

12 متقدم
كيمياء 2023

الجزء 1 الطاقة والتغيرات الكيميائية

القسم الأول: الطاقة

القسم الثاني: الحرارة

القسم الثالث: المعادلات الكيميائية الحرارية

القسم الرابع: حساب التغير في المحتوى الحراري

القسم الخامس: تلقائية حدوث التفاعلات



Manasra Academy



مؤسسة الامارات للتعليم ESE

أوراق عمل في الكيمياء

للف

الثاني عشر المتقدم

الفصل الدراسي الأول

اعداد مدرس المادة

عبدالرحيم أحمد القدومي

اسم الطالب :

الصف والشعبة :

المدرسة :



الوحدة الاولى / الطاقة والتغيرات الكيميائية

القسم الأول : الطاقة

- ☐ الطاقة : هي القدرة على القيام بعمل أو إنتاج حرارة .
- ☐ توجد الطاقة في شكلين أساسيين : الطاقة الكامنة (طاقة الوضع) و الطاقة الحركية .

- طاقة الوضع : هي الطاقة المتولدة عن تركيب الجسم أو عن وضعه .
مثال : استعداد المترجلة عند نقطة الانطلاق (كما في الشكل 1a)

- طاقة الحركة : هي الطاقة التي تنتج عن حركة الاجسام .
مثال : عند انطلاق المتزلجة تتحول طاقة الوضع الى طاقة حركة (كما في الشكل 1b)

■ **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؟





- ☐ تحتوي الأنظمة الكيميائية على طاقة وضع ----- وطاقة حركة----- .
- ☐ ترتبط **طاقة الحركة** بحركة الجسيمات الدائمة والعشوائية وتتناسب طردياً مع **درجة الحرارة** ، فكلما **زادت** درجة الحرارة **زادت** طاقة حركة الجسيمات .

- ☐ تعتمد **طاقة الوضع** للمادة على **تركيبها الكيميائي** من حيث : انواع الذرات في المادة ، وعدد الروابط الكيميائية التي تربط الذرات معاً ، ونوع الروابط ، وطريقة ترتيب هذه الذرات .

قانون حفظ الطاقة :

- ☐ تتغير الطاقة من شكل الى اخر ولكنها تبقى محفوظة أي أن مجموع الطاقات يبقى ثابت .
- ☐ نص قانون حفظ الطاقة (القانون الأول في الديناميكا الحرارية) : في أي تفاعل كيميائي أو عملية فيزيائية يمكن أن تتحول الطاقة من شكل الى اخر ولكنها لا تفنى ولا تستحدث .
- ☐ أمثلة :

- عندما يندفع الماء عبر التوربينات في محطة توليد الطاقة الكهربائية يتم تحويل بعض من طاقة الماء الحركية الى طاقة كهربائية .

- احتراق غاز البروبان (C_3H_8) وقود يستخدم في الطهي والتدفئة : تتحول طاقة الوضع المخزنة في الروابط الى طاقة حرارية.

- احتراق الجازولين (الذي يتكون بشكل أساسي من الأوكتان C_8H_{18}) في محرك السيارة تتحول طاقة الوضع الكيميائية للأوكتان الى طاقة حركية تحرك المكابس التي بدورها تحرك العجلات وتدفع السيارة .



طاقة الوضع الكيميائية : هي الطاقة المخزنة في المادة بسبب تركيبها .

- مثال : طاقة الوضع الكيميائية للبروبان ----- ناتجة عن : ترتيب ذرات الكربون والهيدروجين ، وقوة الروابط بين هذه الذرات .

الحرارة (q) : هي الطاقة التي تنتقل من الجسم الأكثر سخونة الى الجسم الأقل سخونة .

قياس الحرارة :

□ السعر cal : هو كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة 1g من الماء النقي درجة مئوية واحدة 1°C .
(ويسمى السعر الحراري)

□ $1\text{kcal}(1\text{Cal}) = 1000\text{ cal}$ (السعر الغذائي = 1Cal)

□ تقاس الطاقة الحرارية حسب النظام الدولي للوحدات بالجول (J) .

□ $1\text{J} = 0.239\text{ cal}$ أو $1\text{cal} = 4.184\text{ J}$

العلاقات بين وحدات الطاقة		الجدول 6-1
معامل التحويل	العلاقة	
$\frac{1\text{ J}}{0.2390\text{ cal}}$ $\frac{0.2390\text{ cal}}{1\text{ J}}$	$1\text{ J} = 0.2390\text{ cal}$	
$\frac{1\text{ cal}}{4.184\text{ J}}$ $\frac{4.184\text{ J}}{1\text{ cal}}$	$1\text{ cal} = 4.184\text{ J}$	
$\frac{1\text{ Cal}}{1000\text{ cal}}$ $\frac{1000\text{ cal}}{1\text{ Cal}}$	$1\text{ Cal} = 1\text{Kcal}$	

سؤال : إذا كانت وجبة افطار مكونة من الحبوب وعصير البرتقال والحليب

تحتوي على 230 Cal من الطاقة ، عبر عن هذه الطاقة بوحدة الجول J .



تطبيق

1. نحتوى 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؟

الحرارة النوعية :

الجدول 6-2 الحرارة النوعية لبعض المواد عند 298k (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
المغنسيوم (s)	1.023
الألومنيوم (s)	0.897
الأسمنت (s)	0.84
الجرانيت (s)	0.803
الكالسيوم (s)	0.647
الحديد (s)	0.449
الإستراشيوم (s)	0.301
الفضة (s)	0.235
الباريوم (s)	0.204
الرصاص (s)	0.128
الذهب (s)	0.129

□ هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من المادة درجة سيليزية واحدة .

□ لكل مادة حرارة نوعية خاصة بها لأن لكل مادة تركيب مختلف عن المواد الأخرى

□ مثلاً الحرارة النوعية للماء = $4.184 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$ بينما الحرارة النوعية للخرسانة (الأسمنت) = $0.84 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$.

□ أي أن الحرارة النوعية للماء خمس أضعاف الخرسانة.

□ فعند امتصاص كتلتان متساويتان من الماء والخرسانة لنفس الكمية من الطاقة يكون الارتفاع في درجة حرارة الخرسانة أعلى خمس مرات منها للماء.

حساب الحرارة الممتصة والمنطلقة q :**معادلة حساب الحرارة**

q : الطاقة الحرارية الممتصة أو المطلقة

c : الحرارة النوعية للمادة

m : كتلة المادة بالجرام

ΔT : التغير في درجة الحرارة ($^\circ\text{C}$) أو

T النهائية - T الأولية ($T_f - T_i$)

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





سؤال: احسب الطاقة التي تمتصها كتلتان متساويتان من الاسمنت والماء مقدارها $5 \times 10^3 \text{g}$ عندما تزداد درجة حرارتهما 6.0°C ثم قارن بينهما.

تطبيق

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

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

7- ما الفرق بين درجة الحرارة والحرارة؟

8- أي التغيرات التالية طاردة للحرارة وإيها ماص؟

- تسخين الشاي في فرن الميكروويف ؟
- حرق الغاز الطبيعي في الفرن المنزلي ؟
- انصهار الجليد تحت أشعة الشمس ؟

استخدام طاقة الشمس :

□ يستخدم الماء لاختذ الطاقة من الشمس والاستفادة منها ؟ بسبب حرارته النوعية العالية ولاستخدامه في تدفئة البيوت.

□ تستخدم الطاقة الشمسية لتزويد احتياجات العالم من الطاقة بدلا من الوقود ؟
لأنها طاقة نظيفة لا تنتج غاز ثاني أكسيد الكربون مثل أنواع الوقود الأخرى .

□ من العوامل التي أدت الى تأخير استغلال الطاقة الشمسية :

- سطوع الشمس فترة محددة من اليوم .

- وجود السحب يؤدي الى تقليل كمية الشعاع الساقطة على سطح الأرض .

□ لذلك ظهرت طرق جديدة لتخزين الطاقة الضوئية مثل الخلايا الكهروضوئية التي تحول الاشعاع الشمسي الى كهرباء ، التي تستعمل في مركبات الفضاء .

□ لا تستعمل الخلايا الشمسية لتوفير الطاقة للاحتياجات العادية ؟

لأن تكلفة انتاج الكهرباء بالخلايا الكهروضوئية مرتفعة مقارنة بتكلفة حرق الفحم أو البترول .

اجابات أسئلة مراجعة القسم الأول:**القسم 1 مراجعة**

9. تتحول طاقة الوضع الكيميائية الموجودة في الشمعة إلى ضوء وحرارة وتتحلل تلك الطاقة بسبب حدوث اشتعال أثناء التفاعل الكيميائي.

345 J .10

11. النغير في درجة الحرارة يتناسب عكسياً مع الحرارة النوعية: الألمنيوم والفضة والذهب.

7. تتحول طاقة الوضع الكيميائية إلى حرارة في التفاعلات الطاردة للحرارة وتنطلق الحرارة. في التفاعلات الماصة للحرارة، يتم امتصاص الطاقة وتتحول إلى طاقة وضع كيميائية.

8. يتم شرح طاقة الوضع بواسطة استخدام مغناطيسين منفصلين. في انهيار الجليد، تتحول طاقة الوضع الكامنة إلى طاقة حركية. يتم تفسير طاقة الوضع الكامنة بواسطة استخدام الكتب الموجودة على الرف. تتحول طاقة الوضع الكامنة إلى طاقة حركية في الجدول النهري. في سباق السيارات، تتحول طاقة الوضع الكامنة إلى طاقة حركية.

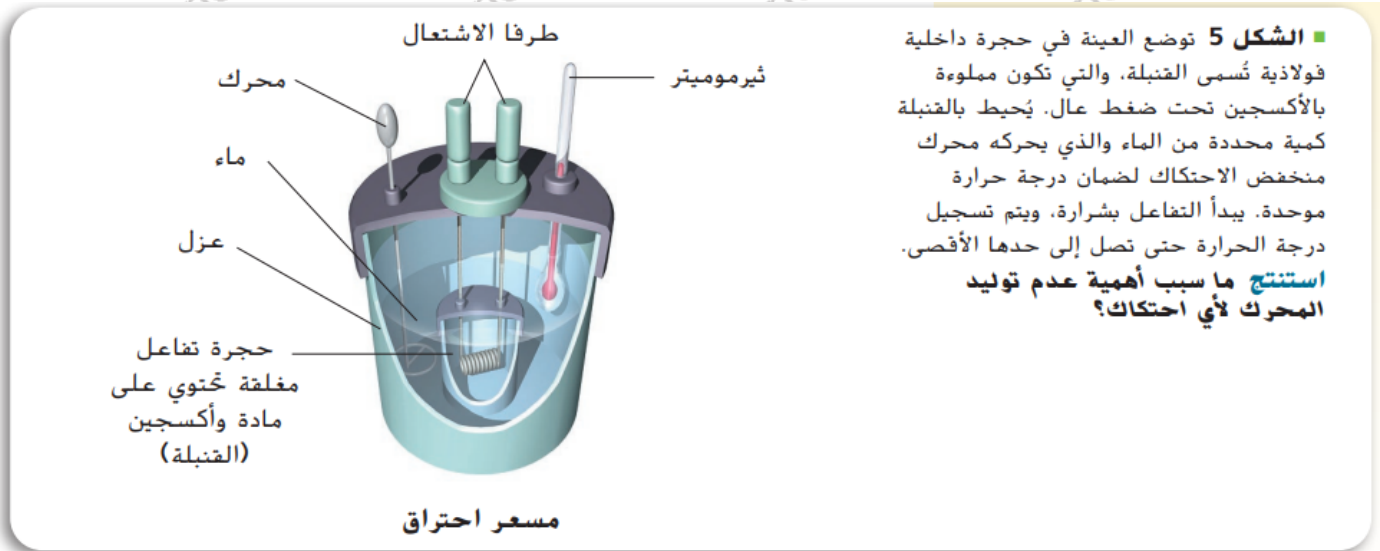
واجب: حل أسئلة الوحدة (53 – 67) من الكتاب المقرر



القسم الثاني: الحرارة

قياس الحرارة:

- ☐ **المسعر:** هو جهاز معزول حرارياً يستخدم لقياس كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة أثناء عملية كيميائية أو فيزيائية
- ☐ **مسعر الاحتراق:** يستخدمه الكيميائيون التغذية لقياس الحرارة المنطلقة عند حرق كتلة محددة من الغذاء
- ☐ الشكل التالي يوضح تركيب مسعر احتراق:



تحديد الحرارة النوعية:

- ☐ في المختبر يستخدم مسعر بسيط وهو عبارة عن كأس مصنوع من البلاستيك الرغوي لقياس الحرارة النوعية لفلز أو مادة معينة.
- ☐ هذا المسعر يكون مفتوح على الهواء الطلق لذلك التفاعلات التي تحدث داخلها تكون **تحت ضغط ثابت**.

التجربة:

افترض أنك وضعت 125 g من الماء في مسعر (كأس مصنوعة من البوليسترين)، وقست درجة حرارته الأولية فوجدتها 25.60°C ، ثم سخنت عينة من فلز ما كتلتها 50.0 g إلى درجة حرارة 115.0°C ووضعتها في الماء داخل المسعر. سوف تنتقل الحرارة من الفلز الساخن إلى الماء في المسعر، فترتفع درجة حرارة الماء. ويتوقف انتقال الحرارة فقط عندما تتساوى درجة حرارة الماء مع درجة حرارة الفلز.



طريقة حساب الحرارة النوعية للفلز المجهول :

عند حدوث اتران حراري تكون كمية الحرارة التي اكتسبها الماء = كمية الحرارة التي فقدها الفلز .
 نحسب كمية الحرارة التي التي اكتسبها الماء من العلاقة -----

□ بالرجوع الى جدول الحرارة النوعية نستنتج ان الفلز المجهول هو الحديد .

تطبيق

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؟

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



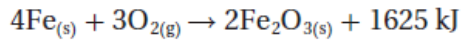
15. تحدي إذا فقد 335 g من الماء درجة حرارته 65.5°C ، كمية من الحرارة مقدارها 9750 J، فما درجة حرارة الماء النهائية؟

الاجابات :

- 0.241 J/(g $\cdot$ $^{\circ}\text{C}$) .12
- 50.8 g .13
- 30,500 J .14
- 58.5 $^{\circ}\text{C}$.15

الطاقة الكيميائية والكون :

- ☐ **الكيمياء الحرارية:** هي دراسة التغيرات الحرارية المصاحبة للتفاعلات الكيميائية وتغيرات الحالة الفيزيائية .
- ☐ مثلا يستخدم الجنود تفاعلا طاردا للحرارة لتسخين وجباتهم ، وتستخدم الكمادة الساخنة لتدفئة الايدي في الايام الباردة التي تنتج طاقة من التفاعل التالي :



□ النظام: هو جزء معين من الكون يحتوي على التفاعل أو العملية المراد دراستها

□ المحيط: هو كل شيء في الكون غير النظام.

□ الكون : هو النظام مع المحيط (الكون = النظام + المحيط) .



□ في التفاعل الطارد للحرارة : تنتقل الحرارة من النظام الى المحيط .

□ في التفاعل الماص للحرارة : تنتقل الحرارة من المحيط الى النظام .

- مثال على تفاعل ماص للحرارة : عند تفاعل هيدروكسيد الباريوم

مع ثيوسيانات الأمونيوم في كأس ووضع الكأس على لوح خشب رطب

يؤدي الى التصاق الكأس بلوح الخشب بسبب تجمد الماء أسفل الكأس.

المحتوى الحرارى وتغير المحتوى الحرارى :

- ☐ يعتمد اجمالي ما تحتويه المادة على الطاقة على عدة عوامل ما زال بعضها غير مفهوم ، لذلك من المستحيل معرفة محتوى الطاقة الإجمالي الموجود في المادة .
- ☐ لذلك يهتم الكيميائيين بدراسة تغيرات الطاقة اثناء التفاعلات الكيميائية أكثر من اهتمامهم بدراسة كمية الطاقة الموجودة في المواد المتفاعلة والنتيجة .
- ☐ يستخدم المسعر لقياس كمية الطاقة المكتسبة أو المفقودة لكثير من التفاعلات الكيميائية عند ضغط ثابت .
- ☐ لان المسعر المستخدم في المختبر مفتوح يحدث التفاعل عند ضغط جوي ثابت وهذا ما يحدث في الكائنات الحية وفي المختبر .
- ☐ يرمز للطاقة المنطلقة من التفاعلات عند ضغط ثابت بالرمز q_p .
- ☐ لتسهيل دراسة تغيرات الطاقة المصاحبة للتفاعلات الكيميائية وضع الكيميائيون خاصية أسموها المحتوى الحراري (H) .

- ☐ المحتوى الحراري (H) : هو مجموع الطاقات المخزنة في مول واحد من المادة تحت ضغط ثابت .

- ☐ لانه من الصعب قياس المحتوى الحراري لأي مادة لذلك يتم قياس التغير في المحتوى الحراري .

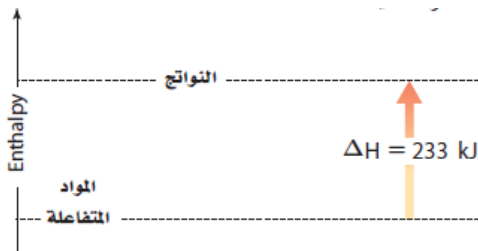
- ☐ التغير في المحتوى الحراري (حرارة التفاعل) ΔH_{rxn} : هو كمية الحرارة الممتصة أو المنطلقة في التفاعل الكيميائي .

$$\Delta H_{rxn} = H_{products} - H_{reactants} \quad \Delta H_{rxn} = H_{final} - H_{initial} \quad \text{أو} \quad \square$$



□ والجدول التالي يوضح مقارنة بين التفاعل الطارد والتفاعل الماص للحرارة :

وجه المقارنة	التفاعل الطارد للحرارة	التفاعل الماص للحرارة
المحتوى الحراري للمتفاعلات $H_{\text{reactants}}$		
المحتوى الحراري للنواتج H_{products}		
إشارة ΔH		
مثال	$4\text{Fe}_{(s)} + 3\text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)} + 1625 \text{ kJ}$ $4\text{Fe}_{(s)} + 3\text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)} \Delta H_{\text{rxn}} = -1625 \text{ kJ}$	$27 \text{ kJ} + \text{NH}_4\text{NO}_{3(s)} \rightarrow \text{NH}_4^+_{(aq)} + \text{NO}_3^-_{(aq)}$ $\text{NH}_4\text{NO}_{3(s)} \rightarrow \text{NH}_4^+_{(aq)} + \text{NO}_3^-_{(aq)} \Delta H_{\text{rxn}} = 27 \text{ kJ}$
مخطط التغير في المحتوى الحراري		



الشكل 6-17

سؤال : هل التفاعل المبين في الشكل 6-17 ماص أم طارد للحرارة؟ كيف عرفت ذلك؟



الاجابات:

القسم 2 مراجعة

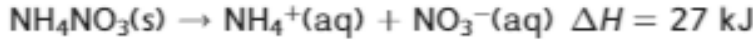
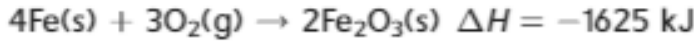
16. تُعادل الحرارة التي تم امتصاصها أو إطلاقها الحرارة النوعية للمادة $\times$ كتلتها $\times$ تغير درجة حرارتها.
17. $\Delta H_{rxn} = H_{products} - H_{reactants}$ و $H_{products} < H_{reactants}$
18. يجب أن تعرف كتلة الماء كي تتمكن من حساب الطاقة التي تم امتصاصها أو إطلاقها $(q = cm\Delta T)$.
19. تُخبرك الحرارة النوعية للمادة بعدد وحدات الجول التي تم فقدانها أو اكتسابها عن كل درجة تغير في درجات الحرارة وعن كل جرام من المادة.
20. يشمل النظام العملية التي يتم دراستها. تتمثل الأوساط المحيطة في كل شيء عدا النظام والكون هو النظام وما يحيط به.
21. $4.02 \text{ J/(g}\cdot^{\circ}\text{C)}$
22. ضع كتلة معلومة من الماء في المسعر وقس درجة حرارتها. قم بتسخين عينة من فلز كتلتها 45 g إلى درجة 100°C وضع العينة في الماء. انتظر حتى تصبح درجة حرارة الماء ثابتة. قس درجة الحرارة العظمى للماء واحسب الحرارة النوعية للفلز.

واجب : حل الأسئلة 68 – 78 صفحة 40 .



القسم الثالث : المعادلات الكيميائية الحرارية :

□ المعادلة الكيميائية الحرارية : معادلة كيميائية موزونة تتضمن الحالات الفيزيائية لجميع المواد المتفاعلة والنتيجة والتغير في الطاقة ΔH .



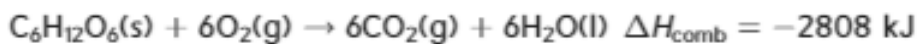
□ أمثلة على المعادلات الكيميائية الحرارية :

□ حرارة الاحتراق (ΔH_{comb}) : مقدار لطاقة الحرارية المنطلقة عند الاحتراق الكامل لمول واحد من المادة .





مثال : احتراق الجلوكوز في الجسم (عملية الأيض)



□ يستعمل الرمز ΔH° ليدل على تغير المحتوى الحراري القياسي (تم قياسها في الظروف القياسية : ضغط جوي

1atm ودرجة حرارة 25°C) .

□ والجدول التالي يبين حرارة

الاحتراق القياسية لعدة مواد :

الجدول 3 حرارة الاحتراق القياسية		
$\Delta H_{\text{comb}}^\circ$ (kJ/mol)	الصيغة	المادة
-5644	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}(\text{s})$	السكروز (سكر المائدة)
-5471	$\text{C}_8\text{H}_{18}(\text{l})$	الأوكتان (أحد مكونات الجازولين)
-2808	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s})$	الجلوكوز (سكر بسيط يوجد في الفاكهة)
-2219	$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g})$	البروبان (وقود غازي)
-891	$\text{CH}_4(\text{g})$	الميثان (وقود غازي)

تغيرات الحالة :

□ علل : تشعر برعشة في جسمك عندما تخرج من حمام ساخن .

لأنه عندما يتبخر الماء عن الجلد يمتص الحرارة اللازمة لتبخره من جلدك .

□ الحرارة المولية للتبخير ΔH_{vap} : الحرارة اللازمة لتبخير 1mol من السائل . (ماص للحرارة)

□ الحرارة المولية للانصهار ΔH_{fus} : الحرارة اللازمة لانصهار 1mol من المادة الصلبة . (ماص للحرارة)



الجدول 4 الحرارة المولية القياسية للتبخير والانصهار			
$\Delta H^\circ_{\text{fus}}$ (kJ/mol)	$\Delta H^\circ_{\text{vap}}$ (kJ/mol)	الصيغة	المادة
6.01	40.7	H ₂ O	الماء
4.94	38.6	C ₂ H ₅ OH	إيثانول
3.22	35.2	CH ₃ OH	الميثانول
11.7	23.4	CH ₃ COOH	حمض الأسيتيك
5.66	23.3	NH ₃	الأمونيا

□ والجدول التالي يبين الحرارة المولية القياسية للتبخير والانصهار لبعض المواد

□ أمثلة على المعادلات الكيميائية الحرارية لتغيرات حالة المادة :



□ سؤال: ماذا يحدث في العمليتين العكسيتين ؟

□ نستنتج أن الحرارة المولية للتبخير والتكثيف $\Delta H_{\text{vap}} = \Delta H_{\text{cond}}$ متساويتان في القيمة ومختلفتان في الإشارة .
والحرارة المولية للتجمد والانصهار $\Delta H_{\text{fus}} = \Delta H_{\text{solid}}$ متساويتان في القيمة ومختلفتان في الإشارة .

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

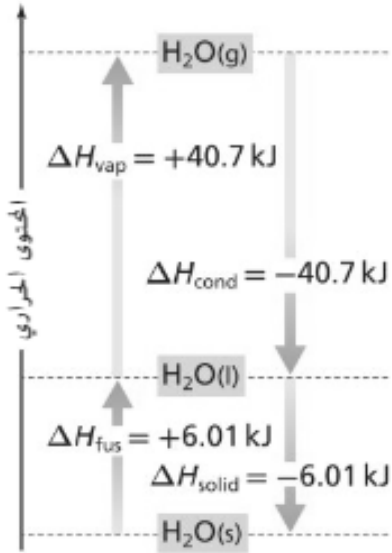
$$\Delta H_{\text{fus}} = -\Delta H_{\text{solid}}$$



شكل 10 تُشير الأسهم المتجهة

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

تغيرات حالة الماء



وهذه العلاقة موضحة في الشكل المقابل :

سؤال : قارن بين معادلتَي تكثف بخار الماء وتجمد الماء.



سؤال : وضح كيف يستفيد المزارعين من حرارة تجمد الماء لحماية الفواكه والخضروات من التجمد والتلف في الايام التي تنخفض فيها درجة الحرارة الى درجة التجمد.

يقوم المزارعين برش حقولهم بالماء ، فعند تجمد الماء في الليل يطلق حرارة ΔH_{solid} تدفئ الهواء المحيط لدرجة كافية لمنع ضرر الصقيع .

تطبيق

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} .





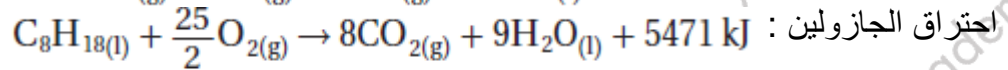
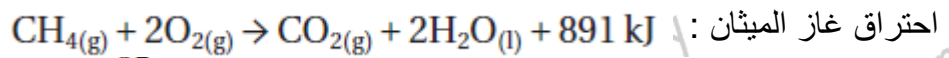
25. تحدي ما كتلة الميثان (CH_4) التي يجب حرقها لإنتاج 12,880 kJ من الحرارة؟ استخدم جدول 3.

23. 2.58 kJ
24. 376 kJ
25. 232 g CH_4

الاجابات :

تفاعلات الاحتراق :

- ☐ تفاعل الاحتراق : هو تفاعل الوقود مع الاكسجين .
- ☐ في النظم البيولوجية (الكائنات الحية) يعد الطعام هو الوقود اللازم للاحتراق ، وغاز الميثان في تدفئة المنزل والجازولين في السيارات :



اجابات أسئلة مراجعة القسم:

القسم 3 مراجعة

29,300 kJ.29
-23.3 kJ/mol.30
31. يعتبر هذا التفاعل طارداً للحرارة حيث أن طاقة المادة الناتجة (C) أقل من طاقة المادة المتفاعلة (A).

26. $C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l) \Delta H_{comb} = -1367 \text{ kJ/mol}$
27. التفاعلات b و c و d طاردة للحرارة. التفاعلات a و e ماصة للحرارة.
28. اضرب 0.250 mol في الحرارة المولية لانصهار الماء 6.01 kJ/mol

واجب : حل الأسئلة 79 – 88 صفحة 41 .



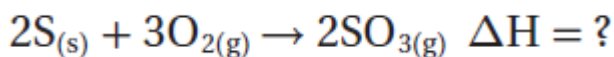
القسم الرابع: حساب التغير في المحتوى الحراري

قانون هس :

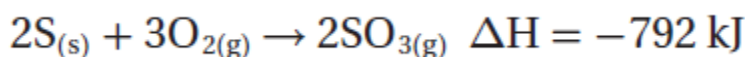
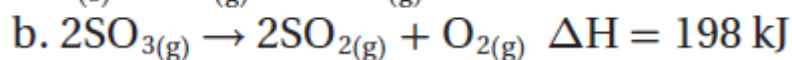
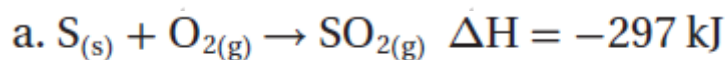
□ من غير العملي ان نقيس التغير في المحتوى الحراري ΔH لتفاعل معين باستعمال المسعر لذلك يلجأ الكيميائيون الى طرق نظرية لحساب ΔH علل :

- لان بعض التفاعلات تحدث ببطء شديد جدا مثل تغير الكربون من صورته التأصلية (الماس) الى الجرافيت .
- (ظاهرة التأصل : هي ظاهرة وجود شكل او اكثر لعنصر بتراكيب وخصائص مختلفة عند الحالة الفيزيائية نفسها)
- هناك تفاعلات تحدث في ظروف يصعب ايجادها في المختبر .
- بعض تفاعلات تعطي نواتج غير مرغوب فيها .

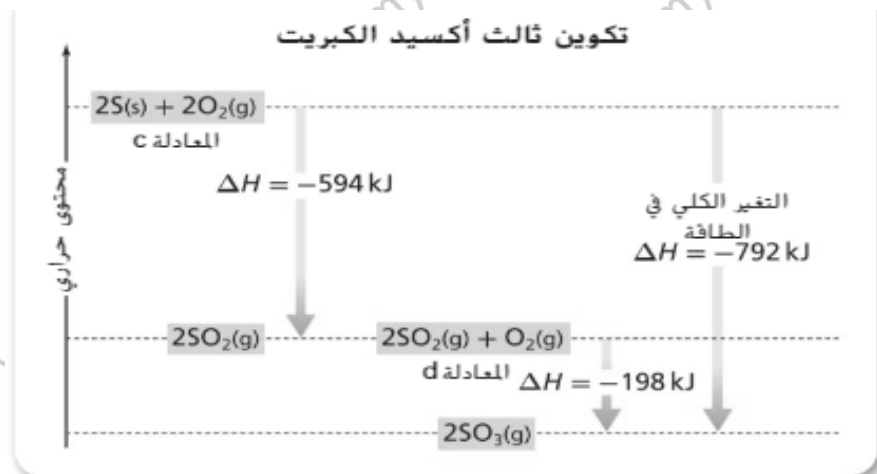
□ قانون هس : ينص على أنه عند جمع معادلتين حراريتين أو أكثر لإنتاج معادلة نهائية للتفاعل فسيكون مجموع التغير في المحتوى الحراري للتفاعلات الفردية هو التغير في المحتوى الحراري للتفاعل النهائي.

مثال: احسب ΔH للتفاعل التالي :

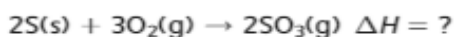
اعتماداً على الخطوات التالية :



تكوين ثالث أكسيد الكبريت

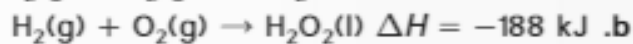
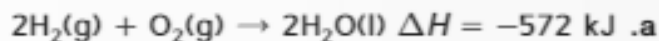
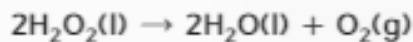


تطبيق قانون هس كيف يمكن استخدام قانون هس لحساب التغير في الطاقة للتفاعل الذي ينتج عنه SO_3 ؟



سؤال (1) :

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 مُحَرِّكات الصواريخ بالطاقة.

الحل :سؤال (2) :

- A. $C(s, \text{جرافيت}) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) \quad \Delta H = -394 \text{ kJ}$
 B. $CO(g) + 1/2 O_2(g) \rightarrow CO_2(g) \quad \Delta H = -283 \text{ kJ}$

سؤال حدد ΔH للتفاعل
 $C(s, \text{جرافيت}) + 1/2 O_2(g) \rightarrow CO(g)$
 باستخدام المعادلات الكيميائية الحرارية التالية.

الحل :

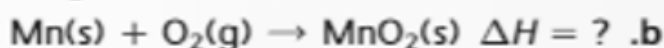


تطبيق

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



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



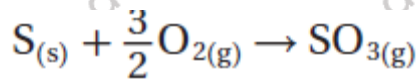
32. -385.4 kJ

33. لأنه تم عكس المعادلة ΔH , b ,
للمعادلة $-521\text{ kJ} = b$.



حرارة التكوين القياسية :

- **تفاعل التكوين :** هو تفاعل تكوين مركب من عناصره في حالتها القياسية عند ضغط 1atm ودرجة حرارة 25°C، مثلاً الحديد حالته القياسية صلب ، والزئبق سائل ، والاكسجين غاز .
- **حرارة التكوين القياسية ΔH_f° :** هي التغير في المحتوى الحراري الذي يصاحب تكوين مول واحد من المركب من عناصره في حالتها القياسية .



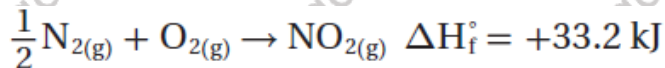
مثال :

- ويعتبر غاز ثالث أكسيد الكبريت غاز خانق يسبب المطر الحمضي عند ذوبانه في الماء الموجود في الهواء الجوي ويكون حمض الكبريتيك H_2SO_4 الذي يدمر الأشجار والعقارات ببطء .

مصدر حرارة التكوين القياسية :

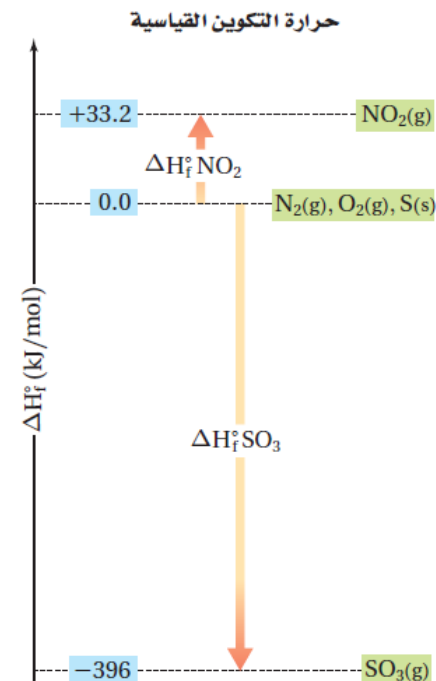
□ حرارة التكوين القياسية للعناصر في حالتها القياسية = 0.0

□ تم قياس حرارة التكوين القياسية للكثير من المركبات مثل ثاني أكسيد النيتروجين (ماص) :



والجدول التالي يبين حرارة التكوين القياسية لبعض المركبات:

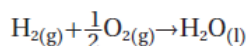
الجدول 5 حرارة التكوين القياسية		
المركب	معادلة التكوين	ΔH_f° (kJ/mol)
$\text{H}_2\text{S(g)}$	$\text{H}_2(\text{g}) + \text{S(s)} \rightarrow \text{H}_2\text{S(g)}$	-21
HF(g)	$\frac{1}{2} \text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{F}_2(\text{g}) \rightarrow \text{HF(g)}$	-273
$\text{SO}_3(\text{g})$	$\text{S(s)} + \frac{3}{2} \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{SO}_3(\text{g})$	-396
$\text{SF}_6(\text{g})$	$\text{S(s)} + 3\text{F}_2(\text{g}) \rightarrow \text{SF}_6(\text{g})$	-1220



الشكل 6-14 ΔH_f° للعناصر N_2 و O_2 و S تساوي (0.0 kJ). عندما يتفاعل N_2 مع O_2 لتكوين مول واحد من NO_2 يتم امتصاص 33.2 kJ من الطاقة.

لذا فإن ΔH_f° لـ NO_2 تساوي 33.2 kJ/mol. أما عند تفاعل S مع O_2 لتكوين مول واحد من SO_3 فينطلق 396 kJ من الطاقة. لذا فإن ΔH_f° لـ SO_3 تساوي -396 kJ/mol.

توقع صف الموقع التقريبي للماء على الرسم أعلاه.



$$\Delta H_f^\circ = -286 \text{ kJ/mol}$$



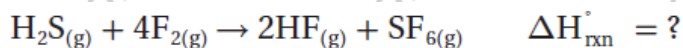
■ الشكل 16 يستخدم سادس فلوريد الكبريت لحفر أنماط دقيقة ومعقدة أحياناً على رقائق السيليكون في عملية إنتاج الأجهزة شبه الموصلة. وأشياء الموصلات هي مكونات هامة في الأجهزة الإلكترونية الحديثة بما في ذلك الحواسيب والهواتف الخلوية.

استعمال حرارة التكوين القياسية :

□ تحسب حرارة التفاعل بطريقتين :
أولاً : باستخدام قانون هس .

مثال : اعتماداً على الجدول رقم (5) السابق احسب حرارة التفاعل

التالي باستخدام حرارة التكوين القياسية :



الحل :

أولاً : باستخدام جدول حرارة التكوين القياسية السابق نكتب معادلة تكوين كل مركب في المعادلة السابقة :

ثانياً : نجري بعض التعديلات على بعض المعادلات أجمعها :

ثالثاً : نجمع المعادلات الثلاث :



ثانياً : معادلة الجمع: يمكن تلخيص خطوات حساب حرارة التفاعل القياسية بالصيغة التالية:

معادلة الجمع

$$\Delta H_{\text{rxn}}^{\circ} = \Sigma \Delta H_f^{\circ}(\text{النواتج}) - \Sigma \Delta H_f^{\circ}(\text{المواد المتفاعلة})$$

$\Delta H_{\text{rxn}}^{\circ}$ 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.

$\Delta H_{\text{rxn}}^{\circ}$ يتم الحصول عليها عن طريق طرح مجموع حرارة تكوين المتفاعلات من مجموع حرارة تكوين النواتج.

تطبيق

34. وضع كيف ينتج عن مجموع معادلات حرارة التكوين يعطي كلاً من التفاعلات التالية. ليس هناك حاجة لليحث واستخدام قيم ΔH .



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

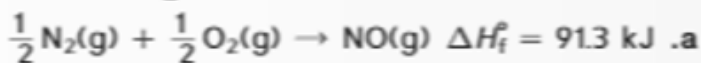
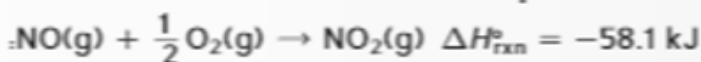


36. احسب $\Delta H^\circ_{\text{comb}}$ لحمض البيوتانويك، $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}(\text{l}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 4\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l})$. استخدم جدول قيم حرارة التكوين القياسية والمعادلة التالية:

[illegible]



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

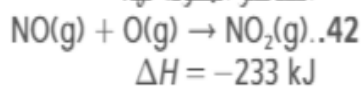


ما قيمة ΔH_f° للمعادلة **b**؟

واجب : حل الأسئلة 89 – 94 في الكتاب المقرر.

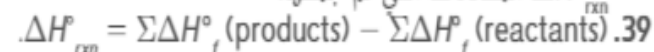
القسم 4 مراجعة

41. تعتبر جميع المركبات المدرجة بالجدول 5 أكثر ثباتاً من العناصر المكونة لها.



43. سوف تعرض الرسوم الماء السائل عند 285.8 kJ/mol أقل من 0.0 kJ وماء غازي عند 241.8 kJ/mol أقل من 0.0 kJ. حرارة التبخر هي فرق الطاقة بين الحدين أو $-241.8 \text{ kJ} - (-285.8 \text{ kJ}) = 44.0 \text{ kJ}$.

38. بنص قانون هس على أنه إذا تم جمع معادلتين أو أكثر إلى معادلة كلية، فإن $\Delta H_{\text{rxn}}^\circ$ للمعادلة الكلية، ستصبح مجموع قيم $\Delta H_{\text{rxn}}^\circ$ للمعادلات التي تم جمعها.



يعادل المحتوى الحراري للتفاعل في ظل الظروف القياسية (298 K و 1 atm) مجموع حرارة التكوين القياسية للمواد الناتجة ناقص مجموع حرارة التكوين القياسية للمواد المتفاعلة.

40. يتم تخصيص حرارة تكوين تساوي صفر لهذه المواد.

**Table R-11 Heat of Formation Values** ΔH_f° (kJ/mol) (concentration of aqueous solutions is 1M)

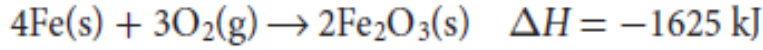
Substance	ΔH_f°	Substance	ΔH_f°	Substance	ΔH_f°	Substance	ΔH_f°
Ag(s)	0	CsCl(s)	-443.0	H ₃ PO ₄ (aq)	-1271.7	NaBr(s)	-361.1
AgCl(s)	-127.0	Cs ₂ SO ₄ (s)	-1443.0	H ₂ S(g)	-20.6	NaCl(s)	-411.2
AgCN(s)	146.0	CuI(s)	-67.8	H ₂ SO ₃ (aq)	-608.8	NaHCO ₃ (s)	-950.8
Al ₂ O ₃	-1675.7	CuS(s)	-53.1	H ₂ SO ₄ (aq)	-814.0	NaNO ₃ (s)	-467.9
BaCl ₂ (aq)	-855.0	Cu ₂ S(s)	-79.5	HgCl ₂ (s)	-224.3	NaOH(s)	-425.8
BaSO ₄	-1473.2	CuSO ₄ (s)	-771.4	Hg ₂ Cl ₂ (s)	-265.4	Na ₂ CO ₃ (s)	-1130.7
BeO(s)	-609.4	F ₂ (g)	0	Hg ₂ SO ₄ (s)	-743.1	Na ₂ S(s)	-364.8
BiCl ₃ (s)	-379.1	FeCl ₃ (s)	-399.49	I ₂ (s)	0	Na ₂ SO ₄ (s)	-1387.1
Bi ₂ S ₃ (s)	-143.1	FeO(s)	-272.0	K(s)	0	NH ₄ Cl(s)	-314.4
Br ₂	0	FeS(s)	-100.0	KBr(s)	-393.8	O ₂ (g)	0
CCl ₄ (l)	-128.2	Fe ₂ O ₃ (s)	-824.2	KMnO ₄ (s)	-837.2	P ₄ O ₆ (s)	-1640.1
CH ₄ (g)	-74.6	Fe ₃ O ₄ (s)	-1118.4	KOH	-424.6	P ₄ O ₁₀ (s)	-2984.0
C ₂ H ₂ (g)	227.4	H(g)	218.0	LiBr(s)	-351.2	PbBr ₂ (s)	-278.7
C ₂ H ₄ (g)	52.4	H ₂ (g)	0	LiOH(s)	-487.5	PbCl ₂ (s)	-359.4
C ₂ H ₆ (g)	-84.0	HBr(g)	-36.3	Mn(s)	0	SF ₆ (g)	-1220.5
CO(g)	-110.5	HCl(g)	-92.3	MnCl ₂ (aq)	-555.0	SO ₂ (g)	-296.8
CO ₂ (g)	-393.5	HCl(aq)	-167.159	Mn(NO ₃) ₂ (aq)	-635.5	SO ₃ (g)	-454.5
CS ₂ (l)	89.0	HCN(aq)	108.9	MnO ₂ (s)	-520.0	SrO(s)	-592.0
Ca(s)	0	HCHO	-108.6	MnS(s)	-214.2	TiO ₂ (s)	-944.0
CaCO ₃ (s)	-1206.9	HCOOH	-425.0	N ₂ (g)	0	TiI ₃ (s)	-123.8
CaO(s)	-634.9	HF(g)	-273.3	NH ₃ (g)	-45.9	UCl ₄ (s)	-1019.2
Ca(OH) ₂ (s)	-985.2	HI(g)	26.5	NH ₄ Br(s)	-270.8	UCl ₆ (s)	-1092.0
Cl ₂ (g)	0	H ₂ O(l)	-285.8	NO(g)	91.3	Zn(s)	0
Co ₃ O ₄ (s)	-891.0	H ₂ O(g)	-241.8	NO ₂ (g)	33.2	ZnCl ₂ (aq)	-415.1
CoO(s)	-237.9	H ₂ O ₂ (l)	-187.8	N ₂ O(g)	81.6	ZnO(s)	-350.5
Cr ₂ O ₃ (s)	-1139.7	H ₃ PO ₂ (l)	-595.4	Na(s)	0	ZnSO ₄ (s)	-982.8

القسم الخامس: تلقائية حدوث التفاعلات

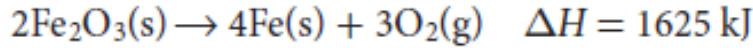
العمليات التلقائية : العوامل التي تؤثر على تلقائية التفاعلات الكيميائية :

1- التغير في المحتوى الحراري ΔH :

□ جميع العمليات الطاردة للحرارة هي تلقائية ، مثل تكون صدأ الحديد :



□ جميع العمليات الماصة للحرارة هي غير تلقائية مثل العملية العكسية لتكون الصدأ :

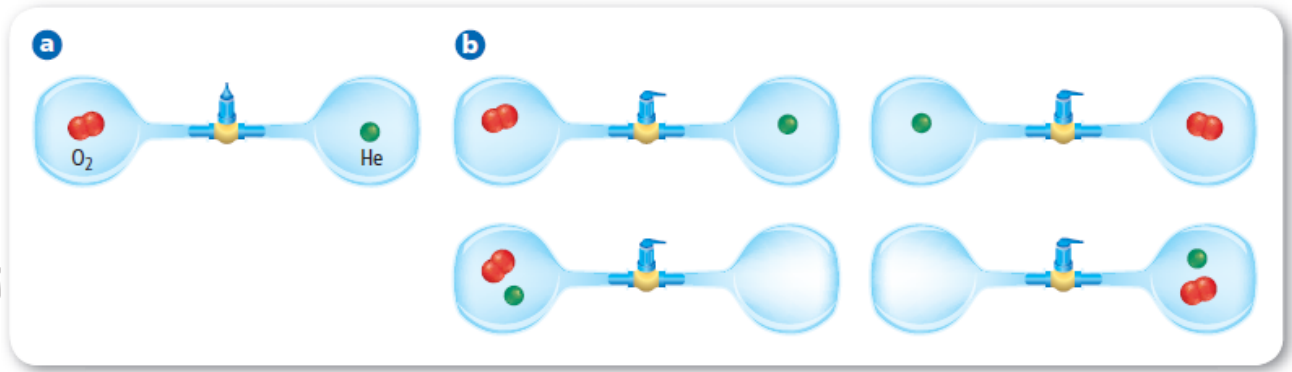
□ لكن عملية انصهار الثلج هي عملية تلقائية بالرغم من أن العملة ماصة للحرارة ، إذن يوجد عامل آخر يؤثر في تلقائية التفاعل غير ΔH يسمى الانتروبي .

2- الانتروبي (S) :

□ الانتروبي : هو قياس عدد الطرق التي يمكن ان يتم بها توزيع الطاقة خلال نظام معين ويرتبط ذلك بحرية

جسيمات النظام في الحركة وعدد الطرق التي يتم تنظيمها بها .

□ أو هو قياس لاضطراب أو عشوائية الجسيمات التي يتكون منها النظام ، (كلما زاد الانتشار زاد الاضطراب) .



- في الشكل a يكون المحبس مغلق : هناك توزيع واحد لجسيمات النظام .

- في الشكل b يكون المحبس مفتوح : عدد الترتيبات الممكنة للنظام اكبر وتوزيع طاقتها اكبر فتزيد الانتروبي

لذلك هناك اربع توزيعات لجسيمات النظام ، وكلما زاد عدد جسيمات النظام زاد عدد الترتيبات .

□ يزيد عدد الترتيبات الممكنة لنظام ما :

- عند زيادة الحجم . - عند زيادة الطاقة . - عند زيادة عدد الجسيمات . - عند زيادة حرية حركة الجسيمات

القانون الثاني للديناميكا الحرارية :

□ ينص على ان العمليات التلقائية دائما تستمر بالطريقة التي يزداد بها انتروبي الكون .

التنبؤ بالتغيرات في الانتروبي

$$\Delta S_{\text{النظام}} = S_{\text{النواتج}} - S_{\text{المتفاعلات}}$$

□

□ إذا زاد انتروبي النظام خلال عملية معينة تكون $S_{\text{النواتج}} > S_{\text{المتفاعلات}}$ فتكون انتروبي النظام موجبة .

□

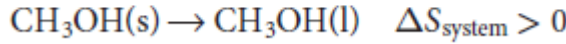
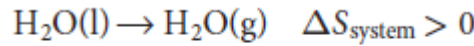
□ إذا قل انتروبي النظام فتكون ΔS سالبة .

□

□ التنبؤ بإشارة ΔS للنظام :

- تغير الحالة : التغير من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة تزيد الانتروبي (لان حرية حركة جسيمات السائل اكثر من حرية حركة جسيمات المادة الصلبة) .

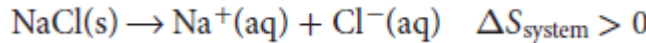
- وكذلك التغير من الحالة السائلة الى الحالة الغازية يزيد الانتروبي وتصبح اشارة ΔS للنظام موجبة .



- ذوبان غاز في مذيب سائل يقلل الانتروبي وتصبح اشارة ΔS سالبة . $\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{O}_2(\text{aq}) \quad \Delta S_{\text{system}} < 0$

- إذا زاد عدد مولات الغاز في النواتج فان الانتروبي للنظام تزداد : $2\text{SO}_3(\text{g}) \rightarrow 2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta S_{\text{system}} > 0$

- عند ذوبان مادة صلبة او سائلة في مذيب تزداد الانتروبي وتصبح ΔS موجبة :

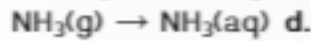
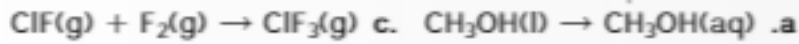


- كلما زادت درجة الحرارة لاي مادة زادت الحركة العشوائية لجسيماتها مما يؤدي الى زيادة الانتروبي للنظام

وتصبح قيمة ΔS موجبة .

تطبيق

44. تنبأ بإشارة $\Delta S_{\text{النظام}}$ لكل تغيير من التغيرات التالية:



45. تحدي ما تنبؤك بشأن إشارة $\Delta S_{\text{النظام}}$ للتفاعل

الانتروبي والكون والطاقة الحرة :

$$\Delta S_{\text{الكون}} = \Delta S_{\text{النظام}} + \Delta S_{\text{المحيط}}$$

□

□ في الطبيعة تميل ان تكون ΔS للكون موجبة في التفاعلات والعمليات في الظروف التالية :

1- في التفاعلات الطاردة للحرارة تكون ΔS للنظام سالبة فتزيد حرارة المحيط وتزيد الانتروبي للمحيط وتصبح ΔS للمحيط موجبة .

2- زيادة انتروبي النظام وبالتالي تكون قيمة ΔS للنظام موجبة .

□ لذلك التفاعلات الكيميائية الطاردة للحرارة التي يصاحبها زيادة في الانتروبي تكون تلقائية .



الطاقة الحرة G:

- ☐ الطاقة الحرة لجيبس تربط بين المحتوى الحراري والانتروبي .
- ☐ الطاقة الحرة : الطاقة المتاحة للقيام بشغل (الطاقة المفيدة) . (أما طاقة الانتروبي غير مفيدة لأنها تشتت ولا يمكن استخدامها للشغل لأنها تنتشر في البيئة المحيطة) .
- ☐ التغير في الطاقة الحرة للنظام ΔG :

معادلة الطاقة الحرة

$$\Delta G_{\text{النظام}} = \Delta H_{\text{النظام}} - T\Delta S_{\text{النظام}}$$

$\Delta G_{\text{النظام}}$ يمثل التغير في الطاقة الحرة. ΔH
 $\Delta S_{\text{النظام}}$ يمثل التغير في المحتوى
 الحراري T هي درجة
 الحرارة. $\Delta S_{\text{النظام}}$ تمثل
 التغير في الإنتروبي.

- ☐ تعادل الطاقة الحرة الممتصة او المنطلقة من تفاعل ما الفرق بين التغير في المحتوى الحراري وناتج حاصل ضرب التغير في الانتروبي (بالمول / كلفن) في درجة الحرارة بالكلفن .
- ☐ اذا كان التغير في الطاقة الحرة للنظام سالبة يكون التفاعل تلقائي ، واذا كانت موجبة يكون التفاعل غير تلقائي .

حساب تغير الطاقة الحرة :

- ☐ احسب الطاقة الحرة للنظام التالي : $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ اذا علمت ان : $\Delta H_{\text{system}}^{\circ} = -91.8 \text{ kJ}$ $\Delta S_{\text{system}}^{\circ} = -197 \text{ J/K}$ (اشارة الانتروبي تدل على انها قلت بسبب نقصان عدد جزيئات الغاز في النواتج والتفاعل غير تلقائي ، و اشارة التغير في المحتوى الحراري تدل على ان التفاعل طارد وتلقائي) لذلك للحكم على تلقائية التفاعل يجب حساب الطاقة الحرة للنظام .
- نحول وحدة الانتروبي الى كيلو جول : $\Delta S_{\text{system}}^{\circ} = -197 \text{ J/K} \times \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}} = -0.197 \text{ kJ/K}$
- ثم نعوض في قانون الطاقة الحرة :

$$\Delta G_{\text{system}}^{\circ} = \Delta H_{\text{system}}^{\circ} - T\Delta S_{\text{system}}^{\circ}$$

$$\Delta G_{\text{system}}^{\circ} = -91.8 \text{ kJ} - (298 \text{ K})(-0.197 \text{ kJ/K})$$

$$\Delta G_{\text{system}}^{\circ} = -91.8 \text{ kJ} + 58.7 \text{ kJ} = -33.1 \text{ kJ}$$

- بما ان اشارة الطاقة الحرة سالبة فيكون التفاعل تلقائي .
- ☐ والجدول التالي يوضح كيف تعتمد تلقائية التفاعل على اشارات انتروبي النظام والتغير في المحتوى الحراري :



الجدول 6 تلقائية التفاعل النظام $\Delta G_{\text{النظام}} = \Delta H_{\text{النظام}} - T\Delta S_{\text{النظام}}$			
تلقائية التفاعل	$\Delta G_{\text{النظام}}$	$\Delta S_{\text{النظام}}$	$\Delta H_{\text{النظام}}$
تلقائي دائمًا	سالب دائمًا	موجب	سالب
تلقائي في درجات حرارة منخفضة	موجب أو سالب	سالب	سالب
تلقائي في درجات حرارة عالية	موجب أو سالب	موجب	موجب
غير تلقائي دائمًا	موجب دائمًا	سالب	موجب

تطبيق

46. حدد ما إذا كان كل تفاعل من التفاعلات التالية تلقائيًا:

a. $\Delta H_{\text{النظام}} = -75.9 \text{ kJ}$, $T = 273 \text{ K}$, $\Delta S_{\text{النظام}} = 138 \text{ J/K}$ c. $\Delta H_{\text{النظام}} = 365 \text{ kJ}$, $T = 388 \text{ K}$, $\Delta S_{\text{النظام}} = -55.2 \text{ J/K}$

b. $\Delta H_{\text{النظام}} = -27.6 \text{ kJ}$, $T = 535 \text{ K}$, $\Delta S_{\text{النظام}} = -55.2 \text{ J/K}$ d. $\Delta H_{\text{النظام}} = 452 \text{ kJ}$, $T = 165 \text{ K}$, $\Delta S_{\text{النظام}} = 55.7 \text{ J/K}$

47. تحدي إذا علمت أن $\Delta H_{\text{النظام}} = -144 \text{ kJ}$ و $\Delta S_{\text{النظام}} = -36.8 \text{ J/K}$ لتفاعل ما، حدد أعلى درجة حرارة بالكلفن يكون التفاعل عندها تلقائيًا.

46. a. تفاعل تلقائي

b. تفاعل غير تلقائي

c. تفاعل غير تلقائي

d. تفاعل غير تلقائي

47. تلقائي عند درجة أعلى من 3910 k



□ واجب : حل الأسئلة 95 – 107 في الكتاب المقرر

حل أسئلة مراجعة القسم الخامس

القسم 5 مراجعة

48. يحدث أي تفاعل بشكل تلقائي فقط في حالة تغير درجة الحرارة والإنتروبي ضمن النظام وحين يتسبب تبادل الطاقة بين النظام والبيئة المحيطة في زيادة إنتروبي الكون.
49. يزداد إنتروبي النظام.
50. يزداد إنتروبي النظام، يتكون النظام من السكر والشاي. تزداد العشوائية أو الاضطراب كلما تشتت جزيئات السكر، التي كانت في الأصل محتفظة بموقعها في الهيئة الصلبة لمكعب السكر في الشاي.
51. التفاعل تلقائي.
52. يجب أن تتضمن مخططات الطلاب كافة الأفكار المهمة التي تم التعبير عنها في ملخص القسم.