

سلسلة العقري في الكيمياء
لطلاب الثانوية العامة

الصف الثاني عشر المتقدم
الصف الحادي عشر المتقدم

العام الدراسي 2025-2024

الفصل الدراسي الأول
الوحدة الأولى

الطاقة والتغيرات الكيميائية

إعداد: - أ. محمد عبد الباسط

الدرس الأول : الطاقة

الفكرة الرئيسية : الطاقة يتغير شكلها ولكنها دائما محفوظة

الكيمياء في حياتك : تتغير طاقة قطار الملاهي من شكل الي اخر في كل مرة يهبط فيها

او يصعد

المصطلح	التعريف
الطاقة	هي القدرة علي القيام بعمل او انتاج حرارة
طاقة الوضع	هي الطاقة المتولدة عن تركيب الجسم او عن وضعه
الطاقة الحركية	هي الطاقة التي تنتج عن حركة الاجسام
قانون حفظ الطاقة (القانون الاول للديناميكا الحرارية)	في اي تفاعل كيميائي او عملية فيزيائية يمكن ان تتحول الطاقة من شكل الي اخر ولكنها لا تفني ولا تستحدث (امكانية تغير الطاقة من شكل لأخر ولكن مع الاحتفاظ بها دوما)
طاقة الوضع الكيميائية	الطاقة المخزونة في الروابط الكيميائية للمادة بسبب تركيباتها وتلعب دور مهم في التفاعلات الكيميائية
الحرارة	هي احدي صور الطاقة التي تنتقل من الجسم الاكثر سخونة الي

الجسم الاقل سخونة	
كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1 g من الماء النقي 1°C	السعر
الوحدة الدولية لقياس الطاقة ويعادل 0.2390 cal	ال جول
هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة جرام واحد من المادة درجة سليزية واحدة	الحرارة النوعية C
هي قياس معدل الطاقة الحركية لجسيمات عينة من المادة	درجة الحرارة
1000 cal يساوي	السعر الغذائي 1Cal

• طبيعة الطاقة:

✓ كل خلية من خلايا جسمك ماهي الا مصنع صغير يعمل بالطاقة المستمدة من الطعام الذي تأكله

✓ توجد الطاقة في شكلين اساسيين : الطاقة الكامنة (طاقة الوضع) والطاقة الحركية

✓ تحتوي النظم الكيميائية علي كل من الطاقة الحركية وطاقة الوضع

✓ ترتبط الطاقة الحركية للمادة ارتباطا شديدا الحركة العشوائية للجسيمات ودرجة الحرارة (علاقة طردية)

✓ تعتمد طاقة الوضع للمادة علي تكوينها من حيث:

- نوع ذرات المادة
- عدد الروابط التي تربط الذرات معا
- نوع الروابط الكيميائية
- الطريقة الخاصة التي يتم بها ترتيب الذرات

• قانون حفظ الطاقة:

1- تتحول طاقة الوضع الماء الي طاقة حركة فيعمل الماء المندفع علي دوران التوربينات والتي تعمل علي تحويل الطاقة الحركية للماء الي طاقة كهربية

2- عند احتراق البروبان C_8H_{18} (وقود هام للطهي والتدفئة) تتحول طاقة الوضع المخزنة في الروابط الي طاقة حرارية وضوئية

3- تنتج طاقة الوضع الكيميائية للبروبان عن:

- ترتيب ذرات الكربون والهيدروجين
- قوة الروابط التي تربط بين هذه الذرات

4- يتم تحرير جزء كبير من طاقة الوضع الكيميائية للاوكتان C_8H_{18} (المكون الرئيسي للجازولين) في صورة حرارة

• قياس الحرارة:

✓ يعتبر انتقال الطاقة والتغير في درجة الحرارة مفتاحين لكيفية قياس الحرارة

✓ عندما يحرق جسمك السكريات والدهون ليكون CO_2 , H_2O تنتج طاقة حرارية

تقاس بالسعرات الغذائية Cal

• الحرارة النوعية:

✓ لكل مادة الحرارة النوعية الخاصة بها (علل؟) لان المواد المختلفة لها تراكيب مختلفة

✓ يلزم توفير طاقة حرارية اقل بكثير لرفع درجة حرارة كتلة مساوية من الخرسانة (1°C)

مقارنة بالماء (علل؟) لان الحرارة النوعية للخرسانة اقل 0.84 J/g.c من الماء 4.181

J/g.c اي ان درجة حرارة الخرسانة ترتفع تقريبا خمسة اضعاف درجة حرارة الماء عند

امتصاص نفس مقدار الطاقة

✓ تصبح مياه النافورة مرغوبا فيها بعد المشي علي الرصيف الخرساني الحار **علل؟** لان

الماء يمتص خمسة اضعاف الطاقة التي تمتصها كتلة متساوية من الخرسانة ليصل الي

نفس درجة حرارة الخرسانة

حساب الحرارة الممتصة:

معادلة حساب الحرارة

q تُمثل الحرارة التي تم امتصاصها أو تحريرها. c
تُمثل الحرارة النوعية للمادة. m تُمثل كتلة العينة
بالجرامات. ΔT هو التغير في درجة الحرارة $^\circ\text{C}$
أو $T_f - T_i$.

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

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

ماذا نعني: - الحرارة النوعية للخرسانة 0.84 J/g.c ؟

اي انه يلزم طاقة حرارية مقدارها 0.84J لتسخين 1g من الخرسانة بمقدار 1°C

مثال 1 :

احسب مقدار الطاقة اللازمة لتسخين $5.00 \times 10^3 \text{ g}$ من الخرسانة بمقدار 6.0°C علما بان (الحرارة النوعية للخرسانة $0.84 \text{ J/g}\cdot^\circ\text{C}$) ثم احسب مقدار الطاقة اللازمة لتسخين نفس الكتلة من الماء ؟

الحل :

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

$$q_{\text{concrete}} = \frac{0.84 \text{ J}}{\text{g}\cdot^\circ\text{C}} \times (5.00 \times 10^3 \text{ g}) \times 6.0^\circ\text{C} = 25,200 \text{ J} = 25.2 \text{ KJ}$$

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

نلاحظ أن الماء امتص خمسة اضعاف مقدار الحرارة التي امتصتها الكتلة الخرسانية

مثال 2 :

احسب مقدار الطاقة التي تطلقها قطعة خرسانية كتلتها $5.00 \times 10^3 \text{ g}$ وصلت درجة حرارتها في يوم مشمس الي 74.0°C ثم انخفضت درجة حرارتها الي 40.0°C ليلا ؟

الحل :

$$\Delta T = 74.0^\circ\text{C} - 40.0^\circ\text{C} = 34.0^\circ\text{C}$$

$$q_{\text{concrete}} = \frac{0.84 \text{ J}}{\text{g}\cdot^\circ\text{C}} \times 5.00 \times 10^3 \text{ g} \times 34.0^\circ\text{C} = 140,000 \text{ J} = 140 \text{ kJ}$$

تطبيق :

1- تغيرت درجة حرارة عينة من الحديد تبلغ كتلتها 10.0 g من 50.4°C الي 25.0°C

وتنتج 114 J فما الحرارة النوعية للحديد؟

2- اذا زادت درجة حرارة كتلة من الايثانول مقدارها 34.4g من 25.0°C الي 78.8°C فما كمية الحرارة التي امتصها الايثانول ؟ علما بان الحرارة النوعية للايثانول = $2.44 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}$.

3- تم تسخين عينة من مادة غير معلومة كتلتها 155g من 25.0°C الي 40.0°C وامتصت هذه المادة خلال العملية 5696J فما الحرارة النوعية لهذه المادة ؟ ثم تعرف عليها؟

4- امتصت كتلة صلبة من الذهب مقدارها 4.50g حرارة مقدارها 276J وكانت درجة الحرارة الابتدائية 25.0°C احسب درجة الحرارة النهائية ؟ علما بان الحرارة النوعية للذهب = $0.129 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}$.

5- احسب مقدار الحرارة التي تمتصها قطعة من الالومنيوم كتلتها 5.50g عندما يتم تسخينها من درجة حرارة 25.0°C الي 95.0°C علما بان الحرارة النوعية للالومنيوم = $0.897 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}$.

6- امتصت عينة من فلز غير معلوم كتلتها 90.0g كمية من الحرارة مقدارها 25.6J وارتفعت درجة حرارتها بمقدار 1°C . فما الحرارة النوعية لهذا الفلز؟

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

8- ما كمية الطاقة التي تكتسبها صخرة من الجرانيت كتلتها $2.00 \times 10^3 \text{ g}$ عندما تتغير درجة حرارتها من 10.0°C الي 29.0°C

9- إذا فقد 335 g من الماء درجة حرارتها 65.5°C كمية من الحرارة مقدارها 9750J فما درجة حرارة الماء النهائية ؟

10- تمتص قطعة فلزية كتلتها 4.68g كمية من الحرارة مقدارها 256J عندما ترتفع درجة حرارتها بمقدار 182°C احسب الحرارة النوعية للفلز ثم حدد هويته؟

استخدام الطاقة الشمسية:

- (1) تسخين الماء بواسطة الاشعة الشمسية لتوفير الحرارة والدفع ويمكن توزيع الماء الساخن علي المنازل والشركات (لان الماء له حرارة نوعية اكبر)
- (2) تقليل استهلاك الوقود مما يخفض من انتاج CO_2
- العوامل التي ادت الي تاخر تطوير تكنولوجي الطاقة الشمسية:
- (3) فترة سطوع الشمس تكون محدودة يوميا
- (4) تقلل السحب كمية الاشعة المتوفرة
- (5) من الصعب وجود وسائل فعالة لتخزين الطاقة الشمسية

الخلايا الكهروضوئية

✓ تحول اشعة الشمس الي كهرباء دون احداث تلوث للبيئة

✓ **استخداماتها:** تزويد رواد الفضاء بالطاقة

✓ **عيوبها:** لا يتم استخدامها علي نطاق واسع لتلبية احتياجات الطاقة العادية بسبب ارتفاع

تكلفة توفير الكهرباء عن طريق الخلايا الكهروضوئية مقارنة بتكلفتها عند حرق الفحم او

النفط

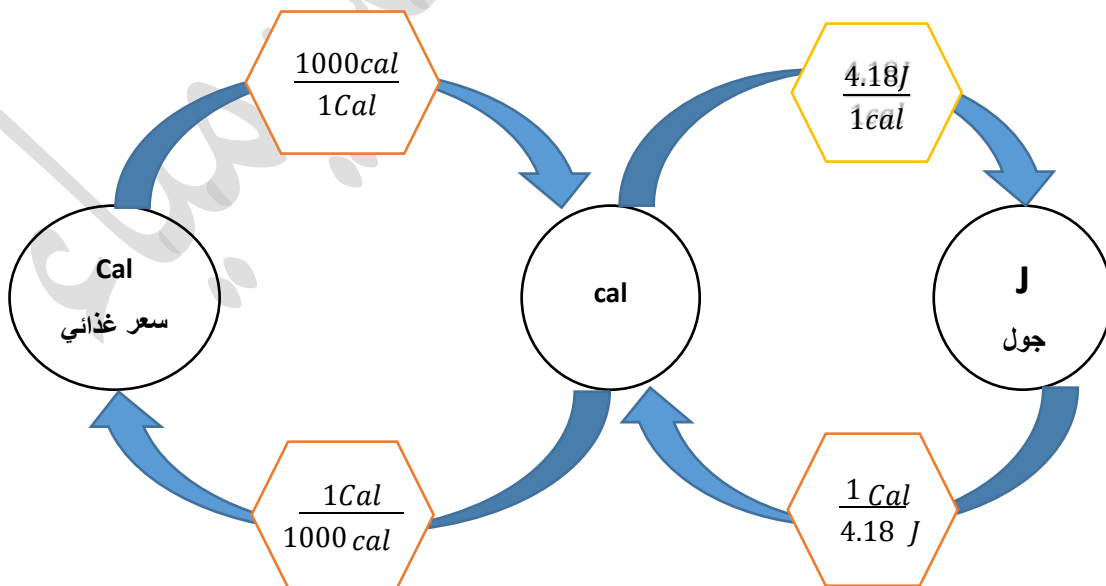
المصدر	تحويلات الطاقة
الشمعة	طاقة الوضع الكيميائية المختزنة في الشمعة → طاقة حرارية وضوئية
البطارية	طاقة الوضع الكيميائية المختزنة في البطارية → طاقة كهربائية

قارن بين الحرارة ودرجة الحرارة ؟

وجه المقارنة	الحرارة	درجة الحرارة
التعريف	هي احدي صور الطاقة تنتقل من الجسم الساخن الي الجسم البارد	هي قياس معدل الطاقة الحركية لجسيمات عينة من المادة
الجهاز المستخدم	المسعر الحراري	الثرموميتر
وحدة القياس حسب SI	الجول J	الكلفن K
وحدة قياس اخري	Cal , cal	C°
	لا يمكن قياسها بصورة مباشرة	يمكن قياسها بصورة مباشرة

ملاحظات هامة:

- (1) عند بناء الجسور وناطحات السحاب يجب ترك فراغات بين الدعامات الفولاذية المتجاورة للسماح لها بتمدد وانكماش الفلز بسبب الحرارة والبرودة
- (2) اضافة املاح البوراكس اللامائي للماء : طارد للحرارة بينما ذوبان املاح ابسوم في الماء ماص للحرارة
- (3) **العنصر الذي له حرارة نوعية اكبر يظهر تغير اقل في درجة الحرارة والعكس صحي**
- (4) يستخدم الماء في تدفئة المنازل - تبريد السيارات ؟ لان حرارته النوعية كبيرة
- (5) عند وضع كتل متساوية من الذهب والحديد والالومنيوم تحت اشعة الشمس مدة زمنية معينة الذي يظهر تغير اكبر في درجة الحرارة هو الذهب لان حرارته النوعية اقل
- (6) تعتمد كمية الحرارة المنطلقة او الممتصة من نظام علي : كتلة المادة - طبيعة المادة (الحرارة النوعية) - فرق درجات الحرارة
- (7) تحويلات Cal إلى J والعكس :



تطبيقات

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

$$1\text{Cal} = 1000 \text{ cal}$$

$$142 \text{ Cal} \times \frac{1000\text{cal}}{1\text{Cal}} = 142000\text{cal}$$

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

الدرس الثاني : الحرارة

الفكرة الرئيسية: التغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما هو التغير في المحتوى الحراري

للمواد مطروحا منه التغير في المحتوى الحراري للمتفاعلات

الكيمياء في حياتك:

✓ فكر في الوقوف تحت دش ساخن والاسترخاء بينما يمتص جسمك الحرارة من الماء

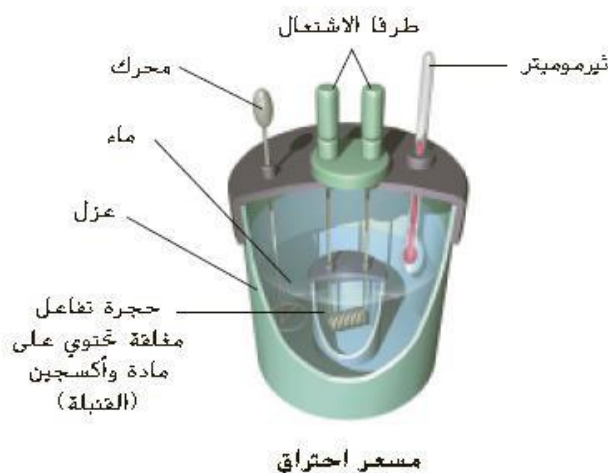
✓ عندما تقفز في بركة ماء قد ترتعش حيث يفقد جسمك الحرارة

✓ بالطريقة نفسها تمتص بعض التفاعلات الكيميائية الحرارة بينما تطلقها الأخرى

المصطلح	التعريف
المسعر	جهاز معزول حرارياً يستخدم لقياس كمية الحرارة الممتصة أو المنطلقة أثناء عملية كيميائية أو فيزيائية
الكيمياء الحرارية	أحد فروع الكيمياء الذي يهتم بدراسة التغيرات الحرارية المصاحبة للتفاعلات الكيميائية والتغيرات في الحالة الفيزيائية
النظام	جزء معين من الكون الذي يشمل التفاعل أو العملية التي ترغب في دراستها
المحيط	كل شيء في الكون غير النظام
المحتوي الحراري (H)	هو مجموع الطاقات المختزنة في مول واحد من المادة
المحتوي الحراري للتفاعل (حرارة التفاعل ΔH_{rxn})	هو كمية الحرارة التي تم امتصاصها أو تحريرها خلال التفاعل الكيميائي

• المسعر الحراري (كالوريومتر) :

استخداماته :



1. قياس الحرارة الممتصة او المنطلقة خلال تفاعل كيميائي او تغير فيزيائي
2. تحديد الحرارة النوعية لفلز غير معلوم

مثال 1: مسعر الاحتراق

يستخدمه كيميائو التغذية في قياس الطاقة الناتجة عن تفاعلات الاحتراق

2- مسعر مصنوع من البلاستيك الرغوي

مميزاته: يعمل في الهواء الطلق لذا فان جميع التفاعلات التي تحدث بداخله تحت ضغط

ثابت

• فكرة عمله:

1. توضع العينة في حجرة داخلية فولاذية تسمى القنبلة (حجرة معزولة لامتصاص الطاقة الناتجة عن نظام التفاعل او لتوفير الطاقة التي يمتصها النظام)
2. تملأ القنبلة بالاكسجين تحت ضغط عال

3. يحيط بالقنبلة كمية محددة من الماء (معلومة) والذي يحركه محرك منخفض الاحتكاك لضمان درجة الحرارة موحدة
4. يبدأ التفاعل بشراة ويتم تسجيل درجة الحرارة حتي تصل الي حدها الاقصي

مثال 1 :

احسب الحرارة النوعية لفلز مجهول تم تسخينه الي 115.0°C وكتلته 50.0g تم وضعها في 125.0g من الماء داخل كوب بلاستيك رغوي درجة حرارته 25.6°C واصبحت درجة الحرارة النهائية 29.30°C

علما بان الحرارة النوعية للماء $4.18\text{ J/g}\cdot^{\circ}\text{C}$

الحل: بفرض عدم فقدان اي حرارة وانتقالها للوسط المحيط فان مقدار الحرارة التي اكتسبها الماء مساوية لمقدار الحرارة التي فقدها الفلز

$$q_{\text{ماء}} = 4.184\text{J}/(\text{g}\cdot^{\circ}\text{C}) \times 125\text{ g} \times (29.30^{\circ}\text{C} - 25.60^{\circ}\text{C})$$

$$q_{\text{ماء}} = 4.184\text{J}/(\text{g}\cdot^{\circ}\text{C}) \times 125\text{ g} \times 3.70^{\circ}\text{C}$$

$$q_{\text{ماء}} = 1940\text{J}$$

$$q_{\text{ماء}} = m \times C \times \Delta T$$

الحرارة التي اكتسبها الماء تساوي الحرارة التي فقدها الفلز

$$q_{\text{ماء}} = q_{\text{فلز}}$$

$$q_{\text{فلز}} = -1940\text{J}$$

$$C \times M \times \Delta T = -1940\text{ J}$$

$$\Delta T = 29.3^{\circ}\text{C} - 115.0^{\circ}\text{C} = -85.7^{\circ}\text{C}$$

$$C \text{ فن} = \frac{-1940 \text{ J}}{m \times \Delta T}$$

$$C \text{ فن} = \frac{-1940 \text{ J}}{(50.0 \text{ g})(-85.7^{\circ}\text{C})}$$

تطبيق: عند وضع قطع من سبيكة ساخنة كتلتها 58.8 g في 125g من الماء الباد في كالوريمتر تقل درجة الحرارة السبيكة بمقدار 106.1°C بينما ترتفع درجة حرارة الماء بمقدار 10.5°C ما الحرارة النوعية لهذه السبيكة ؟ علما بان الحرارة النوعية للماء $4.18 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}$

الطاقة الكيميائية والكون: يستخدم الجنود في الميدان تفاعل طارد للحرارة لتسخين

وجباتهم

✓ الكون = النظام + المحيط

✓ تعتبر الكمادة ومحتوياتها نظام

✓ عند خلط هيدروكسيد الباريوم مع بلورات ثيوسيانات الامونيوم في كاس وعند وضع الكاس علي لوح خشبي رطب بالماء نجد الكأس يلتصق باللوح الخشبي ؟ يرجع ذلك الي ان هذا التفاعل ماص للحرارة فيمتص الطاقة الحرارية من الماء الموجود علي السطح الرطب فتتخفض درجة حرارة الماء حتي التجمد فيلتصق اللوح بالكأس.

✓ مادة ثيوسيانات الامونيوم مادة شديدة السمية ضارة عند الاستنشاق والتلامس مع الجلد

او الابتلاع

✓ لا يمكن قياس الطاقة الفعلية او المحتوي الحراري للمادة وانما يمكن قياس التغير في

المحتوي الحراري ΔH

المحتوي الحراري وتغير المحتوي الحراري:

- ✓ اهتم الكيميائيون بتغيرات الطاقة التي تحدث خلال التفاعلات أكثر من اهتمامهم بكميات الطاقة الموجودة في المواد المتفاعلة والمواد الناتجة
- ✓ يمكن قياس الحرارة المفقودة أو المكتسبة في تفاعلات كثيرة بالمسعر عند ضغط ثابت
- ✓ في المسعر البلاستيك الرغوي تتم التفاعلات تحت ضغط ثابت لأن المسعر ليس مغلقاً مثله مثل الكؤوس والدوارق المفتوحة في المختبر
- ✓ التفاعلات التي تحدث داخل الكائنات الحية على سطح الأرض وفي البحيرات والمحيطات تحدث جميعها تحت ضغط ثابت
- ✓ يرمز للطاقة المنطلقة أو الناتجة عن التفاعل الذي حدث تحت ضغط ثابت بـ q_p
- ✓ المحتوى الحراري خاصة تسهل دراسة تغيرات الطاقة المصاحبة للتفاعلات
- ✓ يصعب قياس الطاقة الفعلية أو المحتوى الحراري الفعلي للمادة وما يمكن قياسه هو التغير في المحتوى الحراري ΔH

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



وجه المقارنة	الكمادة الساخنة	الكمادة الباردة
نوع التفاعل الحادث	تفاعل طارد للحرارة	تفاعل ماص للحرارة
انتقال الطاقة الحرارية	من الكمادة الساخنة (نظام التفاعل) الي يدك الباردتين (جزء من المحيط) تستخدم الطاقة الناتجة في تدفئة اليدين الباردتين	تنتقل الحرارة من المحيط (الساق) للنظام (الكمادة الباردة) عندما توضع الكمادة الباردة علي ساق الشخص يصدر ساقه الحرارة اللازمة ويبرد نفسه
المواد المستخدمة	Fe و O ₂	NH ₄ NO ₃
التفاعل الحادث	$4\text{Fe(s)} + 3\text{O}_2\text{(g)} \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3\text{(s)} + 1625 \text{ kJ}$ $4\text{Fe(s)} + 3\text{O}_{2\text{(g)}} \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{(s)}} \Delta H_{\text{rxn}} = -1625 \text{ kJ}$	$27 \text{ kJ} + \text{NH}_4\text{NO}_3\text{(s)} \rightarrow \text{NH}_4^+\text{(aq)} + \text{NO}_3^-\text{(aq)}$ $27 \text{ kJ} + \text{NH}_4\text{NO}_{3\text{(s)}} \rightarrow \text{NH}_4^+\text{(aq)} + \text{NO}_3^-\text{(aq)}$
	التفاعل الذي يحدث في الكمادة الساخنة الناغ تفاعل طارد للحرارة $\Delta H < 0$	العملية التي تحدث في الكمادة الباردة الناغ عملية ماصة للحرارة $\Delta H > 0$
	H المواد الناتجة < H المواد المتفاعلة	H المواد الناتجة > H المواد المتفاعلة
	ΔH تكون سالبة	ΔH تكون موجبة

الدرس الثالث : المعادلات الكيميائية الحرارية

الفكرة الرئيسية : تعبر المعادلات اطلاقها الحرارية عن مقدار الطاقة التي يتم امتصاصها

او تحريرها خلال التفاعلات الكيميائية

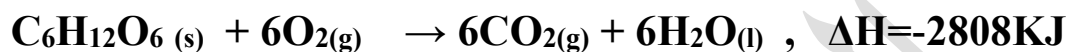
الكيمياء في الحياة : يرتبط شعور الشخص بالتعب والارهاق بتفاعلات الاحتراق التي تحدث

في خلايا جسمك مثلما يحترق الوقود

المصطلح	التعريف
المعادلة الكيميائية الحرارية	هي معادلة كيميائية موزونة تشتمل علي الحالات الفيزيائية للمتفاعلات والنواتج والتغير في الطاقة (ΔH)
حرارة الاحتراق ΔH_{Comb}	هي مقدار الطاقة الحرارية المنطلقة عن احتراق 1 mol من المادة احتراقا كاملا في كمية وفيرة من الاكسجين
حرارة التبخير المولارية ΔH_{vap}	كمية الحرارة اللازمة لتبخر 1mol من المادة السائلة
حرارة الانصهار المولارية ΔH_{fus}	كمية الحرارة اللازمة لتبخر 1mol من المادة الصلبه
تفاعل الاحتراق	هو تفاعل الوقود مع الاكسجين

• كتابة المعادلات الكيميائية الحرارية:

✓ ينتج عن احتراق الجلوكوز الطارد للحرارة في الجسم طاقة (عملية الايض)



✓ يتم تحديد التغيرات في المحتوى الحراري لجميع المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في ظل

ظروف قياسية تتمثل في ضغط 1atm ودرجة حرارة 298K (25°C)

✓ لاحظ ان هناك فرق بين الظروف القياسية ودرجة الحرارة القياسيين STP

تغيرات الحالة :

عند خروجك من حمام اخرى سوف تشعر الرعشة ؟ علل؟ لان الماء يتبخر من جلدك

حيث ان جلدك يوفر الحرارة اللازمة لتبخر الماء

✓ ونتيجة لتبخير الماء تخرج الحرارة من جلدك وسوف تشعر بالبرودة

✓ عند وضع مكعب من الثلج في الماء سوف يبرد الماء حيث انه يوفر الحرارة اللازمة

لانصهار الثلج

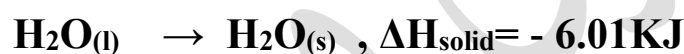
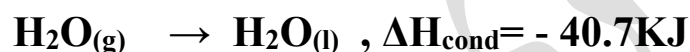
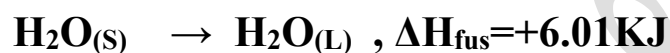
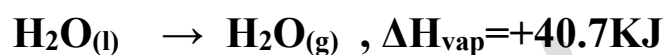
✓ عمليات تبخير الماء وانصهار الثلج تعتبر عمليات ماصة للحرارة

✓ تعتبر عمليات تجمد الماء وتكثفه عمليات طاردة للحرارة

✓ يستفيد بعض المزارعين من حرارة انصهار الثلج لحماية الفواكه والخضروات من التجمد

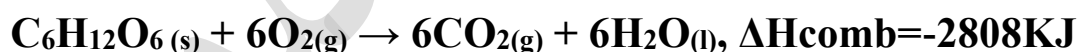
✓ يقوم المزارعين برش محاصيلهم وبساتينهم وحقولهم بالماء اذا تنبأوا بانخفاض درجة الحرارة الي حد التجمد؟ علل؟ وذلك لحماية الفاكهة والخضروات من التجمد حيث انه عندما يتجمد الماء ينبعث منه الحرارة (ΔH_{fus}) وغالبا ما تؤدي الي تدفئة الهواء المحيط بالثمار بما يكفي لمنع ضرر الصقيع

المعادلات الكيميائية الحرارية لتغيرات حالة المادة



مثال 1 :

ما كمية الحرارة الناتجة عن احتراق 54.0 g من الجلوكوز $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ وفقا للمعادلة ؟



علما بان الكتل الذرية للعناصر هي : $\text{C}=12$, $\text{O}=16$, $\text{H}=1$

الحل:

$$54.0 \text{ g } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \times \frac{1\text{MOL } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{180\text{g } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 0.300\text{mol } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$$



$$0.300\text{mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \times \frac{2808\text{KJ}}{1\text{molC}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 842 \text{ KJ}$$

تطبيق

1- احسب الحرارة اللازمة لصهر 25.7 g من الميثانول الصلب عند انصهاره

علما بان الحرارة المولية لانصهار الميثانول 3.22KJ/mol ؟

2- ما كمية الحرارة الناتجة عند تكثيف 275 g م غاز الامونيا وتحويله الي سائل عند

درجة غليانه

علما بان الحرارة المولية لتكثيف الامونيا -3.22KJ/mol ؟

3- ما كتلة الميثان CH₄ التي يجب حرقها لانتاج 12800KJ من الحرارة ؟

علما بان حرارة الاحتراق -891 KJ/mol ؟

• تفاعلات الاحتراق

✓ عندما يتم احتراق مول واحد من الجلوكوز في مسعر الاحتراق يتم اطلاق 2808KJ

من الحرارة ويتم اطلاق نفس هذا القدر من الطاقة داخل الجسم عندما تؤيض كتلة مساوية

من الجلوكوز اثناء عملية التنفس الخلوي

✓ يتم احتراق الجلوكوز داخل الخلايا في ساسلة من الخطوات المعقدة ويتكسر خلالها

الجلوكوز ويتم اطلاق الماء وثاني اكسيد الكربون

✓ يتم تخزين الطاقة الناتجة باعتبارها طاقة وضع كيميائية في روابط الاديونسين ثلاثي

الفوسفات ATP

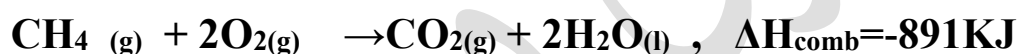
✓ عندما يحتاج الجسم للطاقة تطلق جسيمات ATP طاقتها

• أهمية تفاعلات الاحتراق:

الحصول علي الطاقة التي تحافظ علي دفء الجسم (احتراق الجلوكوز) والقيام بالأنشطة الحيوية

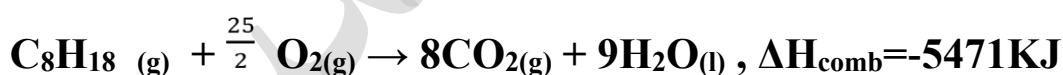
✓ الحصول علي الطاقة اللازمة لتدفئة المنزل او طهي الطعام (مثل احتراق غاز الميثان

(CH₄



1. الحصول علي الطاقة اللازم لتحريك الالات والمركبات كالسيارات والطائرات

والقوارب والشاحنات (باحتراق الجازولين C₈H₁₈)

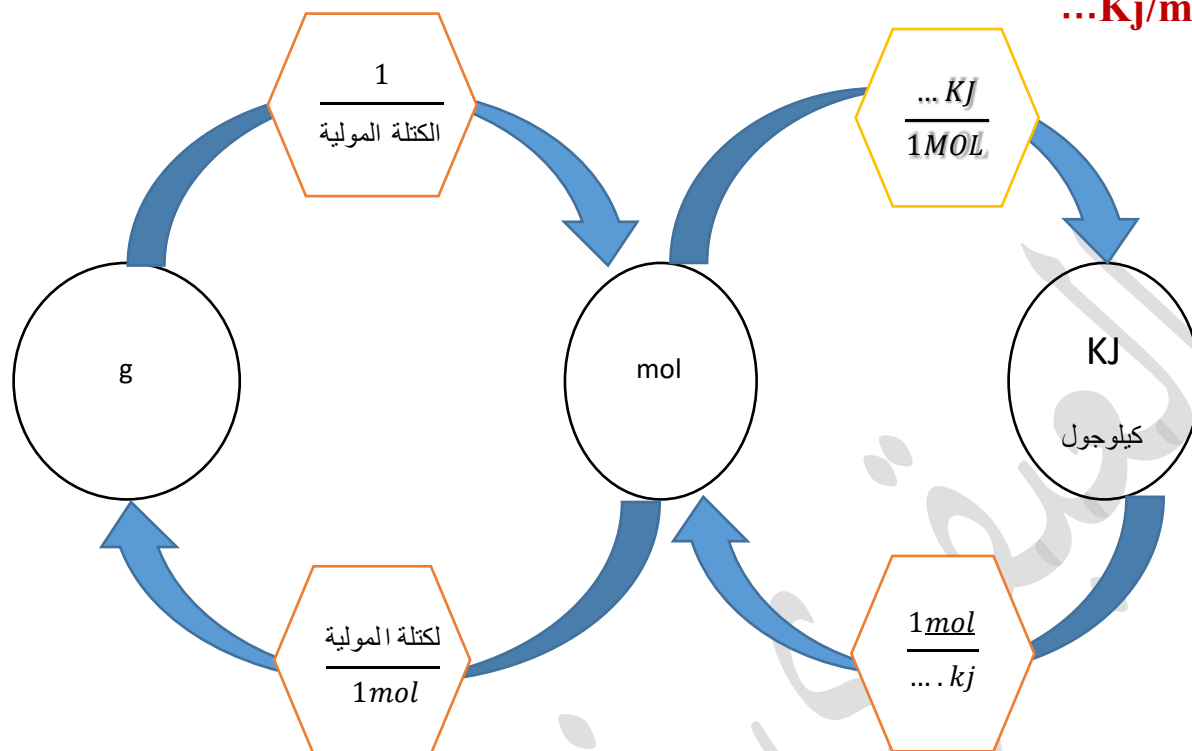


2. الحصول علي الطاقة لرفع المكوك الفضائي



تحويلات الخاصة بـ حرارة (الاحتراق) - الانصهار - التبخير - التكثيف -

التجمد) KJ/mol ...



الدرس الرابع : حساب التغير في المحتوى الحراري

الكرة الرئيسية: حساب التغير في المحتوى الحراري لأي تفاعل كيميائي باستخدام قانون

هس

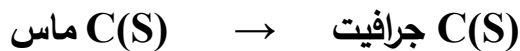
المصطلح	التعريف
قانون هس للمجموع الحراري	مجموع التغير في المحتوى الحراري للتفاعلات الفردية ثابت لا يتغير وهو نفسه التغير في المحتوى الحراري للتفاعل النهائي
حرارة التكوين القياسية ΔH_f	هي التغير في المحتوى الحراري الذي يصاحب تكوين كول واحد من المركب من عناصره الأولية التي تكون في حالتها القياسية
الحالة القياسية لمادة	هي الحالة الفيزيائية للمادة عند 1atm و 25°C 298K

• تطبيقات قانون هس

1- حساب ΔH للتفاعلات التي تتم ببطء شديد ويصبح التغير في المحتوى الحراري

مستحيلا ومن المستحيل قياسها استخدام الكالوريمتر

مثال : تحويل الكربون من صورته التآصلية الماس الي صورته التآصلية الجرافيت



عبارة الماس يدوم للابد يشير الي قوة ومثانة الماس ويصعب تحويله الي جرافيت

2- حساب ΔH للتفاعلات التي تحدث في ظل ظروف يصعب تكرارها في المختبر(تتم

بصورة غير مباشرة)

3- حساب ΔH للتفاعلات التي ينتج عنها نواتج غير تلك المرغوب فيها

لهذا يستخدم الكيميائيون طريقة نظرية لحساب ΔH للتفاعلات

مثال 1 :

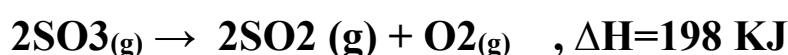
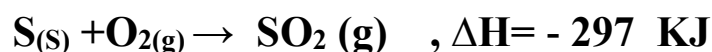
كيف يمكنك استخدمت قانون هس لحساب التغير في الطاقة للتفاعل الذي ينتج عنه SO_3 ؟

لاحظ انه من الصعب عمليا قياس ΔH لإنتاج ثالث اكسيد الكبريت لأنه ينتج عن احتراق

الكبريت مزيج من النواتج معا غالبا ما تكون SO_2 لهذا لابد من حساب ΔH باستخدام

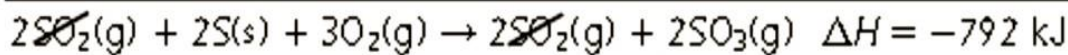
قانون هس

حساب ΔH لتفاعل التالي:



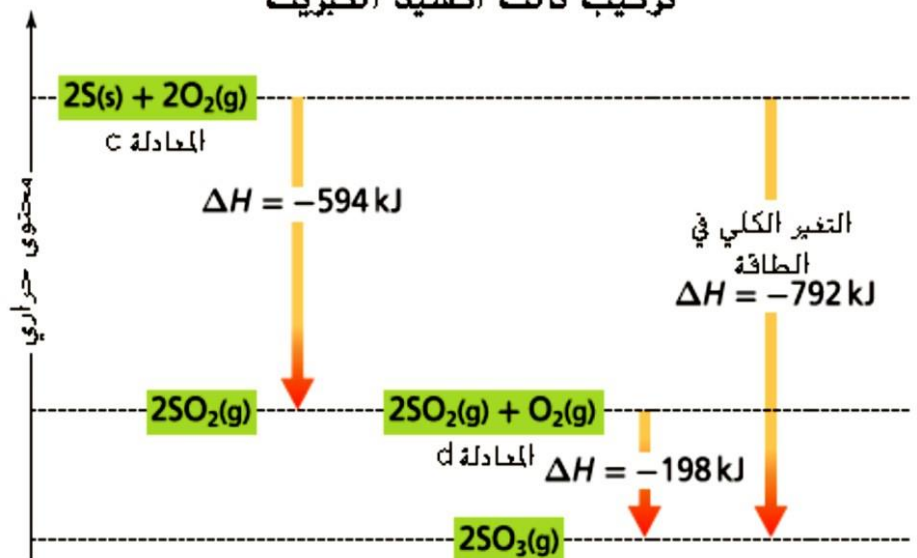
الحل :

نضرب المعادلة الاولى $2 \times$ ونقوم عكس المعادلة الثانية



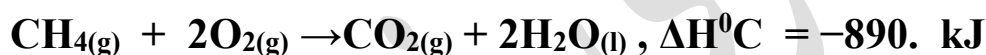
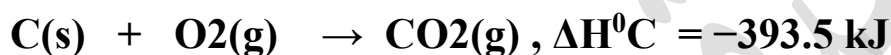
تركيب ثالث أكسيد الكبريت

الشكل 13 يبين 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 يتفاعلا لتكوين SO_3 المعادلة d مع إنتاج 198 kJ . 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

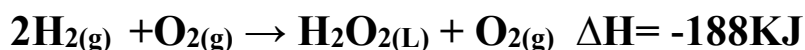


تطبيق

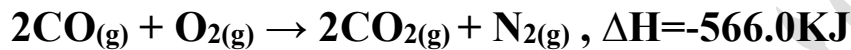
1- استخدم قانون هس حسب ΔH للتفاعل التالي:



2- تخدم قانون هس حساب ΔH للتفاعل التالي:

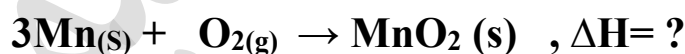
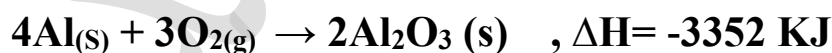


3- تخدم المعادلتين الاتيتين حساب ΔH لتفاعل التالي:



4- إذا علمت أن ΔH للتفاعل التالي هو -1789 استخدم المعادلة a لحساب ΔH

لمعادلة b :



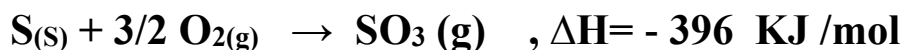
• حرارة التكوين القياسية:

✓يسمح قانون هس بحساب قيم ΔH المجهولة باستخدام التفاعلات المعروفة - وقيم

ΔH التي تم حسابها بشكل تجريبي

✓الحالة القياسية للحديد صلب - الزئبق السائل - الأكسجين غاز ثنائي الذرة

مثال: اكتب معادلة تكوين SO_3



ملحوظة: يتحد غاز SO_3 من رطوبة الهواء ال وي مكونا مطر حمضي (H_2SO_4) له

اثر تدميرية للأشجار والعقارات ببطء

• **ما مصدر حرارة التكوين القياسية؟**

✓ حرارة التكوين القياسية للعناصر في حالتها القياسية تساوي صفر

✓ يمكن حساب حرارة التكوين القياسية للمركبات تجريبيا وتنظيمها علي تدرج اعلي واقل

من العناصر في حالاتها القياسية تشبه درجة تجمد الماء وكافة المواد التي تكون اسخن

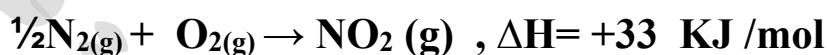
تكون اعلي من الصفر والاكثر برودة تكون اقل من الصفر

• **تحديد حرارة التكوين من التجارب:**

✓ عند قياس حرارة تكوين ثاني اكسيد النيتروجين NO_2 عمليا وجد انها تساوي +33

KJ عندما يتكون من عناصره الاولى N_2 و O_2 (حرارة التكوين القياسية لكل منهما

تساوي صفر لانهما جزيئات ثنائية الذرة)

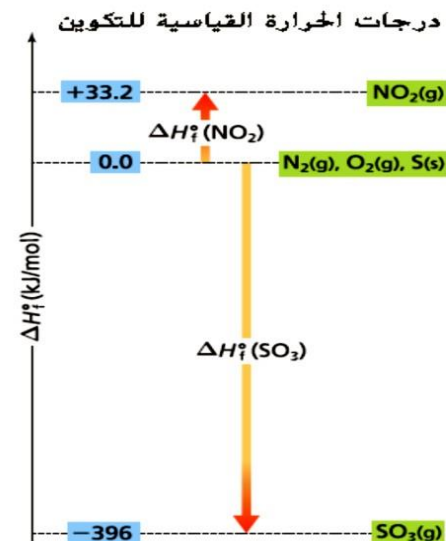


هذا يعني انه يتم امتصاص 33 KJ من الطاقة في تفاعل ماص للحرارة حيث تكون

طاقة النواتج اكبر من طاقة المتفاعلات

✓ حرارة تكوين SO_3 تساوي -396 KJ يعد تكوين SO_3 تفاعل طارد للحرارة يوضع

علي تدرج اقل من الصفرعلي مخطط مسار الطاقة كما في الشكل



■ الشكل 15 ΔH_f° للعناصر N_2 و O_2 و S هي 0.0 kJ . حيث يتفاعل N_2 و O_2 لتكوين مول واحد من NO_2 . يتم امتصاص $+33.2 \text{ kJ/mol}$ وبالتالي ΔH_f° لـ NO_2 هي $+33.2 \text{ kJ/mol}$. 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 . تنبؤ صف الموقع التقريبي للماء على الرسم أعلاه. $H_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ هي $\Delta H_f^\circ = -286 \text{ kJ/mol}$

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

* استخدام حرارة التكوين القياسية :

تستخدم في حساب التغيرات في المحتوى الحراري $\Delta H_{\text{rxn}}^\circ$ للعديد من التفاعلات في

ظروف قياسية

قانون باستخدام هس

معادلة الجمع

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

$\Delta H_{\text{rxn}}^\circ$ تمثل حرارة التفاعل القياسية.

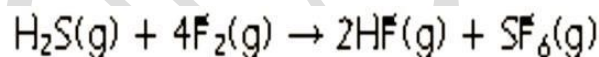
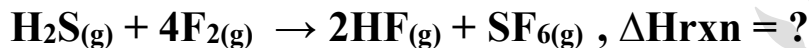
Σ يمثل مجموع الحدود.

(الناتج) ΔH_f° و (المواد المتفاعلة) ΔH_f° تمثل حرارة التكوين القياسية لكافة الناتج وكافة المواد المتفاعلة.

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

مثال 2 :

احسب قيمة $\Delta H^\circ_{\text{rxn}}$ للتفاعل التالي:



$$\Delta H^\circ_{\text{rxn}} = [(2)\Delta H_f^\circ(\text{HF}) + \Delta H_f^\circ(\text{SF}_6)] - [\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{S}) + (4)\Delta H_f^\circ(\text{F}_2)]$$

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

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

ملحوظة: يستخدم سادس فلوريد الكبريت لحفر انماط دقيقة ومعقدة احيانا علي رقائق

السيليكون في عملية انتاج الاجهزة شبه الموصلة المستخدمة في الاجهزة الالكترونية الحديثة

مثل الحواسيب والهواتف الخلوية

وإذا كان لدينا حرارات تكوين جميع المواد المتواجدة في تفاعل ، فإنه يمكن حساب حرارة التفاعل كالتالي:

$$\Delta H^0 = \text{مجموع } \Delta H_f^0 \text{ للمتفاعلات} - \text{مجموع } \Delta H_f^0 \text{ للنواتج} = \Delta H^0$$

مثال 3 :

احسب حرارة التفاعل لاحتراق غاز أول أكسيد النيتروجين NO لتكوين غاز ثاني أكسيد النيتروجين NO₂ كما في



علما بان:

$$\Delta H_f^0 (\text{NO}_2) = + 33.2 \text{ mol}, \Delta H_f^0 (\text{NO}) = + 90.29 \text{ kJ/mol},$$

$$\Delta H_f^0 (\text{O}_2) = 0 \text{ kJ/mol} :$$

الحل :

$$\Delta H^0 = \text{مجموع } \Delta H_f^0 \text{ للمتفاعلات} - \text{مجموع } \Delta H_f^0 \text{ للنواتج} = \Delta H^0$$

$$\Delta H^0 = \Delta H_f^0 (\text{NO}_2) - [\Delta H_f^0 (\text{NO}) + \Delta H_f^0 (\text{O}_2)]$$

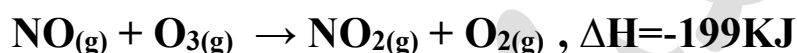
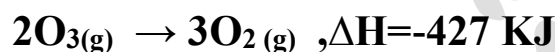
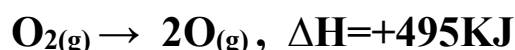
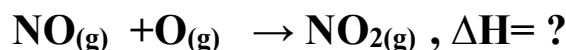
$$= + 33.2 \text{ kJ / mol} - (+ 90.29 \text{ kJ / mol} + 0 \text{ kJ / mol})$$

$$= + 33.2 \text{ kJ / mol} - 90.29 \text{ kJ / mol}$$

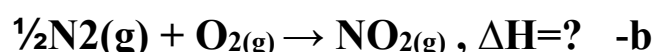
$$= - 57.1 \text{ kJ}$$

تطبيق:

1- استخدم قانون هس لحساب ΔH للتفاعل التالي ؟



2- ينتج عن جمع المعادلتين الاتيتين معادلة تفاعل اكسيد النيتروجين والاكسجين ويكون ناتج تفاعل هو ثاني اكسيد النيتروجين



؟ b للمعادلة ΔH_f ما قيمة

الدرس الخامس : تلقائية حدوث التفاعلات

الفكرة الرئيسية :

تحدد التغيرات في المحتوى الحراري والانتروبي ما إذا كانت العملية تلقائية

الكيمياء والحياة:

كيف يحدث ان تنهار المباني الجديدة بينما تظل بعض المباني الاقدم اكثر ثباتا ويبدو انها ستظل ثابتة لالابد ؟ قد

يكون السبب هو معدل الصيانة والعمل الذي يتم للمبني وبالمثل في الكيمياء بدون الانتقال الثابت للطاقة يكون هناك ميلا طبيعيا نحو حدوث اضطراب

المصطلح	التعريف
العملية التلقائية	هي كل تغيير فيزيائي او كيميائي يبدأ في لحظة ويحدث دون اي تدخل خارجي
الانتروبي (S)	هو قياس عدد الطرق التي يمكن ان يتم بها توزيع الطاقة عبر نظام ما ويرتبط ذلك بحرية جسيمات النظام في الحركة وعدد الطرق التي يتم تنظيمها بها هو قياس لاضطراب او عشوائية الجسيمات التي يتكون منها نظام ما
القانون الثاني للديناميكا الحرارية	دائما ما تستمر العمليات التلقائية بالطريقة التي يزداد بها انتروبي الكون (يفسر الميل نحو زيادة الانتروبي)
الطاقة الحرة (G)	هي الطاقة المتاحة للقيام بشغل (الطاقة الحرة لجيبس) هي دالة تربط بين المحتوى الحراري والانتروبي (التفاعلات التي تتم تحت ضغط ودرجة حرارة ثابتين)
التغير في الطاقة الحرة ΔG	هو الفرق بين التغير في المحتوى الحراري للنظام ΔH وناتج حاصل ضرب درجة الحرارة بالكلفن في التغير في الانتروبي (TAS)

• العمليات التلقائية

✓ صدأ الحديد يحدث تلقائياً وهو تفاعل طارد للحرارة - يحدث الصدأ اذا توفرت شروطه من بخار الماء والاكسجين (نفس تفاعل الكمادة الساخنة حيث تنشط الكمادة في اللحظة التي تقوم بتفعلها فيها)

ينبغي توفير بعض الطاقة من البيئات المحيطة من اجل بدأ العملية التلقائية مثل لاشعال لهب بنزن في المختبر يلزم عود ثقاب

✓ يعتبر تحلل الصدأ (التفاعل العكسي) ليتحول الي حديد واكسجين في ظل الظروف الطبيعية تفاعل غير تلقائي - ماص للحرارة

✓ علي الرغم من ان انصهار الثلج تغير فيزيائي ماص للحرارة الا انه تغير تلقائي

✓ هناك عامل اخر غير ΔH يلعب دورا مهم في تحديد ما اذا كانت العملية الكيميائية

تحدث بشكل تلقائي ام لا تحت مجموعة ظروف محددة هذا العامل هو الانتروبي (S)

✓ انتروبي النظام يكون اكبر حينما يزيد عدد الترتيبات الممكنة للجسيمات وزيادة توزيع

طاقتها

✓ يزيد عدد الترتيبات الممكنة لنظام ما في ظل الظروف الاتية:

▪ عندما يزيد الحجم

▪ عندما يزيد عدد الجسيمات

▪ عندما تزيد الطاقة

• عندما نزيد حرية الجسيمات

• القانون الثاني للديناميكا الحرارية:

ينص علي: انتروبي الكون تزيد نتيجة العمليات والتفاعلات التلقائية

✓ تعتبر الجسيمات الأكثر انتشارا أكثر اضطرابا مما يجعل الانتروبي للنظام أكبر مما إذا كانت الجسيمات أقرب لبعضها البعض

التنبؤ بالتغيرات في الانتروبي :

$$\Delta S^{\circ} = S \text{ للناتج} - S \text{ للمتفاعلات}$$

✓ إذا زاد الانتروبي النظام خلال تفاعل أو عملية ما تكون : $S \text{ للمتفاعلات} < S \text{ للناتج}$

وتكون قيمة ΔS° موجبة والعكس صحيح

ملاحظات هامة:

1- يزيد الانتروبي مع تغير حالة المادة من الصلبة إلى السائلة إلى الغازية وتكون ΔS° موجبة علل؟

لأنه في المواد الصلبة تكون حركة الجسيمات محدودة أما في السوائل تكون ذات حرية أكثر للحركة أما في الغازات تتحرك الجسيمات بحرية أكبر للغاية في الوعاء



2- عند ذوبان الغاز في مذي ما ينشأ عنه انخاض في الانتروبي؟ (علل)

لان السائل يحد من حركة جسيمات الغاز وعشوائيتها وتكون ΔS^0 سالبة

مثال: ذوبان الأكسجين في الماء



3- حينما لا يحدث اي تغير في الحالة الفيزيائية للنظام ويكون عدد مولات الغازات الناتجة

اكبر من عدد مولات الغازات المتفاعلة في التفاعل تكون ΔS^0 موجبة



ملحوظة: في الفقاعات يمكن ان تتحرك جسيمات غازي النيتروجين والاكسجين التي

يتكون منها معظم الهواء بحرية اكثر مما اذا تمت اذابتها بماء حوض الاسماك

4- عند ذوبان المركبات الصلبة في الماء يزداد الانتروبي (علل) ؟

لان جسيماته تتشتت بفعل المذيب لانها قبل الذوبان كان مرتبطة مع بعضها البعض

ولكن بعل المذيب تصبح ذات حرية اكبر في الحركة

مثال: ذوبان كلوريد الصوديوم في الماء تكون ΔS^0 موجبة

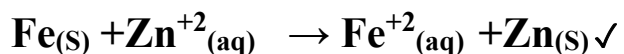
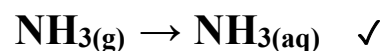
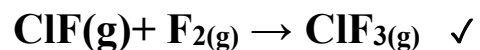
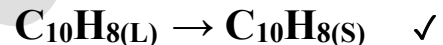
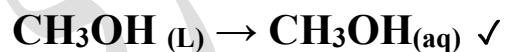


5- تزيد الحركة العشوائية ليمات مادة كلما زادت درجة الحرارة (علل)؟

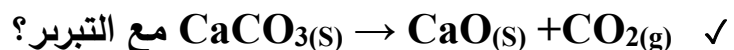
لأنه كلما زادت الطاقة الحركية زادت معدل الطاقة الحركية للجسيمات مما يعني زيادة سرعة الجسيمات وزيادة عشوائياتها لذلك تزيد الانتروبي ΔS^0 . موجبة

تطبيق:

1 - تنبأ بإشارة ΔS كل تغيير من التغييرات التالية:



✓ عند ذوبان مكعب من السكر في الشاي ؟ مع التبرير؟



• العمليات التلقائية للأرض:

هناك عمليات بيئية حرارية تكون تلقائية مثل البراكين والمنافذ البركانية والينابيع الساخنة

✓ البراكين عبارة عن فتحات في القشرة الأرضية تتدفق منها الصخور المنصهرة (الماجما) والبخار والمواد الأخرى - حيث تتحرك مياه السطح نحو الأسفل عبر القشرة الأرضية - يمكنها أن تتفاعل مع الماجما والصخور الساخنة - أما الماء الذي يعود إلى السطح على هيئة ينابيع ساخنة فتزيد درجة حرارته أعلى من درجة حرارة الهواء المحيط

✓ السخانات المائية الطبيعية هي عبارة عن ينابيع ماء ساخن يتدفق منها البخار وغازات أخرى مثل كبريتيد الهيدروجين

✓ السخانات المائية الطبيعية ما هي إلا دليل على الطاقة الحرارية في باطن الأرض

الانتروبي والكون والطاقة الحرة:

✓ ΔS^0 للكون دائما أكبر من الصفر $\Delta S < 0$ (علل؟)

لأن الكون يساوي النظام مضافا إليه المحيط وأي تغيير في الانتروبي للكون هو مجموع التغيرات التي تحدث التي في كل من النظام والم المحيط

$$\Delta S^0_{\text{الكون}} = \Delta S_{\text{النظام}} + \Delta S_{\text{المحيط}}$$

في الطبيعه تميل ان تكون قيمة ΔS^0 الكون موجبة في التفاعلات والعمليات في ظل الظروف التالية:

1- حين يكون التفاعل أو العملية طارد للحرارة ΔH النظام سالبة : تزيد الحرارة الناتجة عن تفاعل طارد الحرارة من درجة حرارة المحيط ومن ثم تزيد الانتروبي المحيط وتصبح قيمة ΔS المحيط موجبة

2- زيادة انتروبي النظام وبالتالي تكون قيمة ΔS النظام موجبة

ملحوظة: جميع التفاعلات الكيميائية الطاردة للحرارة التي يصاحبها زيادة في الانتروبي تكون تلقائية

الطاقة الحرة:

ΔG يمثل
التغير في الطاقة الحرة،
بحد ΔH يمثل التغير في
المحتوى الحراري T هي
درجة الحرارة، نستخدم ΔS
يمثل التغير في الإنتروبي.

معادلة الطاقة الحرة

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

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 دائما	سالب دائما	موجب	سالب
تلقائي في درجات حرارة منخفضة	موجب أو سالب	سالب	سالب
تلقائي في درجات حرارة عالية	موجب أو سالب	موجب	موجب
غير تلقائي دائما	موجب دائما	سالب	موجب

ملاحظات هامة :

✓ لابد من تحويل وحدات ΔS من J/K الي KJ/K

✓ اذا كانت اشارة ΔG سالبة يكون التفاعل تلقائي ولو كانت موجبة يكون التفاعل غير

تلقائي

✓ الطاقة المتعلقة بالانتروبي غير مفيدة ؟ علل ؟ لانها تشتت ولا يمكن استخدامها للشغل

✓ انتروبي بلورات المادة الصلبة النقية عند درجة الصفر المطلق = صفر .

ΔS بالموجب تمثل الزيادة في الانتروبي . و ΔS بالسالب تمثل نقصان في الانتروبي.

مثال 1 :

في التفاعل $\text{NH}_4\text{Cl(s)} \rightarrow \text{NH}_3\text{(g)} + \text{HCl(g)}$ وعند درجة حرارة 298 K تكون

قيمة $\Delta H^0 = 176 \text{ kJ mol}^{-1}$ ، و $\Delta S^0 = 0.285 \text{ kJ / mol} \cdot \text{K}$. احسب قيمة ΔG^0

، واذكر ما إذا كان التفاعل يحدث تلقائياً في الاتجاه الأمامي عند 298 K .

الحل :

يمكن حساب قيمة ΔG^0 من المعادلة : $\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$

$$\Delta G^0 = 176 \text{ kJ /mol} - 298 \text{ K}[0.285 \text{ kJ / (mol} \cdot \text{k)}]$$

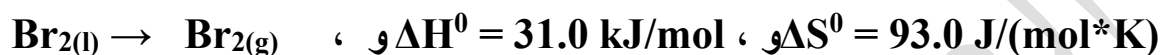
$$= 176 \text{ kJ / mol} - 84.9 \text{ kJ / mol}$$

$$= 91 \text{ kJ / mol}$$

والقيمة الموجبة لـ ΔG^0 تبين أن هذا التفاعل لا يحصل تلقائياً عند 298 K .

لماذا ازدادت الإنتروبي في هذا التفاعل ؟ (بسبب تحول مول صلب إلى مول غازين)

مثال 2 : في عملية التبخير



ما أقل درجة حرارة تكون عندها هذه العملية تلقائية ؟

الحل :

من القانون $\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$ تحدث العملية تلقائياً عندما تكون قيمة ΔG^0 أقل من صفر (سالبة).

وذلك بعدما تتساوى الكميتان ΔH^0 , $T\Delta S^0$ ، وتكون قيمة $\Delta G = 0$ ، صفر ، ثم ترتفع درجة الحرارة بعد ذلك.

$$\Delta H^0 = T\Delta S^0 = 31.0 \text{ kJ} = 31000 \text{ J}$$

$$T \times 93.0 = 31000.0$$

$$T = \frac{31000}{93.0}$$

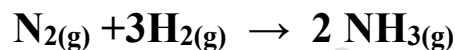
$$T = 333 \text{ K}$$

يصبح التفاعل تلقائياً عند درجة حرارة أعلى من 333K .

تطبيق

1- كيف تؤثر التغيرات في الانتروبي والمحتوي الحراري على التغير في الطاقة الحرة وعلى تلقائية التفاعل بين النيتروجين والهيدروجين لتكوين الامونيا في الظروف القياسية؟

$$\Delta H = -91.8 \text{ KJ} , \Delta S = -197 \text{ J/K}$$



(الجواب $\Delta G = -33.1 \text{ KJ}$)

(يظهر انتروبي النظام انه يمكن ان تقل اثناء العملية التلقائية ومع ذلك لن يحدث الا اذا زادت انتروبي البيئة المحيطة باكبر من المقدار الذي انخفضت به انتروبي النظام ومن ثم فان انتروبي الكون (النظام + البيئة المحيطة) دائما يزيد في اي عملية تلقائية)

2- حدد ما اذا كان التفاعل تلقائيا ام لا؟

$$\Delta H = 145 \text{ KJ} , T = 382 \text{ K} , \Delta S = 322 \text{ J/K} \checkmark$$

$$\Delta H = 365 \text{ KJ} , T = 388 \text{ K} , \Delta S = -55.2 \text{ J/K} \checkmark$$

$$\Delta H = 452 \text{ KJ} , T = 165 \text{ K} , \Delta S = 55.7 \text{ J/K} \checkmark$$

$$\Delta H = -75.9 \text{ KJ} , T = 273 \text{ K} , \Delta S = 138 \text{ J/K} \checkmark$$

$$\Delta H = -27.6 \text{ KJ} , T = 535 \text{ K} , \Delta S = -55.2 \text{ J/K} \checkmark$$

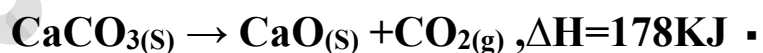
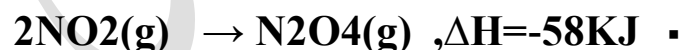
$$\Delta H = -20.5 \text{ KJ} , T = 298 \text{ K} , \Delta S = -35.0 \text{ J/K} \checkmark$$

3- اذا علمت ان: $\Delta H = -144 \text{ KJ} , \Delta S = -36.8 \text{ J/K}$ لتفاعل ما.

حدد اعلي درجة حرارة بالكلفن يكون التفاعل عندها تلقائي؟

4- اي من التفاعلات التالية تتوقع ان يكون تلقائيا عند درجات الحرارة العالية وأيهما

تتوقع ان يكون تلقائي عند درجات الحرارة الاقل؟



اجب عن الاسئلة التالية:

5- أي نوع من التغير في المحتوى الحراري يرجح تفاعلاً تلقائياً ؟

(هو الذي يكون له تغير سالب كبير)

6- ما الإنتروبي ؟ وما علاقتها بتلقائية التفاعلات ؟

(الإنتروبي هي مقياس للعشوائية . والزيادة في الإنتروبي ترجح حصول تفاعل تلقائي)

7- وضح التغيرات التي تحصل عند زيادة الإنتروبي.

(من هذه التغيرات إذابة صلب في سائل ، تبخر سائل ، انصهار صلب ، زيادة عدد الجسيمات خلال التفاعل ، تكون مركب غازي في النواتج).

8- عرف الطاقة الحرة ، واكتب العلاقة الرياضية المعبرة عنها.

(الطاقة الحرة هي الدالة التي تربط بين التغير في قيمتي المحتوى الحراري والإنتروبي . وهي تساوي الفرق بين التغير في المحتوى الحراري وحاصل ضرب درجة الحرارة بالكلفن في قيمة التغير في الإنتروبي $\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$) .

9- وضح العلاقة بين تغير الطاقة الحرة وتلقائية التفاعل .

(لكي يكون التفاعل تلقائياً ، يجب أن تكون ΔG سالبة)

10-اختر الاجابة الصحيحة:

1. أي الظروف التالية يؤدي إلى تفاعل تلقائي ؟

أ- زيادة في الإنتروبي ونقصان في المحتوى الحراري .

ب- زيادة في الإنتروبي وزيادة في المحتوى الحراري

ج -نقصان في الإنتروبي ونقصان في المحتوى الحرار

د - نقصان في الإنتروبي وزيادة في المحتوى الحراري

(الإجابة . أ .)

2. أي من العمليات التالية هي ذات ΔS سالبة ؟

أ . تبخير مول واحد من السائل .

ب . رفع درجة حرارة 1L من الماء $55^0 K$.

ج . تجميد 1mol من السائل

د . لا شيء مما ذكر .

(ج .)

3. يكون التفاعل التالي طارداً للحرارة تحت ضغط ثابت $2NO_2(g) \rightarrow N_2O_4(g)$ أي

من العبارات التالية تصف التفاعل المذكور أعلاه ؟

أ . التفاعل تلقائي دائماً

ب . التفاعل تلقائي عند درجات حرارة منخفضة

ج . التفاعل تلقائي عند درجات حرارة مرتفعة

د . التفاعل لا يكون تلقائياً

أسئلة الامتحانات السابقة

جميع الأسئلة من عام 2007 الى عام 2023

1- ما الحرارة النوعية $J/g.^{\circ}C$ لعينة من فلز كتلتها 150 امتصت طاقة قدرها 56900 فارتفعت درجة حرارتها بمقدار 76° ؟

• 0.897

• 0.499

• 0.301

• 0.235

2- تحتوي حبة فاكهة على 23.9 سعراً غذائياً (Cal) كم مقدار الطاقة التي تزودك بها بوحدة J؟

• 24000

• 5736

• 10^3

• 10^5

3- أي الوحدات التالية هي الأصغر ؟

• Cal

• Cal

• J

• KJ

4- أي من الآتي يصف القدرة على بذل شغل أو إنتاج حرارة ؟

- الكثافة
- الطاقة
- درجة الحرارة
- اللزوجة

5- يمكن تحويل الطاقة الحرارية من الاشعاع الشمسي مباشرة إلى كهرباء في ؟

- الخلايا الكهروكيميائية
- المفاعلات النووية
- الخلايا الكهروضوئية
- المفاعلات النووية

6- أي الوحدات التالية هي الأكبر ؟

- Cal
- Cal
- J
- KJ

7- ماذا يحدث عند تلامس جسمين مختلفين في درجة حرارتهما ؟

- تنتقل طاقة حرارية من الجسم الأبرد إلى الجسم الأسخن
- تنتقل طاقة حرارية من الجسم الأسخن إلى الجسم الأبرد
- تنتقل طاقة حركية من الجسم الأبرد إلى الجسم الأسخن
- تنتقل طاقة حركية من الجسم الأبرد إلى الجسم الأسخن

8- أي من الآتي يفسر استخدام الماء السائل في تدفئة البيوت باستعمال الطاقة الشمسية ؟

- لأن للماء كتلة كولية صغيرة
- لأن للماء طاقة وضع كبيرة
- لأنه يدخل في تركيب الماء عنصريين
- لأن للماء حرارة نوعية كبيرة

9- تعتمد طاقة الحركة لجسيمات المادة على :

- درجة حرارة المادة
- كتلة المادة
- حجم المادة
- الكتلة المولية للمادة

10- استعمل البيانات الموجود في الجدول المقابل للأجابة عما يلي :

1 - عند وضع كتلتين متساويتين من الماغنسيوم والحديد تحت أشعة الشمس لنفس الفترة الزمنية ، أيهما ترتفع درجة حرارته أكثر ؟

المادة	ماغنسيوم	حديد	رصاص
الحرارة النوعية	1.023	0.449	0.128

2 - ما كمية الطاقة الحرارية (J) التي تمتصها قطعة من الرصاص كتلتها (10 Kg) عندما ترتفع درجة حرارتها من الدرجة 25°C إلى الدرجة 60°C ؟

11- اكتب تحولات الطاقة في العمليات الحياتية الواردة في الجدول الآتي :

تتحول الطاقة		العملية
من	إلى	احتراق الجازولين في محركات السيارات
		تزلج متسابق أعلى سطح ثلجي مائل من أعلى إلى أسفل
		تفاعل كيميائي ماص للحرارة
		احتراق شمعة

12- تناول طالب حبة فاكهة تحتوي 13.8 من الطاقة، ما مقدار هذه الطاقة بوحدة الجول (J) ؟

13- اكتب تحولات الطاقة في العمليات الحياتية الواردة في الجدول الآتي:

تتحول الطاقة		العملية
من	إلى	تدفق الماء عبر التوربينات في محطة توليد الكهرباء
		حرق البروبان (وقود للطهو و التسخين)
		تفاعل كيميائي ماص للحرارة
		احتراق شمعة

14- تناول طالب وجبة افطار مكونة من الحبوب و عصير البرتقال و الحليب تحتوى على 2.39 من الطاقة، عبر عن هذه الطاقة بوحدة الجول (J) ؟

15- فسر: استخدام الماء لأخذ الطاقة الحرارية من الشمس لتدفئة البيوت ؟

16- عينة من الجليد كتلتها (2.5 g) سخنت بحيث ارتفعت درجة حرارتها بمقدار (10K) فإذا كانت كمية الحرارة المكتسبة (50 J) فما الحرارة النوعية (J/g.K) للجليد .

• 1.0

• 1.6

• 1.75

• 2.0

17- ما الطاقة (J) التي يمتصها 20 من الذهب على صورة حرارة إذا سخنت من درجة حرارة 25c إلى درجة حرارة 35c (الحرارة النوعية للذهب 0.43 J/g.°C)

• 86

• 215

• 301

• 215-

18- ما الطاقة اللازمة (kJ) رفع درجة حرارة 50.0 من الألومنيوم من 27.7°C إلى 72.7°C ؟ (الحرارة النوعية للألومنيوم $0.900.00 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}$)

- 4.05
- 40.5
- 20.3
- 2.03

19- إذا أضيف 3.75Kg من الطاقة إلى عينة حديد كتلتها 30.0 g عند درجة حرارة 20.00°C فما الحرارة النهائية للحديد ($^{\circ}\text{C}$) (الحرارة النوعية للحديد $0.900 \text{ J/g}^{\circ}\text{C}$)

- 0.25
- 20.25
- 250
- 270

20- ما كتلة عينة من النحاس تمتص طاقة 53.9 J عندما تسخن من 274K إلى 314 K و لها حرارة نوعية تساوى $0.385 \text{ J/g}^{\circ}\text{K}$

- (1) 4.0 g
- (2) 3.5g
- (3) 8.0g
- (4) 0.04 g

21- في الشكل التالي يتم خلط هيدروكسيد الباريوم و بلورات ثيوسيانات الأمونيوم معاً ،



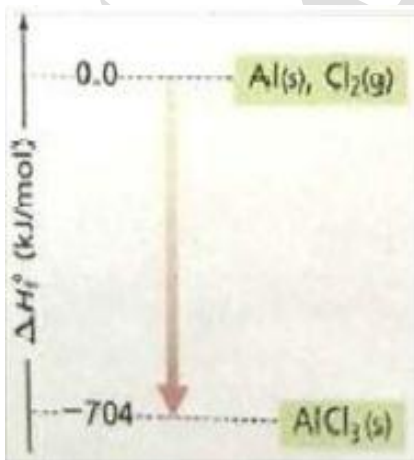
ما سبب التصاق الكأس على لوح الخشب المبلل بالماء ؟

- التفاعل طارد للحرارة و يسبب تبخر الماء على اللوح الخشبي .
- تنتقل الحرارة من النظام (الكأس) إلى المحيط (الماء و اللوح) .
- التفاعل ماص للحرارة و يسبب تجمد الماء أسفل الكأس .
- النظام معزول حرارياً .

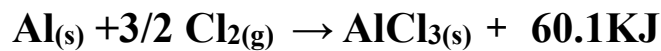
22- عند استخدام مسعر حراري مصنوع من بلاستيك رغوي في الهواء الطلق ، أى التالية غير صحيحة ؟

- يصلح لتحديد الحرارة النوعية لفلز مجهول .
- مقدار الحرارة المكتسبة بالماء يساوى مقدار الحرارة التي يفقدها الفلز .
- يمنع تبادل الحرارة مع الوسط المحيط (جهاز معزول)
- جميع التفاعلات التي تحدث بداخله لا تتم تحت ضغط ثابت.

23- أى التالية غير صحيحة فيما يتعلق بالشكل المجاور ؟



- المعادلة الكيميائية الحرارية: للتفاعل هي :



- النواتج $H > \text{المتفاعلات}$

- يمثل التفاعل الذي يحدث في الكمادة الباردة .

* للمركب AlCl_3 تكون $\Delta H_f^\circ = -704 \text{ kJ/mol}$

24- أي المعادلات التالية تفسر سبب شعورك بالبرودة والارتعاش عند خروجك من حمام ساخن ؟



25- موظفاً التفاعل : $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(s) + 6\text{O}_{2(g)} \rightarrow 6\text{CO}_{2(g)} + 6\text{H}_2\text{O}_{(l)} \Delta H_{\text{comb}} = -2808$

ما كمية الحرارة الناتجة عند احتراق 9.018 من الجلوكوز $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ؟ (الكتلة المولية للجلوكوز 180.18 g/mol)

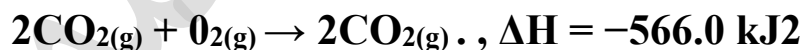
• 280 k.J

• 210 kJ

• 140 kJ

• 14.0 k.J

26- فسر ما يأتي: لا يعتبر التغير في المحتوى الحراري للتفاعل التالي حرارة احتراق ؟



27- مقارنة بين حرارة التكوين وحرارة الاحتراق

وجه المقارنة	حرارة التكوين (AH ^o _r)	حرارة الاحتراق (AH ^o _c)
التعريف		
حرارة التفاعل		
ΔH		
بدلالة مول واحد		
شروط أخرى		

ملاحظة:

من الممكن أن تمثل المعادلة حرارة تكوين وحرارة احتراق معاً في نفس الوقت.



28- صنف المعادلات التالية إلى معادلات تمثل حرارة تكوين (A) أو حرارة احتراق (B) أو الاثنين معاً (C) لا تمثل أي منهما (D)

1	$\text{H}_{2(g)} + 1/2\text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}(g) + 242 \text{ kJ}$	5	$\text{CH}_{4(g)} + 2\text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)} + 2\text{H}_2\text{O}(l) + 890.8 \text{ kJ}$
2	$\text{NO}(g) + 1/2\text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{NO}_2(g) + 57.1 \text{ kJ}$	6	$\text{C}_{(s)} + \text{O}_2(g) \rightarrow \text{CO}_2(g) \quad \Delta H = -393.5 \text{ kJ}$
3	$2\text{C}_2\text{H}_2(g) + 5\text{O}_{2(g)} \rightarrow 4\text{CO}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O}(g) + 2600 \text{ kJ}$	7	$2\text{Fe}(s) + 3/2\text{O}_2(g) \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3(s), \Delta H = -850.5 \text{ kJ}$
4	$2\text{S}_{(s)} + \text{C}_{(s)} \rightarrow \text{CS}_{2(g)} \quad \Delta H^\circ = -88 \text{ kJ}$	8	$2\text{H}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(g) + 483.6 \text{ kJ}$

29- إذا علمت أن حرارة تكوين المركب X هي 110.5 kJ/mol وحرارة تكوين الناتج الوحيد لاحتراقه هي 393.5 kJ/mol فما حرارة احتراق المركب $\times (\text{kJ/mol})$

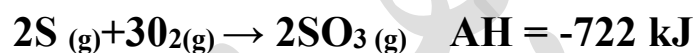
-504.0 -A

-283.0-B

+283.0 -C

+504.0 -D

30- أي العبارات التالية تنطبق على التفاعل :



A- التفاعل ماص للحرارة

B- حرارة تكوين SO_3 = حرارة التفاعل

C- حرارة تكوين SO_3 = حرارة احتراق S

D- حرارة احتراق S = حرارة تفاعل

31- قيمة ΔH للتفاعل $\text{N}_2\text{(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow 2\text{NO(g)} + 106.5 \text{ KJ}$ تعبر عن ؟

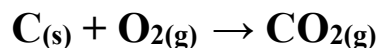
A- ضعف حرارة التكوين

B- حرارة تكوين

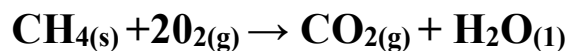
C- ضعف حرارة الاحتراق

D- نصف حرارة التكوين

32- فسر (موظفاً المعادلتين التاليتين):



$$\Delta H = -393.5 \text{ KJ}$$



$$\Delta H = -890.5 \text{ KJ}$$

تتساوى حرارة التكوين CO_2 وحرارة احتراق الكربون في حين لا ينطبق ذلك على حرارة احتراق الميثان ؟

33- ما قيمة حرارة التكوين (kJ / mol) التي تمثل المركب الأقل استقراراً ؟

270.0-A

226.7-B

26.6-C

-393.5-D

34- ماذا يطلق على كمية الطاقة المنطلقة أو الممتصة على صورة حرارة خلال التفاعل الكيميائي

A- حرارة التفاعل

B- حرارة التكوين

C- طاقة التنشيط

D- طاقة المعقد المنشط

35- ما اسم الطاقة المنطلقة أو الممتصة على صورة حرارة عندما ينتج مول 1 من مركب باتحاد عناصره

A- الطاقة الحرارية

B- طاقة التنشيط

C- حرارة التكوين

D- حرارة الاحتراق

36- ماذا يسمى قياس معدل الطاقة الحركية لجسيمات عينة من المادة

A- درجة الحرارة

B- الحرارة

C- الحرارة النوعية

D- المحتوى الحراري

37- معتمداً على التفاعل: $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 483.6 \text{ kJ}$

ما قيمة الطاقة (kJ) المنطلقة من تكون 0.25 mol من بخار الماء ؟

A- 483.6

B- 241.8

C- -120.9

D- 60.45

38- إذا علمت أن المحتوى الحراري لنواتج تفاعل يساوي 458 J/mol و المحتوى الحراري للمتفاعلات 658 J/mol

فأي العبارات التالية صحيحة؟

A- النواتج أكثر استقراراً والتفاعل طارد للحرارة.

B- المتفاعلات أكثر استقراراً والتفاعل طارد للحرارة

C- النواتج أكثر استقراراً والتفاعل ماص للحرارة

D- المتفاعلات أكثر استقراراً والتفاعل ماص للحرارة .

39- أي الغازات الآتية الأكثر استقراراً اعتماداً على قيم حرارة التكوين المعطاه بـ (kJ / mol) ؟

A- NO (g) (+90.29)

B- $\text{CO}_2(\text{g})$ (-110.5)

C- $\text{C}_2\text{H}_6 (\text{g})$ (-83.8)

D- HI (g) (+26.5)

40- أي مما يلي يقلل الطاقة الحركية لجسيمات عينة مادة ما ؟

A- خفض درجة الحرارة

B- رفع درجة الحرارة

C- تثبيت درجة الحرارة

D- اكتساب العينة طاقة على شكل حرارة

41- أي مما يلي غير قابل للقياس بشكل مباشر؟

- A - حرارة التكوين
B - حرارة الاحتراق
C - المحتوى الحرار
D - تغير المحتوى الحراري

42- اعتماداً على قيم حرارة التكوين المعطاه بـ (kJ / mol) أي المركبات التالية أقل استقراراً ؟

A - $\text{CuSO}_4 (\text{s})$ (-771)

C - $\text{NO}_2(\text{g})$ (+33.2)

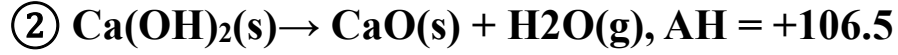
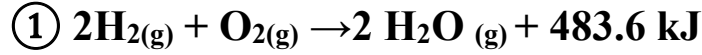
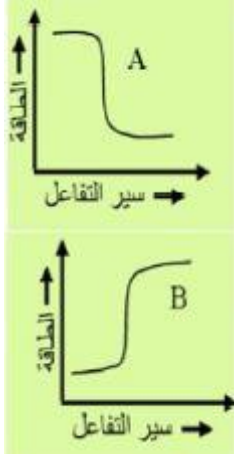
B - $\text{Ag}_2\text{S}(\text{s})$ (-32.6)

D - $\text{C}_6\text{H}_6 (\text{g})$ (+49.1)

43- (أسئلة الترتيب)

1	• رتب ترتيباً تصاعدياً المواد التالية تبعاً لاستقرارها اعتماداً على قيم ΔH_r (kJ/mol) $(\Delta H = -361.8)\text{NaBr}/(\Delta H = +82.8)\text{C}_6\text{H}_6/(\Delta H = -36.29)\text{HBr}/(\Delta H = +33.2)\text{NO}_2$
2	• رتب ترتيباً تصاعدياً المواد التالية تبعاً لاستقرارها اعتماداً على قيم ΔH_r kJ/mol $(\Delta H_r = +226.7)\text{C}_2\text{H}_2/(\Delta H_r = -393.5)\text{CO}_2/(\Delta H = +26.6)\text{HF}/(\Delta H_r = -285.8)\text{H}_2\text{O}$
3	• رتب ترتيباً تصاعدياً المواد التالية تبعاً لاستقرارها اعتماداً على قيم ΔH_r (kJ/mol) $\text{CaO}_{(\text{s})} (-635)$, $\text{C}_2\text{H}_2 (\text{g}) (+228)$, $\text{NO}_2(\text{g}) (+82)$, $\text{CuO}_{(\text{s})} (-175)$

44- تأمل كلاً من الشكلين والتفاعلين التاليين وأجب عن الأسئلة التي تليها :



1- أي الشكلين يمثل المعادلة رقم 2 ؟

.....

2- لا تمثل ΔH في التفاعل الأول حرارة تكوين بخار الماء ، فسر ذلك ؟

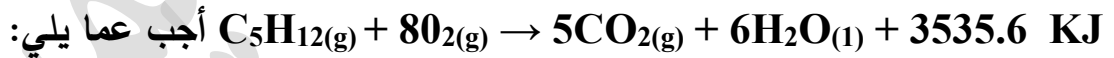
.....

3- في التفاعل الثاني إذا تكون الماء السائل بدلاً من بخار الماء ماذا تتوقع لقيمة ΔH مع التفسير ؟

.....

4- في الشكل A تكون المواد الناتجة أكثر استقراراً من المواد المتفاعلة . فسر ذلك ؟

45- بالاعتماد على التفاعل التالي :



• احسب حرارة تكوين البنتن (C_5H_{12}) فما بأن :

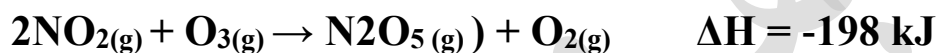
$\Delta H^\circ_r (\text{H}_2\text{O}(\text{l})) = -285.8 \text{ kJ/mol} / \Delta H^\circ_r (\text{CO}_2(\text{g})) = -393.5 \text{ kJ/mol}$

• في ضوء البيانات لديك برر استخدام البنتن كوقود ؟

46- احسب ΔH للتفاعل التالي: $2 \text{Al} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$

علماً بأن حرارة التكوين (بـ (KJ/mol) تساوى $\text{Fe}_2\text{O}_3 = -826$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = -1676$

47- يتفاعل الأوزون مع ثاني أكسيد النيتروجين حسب المعادلة التالية :

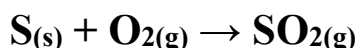


فإذا كان: $\Delta H^\circ_f (\text{N}_2\text{O}_5) = +11 \text{ kJ/mol}$ / $\Delta H^\circ_f (\text{O}_3) = +143 \text{ kJ/mol}$ ، احسب حرارة تكوين ثاني أكسيد النيتروجين

48- مستخدماً المعادلات الكيميائية الحرارية التالية :

$\text{S}(\text{s}) + 3/2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{SO}_3(\text{g})$	$\Delta H = -395.2 \text{ kJ/mol}$
$2\text{SO}_2(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{SO}_3(\text{g})$	$\Delta H = -198.2 \text{ kJ/mol}$

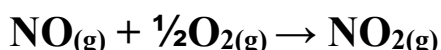
• احسب حرارة التفاعل (ΔH_r) للتفاعل التالي (بوحدة kJ/mol)



49- وظف المعادلات الآتية لحساب حرارة تكوين غاز البروبان C_3H_8 مبتدئاً من عنصره، غاز الهيدروجين و الكربون الصلب



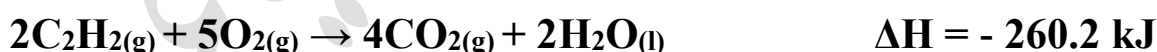
50- احسب حرارة التفاعل لاحتراق غاز أول أكسيد النيتروجين NO لتكوين غاز ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 كما في المعادلة الكيميائية الحرارية التالية :



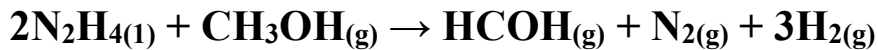
و استخدم المعادلتين الكيميائيتين التاليتين :



51- احسب حرارة التفاعل : $C_2H_2(g) + 2H_{2(g)} \rightarrow C_2H_{6(g)} \quad \Delta H^{\circ}_f = ?$ موظفاً المعادلات التالية :



52- احسب حرارة التفاعل التالي :



- $2\text{NH}_3(g) \rightarrow \text{N}_2\text{H}_4(1) + \text{H}_2(g) \quad \Delta H = 22.5\text{kJ}$
- $2\text{NH}_3(g) \rightarrow \text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \quad \Delta H = 57.5\text{kJ}$
- $\text{HCHO}(g) + \text{H}_2(g) \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}(1) \quad \Delta H = 81.2\text{Kj}$

52- احسب حرارة التفاعل التالي :



- 1) $\text{N}_2(g) + 2\text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{NO}_2(g) \quad \Delta H = + 66.4 \text{ kJ/mol}$
- 2) $2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(g) \quad \Delta H = - 483.6 \text{ kJ/mol}$
- 3) $\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \rightarrow 2\text{NH}_3(g) \quad \Delta H = - 91.8 \text{ kJ/mol}$

53- مستخدماً المعادلات الحرارية التالية :

- $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H = - 393.5 \text{ kJ/mol}$
- $H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$ $\Delta H = -285.8 \text{ kJ/mol}$
- $C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(l)}$ $\Delta H = - 2219.2 \text{ kJ/mol}$

احسب حرارة تكوين غاز البروبان. (C_3H_8)

54- مستخدماً المعادلات الحرارية التالية :

- $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H = - 393.5 \text{ kJ/mol}$
- $H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$ $\Delta H = -285.8 \text{ kJ/mol}$
- $C_5H_{12(g)} + 8O_{2(g)} \rightarrow 5CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$ $\Delta H = - 3535.6 \text{ kJ/mol}$

• احسب حرارة تكوين غاز البنتن (C_5H_{12})

55- احسب حرارة تكوين غاز أول أكسيد الكربون CO موظفاً المعادلات الكيميائية الحرارية التالية :

- $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H = - 393.5 \text{ kJ/mol}$
- $CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H = -283.0 \text{ kJ/mol}$