أن SO_2 و O_2 يتفاعلان لتكوين SO_3 (المعادلة d) مع إنتاج 198kJ. التغير الكلي في الطاقة (مجموع العمليتين) موضح عن طريق السهم على اليمين.

احسب التغير في المحتوى الحراري عند انحلال SO_3 إلى S و O_2

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

تكتب المعادلات الكيميائية الحرارية غالبًا ويتم وزنها لكل مول من الناتج. يعني هذا غالبًا أنه يجب استخدام المعاملات الكسرية. فعلى سبيل المثال. تكون المعادلة الكيميائية الحرارية للتفاعل بين الكبريت والأكسجين لتكوين مول واحد من ثالث أكسيد الكبريت هي كالتالي:

$$S(s) + \frac{3}{2} O_2(g) \rightarrow SO_3(g) \quad \Delta H = -396kJ$$

☑ **التحقق من فهم النص** **قارن** المعادلة أعلاه بالمعادلة الكيميائية الحرارية للمواد نفسها الموجودة في الصفحة السابقة.

قانون هس

في بعض الأحيان يكون من المستحيل أو من غير العملي حساب ΔH في تفاعل ما باستخدام الكالوريميتر. يبين **الشكل 12**. تحويل الكربون من صورته التآصلية الماس. إلى صورته التآصلية الجرافيت.

$$C(s, \text{ماس}) \rightarrow C(s, \text{جرافيت})$$

يحدث هذا التفاعل ببطء شديد بحيث يصبح حساب التغير في المحتوى الحراري مستحيلًا. تحدث تفاعلات أخرى في ظل ظروف يصعب تكرارها في المختبر. كما أن هناك تفاعلات أخرى ينتج عنها نواتج غير تلك المرغوب فيها. لهذا يستخدم الكيميائيون طريقة نظرية لحساب ΔH.

لنفترض أنك تدرس تكوين ثالث أكسيد الكبريت في الهواء الجوي. ستحتاج لحساب ΔH لهذا التفاعل.

$$2S(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g) \quad \Delta H = ?$$

لسوء الحظ ينتج عن التجارب المعملية لإنتاج ثالث أكسيد الكبريت وحساب ΔH مزيج من النواتج غالبًا ما تكون ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) في مواقف مثل هذه. يمكنك حساب ΔH باستخدام قانون هس للجمع الحراري. **قانون هس** ينص على أنك إذا استطعت جمع معادلتين حراريتين أو أكثر لإنتاج معادلة نهائية للتفاعل فسيكون مجموع التغير في المحتوى الحراري للتفاعلات الفردية هو التغير في المحتوى الحراري للتفاعل النهائي.

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

19	CHM.5.5.02.002.01 يحسب، موظفًا، قانون هس، المحتوى الحراري للتفاعل	نص الكتاب + الشكل 13+ مثال 5+ تطبيقات	22, 23, 24, 25

مثال 5

قانون هس استخدم المعادلات الكيميائية الحرارية a و b أدناه لحساب ΔH لتفكك بيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2) وهو مركب له استخدامات متعددة تتراوح من تبييض الشعر وحتى تزويد محرّكات الصواريخ بالطاقة.

$$2H_2O_2(l) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g)$$

a. $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l) \quad \Delta H = -572\ kJ$

b. $H_2(g) + O_2(g) \rightarrow H_2O_2(l) \quad \Delta H = -188\ kJ$

1 تحليل المسألة

لقد تم إعطائك معادلتين كيميائيتين مع التغير في المحتوى الحراري لهما.

تحتوي المعادلتان على جميع المواد الموجودة في المعادلة المطلوبة.

معلوم

a. $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l) \quad \Delta H = -572\ kJ$

b. $H_2(g) + O_2(g) \rightarrow H_2O_2(l) \quad \Delta H = -188\ kJ$

مجهول

$\Delta H = ?\ kJ$

2 حساب المجهول

H_2O_2 هو مادة متفاعلة.

$H_2O_2(aq) \rightarrow H_2(g) + O_2(g) \quad \Delta H = 188\ kJ$ — اعكس المعادلة b وغير إشارة ΔH.

نحتاج إلى مولين من H_2O_2.

c. $2H_2O_2(aq) \rightarrow 2H_2(g) + 2O_2(g)$ — اضرب المعادلة المعكوسة في اثنين للحصول على المعادلة c.

ΔH c للمعادلة $= (188\ kJ)(2)$ — اضرب 188kJ في اثنين للحصول على ΔH للمعادلة c.

$= 376\ kJ$

c. $2H_2O_2(aq) \rightarrow 2H_2(g) + 2O_2(g) \quad \Delta H = 376\ kJ$ — اكتب المعادلة c و ΔH.

اجمع المعادلتين a وc. مع إلغاء. اجمع ΔH للمعادلتين a وc.

a. $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l) \quad \Delta H = -572\ kJ$ — اكتب المعادلة a

c. $2H_2O_2(l) \rightarrow 2H_2(g) + 2O_2(g) \quad \Delta H = 376\ kJ$ — اكتب المعادلة c

$2H_2O_2(l) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g) \quad \Delta H = -196\ kJ$ — اجمع المعادلتين a و c. واجمع ΔH.

32. استخدم المعادلتين a و b لحساب ΔH للتفاعل التالي.

$$2CO(g) + 2NO(g) \rightarrow 2CO_2(g) + N_2(g) \quad \Delta H = ?$$

a. $2CO(g) + O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) \quad \Delta H = -566.0kJ$

b. $N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g) \quad \Delta H = -180.6kJ$

33. **تحدي** ΔH للتفاعل التالي $-1789kJ$. استخدم ذلك مع المعادلة a لحساب ΔH للمعادلة b.

$$4Al(s) + 3MnO_2(s) \rightarrow 2Al_2O_3(s) + 3Mn(s) \quad \Delta H = -1789kJ$$

a. $4Al(s) + 3O_2(g) \rightarrow 2Al_2O_3(s) \quad \Delta H = -3352kJ$

b. $Mn(s) + O_2(g) \rightarrow MnO_2(s) \quad \Delta H = ?$

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

حرارة التكوين القياسية

يسمح لك قانون هس بحساب قيم ΔH المجهولة باستخدام التفاعلات المعلومة وقيم ΔH التي تم حسابها بشكل تجريبي. ومع ذلك، فتدوين قيم ΔH لجميع التفاعلات الكيميائية المعلومة سيكون مهمة ضخمة ولا نهائية. ولكن عوضًا عن ذلك، يدون العلماء التغيرات في المحتوى الحراري ويستخدمونها لنوع واحد فقط من التفاعلات – تفاعل يتكون فيه مركب من عناصره في حالتها القياسية. الحالة القياسية لمادة ما تعني حالته الفيزيائية المعتادة عند 1 atm و 298K (25°C) على سبيل المثال، في الحالات القياسية يكون الحديد صلبًا والزئبق سائل والأكسجين غاز ثنائي الذرة.

قيمة ΔH لهذا التفاعل تسمى حرارة التكوين القياسية للمركب. **حرارة التكوين القياسية** (ΔH_f°) تعرف بأنها التغير في المحتوى الحراري الذي يصاحب تكوين مول واحد من المركب من عناصره التي تكون في حالتها القياسية. ويعد تفاعل التكوين لمول واحد من SO_3 من عناصره تفاعل حرارة تكوين قياسية.

$$S(s) + \frac{3}{2}O_2(g) \rightarrow SO_3(g) \quad \Delta H_f^\circ = -396\ kJ$$

ناتج هذا التفاعل هو SO_3، وهو غاز خانق ينتج مطر حمضي حين يمتزج مع رطوبة الهواء الجوي. تتضح النتائج التدميرية للمطر الحمضي في **الشكل 14**.

مثال 6

ايجاد التغير في المحتوى الحراري من حرارة التكوين القياسية استخدم حرارة التكوين القياسية لحساب ΔH°_{rxn} لتفاعل احتراق الميثان.

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

1 تحليل المسألة

تم إعطاؤك معادلة واحدة وطلب منك حساب التغير في المحتوى الحراري. المعادلة

$\Delta H^\circ_{rxn} = \Sigma\Delta H_f^\circ$ (النواتج) $- \Sigma\Delta H_f^\circ$ (المتفاعلات)

يمكن استخدامها مع بيانات جدول قيم حرارة التكوين القياسية.

معلوم	مجهول
$\Delta H_f^\circ(CO_2) = -394\ kJ$	$\Delta H^\circ_{rxn} = ?\ kJ$
$\Delta H_f^\circ(H_2O) = -286\ kJ$	
$\Delta H_f^\circ(CH_4) = -75\ kJ$	
$\Delta H_f^\circ(O_2) = 0.0\ kJ$	

2 حساب المجهول

استخدم الصيغة $\Delta H^\circ_{rxn} = \Sigma\Delta H_f^\circ$ (النواتج) $- \Sigma\Delta H_f^\circ$ (المتفاعلات)

اضرب كل حرارة تكوين قياسية في معامل المادة في المعادلة الكيميائية الموزونة

$$\Delta H^\circ_{rxn} = [\Delta H_f^\circ(CO_2) + (2)\Delta H_f^\circ(H_2O)] - [\Delta H_f^\circ(CH_4) + (2)\Delta H_f^\circ(O_2)]$$

عوض عن CO_2 و H_2O للنواتج، و CH_4 و O_2 للمتفاعلات. اضرب H_2O و O_2 في اثنين.

$$\Delta H^\circ_{rxn} = [(-394\ kJ) + (2)(-286\ kJ)] - [(-75\ kJ) + (2)(0.0\ kJ)]$$

عوض عن $\Delta H_f^\circ(CO_2) = -394\ kJ$، $\Delta H_f^\circ(H_2O) = -286\ kJ$، $\Delta H_f^\circ(CH_4) = -75\ kJ$، و $\Delta H_f^\circ(O_2) = 0.0\ kJ$ في المعادلة.

$$\Delta H^\circ_{rxn} = [-966\ kJ] - [-75\ kJ] = -966\ kJ + 75\ kJ = -891\ kJ$$

احتراق مول واحد CH_4 ينتج عنه 891 kJ.

MR /MOHAMED SHAWKY

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

1.42 احسب استخدم قانون هس لحساب ΔH للتفاعل التالي:

$NO(g) + O(g) \longrightarrow NO_2(g)$ $\Delta H = ?$ إذا علمت التفاعلات التالية:

$O_2(g) \longrightarrow 2O(g)$ $\Delta H = +495\ kJ$

$2O_3(g) \longrightarrow 3O_2(g)$ $\Delta H = -427\ kJ$

$NO(g) + O_3(g) \longrightarrow NO_2(g) + O_2(g)$ $\Delta H = -199\ kJ$

معادلة الجمع يوضح إجراء الخطوات الذي قرأته في الصفحة السابقة كيف يمكن جمع معادلات حرارة التكوين القياسية لإنتاج المعادلة المطلوبة و ΔH°_{rxn}.

يمكن تلخيص الإجراء في الصياغة التالية:

معادلة الجمع

$$\Delta H^\circ_{rxn} = \Sigma \Delta H^\circ_f(\text{النواتج}) - \Sigma \Delta H^\circ_f(\text{المواد المتفاعلة})$$

ΔH°_{rxn} تمثل حرارة التفاعل القياسية.

Σ يمثل مجموع الحدود.

ΔH°_f (النواتج) و ΔH°_f (المواد المتفاعلة) تمثل حرارة التكوين القياسية لكافة النواتج وكافة المواد المتفاعلة.

ΔH°_{rxn} يتم الحصول عليها عن طريق طرح مجموع حرارة تكوين المتفاعلات من مجموع حرارة تكوين النواتج.

يمكنك أن ترى كيف تنطبق هذه المعادلة على التفاعل بين كبريتيد الهيدروجين والفلور.

$$H_2S(g) + 4F_2(g) \longrightarrow 2HF(g) + SF_6(g)$$

$$\Delta H^\circ_{rxn} = [(2)\Delta H^\circ_f(HF) + \Delta H^\circ_f(SF_6)] - [\Delta H^\circ_f(H_2S) + (4)\Delta H^\circ_f(F_2)]$$

$$\Delta H^\circ_{rxn} = [(2)(-273\ kJ) + (-1220\ kJ)] - [-21\ kJ + (4)(0.0\ kJ)]$$

$$\Delta H^\circ_{rxn} = -1745\ kJ$$

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

20	CHM.5.5.02.006.03 يحسب المحتوى الحراري للتفاعل موظفًا حرارة التكوين القياسية	نص الكتاب + مثال 6+ تطبيقات	28, 29

34. وضح كيف ينتج عن مجموع معادلات حرارة التكوين يعطي كلًا من التفاعلات التالية.. ليس هناك حاجة للبحث واستخدام قيم ΔH.

a. $2NO(g) + O_2(g) \longrightarrow 2NO_2(g)$

b. $SO_3(g) + H_2O(l) \longrightarrow H_2SO_4(l)$

35. استخدم جدول قيم حرارة التكوين القياسية لحساب ΔH°_{rxn} للتفاعل التالي:

$$4NH_3(g) + 7O_2(g) \longrightarrow 4NO_2(g) + 6H_2O(l)$$

almanahj.com/e

20	CHM.5.5.02.006.03 يحسب المحتوى الحراري للتفاعل موظفًا حرارة التكوين القياسية	نص الكتاب + مثال 6+ تطبيقات	28, 29

36. احسب ΔH°_{comb} لحمض البيوتانويك. $C_3H_7COOH(l) + 5O_2(g) \rightarrow 4CO_2(g) + 4H_2O(l)$
استخدم جدول قيم حرارة التكوين القياسية والمعادلة التالية.

$$4C(s) + 4H_2(g) + O_2(g) \rightarrow C_3H_7COOH(l) \quad \Delta H = -534\ kJ$$

37. **تحدي** ينتج عن جمع معادلتي التكوين a و b معادلة تفاعل أكسيد النيتروجين والأكسجين. ويكون ناتج التفاعل هو ثاني أكسيد النيتروجين.

$$NO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow NO_2(g) \quad \Delta H^\circ_{rxn} = -58.1\ kJ$$

a. $\frac{1}{2}N_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow NO(g) \quad \Delta H^\circ_f = 91.3\ kJ$

b. $\frac{1}{2}N_2(g) + O_2(g) \rightarrow NO_2(g) \quad \Delta H^\circ_f = ?$

ما قيمة ΔH°_f للمعادلة b؟

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

ما مصدر حرارة التكوين القياسية؟ حين تحدد ارتفاع جبل ما، فإنك تقوم بذلك بالنسبة لنقطة مرجعية ما- عادة ما تكون مستوى سطح البحر. بطريقة مشابهة، يتم تحديد حرارة التكوين القياسية بناء على الافتراض التالي: العناصر في حالتها القياسية تكون ΔH_f° تساوي 0.0 kJ. مع نقطة بدء صفرية. يمكن حساب حرارة التكوين القياسية للمركبات تجريبيًا وتنظيمها على تدريج أعلى وأقل من العناصر في حالاتها القياسية. فكر في الصفر على تدريج المستوى الحراري على أنه مشابه لدرجة تجمد الماء، وهي 0.0°C كافة المواد التي تكون درجة حرارتها أسخن من نقطة التجمد تكون درجة حرارتها أعلى من الصفر. كافة المواد التي تكون درجة حرارتها أبرد من نقطة التجمد تكون درجة حرارتها أقل من الصفر.

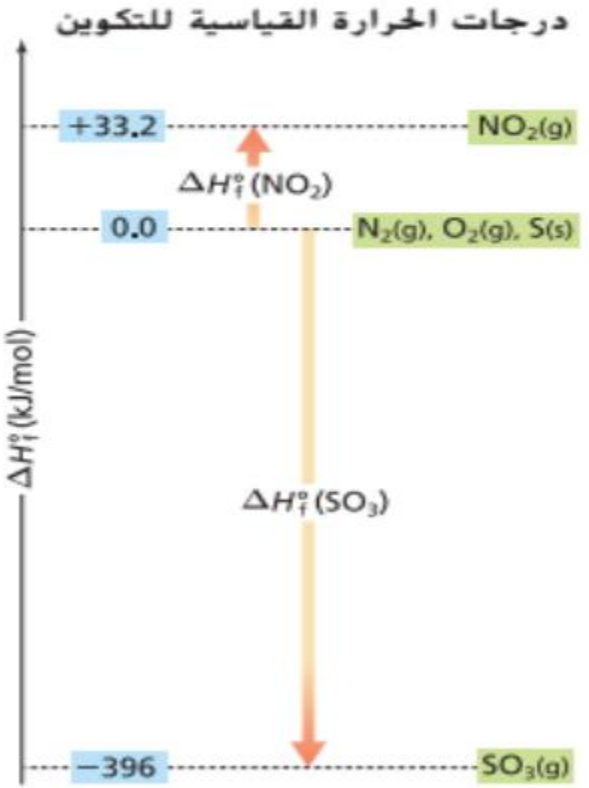
تحديد حرارة التكوين من التجارب تم قياس حرارة التكوين القياسية للعديد من المركبات تجريبيًا. على سبيل المثال، لننظر إلى معادلة تكوين ثاني أكسيد النيتروجين التالية:

$$\frac{1}{2}N_2(g) + O_2(g) \rightarrow NO_2(g) \quad \Delta H_f^\circ = +33.2\ kJ$$

كلا من النيتروجين والأكسجين غازات ثنائية الذرة في حالاتها القياسية. لذا حرارة التكوين القياسية لكل منهما تساوي صفر. عندما يتفاعل غازي الأكسجين والنيتروجين معًا لتكوين مول واحد من ثاني أكسيد النيتروجين، تكون ΔH المحسوبة تجريبيًا من الطاقة في تفاعل ماص للحرارة. محتوى طاقة الناتج NO_2 33.2 kJ وهو أكبر من محتوى طاقة المواد المتفاعلة. على تدريج تكون فيه ΔH_f° للمتفاعلات تساوي 0.0 kJ فتكون ΔH_f° لـ NO_2 +33.2 kJ. **الشكل 15** يوضح أنه على تدريج حرارة التكوين القياسية تكون NO_2 أعلى من العناصر التي تكون منها بمقدار 33.2 kJ. أما ثالث أكسيد الكبريت (SO_3) فيوضع عند 396 kJ أقل من الصفر على التدريج لأن تكوين $SO_3(g)$ يعد تفاعلًا طاردًا للحرارة. المحتوى الحراري لثالث أكسيد الكبريت ΔH_f° هو 396 kJ−. **الجدول 5** يبين حرارة التكوين القياسية لبعض المركبات الشائعة. توجد قائمة أكثر تفصيلًا في **الجدول R-11**.

الجدول 5 حرارة التكوين القياسية

المركب	معادلة التكوين	ΔH_f° (kJ/mol)
$H_2S(g)$	$H_2(g) + S(s) \rightarrow H_2S(g)$	−21
$HF(g)$	$\frac{1}{2}H_2(g) + \frac{1}{2}F_2(g) \rightarrow HF(g)$	−273
$SO_3(g)$	$S(s) + \frac{3}{2}O_2(g) \rightarrow SO_3(g)$	−396
$SF_6(g)$	$S(s) + 3F_2(g) \rightarrow SF_6(g)$	−1220



الشكل 15 ΔH_f° للعناصر N_2 و O_2 و S هي 0.0 kJ. حين تفاعل N_2 و O_2 لتكوين مول واحد من NO_2، يتم امتصاص +33.2 kJ/mol وبالتالي ΔH_f° لـ NO_2 هي +33.2 kJ/mol. عندما يتفاعل S و O_2 لتكوين مول واحد من SO_3، يتحرر 396 kJ/mol− لذلك فإن ΔH_f° لـ SO_3 هي 396 kJ/mol−. **تحقق** صف الموقع التقريبي للماء على الرسم أعلاه. $H_2O(l)$ هي $\Delta H_f^\circ = -286\ kJ/mol$ $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow$

استخدام حرارة التكوين القياسية يمكن استخدام حرارة التكوين القياسية لحساب التغيرات في المحتوى الحراري ΔH°_{rxn} للعديد من التفاعلات في ظروف قياسية باستخدام قانون هس. لنفترض أنك ترغب في حساب ΔH°_{rxn} لتفاعل ينتج عنه سادس فلوريد الكبريت. وسادس فلوريد الكبريت هو غاز مستقر وغير نشط كيميائيًا له العديد من التطبيقات المهمة أحدها موضح في **الشكل 16**.

$$H_2S(g) + 4F_2(g) \rightarrow 2HF(g) + SF_6(g) \quad \Delta H^\circ_{rxn} = ?$$

الخطوة 1 بالرجوع إلى **الجدول 5** لمعرفة معادلة تكوين كل مركب من المركبات الثلاثة في المعادلة المطلوبة H_2S و SF_6 و $-HF$.

a. $\frac{1}{2}H_2(g) + \frac{1}{2}F_2(g) \rightarrow HF(g) \quad \Delta H^\circ_f = -273\ kJ$

b. $S(s) + 3F_2(g) \rightarrow SF_6(g) \quad \Delta H^\circ_f = -1220\ kJ$

c. $H_2(g) + S(s) \rightarrow H_2S(g) \quad \Delta H^\circ_f = -21\ kJ$

الخطوة 2 تصف المعادلتين **a** و **b** تكوين النواتج HF و SF_6 في المعادلة المطلوبة. لذا استخدم المعادلات **a** و **b** في الاتجاه الذي كتبت فيه.

تصف المعادلة **c** تكوين الناتج H_2S. ولكن في المعادلة المطلوبة يكون H_2S مادة متفاعلة. تعكس المعادلة **c** وتغير إشارة ΔH°_f.

$$H_2S(g) \rightarrow H_2(g) + S(s) \quad \Delta H^\circ_f = 21\ kJ$$

الخطوة 3 نحتاج لمولين من HF. اضرب المعادلة **a** والتغير في محتواها الحراري في اثنين.

$$H_2(g) + F_2(g) \rightarrow 2HF(g) \quad \Delta H^\circ_f = 2(-273) = -546\ kJ$$

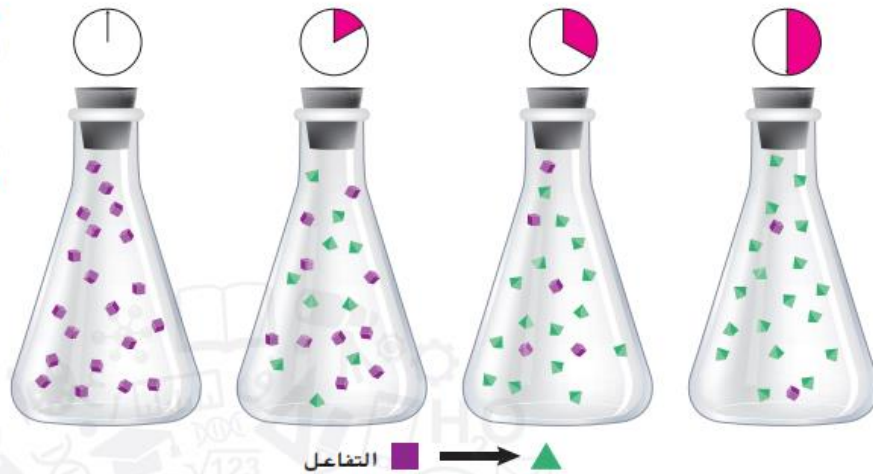
الخطوة 4 اجمع المعادلات الثلاثة والتغير في محتواهم الحراري. احذف العناصر H_2 و S.

~~$H_2(g)$~~ + $F_2(g) \rightarrow 2HF(g)$	$\Delta H^\circ_f = -546\ kJ$
~~$S(s)$~~ + $3F_2(g) \rightarrow SF_6(g)$	$\Delta H^\circ_f = -1220\ kJ$
$H_2S(g) \rightarrow$ ~~$H_2(g)$~~ + ~~$S(s)$~~	$\Delta H^\circ_f = 21\ kJ$
$H_2S(g) + 4F_2(g) \rightarrow 2HF(g) + SF_6(g)$	$\Delta H^\circ_{rxn} = -1745\ kJ$

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

22	CHM.5.4.01.020.01 يحسب متوسط سرعة التفاعل باستخدام معادلة متوسط سرعة التفاعل	نص الكتاب + مثال1 + تطبيقات	48, 49, 50 , 51
23	CHM.5.4.01.020.01 يحسب متوسط سرعة التفاعل باستخدام معادلة متوسط سرعة التفاعل	نص الكتاب + مثال1 + تطبيقات	49, 50 , 51



■ **الشكل 2** بمرور الزمن، تتغير المادة المتفاعلة إلى ناتج. يمكن التعبير عن سرعة التفاعل الكيميائي بأنه تغير في عدد مولات المادة المتفاعلة أو الناتج أثناء فترة زمنية معينة.
احسب سرعة التغير لكل فترة زمنية.

الشكل 2 يوضح كيفية استمرار التفاعل وتحول المادة المتفاعلة إلى الناتج مع مرور الزمن. لاحظ أن كمية المادة المتفاعلة تنخفض بزيادة كمية الناتج. إذا علمت التغير في ناتج معين أو في مادة متفاعلة أثناء فترة زمنية معينة، فيمكنك حساب متوسط سرعة التفاعل. يهتم الكيميائيون في الغالب بالتغيرات الناتجة في التركيز المولاري (mol/L, *M*) لمادة متفاعلة أو ناتج معين أثناء التفاعل. وبالتالي، فإن **معدل التفاعل** لتفاعل كيميائي هو التغير في تركيز مادة متفاعلة أو ناتج معين في وحدة الزمن ويتم التعبير عنه عمومًا بالوحدة mol/(L • s). الأقواس حول الصيغة الكيميائية للمادة تدل على تركيزها المولاري. على سبيل المثال، $[NO_2]$ يمثل التركيز المولاري للمركب NO_2.

تتحدد سرعة التفاعل تجريبيًا بقياس تراكيز المواد المتفاعلة أو المواد الناتجة طوال فترة استمرار التفاعل الكيميائي الفعلي. لا يمكن حساب سرعة التفاعلات من المعادلات الموزونة.

افترض أنك تريد التعبير عن متوسط سرعة التفاعل التالي أثناء المدة الزمنية التي تبدأ عند الزمن t_1 وتنتهي عند الزمن t_2.

$$CO(g) + NO_2(g) \rightarrow CO_2(g) + NO(g)$$

عند حساب سرعة تكوّن النواتج تكون سرعة التفاعل موجبة القيمة. حساب السرعة بناءً على إنتاج NO له الصيغة التالية:

$$\text{Rate} = \frac{[NO]t_2 - [NO]t_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta[NO]}{\Delta t}$$

على سبيل المثال، إذا كان تركيز NO هو 0.000 *M* عند الزمن $t_1 = 0.00$ s و 0.010 *M* بعد ثانيتين من بدء التفاعل، فإن الحساب التالي يعطي متوسط سرعة التفاعل المعبّر عنه بمولات NO الناتجة لكل لتر في الثانية.

$$\text{Rate} = \frac{0.010\ M - 0.000\ M}{2.00\ \text{s} - 0.00\ \text{s}}$$

$$= \frac{0.010\ M}{2.00\ \text{s}} = 0.0050\ \text{mol/(L•s)}$$

لاحظ كيف تختصر الوحدات:

$$\frac{M}{\text{s}} = \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot \frac{1}{\text{s}} = \frac{\text{mol}}{(\text{L•s})}$$

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

22	CHM.5.4.01.020.01 يحسب متوسط سرعة التفاعل باستخدام معادلة متوسط سرعة التفاعل	نص الكتاب + مثال1 + تطبيقات	48, 49, 50 , 51
23	CHM.5.4.01.020.01 يحسب متوسط سرعة التفاعل باستخدام معادلة متوسط سرعة التفاعل	نص الكتاب + مثال1 + تطبيقات	49, 50 , 51

يمكنك أيضًا اختيار التعبير عن سرعة التفاعل بأنه السرعة التي عندها يتم استهلاك CO كما هو موضّح أدناه.

$$\text{Rate} = \frac{[CO]t_2 - [CO]t_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta[CO]}{\Delta t}$$

هل تتوقع قيمة موجبة أم سالبة لسرعة التفاعل هذا؟

في هذه الحالة، تشير القيمة السالبة إلى أن تركيز CO ينخفض كلما استمر التفاعل. ومع ذلك، فإن سرعة التفاعلات يجب أن تكون موجبة دائمًا. عندما يتم قياس السرعة باستهلاك مادة متفاعلة، فإن العلماء يضعون علامة سالب بجوار الحساب للحصول على سرعة تفاعل موجبة القيمة. وبالتالي، يتم استخدام الشكل التالي لمعادلة متوسط السرعة لحساب سرعة استهلاك المادة المتفاعلة.

معادلة متوسط سرعة التفاعل

$$\text{Rate} = -\frac{\Delta[\text{reactant}]}{\Delta t}$$

Δ[reactant] تمثل التغير في تركيز مادة متفاعلة.

Δt تمثل التغير في الزمن.

متوسط سرعة التفاعل لاستهلاك مادة متفاعلة هو التغير السالب في تركيز المادة المتفاعلة مقسومًا على التغير في الزمن.

مثال 1

حساب متوسط سرعة التفاعل في تفاعل بين كلوريد البيوتيل (C_4H_9Cl) والماء، كان تركيز C_4H_9Cl 0.220 M عند بدء التفاعل. وبعد مرور 4.00 s كان تركيز C_4H_9Cl 0.100 M. احسب متوسط سرعة التفاعل خلال الفترة الزمنية المعلومة بوحدة mol/L•s.

1 تحليل المسألة

أنت تعلم التركيز الابتدائي والنهائي للمادة المتفاعلة C_4H_9Cl والزمن الابتدائي والنهائي. يمكنك حساب متوسط سرعة التفاعل الكيميائي باستخدام التغير في تركيز كلوريد البيوتيل في أربع ثوانٍ.

المعلوم

$t_1 = 0.00$ s

$t_2 = 4.00$ s

$[C_4H_9Cl]t_1 = 0.220\ M$

$[C_4H_9Cl]t_2 = 0.100\ M$

المجهول

متوسط سرعة التفاعل = ؟ mol/(L•s)

2 حساب المجهول

اكتب معادلة متوسط سرعة التفاعل.

$$\text{Rate} = \frac{[C_4H_9Cl]t_2 - [C_4H_9Cl]t_1}{t_2 - t_1}$$

عوّض عن التركيز الابتدائي والنهائي وعن الزمن الابتدائي والنهائي.

$$= -\frac{0.100\ M - 0.220\ M}{4.00\ \text{s} - 0.00\ \text{s}}$$

عوّض بوحدة mol/L عن M وقم بالحسابات. لاحظ إلغاء علامة السالب.

$$= -\frac{0.100\ \text{mol/L} - 0.220\ \text{mol/L}}{4.00\ \text{s} - 0.00\ \text{s}}$$

$$\text{Rate} = \frac{0.120\ \text{mol/L}}{4.00\ \text{s}} = 0.0300\ \text{mol/(L•s)}$$

3 تقييم الإجابة

متوسط سرعة تفاعل 0.0300 mol/L•s. منطقي بناءً على الكميات التي بدأ التفاعل وانتهى بها. تم التعبير عن الإجابة بشكل صحيح بثلاثة أرقام معنوية.

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

22	CHM.5.4.01.020.01 يحسب متوسط سرعة التفاعل باستخدام معادلة متوسط سرعة التفاعل	نص الكتاب + مثال1 + تطبيقات	48, 49, 50 , 51
23	CHM.5.4.01.020.01 يحسب متوسط سرعة التفاعل باستخدام معادلة متوسط سرعة التفاعل	نص الكتاب + مثال1 + تطبيقات	49, 50 , 51

استخدم البيانات في الجدول التالي لحساب متوسط سرعة التفاعل.

بيانات تجريبية للتفاعل $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$

الزمن (s)	$[H_2]$ (M)	$[Cl_2]$ (M)	[HCl] (M)
0.00	0.030	0.050	0.000
4.00	0.020	0.040	

أ. احسب متوسط سرعة التفاعل معبرًا عنه بمولات H_2 التي يتم استهلاكها في اللتر الواحد لكل ثانية.

3. **تحدي** إذا كان متوسط سرعة التفاعل معبرًا عنه بعدد مولات HCl الناتجة يساوي 0.0050 mol/L·s. فما تركيز HCl بعد 4.00 s؟

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

48, 49	نص الكتاب	CHM.5.4.01.020.02 يقارن تراكيز المتفاعلات والنواتج خلال التفاعل الكيميائي (باقتراض عدم إضافة أي كميّة متفاعلات خلال التفاعل)	24
48	نص الكتاب	CHM.5.4.01.001.01 يعرّف سرعة التفاعلات الكيميائية محدّدًا وحدتها	25

التعبير عن سرعة التفاعل

في التجربة الاستهلالية، اكتشفت أن تفكك بيروكسيد الهيدروجين يمكن أن يكون تفاعلاً سريعًا أو بطيئًا. ومع ذلك، فإن المصطلحين سريع وبطيء غير دقيقين. يجب أن يتحلى الكيميائيون والمهندسون والطهاة وعاملو اللحام وعمال خلط الخرسانة والآخرون بدقة أكبر. على سبيل المثال، يجب أن يعرف الطهاة السرعة التي ينضج بها الشواء لتحديد الموعد المناسب لتقديمه. يجب أن يعرف عامل خلط الخرسانة سرعة تصلب الماء والرمل والحصى والأسمنت وبذلك يمكن صب الخرسانة الناتجة بالتوافق الصحيح. ويمكن أن يتسبب تأخير الصب في الحصول على خرسانة غير قوية كفاية لأغراض البناء.

فكّر في كيف يمكنك التعبير عن سرعة أو معدل حركة جسم معين. عداد سرعة السيارة الموضح في **الشكل 1** يوضّح أن السيارة تتحرك بسرعة 280 km/h. يمكن التعبير عن سرعة العدّاء على مضمار السباق بالأمتار في الثانية (m/s). وعمومًا، فإن متوسط السرعة لحركة أو عملية معينة يُعرّف بأنه التغير في كمية معلومة في فترة زمنية محددة. تذكّر من دراستك للرياضيات أن الحرف اليوناني دلتا (Δ) قبل كمية معينة يشير إلى تغير في هذه الكمية. في صيغة المعادلة، تتم كتابة متوسط السرعة أو السرعة كما يلي:

$$\text{متوسط السرعة} = \frac{\Delta\text{الكمية}}{\Delta t}$$

الشكل 2 يوضح كيفية استمرار التفاعل وتحول المادة المتفاعلة إلى الناتج مع مرور الزمن. لاحظ أن كمية المادة المتفاعلة تنخفض بزيادة كمية الناتج. إذا علمت التغير في ناتج معين أو في مادة متفاعلة أثناء فترة زمنية معينة، فيمكنك حساب متوسط سرعة التفاعل. يهتم الكيميائيون في الغالب بالتغيرات الناتجة في التركيز المولاري (mol/L, M) لمادة متفاعلة أو ناتج معين أثناء التفاعل. وبالتالي، فإن **معدل التفاعل** لتفاعل كيميائي هو التغير في تركيز مادة متفاعلة أو ناتج معين في وحدة الزمن ويتم التعبير عنه عمومًا بالوحدة mol/(L • s). الأقواس حول الصيغة الكيميائية للمادة تدل على تركيزها المولاري. على سبيل المثال، $[NO_2]$ يمثل التركيز المولاري للمركب NO_2.

تتحدد سرعة التفاعل تجريبيًا بقياس تراكيز المواد المتفاعلة أو المواد الناتجة طوال فترة استمرار التفاعل الكيميائي الفعلي. لا يمكن حساب سرعة التفاعلات من المعادلات الموزونة.

افترض أنك تريد التعبير عن متوسط سرعة التفاعل التالي أثناء المدة الزمنية التي تبدأ عند الزمن t_1 وتنتهي عند الزمن t_2.

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

48, 49	نص الكتاب	CHM.5.4.01.020.02 يقارن تراكيز المتفاعلات والنواتج خلال التفاعل الكيميائي (باقتراض عدم إضافة أي كميّة متفاعلات خلال التفاعل)	24
48	نص الكتاب	CHM.5.4.01.001.01 يعرّف سرعة التفاعلات الكيميائية محدّدًا وحدتها	25

عند حساب سرعة تكوّن النواتج تكون سرعة التفاعل موجبة القيمة. حساب السر
بناءً على إنتاج NO له الصيغة التالية:

$$\text{Rate} = \frac{[\text{NO}]t_2 - [\text{NO}]t_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta[\text{NO}]}{\Delta t}$$

على سبيل المثال، إذا كان تركيز NO هو 0.000 M عند الزمن $t_1 = 0.00$ s و
0.010 M بعد ثانيتين من بدء التفاعل، فإن الحساب التالي يعطي متوسط سرع
التفاعل المعبّر عنه بمولات NO الناتجة لكل لتر في الثانية.

$$\text{Rate} = \frac{0.010\ M - 0.000\ M}{2.00\ \text{s} - 0.00\ \text{s}}$$

$$= \frac{0.010\ M}{2.00\ \text{s}} = 0.0050\ \text{mol/(L•s)}$$

لاحظ كيف تختصر الوحدات:

$$\frac{M}{\text{s}} = \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot \frac{1}{\text{s}} = \frac{\text{mol}}{(\text{L•s})}$$

عند حساب سرعة تكوّن النواتج تكون سرعة التفاعل موجبة القيمة. حساب السرعة
بناءً على إنتاج NO له الصيغة التالية:

$$\text{Rate} = \frac{[\text{NO}]t_2 - [\text{NO}]t_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta[\text{NO}]}{\Delta t}$$

على سبيل المثال، إذا كان تركيز NO هو 0.000 M عند الزمن $t_1 = 0.00$ s و
0.010 M بعد ثانيتين من بدء التفاعل، فإن الحساب التالي يعطي متوسط سرعة
التفاعل المعبّر عنه بمولات NO الناتجة لكل لتر في الثانية.

$$\text{Rate} = \frac{0.010\ M - 0.000\ M}{2.00\ \text{s} - 0.00\ \text{s}}$$

$$= \frac{0.010\ M}{2.00\ \text{s}} = 0.0050\ \text{mol/(L•s)}$$

لاحظ كيف تختصر الوحدات:

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

26	CHM.5.4.01.022.03 يصف العلاقة بين طاقة التنشيط ومتوسط سرعة التفاعل	نص الكتاب + الأشكال 4 و 5 و 6+ الجدول 1	51, 52, 53
27	CHM.5.4.01.002.02 يشرح لماذا التصادم بين الجزيئات هو أساسي لحدوث تفاعل كيميائي	نص الكتاب + الأشكال 3، 4 + الجدول 1	51, 52
28	CHM.5.4.01.002.03 يذكر الشرطين اللذان يجب استيفاؤهما ، وفقًا لنظرية الاصطدام، حتى يكون التصادم بين جزيئات المتفاعلات فعالاً في إنتاج مركّبات كيميائية جديدة	نص الكتاب + الأشكال 4 و 5 و 6+ الجدول 1	51, 52, 53
29	CHM.5.4.01.022.03 يصف العلاقة بين طاقة التنشيط ومتوسط سرعة التفاعل	نص الكتاب + الأشكال 4 و 5 و 6+ الجدول 1	51, 52, 53
30	CHM.5.4.01.022.04 يفسّر التفاعلات التفاعلات الطاردة للحرارة والتفاعلات الماصة للحرارة موظفًا نظرية التصادم	نص الكتاب + الأشكال 4 و 5 و 6 + الجدول 1	51, 52, 53

نظرية التصادم

هل شاهدت من قبل أطفالاً يحاولون ضرب وعاء من الحلوى معلق؟ مع كل ضربة بالعصا يمكن أن ينتج عنها تفريغ وعاء الحلوى من بعض محتوياتها، كما هو موضّح في **الشكل 3**. المواد المتفاعلة في تفاعل كيميائي يجب أيضًا أن تتصادم لكي تنتج النواتج. **الشكل 3** يمثل أيضًا تفاعلاً بين الجزيئات A_2 و B_2 لتكوين AB. يجب أن تتصادم جزيئات المواد المتفاعلة لكي تتفاعل وتنتج جزيئات AB. الشكل عبارة عن توضيح **لنظرية التصادم** والتي تنص على أن الذرات والأيونات والجزيئات يجب أن تتصادم لكي يحدث تفاعل بينها.

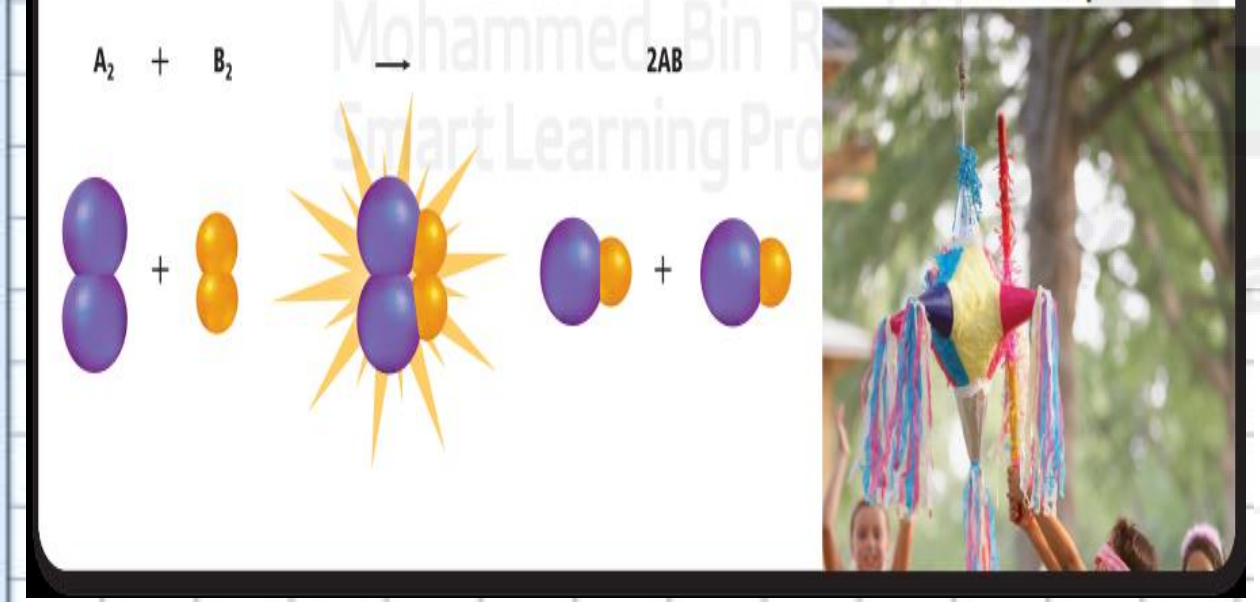
التأكد من فهم النص **تنبّأ** لماذا يكون التصادم بين الجسيمات ضروريًا لحدوث التفاعل.

انظر إلى التفاعل بين غاز أول أكسيد الكربون (CO) وغاز ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) عند درجة حرارة أعلى من 500 K.

$$CO(g) + NO_2(g) \rightarrow CO_2(g) + NO(g)$$

تتصادم جزيئات المواد المتفاعلة لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وغاز أول أكسيد النيتروجين (NO). ومع ذلك، فإنه عند حساب عدد الاصطدامات بين الجسيمات في الثانية الواحدة تؤدي إلى نتيجة محيّرة، حيث ينتج جزء صغير فقط من الاصطدامات النواتج.

الشكل 3 مثلما يجب أن نضرب العصا وعاء الحلوى بقوة كافية لكسرها وفتحها، فإن الجسيمات في التفاعلات الكيميائية يجب أن تتصادم بمقدار كافٍ من الطاقة لكي يحدث التفاعل.

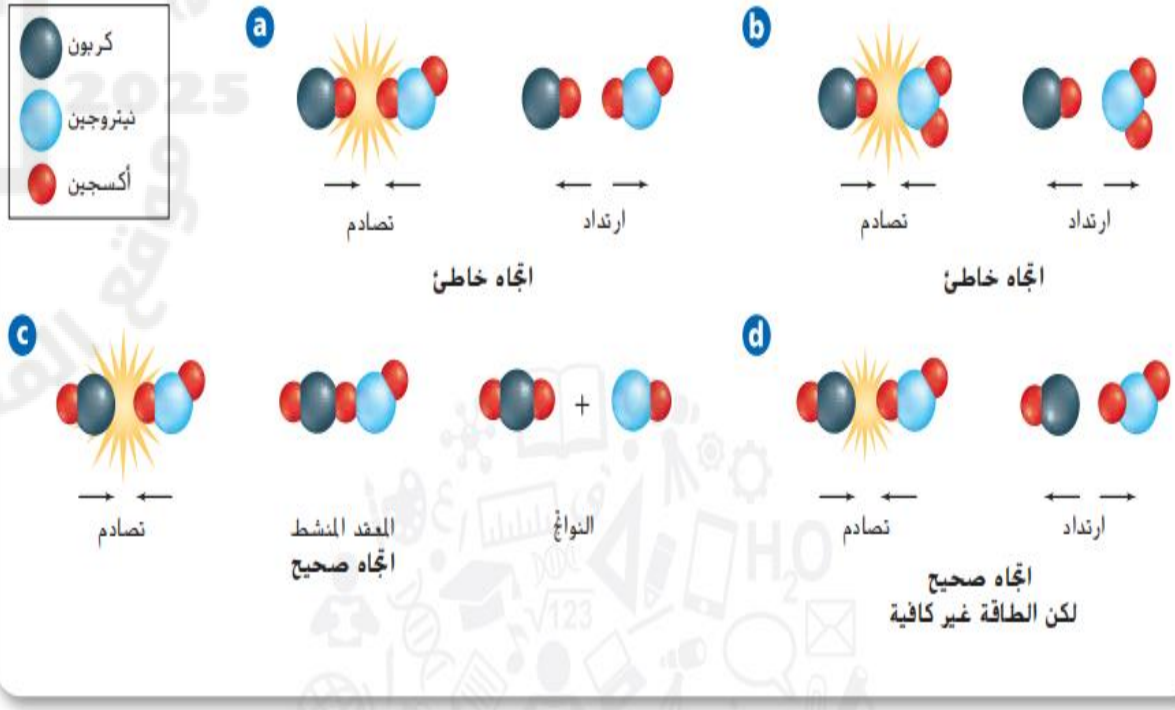


صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

26	CHM.5.4.01.022.03 يصف العلاقة بين طاقة التنشيط ومتوسط سرعة التفاعل	نص الكتاب + الأشكال 4 و 5 و 6+ الجدول 1	51, 52, 53
27	CHM.5.4.01.002.02 يشرح لماذا التصادم بين الجزيئات هو أساسي لحدوث تفاعل كيميائي	نص الكتاب + الأشكال 3، 4 + الجدول 1	51, 52
28	CHM.5.4.01.002.03 يذكر الشرطين اللذان يجب استيفاؤهما ، وفقًا لنظرية الاصطدام، حتى يكون التصادم بين جزيئات المتفاعلات فعالاً في إنتاج مركّبات كيميائية جديدة	نص الكتاب + الأشكال 4 و 5 و 6+ الجدول 1	51, 52, 53
29	CHM.5.4.01.022.03 يصف العلاقة بين طاقة التنشيط ومتوسط سرعة التفاعل	نص الكتاب + الأشكال 4 و 5 و 6+ الجدول 1	51, 52, 53
30	CHM.5.4.01.022.04 يفسّر التفاعلات التفاعلات الطاردة للحرارة والتفاعلات الماصة للحرارة موظفًا نظرية التصادم	نص الكتاب + الأشكال 4 و 5 و 6 + الجدول 1	51, 52, 53

اتجاه التصادم والمعقد المنشط لماذا تخفق معظم التصادمات في إنتاج النواتج؟ ما العوامل الأخرى التي يجب مراعاتها؟ **الشكلان 4a و 4b** يعرضان إجابة واحدة ممكنة لهذا السؤال. تشير هذه التوضيحات إلى أنه من أجل أن ينتج عن تصادم معين تفاعل ما، فإن ذرة الكربون في جزيء CO يجب أن تلامس ذرة أكسجين في جزيء NO_2 عند التصادم. هذه هي الطريقة الوحيدة التي من خلالها يمكن أن تتكون رابطة مؤقتة بين ذرة الكربون وذرة الأكسجين. التصادمات الموضّحة في **الشكلين 4a و 4b** لا تؤدي إلى تفاعلات لأن الجزيئات تتصادم في اتجاهات غير صحيحة. لا تلامس ذرة الكربون ذرة الأكسجين فور التصادم وبالتالي فإن الجزيئات أعادت ارتباطها ببساطة.



الشكل 4 هذا الشكل يوضّح أربعة احتمالات مختلفة للتصادم بين جزيئات CO وجزيئات NO_2. لا ينتج عن التصادمات في **a** و **b** تفاعل لأن الجزيئات ليست في وضع يسمح لها بتكوين الروابط. تتصادم الجزيئات في **c** في الاتجاه الصحيح ويحدث التفاعل. على الرغم من أن الجزيئات في **d** تقع أيضًا في الاتجاه الصحيح، إلا أن ليس لديها طاقة كافية لحدوث التفاعل.

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

26	CHM.5.4.01.022.03 يصف العلاقة بين طاقة التنشيط ومتوسط سرعة التفاعل	نص الكتاب + الأشكال 4 و 5 و 6+ الجدول 1	51, 52, 53
27	CHM.5.4.01.002.02 يشرح لماذا التصادم بين الجزيئات هو أساسي لحدوث تفاعل كيميائي	نص الكتاب + الأشكال 3، 4 + الجدول 1	51, 52
28	CHM.5.4.01.002.03 يذكر الشرطين اللذان يجب استيفاؤهما ، وفقًا لنظرية الاصطدام، حتى يكون التصادم بين جزيئات المتفاعلات فعالاً في إنتاج مركّبات كيميائية جديدة	نص الكتاب + الأشكال 4 و 5 و 6+ الجدول 1	51, 52, 53
29	CHM.5.4.01.022.03 يصف العلاقة بين طاقة التنشيط ومتوسط سرعة التفاعل	نص الكتاب + الأشكال 4 و 5 و 6+ الجدول 1	51, 52, 53
30	CHM.5.4.01.022.04 يفسّر التفاعلات التفاعلات الطاردة للحرارة والتفاعلات الماصة للحرارة موظفًا نظرية التصادم	نص الكتاب + الأشكال 4 و 5 و 6 + الجدول 1	51, 52, 53

عندما يكون اتجاه الجزيئات المتصادمة صحيحًا، كما هو موضّح في **الشكل 4c**، يمكن أن يحدث التفاعل. تتحول ذرة الأكسجين من جزيء NO_2 إلى جزيء CO. عندما يحدث ذلك، يتشكل مكون له عمر قصير يسمى بالمعقد المنشط ويكون في هذه الحالة OCONO. **المعقد المنشط**، يسمى في بعض الأحيان الحالة الانتقالية وهو عبارة عن ترتيب مؤقت وغير مستقر للذرات حيث تتكسر فيه الروابط القديمة وتتشكل روابط جديدة. ونتيجة لذلك، قد يشكل المعقد المنشط نواتج أو قد يتفكك ليعيد تشكيل المواد المتفاعلة.

طاقة التنشيط وسرعة التفاعل التصادم الموضح في **الشكل 4d** لا يؤدي إلى تفاعل وذلك لسبب مختلف – الطاقة غير كافية. وتمامًا مثل وعاء الحلوى الذي لا ينكسر إلا إذا ضربته بقوة كافية، لا يحدث تفاعل بين جزيئات CO و NO_2 ما لم تتصادم بطاقة كافية. الحد الأدنى من الطاقة الذي يجب أن تحتوي عليه الجسيمات المتفاعلة لتشكل المعقد المنشط والحصول على تفاعل يسمى **طاقة التنشيط** (E_a). **الجدول 1** يلخص الحالات التي يمكن فيها للجسيمات المتصادمة أن تتفاعل.

يشير ارتفاع E_a إلى أن عدد قليل من التصادمات يكون لديها الطاقة المطلوبة لإنتاج المعقد المنشط وتكون سرعة التفاعل بطيئة. ويعني انخفاض E_a أن المزيد من التصادمات لديه طاقة كافية للتفاعل وتكون سرعة التفاعل كبيرة. فكّر في هذه العلاقة وأنت تتخيل شخصًا ما يدفع عربة صاعدًا بها التل. إذا كان التل مرتفعًا، فإن مقداراً كبيراً من الطاقة يكون مطلوبًا لتحريك العربة وقد يستغرق الأمر وقتًا طويلاً لتوصيلها إلى قمة التل. إذا كان التل منخفضًا، يكون مقدار الطاقة المطلوب أقل ويمكن أن تتم المهمة بشكل أسرع.

الجدول 1 ملخص نظرية التصادم

1. يجب حدوث تصادم بين المواد المتفاعلة (الذرات أو الأيونات أو الجزيئات).
2. يجب أن تتصادم المواد المتفاعلة في الاتجاه الصحيح.
3. يجب أن تتصادم المواد المتفاعلة بطاقة كافية لتشكل معقدًا منشطًا.

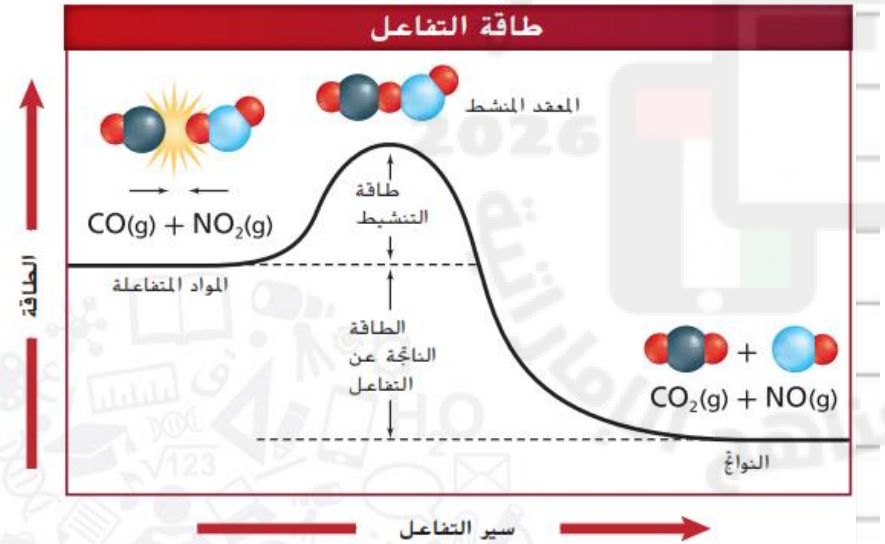
MR /MOHAMED SHAWKY

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

26	CHM.5.4.01.022.03 يصف العلاقة بين طاقة التنشيط ومتوسط سرعة التفاعل	نص الكتاب + الأشكال 4 و 5 و 6+ الجدول 1	51, 52, 53
27	CHM.5.4.01.002.02 يشرح لماذا التصادم بين الجزيئات هو أساسي لحدوث تفاعل كيميائي	نص الكتاب + الأشكال 3، 4 + الجدول 1	51, 52
28	CHM.5.4.01.002.03 يذكر الشرطين اللذان يجب استيفاؤهما ، وفقًا لنظرية الاصطدام، حتى يكون التصادم بين جزيئات المتفاعلات فعالاً في إنتاج مركّبات كيميائية جديدة	نص الكتاب + الأشكال 4 و 5 و 6+ الجدول 1	51, 52, 53
29	CHM.5.4.01.022.03 يصف العلاقة بين طاقة التنشيط ومتوسط سرعة التفاعل	نص الكتاب + الأشكال 4 و 5 و 6+ الجدول 1	51, 52, 53
30	CHM.5.4.01.022.04 يفسّر التفاعلات التفاعلات الطاردة للحرارة والتفاعلات الماصة للحرارة موظفًا نظرية التصادم	نص الكتاب + الأشكال 4 و 5 و 6 + الجدول 1	51, 52, 53

طاقة التنشيط وسرعة التفاعل التصادم الموضح في **الشكل 4d** لا يؤدي إلى تفاعل وذلك لسبب مختلف – الطاقة غير كافية. وتمامًا مثل وعاء الحلوى الذي لا ينكسر إلا إذا ضربته بقوة كافية، لا يحدث تفاعل بين جزيئات CO و NO_2 ما لم تتصادم بطاقة كافية. الحد الأدنى من الطاقة الذي يجب أن تحتوي عليه الجسيمات المتفاعلة لتشكل المعقد المنشط والحصول على تفاعل يسمى **طاقة التنشيط** (E_a). **الجدول 1** يلخص الحالات التي يمكن فيها للجسيمات المتصادمة أن تتفاعل.

يشير ارتفاع E_a إلى أن عدد قليل من التصادمات يكون لديها الطاقة المطلوبة لإنتاج المعقد المنشط وتكون سرعة التفاعل بطيئة. ويعني انخفاض E_a أن المزيد من التصادمات لديه طاقة كافية للتفاعل وتكون سرعة التفاعل كبيرة. فكّر في هذه العلاقة وأنت تتخيل شخصًا ما يدفع عربة صاعدًا بها التل. إذا كان التل مرتفعًا، فإن مقداراً كبيراً من الطاقة يكون مطلوبًا لتحريك العربة وقد يستغرق الأمر وقتًا طويلاً لتوصيلها إلى قمة التل. إذا كان التل منخفضًا، يكون مقدار الطاقة المطلوب أقل ويمكن أن تتم المهمة بشكل أسرع.



الشكل 5 عندما يحدث تفاعل طارد للحرارة، تتصادم الجزيئات بطاقة كافية للتغلب على حاجز طاقة التنشيط. وتكوّن الجزيئات معقدًا نشطًا، ثم تطلق الطاقة وتكوّن النواتج عند مستوى أقل من الطاقة.

التأكد من فهم الرسم البياني

فسّر كيف يمكنك أن تعرف من الرسم البياني أن التفاعل المذكور تفاعل طارد للحرارة.

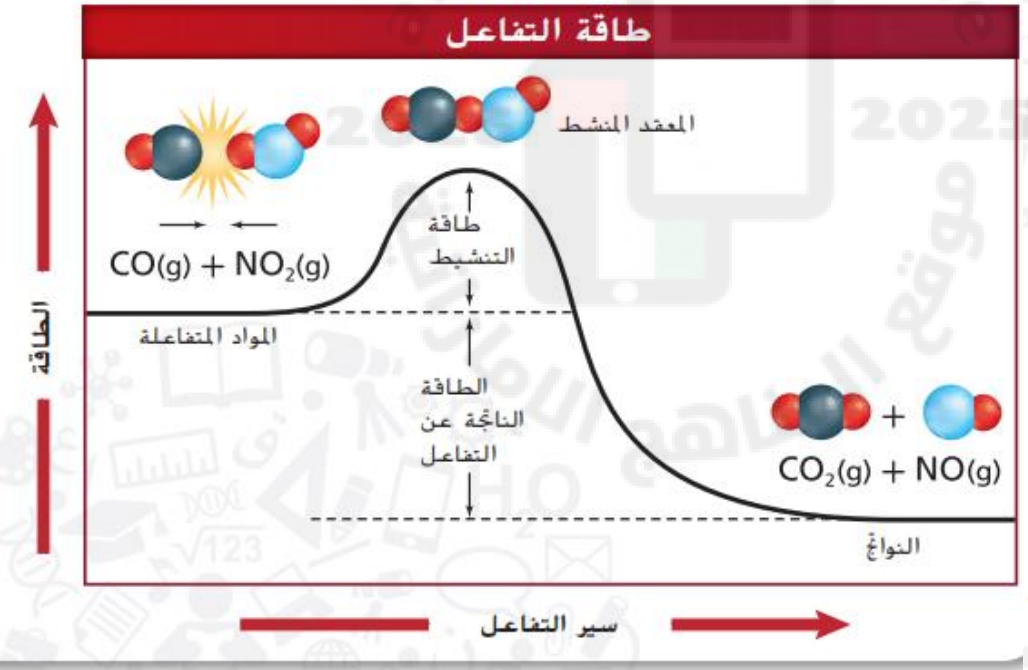
صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

26	CHM.5.4.01.022.03 يصف العلاقة بين طاقة التنشيط ومتوسط سرعة التفاعل	نص الكتاب + الأشكال 4 و 5 و 6+ الجدول 1	51, 52, 53
27	CHM.5.4.01.002.02 يشرح لماذا التصادم بين الجزيئات هو أساسي لحدوث تفاعل كيميائي	نص الكتاب + الأشكال 3، 4 + الجدول 1	51, 52
28	CHM.5.4.01.002.03 يذكر الشرطين اللذان يجب استيفاؤهما ، وفقًا لنظرية الاصطدام، حتى يكون التصادم بين جزيئات المتفاعلات فعالاً في إنتاج مركّبات كيميائية جديدة	نص الكتاب + الأشكال 4 و 5 و 6+ الجدول 1	51, 52, 53
29	CHM.5.4.01.022.03 يصف العلاقة بين طاقة التنشيط ومتوسط سرعة التفاعل	نص الكتاب + الأشكال 4 و 5 و 6+ الجدول 1	51, 52, 53
30	CHM.5.4.01.022.04 يفسّر التفاعلات التفاعلات الطاردة للحرارة والتفاعلات الماصة للحرارة موظفًا نظرية التصادم	نص الكتاب + الأشكال 4 و 5 و 6 + الجدول 1	51, 52, 53

الشكل 5 يوضح مخطط الطاقة لسير التفاعل بين أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد النيتروجين. يعرض هذا المخطط طاقة تنشيط التفاعل. يمكن اعتبار طاقة التنشيط بمثابة الحاجز الذي يجب على المواد المتفاعلة أن تعبره لتكوّن النواتج. وفي هذه الحالة، فإن جزيئات CO و NO_2 تتصادم بطاقة كافية للتغلب على هذا الحاجز وتتكونّ النواتج عند مستوى أقل من الطاقة. تذكر أن التفاعلات التي تفقد الطاقة تسمى بالتفاعلات الطاردة للحرارة.

بالنسبة إلى كثير من التفاعلات، فإن العملية من المواد المتفاعلة إلى النواتج قابلة للانعكاس. **الشكل 6** يوضح التفاعل العكسي الماص للحرارة بين CO_2 و NO لإعادة تكوين CO و NO_2. وفي هذا التفاعل، تكون المواد المتفاعلة عند مستوى طاقة منخفض. ويجب أن تتغلب على طاقة تنشيط كبيرة لإعادة تكوين CO و NO_2. ويتطلب ذلك إدخال طاقة أكبر من التفاعل الأمامي. وإذا حدث هذا التفاعل العكسي، CO و NO_2 سيتكونان مرة أخرى عند مستوى أعلى من الطاقة.



■ **الشكل 5** عندما يحدث تفاعل طارد للحرارة، تتصادم الجزيئات بطاقة كافية للتغلب على حاجز طاقة التنشيط. وتكوّن الجزيئات معقدًا نشطًا، ثم تطلق الطاقة وتكوّن النواتج عند مستوى أقل من الطاقة.

التأكد من فهم الرسم البياني

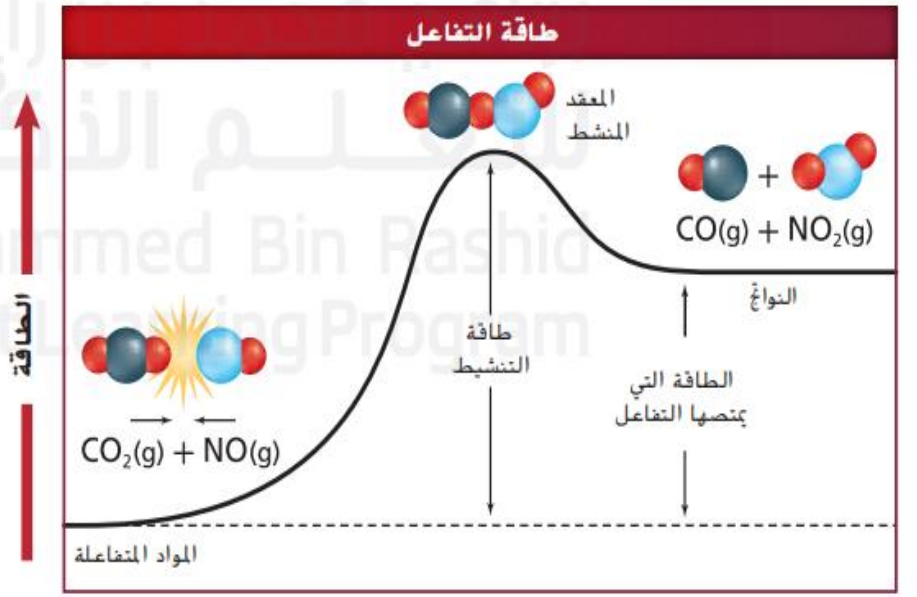
فسّر كيف يمكنك أن تعرف من الرسم البياني أن التفاعل المذكور تفاعل طارد للحرارة.

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

26	CHM.5.4.01.022.03 يصف العلاقة بين طاقة التنشيط ومتوسط سرعة التفاعل	نص الكتاب + الأشكال 4 و 5 و 6+ الجدول 1	51, 52, 53
27	CHM.5.4.01.002.02 يشرح لماذا التصادم بين الجزيئات هو أساسي لحدوث تفاعل كيميائي	نص الكتاب + الأشكال 3، 4 + الجدول 1	51, 52
28	CHM.5.4.01.002.03 يذكر الشرطين اللذان يجب استيفاؤهما ، وفقًا لنظرية الاصطدام، حتى يكون التصادم بين جزيئات المتفاعلات فعالاً في إنتاج مركّبات كيميائية جديدة	نص الكتاب + الأشكال 4 و 5 و 6+ الجدول 1	51, 52, 53
29	CHM.5.4.01.022.03 يصف العلاقة بين طاقة التنشيط ومتوسط سرعة التفاعل	نص الكتاب + الأشكال 4 و 5 و 6+ الجدول 1	51, 52, 53
30	CHM.5.4.01.022.04 يفسّر التفاعلات التفاعلات الطاردة للحرارة والتفاعلات الماصة للحرارة موظفًا نظرية التصادم	نص الكتاب + الأشكال 4 و 5 و 6 + الجدول 1	51, 52, 53

4. الفكرة **الرئيسة** **اربط** بين نظرية التصادم وسرعة التفاعل.
5. **فسِّر** ما الذي تدل عليه سرعة التفاعل في تفاعل كيميائي معين؟
6. **قارن** بين تراكيز المواد المتفاعلة والنواتج خلال فترة تفاعل كيميائي (بافتراض عدم إضافة مواد متفاعلة إضافية).
7. **قارن** بين متوسط سرعة التفاعل الذي تم قياسه، خلال فترة زمنية قصيرة، مع المتوسط الذي تم قياسه خلال فترة زمنية طويلة.
8. **صِف** العلاقة بين طاقة التنشيط وسرعة التفاعل.
9. **لخِّص** ما الذي يحدث أثناء الوجود قصير المدة لمعقد منشّط.
10. **طبِّق** نظرية التصادم لتفسير لماذا لا ينتج دائمًا عن التصادمات بين جسيمين متفاعلين نواتج.
11. **قارن** بين طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي الطارد للحرارة وطاقة التنشيط للتفاعل العكسي الماص للحرارة لتفاعل انعكاسي.
12. **احسب** متوسط سرعة التفاعل بين الجزيئات الافتراضية A و B إذا كان تركيز A يتغير من 1.00 *M* إلى 0.50 *M* في 2.00 s.



■ **الشكل 6** في التفاعل العكسي، الماص للحرارة، تكون جزيئات المواد المتفاعلة عند مستوى من الطاقة أقل من ذلك الذي تكون عنده النواتج. ولكي تتفاعل المواد المتفاعلة، يجب أن تمتص طاقة كافية للتغلب على حاجز طاقة التنشيط وتشكل نواتج ذات طاقة أكبر.

التأكد من فهم الرسم البياني

قارن بين الشكلين 5 و 6 لتحديد ما إذا كانت طاقة التنشيط للتفاعل الأمامي أكبر أم أصغر من طاقة التنشيط للتفاعل العكسي.

صلي علي رسول الله صلي الله عليه وسلم

MR /MOHAMED SHAWKY

THANK YOU