دوسية أوكسجين في شرح وحل اسئلة

مادة الكيمياء

الصف العاشر

الوحدة الخامسة: الطاقة الكيميائية

الفصل الدراسي الثاني

إعداد : م. مريم السرطاوي

تلاخيص منهاج أردني

المنهاج الجديد

2020

بسم الله الرحمن الرحيم

أحمد الله وأشكره على إنجاز هذا العمل فله الحمد أولًا وآخرًا،

ثم أشكر كل من دعمني لإنجازه،

والداي .. زوجي .. إخوتي .. أبنائي

وأخيرا تصميم الغلاف من الأستاذ الفيزيائي المبدع: معاذ أمجد أبو يحيى

فمن لا يشكر الناس لا يشكر الله

طلابي الأعزاء لا بد أن نعي جميعًا أن أي عمل بشر لا يخلو من نقص أو عيب؛

فإن الكمال لله وحده، لذا عليكم تجربة الحساب بأنفسكم للتأكد من النتائج ولتثقوا بقدراتكم العظيمة

بقدرِ الكدِّ تكتسبُ المعالي ومن طلب العلا سهر الليالي

ومن رام العلا من غير كد أضاع العمر في طلب المحال

تروم العز ثم تنام ليلاً يغوص البحر من طلب اللآلي

ما هي دوسية أوكسجين؟

دوسية شاملة للمادة فهي كالأوكسجين تنعش التفكير وتحيي الكيمياء في الروح 😍 ، تشمل دروس الوحدة الخامسة:

1- شرح الدرس الأول: تغيرات الطاقة في التفاعلات الكيميائية مع حل أسئلة الدرس
2- شرح الدرس الثاني: الطاقة الممتصة والمنبعثة من المادة مع حل أسئلة الدرس
3- شرح الدرس الثالث: حسابات الطاقة في التفاعلات الكيميائية مع حل أسئلة الدرس
4- حل أسئلة الوحدة
5- أمثلة وتدريبات محلولة تعلم الطالب نمط الأسئلة للامتحان
6- أوراق أتدرّب يتمرن عليها الطالب

تابع معنا كل جديد مع طلاب مدرسة الكيمياء الإلكترونية

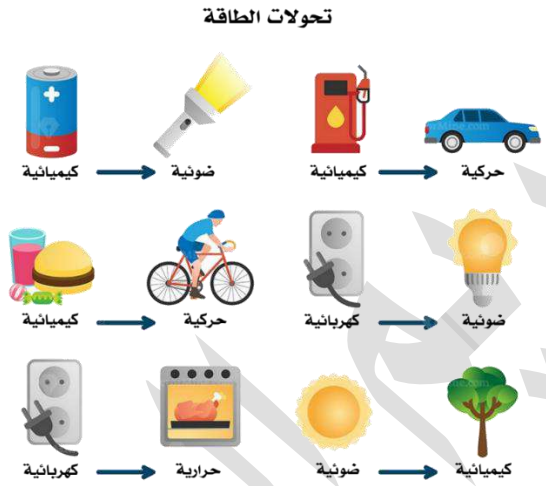
وأيضا على قناتي اليوتيوب **مريم السرطاوي**

https://cutt.us/SCHOOLofCHEMISTRY

رسالتي التعليم المميز للجميع.. نشر الدوسية مجانًا على النت لا يعني أن كاتبها يحلّ التعديل عليها وقص الشعار أو إزالة اسم المعلم وتعديله وغير ذلك

الدرس الأول: تغيرات الطاقة في التفاعلات الكيميائية

- الطاقة: هي القدرة على إنجاز عمل ما
- قانون حفظ الطاقة: "الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من عدم، لكنها تتحول من شكل إلى آخر"
- من أشكال الطاقة: الحركية، الكهربائية، الضوئية، الوضع، النووية، الحرارية، الصوتية، الكيميائية



- الطاقة الكيميائية مثل: الطاقة المختزنة في الطعام والوقود والبطاريات وغيرها، تتحرر هذه الطاقة عند حدوث تفاعلات كيميائية محددة مثل هضم الطعام، أو حرق الوقود، وتتحول لشكل آخر من أشكال الطاقة

تعزيز

تُخزَّن الطاقة الكيميائية في الذرات [طاقة الإلكترونات] ومخزنة في الروابط بين ذرات العناصر [طاقة الروابط الكيميائية] وأيضا مخزنة في قوى التجاذب بين الجزيئات المكونة للمادة، ونعتبر هذه الطاقة الكيميائية المخزونة طاقة وضع كامنة

مثال توضيحي:

في وقود الجازولين [الخاص بالسيارات] C_8H_{18} لو تم إلقاء عود ثقاب على خزان جازولين فإن هذه الشعلة الحرارية ستعمل على تصادم الذرات بعضها ببعض فتنكسر الروابط بين الذرات وتنفصل قوى التجاذب بين جزيئات المركب، وتتحرر الطاقة الكيميائية الداخلية لتصل أعلى حد من الطاقة، عندها يبدأ تفاعل الاحتراق بين تلك العناصر وأكسجين الهواء الجوي؛ فيتكون ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء وحرارة عالية جدًّا

إذًا تحوّلت الطاقة الكيميائية إلى طاقة حرارية نتيجة تفاعل كيميائي، وصدر من هذا التفاعل انبعاث طاقة

- ما أهمية التفاعلات الكيميائية؟

تعدُّ التفاعلات الكيميائية المصدر الأساسي لأشكال الطاقة على سطح الأرض

التغير في المحتوى الحراري [تغير الإنثالبي] Enthalpy والطاقة المرافقة للتفاعل

عند حدوث التفاعلات الكيميائية يحدث تغير على مخزون الطاقة [المحتوى الحراري] في المواد المتفاعلة والناتجة فتنبعث أو تُمتص طاقة في ذلك التفاعل

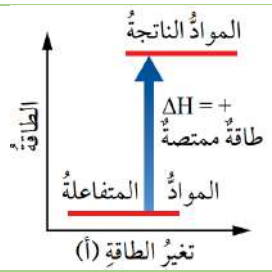
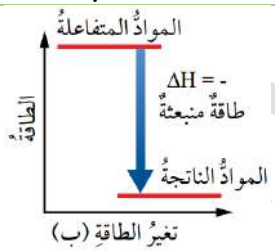
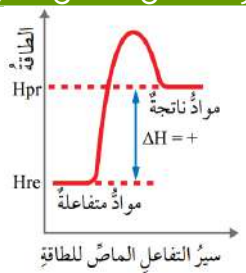
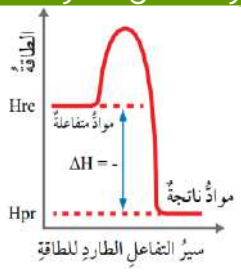
فما المقصود بالمحتوى الحراري [enthalpy]؟

هو كمية الطاقة المخزونة في مول واحد من المادة، ورمزه H ويسمى الإنثالبي

تنبيه: نستطيع تسمية المحتوى الحراري بالطاقة، فهو بالأصل كمية طاقة مخزونة

ما المقصود بالتغير في المحتوى الحراري [change in enthalpy]؟

هو كمية الطاقة الممتصة أو المنبعثة خلال التفاعل، ورمزه ΔH والمثلث نسميه دَلتا

أنواع الطاقة المرافقة للتفاعلات الكيميائية	
طاقة ممتصة [يكسب طاقة أثناء تكسير روابط المتفاعلات] تطبيقات حياتية: طهو الطعام، البناء الضوئي، التحليل الكهربائي	طاقة منبعثة [يفقد طاقة أثناء تكوين روابط النواتج] تطبيقات حياتية: احتراق وقود غاز الطبخ، طاقة البطارية، احتراق شريط مغنيسيوم
الطاقة الممتصة	الطاقة المنبعثة
	
سير التفاعل الماص للحرارة	سير التفاعل الطارد للحرارة
	
طاقة المواد الناتجة أعلى من طاقة المواد المتفاعلة فيكون تغير الإنثالبي موجب ونوع التفاعل ماص للحرارة	طاقة المواد الناتجة أقل من طاقة المواد المتفاعلة فيكون تغير الإنثالبي سالب ونوع التفاعل طارد للحرارة

إشارة التغير في الإنثالبي بجانب القيمة العددية تعتمد على نوع التفاعل

من الشكل [1]:

تزداد طاقة المواد المتفاعلة إلى أن تصل إلى أعلى قيمة لها وتسمى طاقة التنشيط، ثم تنخفض خلال تكوين المواد الناتجة فتكون طاقة النواتج أقل من طاقة المتفاعلات

لا يعتمد التغير في الإنثالبي [ΔH] على الطريقة التي يحدث بها التفاعل بل يعتمد على:

1- الحالة الابتدائية لطاقة المواد المتفاعلة الإنثالبي للمتفاعلات H_{re}

2- الحالة النهائية لطاقة المواد الناتجة الإنثالبي للنواتج H_{pr}

كيفية حساب التغير في المحتوى الحراري:

التغير في المحتوى الحراري للتفاعل [تغير الإنثالبي] =

المحتوى الحراري للمواد الناتجة - المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة

$$\Delta H = H_{pr} - H_{re}$$

وحدة قياس المحتوى الحراري [الإنثالبي] = كيلوجول/مول (kJ/mol)

تدريب:

من مخطط الطاقة التالي أحسب ΔH وحدِّد نوع التفاعل

نحسبها من القيم على المخطط مباشرة أو بالقانون

$H_{pr} = 20 , H_{re} = 100$ $\Delta H = H_{pr} - H_{re}$

$$\Delta H = 20 - 100 = -80kJ$$

التفاعل طارد للحرارة لأن الإشارة بالسالب، طاقة النواتج أقل من طاقة المتفاعلات

تدريب: أحسب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل إذا علمت أن المحتوى الحراري للنواتج = 175KJ والمحتوى الحراري للمتفاعلات = 50KJ ، ثم حدِّد نوع التفاعل

نحسبها من العلاقة الرياضية

$H_{pr} = 175 , H_{re} = 50$ $\Delta H = H_{pr} - H_{re}$

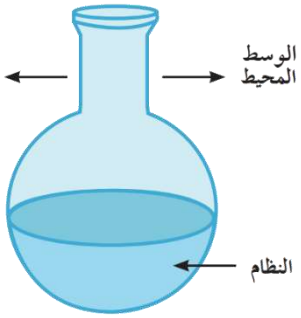
$$\Delta H = 175 - 50 = +125kJ$$

التفاعل ماص للحرارة لأن الإشارة بالموجب، طاقة النواتج أعلى من طاقة المتفاعلات

تنبيه مهم: نكتب عادة وحدة الإنثالبي والتغير في الإنثالبي بالكيلوجول، ونعلم مبدئيًّا أنها كيلوجول/ مول، مثل معاملات المعادلة الموزونة لو كانت 1 مول فلا نكتبها أمام المادة لكن نعلم أنها 1 مول، ولا بد من كتابة الإشارة موجبة أو سالبة بجانب التغير في الإنثالبي للدلالة على نوع التفاعل

جملة ذهنية لحفظ مخطط الطاقة:
تفاعل ماص واصعد بالناتج موجب، تفاعل طارد وانزل بالناتج سالب

سؤال أفكر ص45: كيف يتم انتقال الحرارة من المدفأة إلى الأشخاص المحيطين بها؟
عن طريق الحمل والإشعاع



تعزيز:
نفهم من سؤال أفكر السابق أنه أيضًا يحدث تبادل للطاقة بين وسط التفاعل والوسط المحيط عن طريق الحمل والإشعاع حيث لدينا:
1- نظام 2- وسط محيط

- النظام: هو الذي يحدث فيه التفاعل أو هو موضوع الدراسة [يشمل المتفاعلات والنواتج]
- الوسط المحيط: هو الذي يحيط بالنظام ويتبادل معه الطاقة على شكل حرارة فالحرارة إما أن تتدفق داخل النظام أو خارجه حسب الاختلاف في درجة الحرارة بين النظام والمحيط؛ لأن الحرارة تنتقل من الوسط الأعلى إلى الوسط الأقل درجة

- أنواع النظام في التفاعلات الكيميائية
1- نظام معزول: لا تنتقل الطاقة ولا المادة الناتجة
2- نظام مغلق: تنتقل الطاقة ولا تنتقل المادة الناتجة
3- نظام مفتوح: تنتقل الطاقة وتنتقل المادة الناتجة، مثل الغاز الصاعد في الوعاء المفتوح

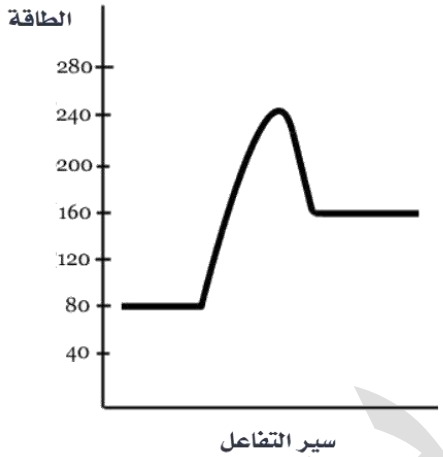
إذا بسبب تبادل الحرارة بين النظام والمحيط، تنقسم التفاعلات الكيميائية الحرارية إلى:

1- تفاعلات كيميائية طاردة للحرارة: يطرد النظام الحرارة إلى المحيط [يفقدها] $-\Delta H$
2- تفاعلات كيميائية ماصة للحرارة: يمتص النظام الحرارة من المحيط [يكسبها] $+\Delta H$

وهناك تفاعلات كيميائية لا حرارية: أي لا تطرد ولا تمتص الحرارة، محصلة تغير الإنثالبي = صفر

أتدرب [1]: التغير في المحتوى الحراري

تدريب: من خلال مخطط الطاقة التالي لتفاعل ما، أكمل الفراغ بما يُناسب:



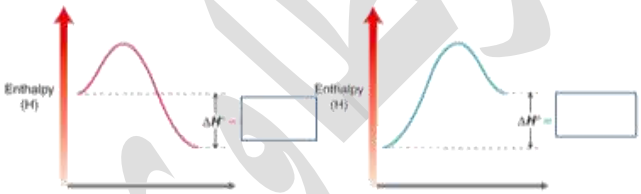
1- المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة = ... كيلوجول

2- المحتوى الحراري للمواد الناتجة = ... كيلوجول

3- التغير في المحتوى الحراري لذلك التفاعل = ... كيلوجول

4- نوع هذا التفاعل ..... للحرارة لأن طاقة النواتج ..... من طاقة المتفاعلات

تدريب: من الشكل التالي، حدد التفاعل الطارد والماص للحرارة مع توضيح نوع إشارة التغير في الإنثالبي



تدريب :

في تفاعل ما كانت: ΔH = -434kJ وطاقة المتفاعلات = 750kJ فما هي طاقة النواتج، وفسِّر لمَ هذا التفاعل طارد للحرارة؟

تفاعلات طاردة للحرارة Exothermic
تفاعلات ماصة للحرارة Endothermic

مقارنة بين التفاعلات الطاردة والماصة للحرارة

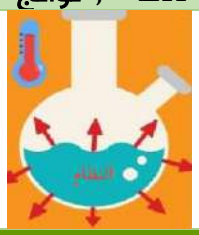
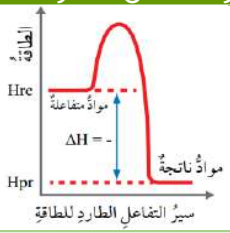
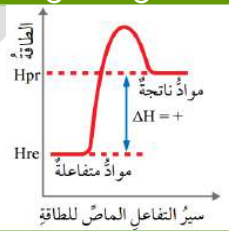
ماذا يحدث لدرجة حرارة الوسط المحيط؟

التفاعل الطارد	التفاعل الماص
ترتفع درجة حرارة الوسط المحيط لأن النظام طرد طاقة إلى الوسط المحيط	تنخفض درجة حرارة الوسط المحيط لأن النظام امتص طاقة من الوسط المحيط

أشهر الأمثلة

التفاعل الطارد	التفاعل الماص
1- تفاعلات الاحتراق، مثل: احتراق غاز الميثان أو سائل الكيروسين في المدفأة فنشعر بالدفء، احتراق سكر الجلوكوز في الجسم فيزود الجسم بالطاقة 2- تفاعلات التعادل للأحماض والقواعد 3- تفاعلات الثيرمايت 4- تنفس الكائنات الحية	1- تفاعلات التحلل [التفكك] الحراري، لتفكيك المادة إلى مكوناتها لا بد من امتصاص كمية كبيرة من الطاقة لكسر روابط ذراتها وتحللها 2- تفاعلات البناء الضوئي في النباتات: يمتص النبات الطاقة من الشمس لتتم عملية البناء الضوئي التي فيها ينتج غاز الأكسجين وغذاء النبات (الجلوكوز)

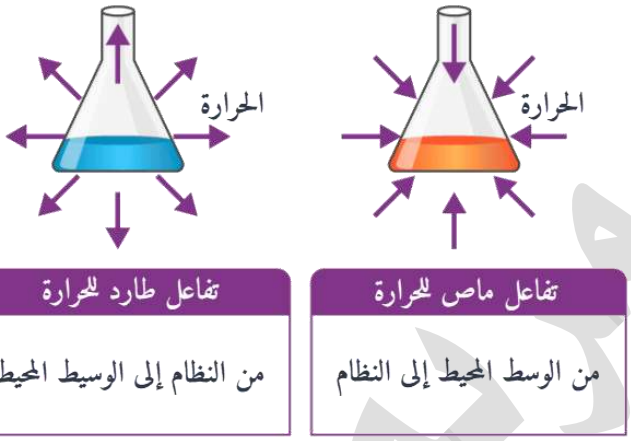
كيفية كتابة معادلة التفاعل الحراري

التفاعل الطارد	التفاعل الماص
متفاعلات → نواتج + Heat **متفاعلات → نواتج + ΔH** **متفاعلات → نواتج ، $\Delta H = -kJ$**	متفاعلات + Heat → نواتج متفاعلات + ΔH → نواتج متفاعلات → نواتج ، $\Delta H = +kJ$
	
سير التفاعل الطارد للحرارة	سير التفاعل الماص للحرارة
	
$H_{pr} < Hre$ $\Delta H < 0$	$H_{pr} > Hre$ $\Delta H > 0$

ما المقصود بالتفاعلات الطاردة والتفاعلات الماصة للحرارة؟

التفاعلات الطاردة للحرارة: تفاعلات يتم فيها تزويد الوسط المحيط بالطاقة [تطرد طاقة]

التفاعلات الماصة للحرارة: تفاعلات يتم تزويدها بالطاقة من الوسط المحيط [تمتص طاقة]



نعبر عن عمليات الطارد والماص للحرارة باستخدام المعادلة الكيميائية الحرارية

تعريف المعادلة الكيميائية الحرارية: معادلة كيميائية يُعبَّر فيها عن الطاقة المرافقة للتفاعل

ما الفوائد المستفادة من الحرارة المنبعثة من التفاعلات الطاردة؟

1- طهو الطعام

2- التسخين بشكل عام، والتسخين من دون لهب لوجبات رواد الفضاء

3- تشغيل المركبات والآلات الصناعية

أفكر ص46: يُستخدم تفاعل الثيرمايت في لحام قضبان السكك الحديدية ويتطلب ذلك تزويده بكمية كبيرة من الحرارة لبدء التفاعل، ورغم ذلك يعد تفاعل الثيرمايت طارداً للحرارة، أفسر ذلك

لأن كمية الحرارة الناتجة من التفاعل أكبر بكثير من كمية الحرارة الممتصة اللازمة لبدء التفاعل

ما هو الثيرمايت؟ وكيف يُحدِث تفاعل الثيرمايت حرارة عالية لصهر الحديد ولحام القضبان؟

الثيرمايت مسحوق من أكسيد فلز يتفاعل مع مسحوق فلز آخر، مثل: تفاعل مسحوق الألمنيوم مع أكسيد الحديد، فعند حرقهما يحل الألمنيوم محل الحديد [تفاعل إحلال أحادي] وتنتج حرارة عالية جدًّا تصل إلى 2400 درجة مئوية تكفي لصهر الحديد الناتج من التفاعل

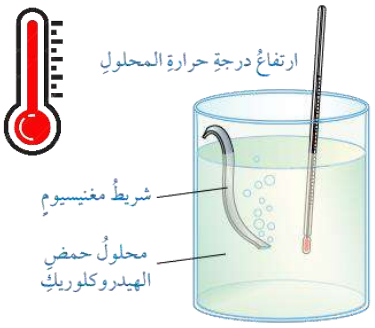
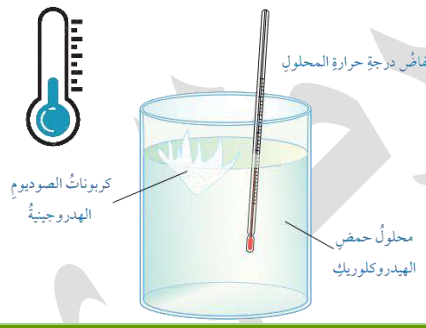
$$2Al_{(s)} + Fe_2O_{3(s)} \rightarrow 2Fe_{(l)} + Al_2O_{3(s)} + Heat$$

أتحقق ص47:

1- أي التفاعلات الآتية يعدُّ ماصًّا للطاقة وأيّها يعدّ طاردًا لها؟

2- ماذا تمثل الطاقة في كل من التفاعلين السابقين؟ وما إشارتها؟

تفاعل (أ)	تفاعل (ب)
$\boldsymbol{C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + Heat}$	$CuCO_{3(s)} + Heat \rightarrow CuO_{(s)} + CO_{2(g)}$
1- طارد للطاقة، لأن الحرارة مع النواتج 2- التغير في المحتوى الحراري للتفاعل والإشارة سالبة	1- ماص للطاقة، لأن الحرارة مع المتفاعلات 2- التغير في المحتوى الحراري للتفاعل والإشارة موجبة

أمثلة تفاعلات الدرس	
تفاعل طارد	تفاعل ماص
إضافة شريط المغنيسيوم Mg إلى محلول حمض الهيدروكلوريك فترتفع درجة حرارة المحلول بسبب طرد الطاقة إلى الوسط المحيط	إضافة كربونات الصوديوم الهيدروجينية NaHCO3 إلى محلول حمض الهيدروكلوريك HCl فتنخفض درجة المحلول بسبب امتصاص طاقة من الوسط المحيط
	
المعادلة الكيميائية الحرارية	
$\boldsymbol{Mg_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow MgCl_{2(aq)} + H_{2(g)} + Heat}$	$NaHCO_3 + 2HCl_{(aq)} + Heat \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$
تفاعل طارد للحرارة $\boldsymbol{\Delta H < 0}$	تفاعل ماص للحرارة $\Delta H > 0$
الطاقة الحرارية نكتبها بالنواتج	الطاقة الحرارية نكتبها بالمتفاعلات

أمثلة تفاعلات كتاب الأنشطة	
تفاعل طارد	تفاعل ماص
يضاف محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH إلى محلول HCl من تفاعلات التعادل بين الأحماض والقواعد	إضافة بلورات كلوريد الأمونيوم إلى الماء

تدريبات محلولة لتمييز التفاعل الطارد والتفاعل الماص للحرارة

قبل التدريبات لا بد أن نتعرف على:

(1) أشهر الأحماض والقواعد لتمييزها في المعادلات الكيميائية الطاردة للحرارة:

أحماض	قواعد
حمض الهيدروكلوريك HCl	هيدروكسيد الصوديوم $NaOH$
حمض الكبريتيك H_2SO_4	هيدروكسيد البوتاسيوم KOH
حمض النتريك HNO_3	هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$
حمض الأسيتيك [الخِليك] CH_3COOH	الأمونيا NH_3

(2) أشهر أنواع الوقود التي تحترق مع الأكسجين لتمييزها فى التفاعلات الطاردة للحرارة:

الكربون [الفحم] C
الهيدروجين H_2
غاز الطبخ [الميثان] CH_4
وقود المركبات [أوكتان] C_8H_{18}
وأي مجموعة هيدروكربونية C_XH_Y

ميِّز التفاعلات الطاردة للحرارة والماصة للحرارة، واذكر السبب

$Ca(OH)_2 + 2HCl \rightarrow Ca(Cl)_2 + 2H_2O$	تفاعل طارد للحرارة لأنه تفاعل تعادل أحماض وقواعد
$2Pb(NO_3)_{2(s)} \rightarrow 2PbO_{(s)} + 4NO_{2(g)} + O_{2(g)}$	تفاعل ماص للحرارة لأنه تفاعل تحلل [تفكك]
$2Al_{(s)} + 3CuO_{(s)} \rightarrow 3Cu_{(l)} + Al_2O_{3(s)}$	تفاعل طارد للحرارة لأنه تفاعل ثيرمايت [نتذكر أن الثيرمايت هو حرق مسحوق أكسيد فلز مع مسحوق فلز ويحدث إحلال أحادي]
$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}$	تفاعل طارد للحرارة لأنه تفاعل احتراق وقود الهيدروجين
$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)} + Heat$	تفاعل طارد للحرارة لوجود الطاقة الحرارية مع النواتج
$C_3H_6O_{(l)} + 4O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$	تفاعل طارد للحرارة لأنه تفاعل احتراق وقود
$2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MgO_{(s)} + Heat$	تفاعل طارد للحرارة لأنه تم حرق شريط المغنيسيوم وكُتبت الحرارة في النواتج

تنبيه مهم حتى لا يُلتبس على الطالب:

في تفاعلات الوقود مع الأكسجين فإن الوقود لا يتفاعل مع الأكسجين إلا إذا اشتعل أو حدثت شرارة أدت لتفاعل الاحتراق، وهذا ينطبق على كل أنواع الوقود، سواء كتبنا الحرارة أم لم نكتبها، فإنه طارد للحرارة
بينما تفاعل الفلزات مع الأكسجين فلا نجزم دائمًا أنه تفاعل احتراق إلا إذا كُتبت الحرارة مع النواتج فنفهم أن الفلز تم حرقه بوجود الأكسجين ونتجت حرارة عالية، فإن لم تُكتب الحرارة فهو تفاعل اتحاد فقط لأن الفلزات تتأكسد مع أكسجين الجو بدون اشتعال حسب سرعة نشاطها الكيميائي

تدريب

في تفاعل التعادل بين حمض الهيدروكلوريك وهيدروكسيد الصوديوم نتجت طاقة من التفاعل بمقدار 57kJ، أكتب المعادلة الكيميائية الحرارية

الطاقة الناتجة من التفاعل هي التغير في المحتوى الحراري وهي $\Delta H = -57kJ$ لأن:

1- السؤال ذكر أنها: طاقة ناتجة من التفاعل فقد تم طردها

2- تفاعلات التعادل بين الأحماض والقواعد تفاعلات طاردة للحرارة

المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل هي:

$$NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$$

نكتب التغير في المحتوى الحراري إما في المعادلة الحرارية مع النواتج كقيمة عددية فقط، أو نكتبه خارج المعادلة بالقيمة والإشارة

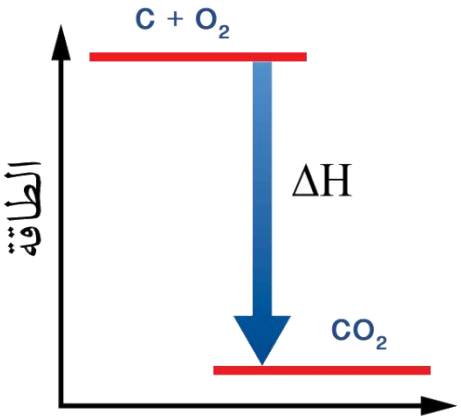
$$NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O + 57kJ$$
$$NaOH_{(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} \quad \Delta H = -57kJ$$

أتدرب [2]: التفاعلات الطاردة والماصة للحرارة

تدريب: إذا علمت أن تفاعل احتراق الفحم ينتج منه طاقة مقدارها = 394KJ

ومن خلال المخطط التالي، أجب عما يلي:

(1) اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية



(2) حدد قيمة وإشارة التغير في المحتوى الحراري للتفاعل على الرسم المقابل

تدريب: حدد نوع التفاعل [طارد أم ماص للحرارة] واذكر السبب:

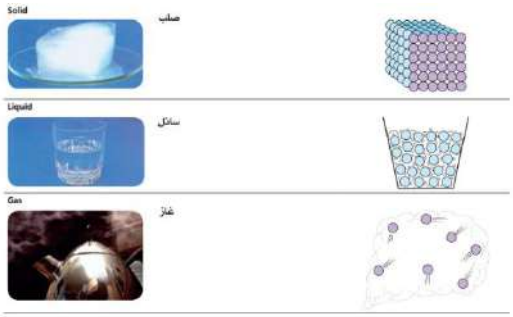
التفاعل	نوعه والسبب
$NaOH_{(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$	
$2KMnO_{4(s)} \rightarrow K_2MnO_{4(s)} + MnO_{2(g)} + O_{2(g)}$	
$2Al_{(s)} + Fe_2O_{3(s)} \rightarrow 2Fe_{(l)} + Al_2O_{3(s)} + \Delta H$	
$2C_{(s)} + H_{2(g)} + Heat \rightarrow C_2H_{2(g)}$	
$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$	

الطاقة المرافقة أثناء التغير الفيزيائي

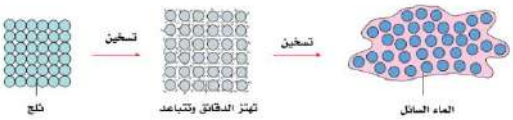
تعلمنا أن الطاقة ترافق التفاعل الكيميائي، أيضا الطاقة ترافق عمليات التغير الفيزيائي:
مثل الانصهار، التبخر، التجمد، التكاثف، التسامي

أولاً نستذكر بعض الأساسيات:

الحالات الفيزيائية للمادة:
صلبة - سائلة - غازية

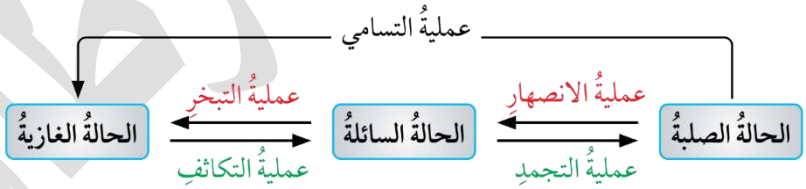


لكل حالة فيزيائية خصائص تعتمد على طبيعة المادة والروابط بين جسيماتها: من الشكل المقابل، دقائق الماء في الحالة الصلبة أكثر ترابطًا من الحالة السائلة ومن الغازية



كيف تتحول المادة نفسها من حالة فيزيائية إلى أخرى؟
من خلال تغيير درجة الحرارة [تبريد، تسخين]، فيحدث تغيير في طاقة المادة، فيكون هذا التحول الفيزيائي طارد أو ماص للطاقة

تنبيه: التحول من حالة لأخرى هو تغيير لحالة المادة الفيزيائية ويرافقه طاقة أي تغير في المحتوى الحراري، أمّا تركيب المادة الكيميائي فيبقى ثابتًا ولا يتغير



سؤال ص49: أي هذه التحولات يسبب انبعاثًا للطاقة الحرارية وأيها يتطلب امتصاصًا لها؟
عمليات الانصهار والتبخر والتسامي لا بد من تزويدها بالحرارة، فهي عمليات ماصة للحرارة
عمليات التجمد والتكثف يحدث منهما انبعاث حرارة، فهي عمليات طاردة للحرارة

تعزيز:

(1) تغير الحالة الفيزيائية للمادة هو عبارة عن تغير عكسي، ونعبر عنه من خلال معادلة كيميائية حرارية، ولا يعني ذلك أن تفاعلاً كيميائيًا قد حدث
(2) لا يحدث تغيير على تركيب المادة الكيميائي، إنما تنفصل الروابط بين دقائق المادة أثناء عملية التحوّل

[1] الانصهار

تعريف الانصهار: هو تحول المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة

كيف تتحول المادة من صلبة إلى سائلة [عملية الانصهار]؟

تتحول بتزويد المادة الصلبة بكمية من الطاقة الحرارية للتغلب على الروابط بين جزيئات المادة أو ذراتها

مثال1: انصهار الجليد إلى ماء سائل H_2O تتفكك جزيئات الماء المترابطة وتتباعد حتى يصبح سائلاً، لكن لا تتفكك الذرات ولا يتغير تركيب الماء

مثال2: انصهار الحديد الصلب إلى حديد سائل، فتتفكك ذرات الحديد المترابطة وتتباعد حتى يصبح سائلاً

ما نوع الطاقة المرافقة لعملية الانصهار؟

لأن العملية تحتاج تزويد بالطاقة الحرارية فهي عملية ماصة للحرارة

لماذا نشعر ببرودة الجو عند انصهار الثلج والجليد المتراكم في أيام الشتاء؟

لأن الجليد والثلج يمتص الطاقة الحرارية من الوسط المحيط ليتحول إلى ماء سائل فتنخفض درجة حرارة الجو ونشعر بالبرد

تنبيهات مهمة:

(1) نفرق بين الذوبان والانصهار، فالانصهار عملية فيزيائية لمادة واحدة تحفظ المادة فيها تركيبها الكيميائي، بينما الذوبان عملية تحتاج لوجود مادتين مذيب ومذاب

(2) كمية الطاقة الحرارية اللازمة للانصهار تعتمد على كمية المادة الصلبة

تعريف طاقة الانصهار المولية: كمية الطاقة اللازمة لتحويل مول من الجليد عند درجة حرارة ثابتة إلى الحالة السائلة

لكل مادة صلبة طاقة انصهار مولية خاصة بها

مثال: طاقة الانصهار المولية للجليد = 6.01kJ أي أنها الطاقة اللازمة لصهر 1 مول جليد

المعادلة الكيميائية للتغير الفيزيائي [انصهار الجليد] هي:

$$H_2O_{(s)} + 6.01kJ \rightleftharpoons H_2O_{(l)}$$

تنبيه: هذا ليس تفاعلاً كيميائيًّا، إنما معادلة كيميائية تصف التغير الفيزيائي وهو عكسي

[2] التبخر

تعريف التبخر: هو تحول المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية

كيف تتحول المادة من سائلة إلى غازية [عملية التبخر]؟

تتحول بتزويد المادة السائلة بكمية من الطاقة الحرارية للتغلب على الروابط بين جزيئات المادة أو ذراتها

مثال1: يتحول الماء السائل H_2O إلى بخار ماء عند درجة الغليان 100 درجة مئوية، عند تزويده بطاقة حرارية فتتحرر جزيئات الماء المترابطة وتتباعد

ما نوع الطاقة المرافقة لعملية التبخر؟

لأن العملية تحتاج تزويد بالطاقة الحرارية فهي عملية ماصة للحرارة

لماذا نشعر ببرودة بالجسم أو القشعريرة بعد عملية الاستحمام؟

لأن الماء على سطح الجسم يتبخر مستمدًا الطاقة الحرارية اللازمة للتبخر من الجلد فتنخفض حرارة الجسم ويشعر بالقشعريرة

تعريف طاقة التبخر المولية: كمية الطاقة اللازمة لتحويل مول من المادة السائلة إلى غاز عند درجة حرارة معينة وهي درجة الغليان

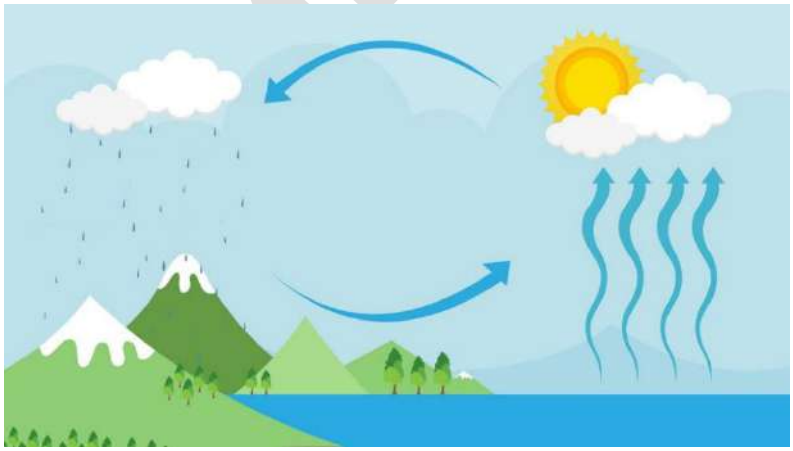
لكل مادة سائلة طاقة تبخر مولية خاصة بها

مثال: طاقة التبخر المولية للماء = 40.7kJ أي أنها الطاقة اللازمة لتبخير 1 مول من الماء

المعادلة الكيميائية للتغير الفيزيائي [تبخر الماء] هي:

$$H_2O_{(l)} + 40.7kJ \rightleftharpoons H_2O_{(g)}$$

أفكر ص50: تلعب عملية التبخر دورًا مهمًا في الحفاظ على درجة حرارة سطح الأرض وتوزيع الحرارة عليه، أوضح ذلك؟



نتذكر دورة الماء في الطبيعة: حيث تتبخر مياه المحيطات والبحار بفعل حرارة الشمس، يختزن بخار الماء تلك الطاقة الممتصة ويرتفع لطبقات الجو العليا الأقل حرارة فيبرد ويتكاثف وبالتالي يفقد الطاقة وهكذا يستمر نقل الطاقة وتوزيع الحرارة

[3] التجمد

تعريف التجمد: هو تحول المادة السائلة إلى مادة صلبة

كيف تتحول المادة من سائلة إلى صلبة [عملية التجمد]؟

تتحول المادة السائلة إلى صلبة بتبريدها وذلك بخفض درجة حرارتها أي تفقد الطاقة، فتقل حركة الجزيئات أو الذرات ويزداد التجاذب والتماسك بينها

مثال1: يتجمد الماء السائل H_2O إلى جليد عند درجة صفر سيلسيوس

ما نوع الطاقة المرافقة لعملية التجمد؟

لأن العملية فيها فقد طاقة فهي عملية طاردة للحرارة

تعريف طاقة التجمد المولية: كمية الطاقة الناتجة عن تجمد مول من المادة عند درجة حرارة معينة

لكل مادة طاقة تجمد مولية خاصة بها عند درجة حرارة معينة وعند نفس درجة الحرارة يحدث أيضا الانصهار

مثال: طاقة التجمد المولية للماء = -6.01kJ أي أنها الطاقة التي تنطلق عند التجمد

المعادلة الكيميائية للتغير الفيزيائي [تجمد الماء] هي:

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2O_{(s)} + 6.01kJ$$

[4] التكاثف

تعريف التكاثف: هو تحول المادة الغازية إلى مادة سائلة

كيف تتحول المادة من غازية إلى سائلة [عملية التكاثف]؟

تتحول المادة الغازية إلى سائلة بزيادة الضغط المؤثر عليها وخفض درجة حرارتها فتفقد طاقة، تتقارب جزيئات الغاز وتنجذب لبعضها لتصبح سائلة

ما نوع الطاقة المرافقة لعملية التكاثف؟

لأن العملية فيها فقد طاقة فهي عملية طاردة للحرارة

تعريف طاقة التكاثف المولية: كمية الطاقة المنبعثة عن تكاثف مول من الغاز عند درجة الغليان

لكل مادة طاقة تكاثف مولية خاصة بها وهي تساوي طاقة التبخر المولية، عند درجة الغليان

مثال: طاقة التكاثف المولية للماء = -40.7kJ أي أنها الطاقة التي تنطلق عند التكاثف

المعادلة الكيميائية للتغير الفيزيائي [تكاثف بخار الماء] هي:

$$H_2O_{(g)} \rightleftharpoons H_2O_{(l)} + 40.7kJ$$

[5] التسامي

تعريف التسامي: هو تحول المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية دون المرور بالسائلة

كيف تتحول المادة من صلبة إلى غازية مباشرة [عملية التسامي]؟

تتحول مباشرة دون المرور بالحالة السائلة عن طريق تزويدها بطاقة لتكسير روابط جزيئاتها أو ذراتها فيضعف التجاذب بينها وتتحول إلى الغازية

ما نوع الطاقة المرافقة لعملية التسامي؟

لأن العملية فيها تزويد بالطاقة فهي ماصة للحرارة

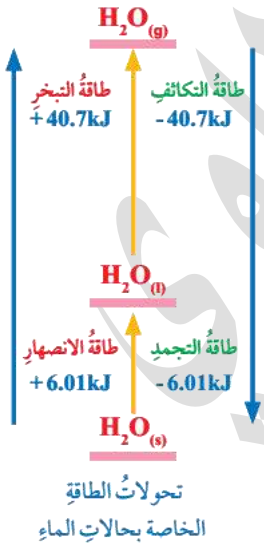
طاقة التسامي المولية: يتم حسابها عن طريق جمع طاقة الانصهار المولية وطاقة التبخر المولية

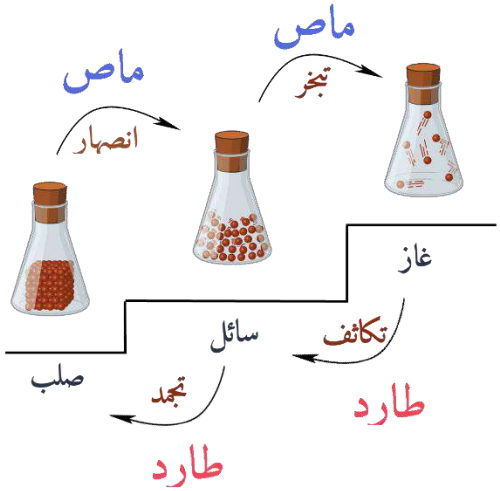
يُلاحظ تصاعد بخار من الثلج في أيام الشتاء عند سطوع الشمس، وهذا هو تسامي الجليد

مثال: طاقة التسامي المولية للماء = 40.7 + 6.01 = 46.71kJ

المعادلة الكيميائية للتغير الفيزيائي [تكاثف بخار الماء] هي:

$$H_2O_{(s)} + 46.71kJ \rightleftharpoons H_2O_{(g)}$$





تفاعل ماص اصعد موجب، تفاعل طارد انزل سالب

أتحقق ص 51: أي التحولات الفيزيائية الآتية يرافقه انبعاث للحرارة؟ وأيها يرافقه امتصاص لها؟

1) جفاف الملابس بعد غسلها ونشرها وتعريضها لأشعة الشمس

جفاف الملابس من الماء بفعل أشعة الشمس معناه تبخر الماء أي تحوله من سائل إلى غاز والتبخر لذا يلزمه طاقة حرارية وهي أشعة الشمس، التحول يرافقه امتصاص حرارة

2) انصهار الكتل الجليدية أيام الربيع في المناطق الشمالية من الكرة الأرضية

انصهار الجليد معناه تحوله من الصلب إلى السائل فيحتاج إلى طاقة حرارية وهي أشعة الشمس، التحول يرافقه امتصاص حرارة

3) تكوّن الصقيع (الجليد) في ليالي الشتاء الباردة

تكون الصقيع معناه تجمد الماء، حيث تنخفض درجة حرارة الجو إلى ما دون الصفر المئوي وبسبب ملامسة الماء السائل للأرض الباردة تنخفض حرارته أي يفقد طاقته إلى الوسط المحيط، ويتحول إلى صقيع، فهو تحول يبعث حرارة

الكمادات الباردة والساخنة

الكمادات الفورية: تستخدم للتخفيف من الآلام الناتجة عن إصابات المباريات الرياضية

مبدأ عمل الكمادات الفورية:

1- تتكون من كيس بلاستيكي يحوي مادة كيميائية، وكيس صغير من الماء

2- عند الضغط على الكمادة ينفجر كيس الماء بداخلها ويختلط بالمادة الكيميائية

3- الكمادة الساخنة:

يحدث تفاعل يرافقه انبعاث حرارة المحلول فتتكون الكمادة الساخنة، عادة تكون المادة الكيميائية هي: كلوريد الكالسيوم أو كبريتات المغنيسيوم

4- الكمادة الباردة:

يحدث تفاعل يرافقه امتصاص طاقة حرارية من الوسط المحيط فتنخفض درجة حرارة المحلول وتتكون الكمادة الباردة، عادة تكون المادة الكيميائية هي: نترات الأمونيوم

أتدرب [3]: الطاقة المرافقة للتحولات الفيزيائية

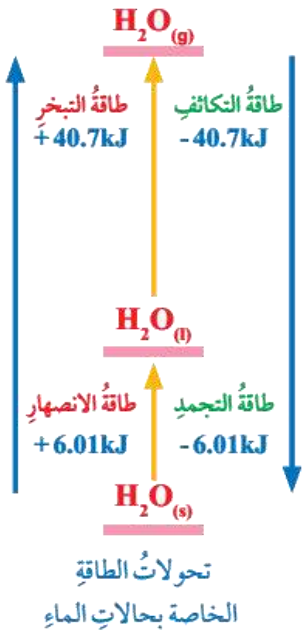
تدريب: إذا علمت أن طاقة التبخر المولية لمادة الإيثانول C_2H_5OH هي 38.6kJ

(1) اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية لتبخر الميثانول

(2) كم سيكون مقدار طاقة التكاثف المولية للإيثانول؟

تدريب: إذا علمت أن طاقة الانصهار المولية لحمض CH_3COOH هي 11.7kJ وطاقة التبخر المولية له هي 23.4kJ فما مقدار طاقة التسامي المولية؟

تدريب: حدد على المخطط التالي، التحول الفيزيائي الطارد والماص للحرارة



تحولاتُ الطاقةِ
الخاصة بحالاتِ الماءِ

حل مراجعة الدرس الأول

ما المقصود بكل مما يأتي:

- المحتوى الحراري: كمية الطاقة المخزونة في مول من المادة
- التفاعل الماص للحرارة: تفاعل يتطلب حدوثه تزويده بكمية مناسبة من الطاقة من الوسط المحيط
- التفاعل الطارد للحرارة: تفاعل يتم فيه تزويد الوسط المحيط بالطاقة
- طاقة التبخر المولية: كمية الطاقة اللازمة لتحويل مول من المادة السائلة إلى غاز عند درجة حرارة معينة [درجة الغليان]
- طاقة التكاثف المولية: كمية الطاقة المنبعثة عند تكاثف مول من الغاز عند درجة الغليان

أحسب المتغيرات: إذا كان المحتوى الحراري للمواد الناتجة لتفاعل ما (120kJ) وللمواد المتفاعلة (80kJ) فكم يكون التغير في المحتوى الحراري للتفاعل؟ وما إشارته؟

- نستخدم قانون التغير في المحتوى الحراري:

$$\Delta H = H_{pr} - H_{re} \qquad H_{pr} = 120\,, H_{re} = 80$$

$$\Delta H = 120 - 80 = +40kJ$$

التفاعل ماص للحرارة لأن الإشارة بالموجب، طاقة النواتج أكبر من طاقة المتفاعلات

أفسر: التغير في المحتوى الحراري ΔH لبعض التفاعلات يكون سالبًا

- لأن طاقة المواد الناتجة أقل من طاقة المواد المتفاعلة

أصنف: التفاعلات الماصة للحرارة، والتفاعلات الطاردة لها:

$$CaO_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow Ca(OH)_{2(s)} + 65.2kJ$$

- التفاعل طارد للحرارة لأن التغير في الإنثالبي مع النواتج

$$2NaHCO_{3(s)} + 85kJ \rightarrow Na_2CO_{3(s)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

- التفاعل ماص للحرارة لأن التغير في الإنثالبي مع المتفاعلات

أفسر:

(1) الانخفاض النسبي لدرجة حرارة الهواء الملامس لسطح الأرض أثناء انصهار الثلج في أيام الشتاء

لأن عملية الانصهار يجب تزويدها بطاقة حتى تحدث، والثلج يمتصها من الوسط المحيط، فتنخفض درجة حرارة الوسط المحيط من سطح الأرض والهواء الملامس له

(2) تستخدم الكمادة الباردة للمساعدة على خفض درجة حرارة الأطفال الذين يعانون من الحمى

لأن الحرارة تنتقل من الوسط الأعلى درجة إلى الأقل درجة، حيث تنتقل الحرارة من جسم الطفل المصاب بالحمى إلى الكمادة الباردة، وبهذا تنخفض درجة حرارة جسمه

أحسب المتغيرات: إذا كان المحتوى الحراري للمواد الناتجة عن تفاعل ما (140kJ) والتغير في المحتوى الحراري للتفاعل (-60kJ) فكم يكون المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة؟

نستخدم قانون التغير في المحتوى الحراري:

$$\Delta H = H_{pr} - H_{re}$$

$$H_{pr} = 140\,, H_{re} = ?\quad \Delta H = -60kJ$$

بالتعويض

$$-60 = 140 - H_{re}$$

$$-60 - 140 = -H_{re}$$

$$-200 = -H_{re}$$

$$H_{re} = 200kJ$$

الدرس الثاني: الطاقة الممتصة والطاقة المنبعثة من المادة

السعة الحرارية Heat Capacity

الحرارة النوعية Specific Heat Capacity

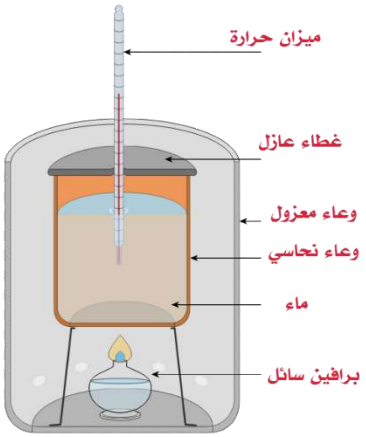
كيف تنتقل الحرارة بين المواد؟

تنتقل الحرارة عادة من المادة ذات الدرجة الحرارة العليا إلى المادة ذات الدرجة الحرارة الدنيا

تتبادل المواد الطاقة فيما بينها تبعًا إلى:

1- طبيعتها 2- اختلاف درجة الحرارة

مثلاً لدينا في الصورة وعاء معزول حتى لا تتسرب الطاقة للخارج:



1- سائل البرافين [الكاز]: يحترق فيبعث طاقة حرارية، تختلف الحرارة المنبعثة من وقود لآخر [اتجاه الطاقة "طارد"]

2- الماء: يتعرض للتسخين فهو يمتص تلك الطاقة الحرارية وترتفع درجة حرارته [اتجاه الطاقة "ماص"] والقدرة على امتصاص الحرارة تختلف حسب نوع المادة وطبيعتها

3- في حالة النظام المغلق أو المفتوح فإننا سنفقد جزءًا من الحرارة إلى الوسط المحيط أما في هذا الشكل فإن النظام معزول:

فتكون الطاقة التي امتصها الماء هي نفسها التي بعثها سائل البرافين بسبب الاحتراق

تعزيز:

نستطيع حساب تلك الطاقة الممتصة أو المنبعثة من خلال معادلات اكتشفها العلماء من خلال التجارب، بحيث يعتمد حسابها على نوعية المادة، اختلاف درجة الحرارة

أي أن كمية الحرارة لمادة معينة [ممتصة أو منبعثة] = ثابت المادة × التغير في درجة الحرارة

وهذا الثابت تم تسميته بالسعة الحرارية للمادة

ما المقصود بالسعة الحرارية [Heat capacity]؟

هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة المادة درجة سيليزية واحدة، ورمزها C

طريقة قياس كمية الحرارة التي تمتصها المادة عن تسخينها أو تنبعث منها عند تبريدها		
q : C : Δt :	كمية الحرارة الممتصة أو المنبعثة (المفقودة) (J) السعة الحرارية للمادة (J/°C) التغير في درجة الحرارة (النهائية - الابتدائية)	$C = \frac{q}{\Delta t}$ $q = C \times \Delta t$

لاحقًا فهم العلماء من التجارب أن السعة الحرارية للمادة تعتمد على:

1- كتلة المادة m

2- مقدار التغير في درجة الحرارة Δt

فتم إدخال مصطلح جديد عوضًا عن السعة الحرارية وهو الحرارة النوعية بحيث يتم تحديد الكتلة ضمن المعادلة

كل مادة لها حرارة نوعية خاصة بها وهو مقدار ثابت يتم قياسه عن طريق جهاز المُسعِر

ما المقصود بالحرارة النوعية [Specific Heat capacity]؟

هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من المادة درجة سيليزية واحدة عند ضغط ثابت ورمزها s

طريقة قياس كمية الحرارة التي تمتصها المادة عن تسخينها أو تنبعث منها عند تبريدها		
q : s : m : Δt :	كمية الحرارة الممتصة أو المنبعثة (المفقودة) (J) الحرارة النوعية للمادة (J/g.°C) كتلة المادة (g) التغير في درجة الحرارة ($\Delta t = t_2 - t_1$)	$s = \frac{q}{m\Delta t}$ $q = s \times m \times \Delta t$

كيف يتم قياس الحرارة النوعية للمواد؟

يستخدم جهاز المُسْعِر Calorimetry لقياس الحرارة النوعية للمواد

ما المقصود بالمُسْعِر؟

وعاء معزول حراريًّا، يستخدم لقياس كمية الطاقة الممتصة أو المنبعثة من تفاعل كيميائية أو تحول فيزيائي

كيفية عمل المسعر:

1- توضع فيه كمية معلومة من الماء [ونحن نعرف الحرارة النوعية للماء] يعمل الماء على امتصاص الحرارة الناتجة عن التفاعل أو تزويد التفاعل بالحرارة اللازمة

2- تُقاس درجة حرارة الماء الابتدائية والنهائية وبذلك نحصل على التغير في درجة الحرارة

3- نحسب كمية الحرارة الممتصة أو المنبعثة، أو نحسب الحرارة النوعية للمادة الثانية داخل المسعر، بحيث أن: الطاقة التي امتصها الماء = الطاقة التي فقدتها المادة أو بالعكس

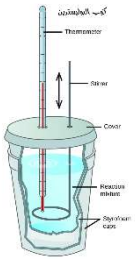
أنواع المسعر

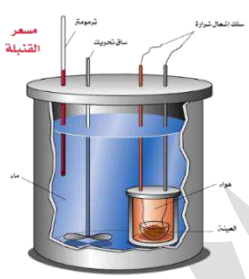
1- مُسعِر القنبلة

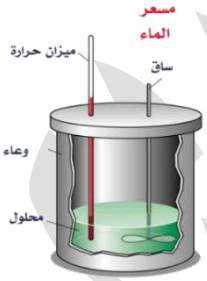
2- مسعر الماء

3- مسعر الثلج

4- مسعر التكثيف







وقد يُستخدم كوب البوليسترين بديلاً عن المسعر في التجارب المختبرية البسيطة

يُعتبر المُسعِر نظامًا معزولاً، يتم تبادل الحرارة في داخل المسعر بين مادتين، نعتبر مادة هي النظام والأخرى هي الوسط المحيط، بحيث تنتقل الحرارة من الأعلى درجة إلى الأقل درجة

المادة التي تنخفض حرارتها نعتبرها بعثت أو فقدت طاقة (q-) والمادة التي ارتفعت حرارتها نعتبرها امتصت طاقة (q+)

جدول بالحرارة النوعية لبعض المواد عند درجة حرارة 25°C

المادة	الحرارة النوعية(J/g.°C)	المادة	الحرارة النوعية(J/g.°C)
الماء (السائل)	4.18	الألمنيوم	0.89
الثلج	2.03	الكالسيوم	0.65
بخار الماء	2.01	الحديد	0.45
الهواء	1.01	النحاس	0.38
الإيثانول	2.44	الفضة	0.24
المغنيسيوم	1.02	الذهب	0.13

مقارنة بين الحرارة النوعية للماء السائل و الحرارة النوعية للحديد			
الماء (السائل)	4.18	الحديد	0.45
يمتص الغرام الواحد من الماء السائل مقدار طاقة 4.18 جول ليرتفع درجة سيليزية واحدة		**يمتص الغرام الواحد من الحديد مقدار طاقة 0.45 جول ليرتفع درجة سيليزية واحدة**	
يحتاج الماء كمية كبيرة من الحرارة فيرتفع ببطء ويفقد الحرارة التي اكتسبها ببطء		**يحتاج الحديد كمية قليلة من الحرارة فيرتفع بسرعة ويفقد الحرارة التي اكتسبها بسرعة**	
تأثر الماء بالحرارة أقل		**تأثر الحديد بالحرارة أكبر**	
ترتفع درجة حراره الماء 1 درجة في نفس الوقت والكمية ومقدار التسخين 		ترتفع درجة حراره الحديد 20 درجة في نفس الوقت والكمية ومقدار التسخين 	

سؤال أفكر ص56: لماذا تبقى درجة حرارة جسم الإنسان السطحية ثابتة تقريبًا (37°C) رغم تعرضه إلى تقلبات الحرارة اليومية؟

لأن 70% من كتلة جسم الإنسان تتكون من الماء ونظرًا لارتفاع الحرارة النوعية للماء فإن تأثره بالحرارة يكون قليلاً، ومن ثم فإن الجسم لا يتأثر بتقلبات الحرارة اليومية للجو

- كلما قلت الحرارة النوعية للمادة فإنها تمتص كميات قليلة من الحرارة فترتفع حرارتها بسرعة وأيضًا تفقدها بسرعة
- الفلزات [المعادن] لها حرارة نوعية أقل من غيرها من المواد، ولذا ترتفع حرارتها بشكل أسرع
- الماء حرارته النوعية عالية عن باقي المواد ولذا يكسب الحرارة بشكل أبطأ ويفقدها بشكل أبطأ

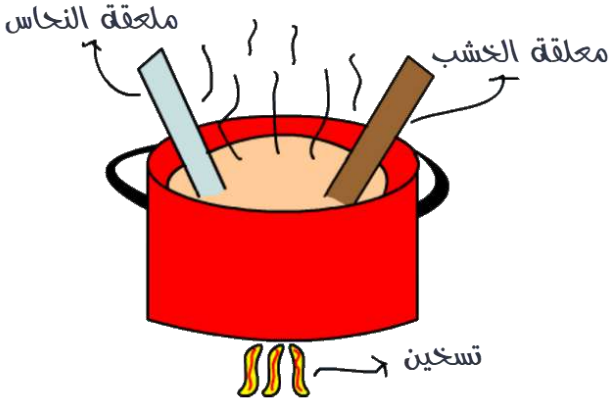
تأثير الحرارة النوعية للماء على حياتنا

لماذا لا يتأثر جسم الإنسان والكائنات الحية بتقلبات الجو والحرارة كما تتأثر المعادن؟

لأن الماء يشكل في جسم الإنسان والكائنات الحية 70% وبسبب ارتفاع الحرارة النوعية للماء فإن تأثره بالحرارة وتقلبات الجو يكون قليلاً

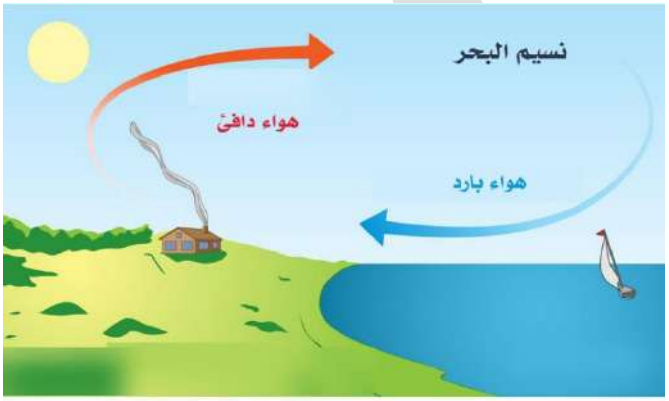
لماذا تعد مياه البحر والمحيطات بيئة مناسبة لحياة الكائنات البحرية؟

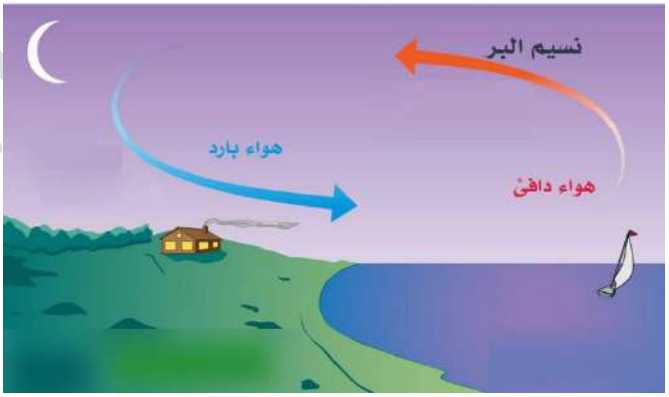
لأن الحرارة النوعية للماء عالية وبالتالي مهما تعرضت البحار والمحيطات لأشعة الشمس فإنها لا تتأثر كثيرًا ولا ترتفع درجة حرارتها بشكل كبير



الحرارة النوعية للماء 4.18 بينما الحرارة النوعية للخشب 1.76 وللنحاس 0.38 بالتالي ترتفع حرارة النحاس أكثر من الخشب وأكثر من الماء، أيضا طرف القِدر المعدني القريب من النار يكسب حرارة أسرع ويكون أسخن من الماء داخل القِدر

ما هو نسيم البحر ونسيم البر؟





نسيم البحر

في النهار الحرارة النوعية لليابسة أقل من الماء، لذا تمتص اليابسة حرارة أكثر وتسخن أكثر من الماء فيسخن الهواء فوقها وتقل كثافته فيرتفع إلى أعلى ويقل الضغط، بينما الهواء فوق الماء يبقى أكثر كثافة وضغطًا، فيندفع الهواء من البحر إلى اليابسة على شكل تيارات هوائية باردة، غالبا في أيام الصيف والربيع

نسيم البر

في الليل وبسبب أن الماء يفقد الحرارة ببطء أكثر من اليابسة فتكون حرارته أعلى من اليابسة، لذا الهواء فوق البحر أقل كثافة فيرتفع إلى أعلى ويقل الضغط، بينما الهواء على اليابسة أكثر كثافة وضغطًا فيندفع من اليابسة إلى الماء على شكل تيارات هوائية باردة

أتدرب [4]: الحرارة النوعية للمواد وقياسها

تدريب: تم وضع كتل متساوية من الألمنيوم والذهب والحديد والفضة تحت أشعة الشمس في الوقت نفسه ولفترة زمنية محددة، استعمل جدول قيم الحرارة النوعية للمواد، ورتب هذه الفلزات وفق ازدياد درجة حرارتها من الأعلى إلى الأقل

تدريب: اختر الإجابة الصحيحة من بين الخيارات الآتية:

1- كلما ..... الحرارة النوعية للمادة فإنها تمتص كميات قليلة من الحرارة [قلّت/ كبرت]

2- يستخدم ..... لقياس الحرارة النوعية للمواد المختلفة [المسعر/الاحتراق]

3- على الشاطئ نهارًا تكون درجة حرارة الماء ..... من درجة حرارة اليابسة [أقل/أكبر]

4- نسيم البحر هو أن تندفع التيارات ..... من البحر إلى البر [الباردة/الدافئة]

5- الحرارة النوعية لأي مادة تعتمد على كتلة المادة و ..... [التغير في درجة الحرارة/الحرارة الابتدائية]

6- الماء يكسب ويفقد الحرارة ببطء بسبب أن الحرارة النوعية له ..... [عالية/قليلة]

7- يكون طرف الوعاء المعدني القريب من النار حرارته ..... من الماء الذي بداخله [أعلى/أقل]

8- المُسعِر عبارة عن نظام ..... [مفتوح/مغلق/ معزول]

9- نسيم البر يحدث أثناء ..... [النهار/ الليل]

10- ..... تمتلك أقل حرارة نوعية بين المواد ولذا ترتفع حرارتها بشكل أسرع من غيرها [اللافلزات/الفلزات]

حساب كمية الحرارة الممتصة أو المنبعثة

تعلمنا أن كمية الحرارة تعتمد على الحرارة النوعية وكتلة المادة والتغير في درجة الحرارة، طبقًا للعلاقة:

طريقة قياس كمية الحرارة التي تمتصها المادة عن تسخينها أو تنبعث منها عند تبريدها		
q : s : m : Δt :	كمية الحرارة الممتصة أو المنبعثة (المفقودة) (J) الحرارة النوعية للمادة (J/g.°C) كتلة المادة (g) التغير في درجة الحرارة ($\Delta t = t_2 - t_1$)	$s = \frac{q}{m\Delta t}$ $q = s \times m \times \Delta t$

عند تسخين المادة فإنها تمتص الحرارة وتكون إشارة q موجبة أما عند تبريد المادة وخفض حرارتها فإنها ستفقد طاقة إلى الوسط المحيط فستكون الإشارة لـ q سالبة أي أنها منبعثة

مثال:

جرى تسخين 20g من الماء من 25°C إلى 30°C، أحسب كمية الحرارة التي امتصتها هذه الكتلة من الماء

المعطيات: $m=20g$ $t_2=30$ $t_1=25$ $\Delta t=30-25=5°C$ $s_{H2O}= 4.18J/g.°C$

الحل على العلاقة مباشرة:

$$q = s \times m \times \Delta t$$

$$q = \frac{4.18\ \text{J}}{\text{g.}\ °\text{C}} \times 20\ \text{g} \times 5\ °\text{C} = 418\ \text{J}$$

إشارة q بالموجب، لأن الحرارة تم امتصاصها

مثال:

سُخنت قطعة من الحديد كتلتها 50g فارتفعت درجة حرارتها من 25°C إلى 40°C أحسب كمية الحرارة التي امتصتها هذه الكتلة من الحديد

المعطيات: $m=50g$ $t_2=40$ $t_1=25$ $\Delta t=40-25=15°C$ $s_{Fe}= 0.45\ J/g.°C$

الحل على العلاقة مباشرة:

$$q = s \times m \times \Delta t$$

$$q = \frac{0.45\ \text{J}}{\text{g.}\ °\text{C}} \times 50\ \text{g} \times 15\ °\text{C} = 337.5\ \text{J}$$

مثال:

وُضعت قطعة من النحاس كتلتها 5g ودرجة حرارتها 25°C في حوض ماء بارد فانخفضت درجة حرارتها إلى 15°C أحسب كمية الحرارة المنبعثة من هذه القطعة

المعطيات: $m=5g$ $t_2=5$ $t_1=25$ $\Delta t=15-25=-10°C$ $s_{Cu}= 0.38\ J/g.°C$

الحل على العلاقة مباشرة:

$$q = s \times m \times \Delta t$$

$$q = \frac{0.38\ J}{g.\ °C} \times 5\ g \times -10\ °C = -19\ J$$

إشارة q بالسالب، لأن الحرارة تم انبعاثها

سؤال أتحقق ص59:

1- قطعة من الألمنيوم كتلتها 150g ما كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارتها 30°C

المعطيات: $m=150g$ $\Delta t=30°C$ بالموجب لأنه تسخين $s_{Al}= 0.89\ J/g.°C$

الحل على العلاقة مباشرة:

$$q = s \times m \times \Delta t$$

$$q = \frac{0.89\ J}{g.\ °C} \times 150\ g \times 30\ °C = 4005\ J$$

2- عُرِّضت قطعة من الفضة كتلتها 50g ودرجة حرارتها 45°C لتيار هواء بارد فانطلقت كمية من الحرارة مقدارها 240 J فكم تكون درجة حرارتها النهائية؟

المعطيات: $m=50g$ $t_2=?$ $t_1=45$ $\Delta t=?\ °C$ $s_{Ag}= 0.24\ J/g.°C$

$q=-240$ لأنه تبريد [انبعاث طاقة]

الحل على العلاقة:

$$q = s \times m \times \Delta t$$

$$-240\ J = \frac{0.24\ J}{g.\ °C} \times 50\ g \times \Delta t\ °C$$

$$\Delta t = \frac{-240}{0.24\ \times 50} = -20°C$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 \Rightarrow \quad -20 = t_2 - 45 \quad \Rightarrow \quad t_2 = 45 - 20 = 25°C$$

تدريب: عند بناء الجسور تترك فراغات بين الدعامات الفولاذية لكي تتمدد عندما ترتفع الحرارة وتنكمش عندما تنخفض، فإذا تغيرت درجة حرارة عينة من الحديد كتلتها 10g من 50.4°C إلى 25°C وانطلقت كمية من الحرارة مقدارها 114J فما الحرارة النوعية للحديد؟

المعطيات: $m=10g$ $t_2=25$ $t_1=50.4$ $\Delta t=-25.4\ °C$ $q=-114J$ لأنه تبريد

الحل على العلاقة:

$$q = s \times m \times \Delta t$$
$$-114\ \text{J} = s \times 10\ \text{g} \times -25.4$$
$$s = \frac{-114}{10\ \times -25.4} = 0.449\ \text{J/g.}\,°\text{C}$$

تدريب: سخنت عينة من مادة مجهولة كتلتها 155g فارتفعت درجة حرارتها من 25°C إلى 40°C فامتصت 5696J من الطاقة، ما الحرارة النوعية للمادة المجهولة؟ وعيِّنها بالرجوع لجدول قيم الحرارة النوعية للمواد

المعطيات: $m=155g$ $t_2=40$ $t_1=25$ $\Delta t=15°C$ $q=5696J$

الحل على العلاقة:

$$q = s \times m \times \Delta t$$
$$5696 = s \times 155 \times 15$$
$$s = \frac{5696}{155\ \times 15} = 2.45\ \text{J/g.}\,°\text{C}$$

المادة هي الإيثانول

تدريب: ارتفعت درجة حرارة عينة من الماء من 20°C إلى 46.6°C عند امتصاصها 5650J من الحرارة فما كتلة العينة؟

المعطيات: $m=?$ $t_2=46.6$ $t_1=20$ $\Delta t=26.6°C$ $q=5650J$ $s_{water}=4.18$

$$q = s \times m \times \Delta t$$
$$5650 = 4.18 \times m \times 26.6$$
$$m = \frac{5650}{4.18 \times 26.6} = 51g$$

قياس الحرارة النوعية لمادة باستخدام المسعر

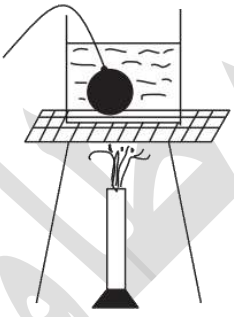
الطريقة العملية لقياس الحرارة النوعية للنحاس:

1- توزين كرة النحاس مثلا وزنها 70g وتسخينها في الماء إلى أن ترتفع الحرارة ثم أخذ درجة حرارتها الابتدائية أثناء غليان الماء وقبل وضعها في المسعر، وصل الماء إلى درجة 98°C ، نسجلها أنها نفس درجة كرة النحاس

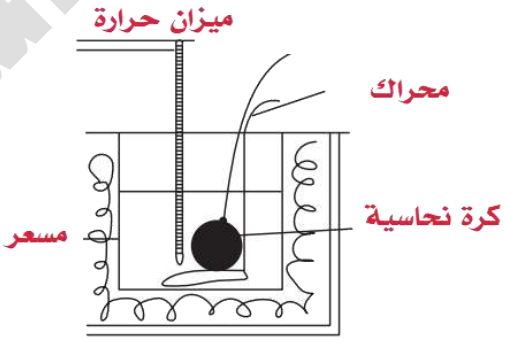
2- وضع 79ml من الماء في المسعر ودرجة حرارته الابتدائية بدرجة حرارة الغرفة تقريبا 20.5°C [اعتبار 79ml من الماء = 79g لأن كثافة الماء 1g/ml]

3- إضافة الكرة النحاسية الساخنة إلى الماء في المسعر والانتظار إلى أن ترتفع حرارة الماء وتثبت القراءة فتكون هي الدرجة النهائية للماء وفي نفس الوقت للكرة النحاسية، بمعنى أنه توقف انتقال الحرارة بينهما، فكانت القراءة النهائية 26.5°C لكل من الماء وكرة النحاس

4- نحسب الحرارة النوعية للنحاس بالقانون بحيث الطاقة الممتصة للماء = الطاقة المنبعثة من النحاس، ونراعي الإشارات لكل طاقة



(1) تسخين الكرة النحاسية في ماء إلى درجة الغليان وقياس الدرجة الابتدائية لها



(2) وضع الكرة النحاسية في المسعر بداخل الماء الذي قيست درجة حرارته الابتدائية، والانتظار إلى أن تستقر درجة حرارة الماء الانتهائية فتكون هي الدرجة النهائية للكرة النحاسية والماء

معطيات الماء	معطيات الكرة النحاسية
$m = 79\text{g}$ $s = 4.18$ $t_1 = 20.5$ $t_2 = 26.5$ $\Delta t = 6$	$m = 70\text{g}$ $s = ?$ $t_1 = 98$ $t_2 = 26.5$ $\Delta t = -71.5$

نحسب على العلاقة بحيث الطاقة الممتصة للماء = الطاقة المنبعثة للنحاس في المسعر

$$-q_{Cu} = q_{H2O}$$
$$-s_{Cu} \times m_{Cu} \times \Delta t_{Cu} = s_{H2O} \times m_{H2O} \times \Delta t_{H2O}$$

نعوض المعطيات والقياسات التي حصلنا عليها لنستخرج الحرارة النوعية للنحاس

$$-s_{Cu} \times 70 \times -71.5 = 4.18 \times 79 \times 6$$
$$s_{Cu} = \frac{1981.3}{70 \times 71.5} = 0.396 \text{ J/g.°C}$$

وهي قريبة من القيمة في الجدول 0.38 J/g.°C

تدريب: قام طالب بتسخين 64g من الحديد إلى درجة 98°C ثم وضعها في المسعر الذي يحتوي على 76g من الماء عند درجة حرارة 24.5°C، ثم قاس درجة الحرارة النهائية فكانت 30.7°C، احسب الحرارة النوعية للحديد وقارنها بقيمته في جدول قيم الحرارة النوعية للمواد

معطيات الماء	معطيات الحديد
$m = 76\text{g}$ $s = 4.18$ $t_1 = 24.5$ $t_2 = 30.7$ $\Delta t = 6.2$	$m = 64\text{g}$ $s = ?$ $t_1 = 98$ $t_2 = 30.7$ $\Delta t = -67.3$

نحسب على العلاقة بحيث الطاقة الممتصة للماء = الطاقة المنبعثة للحديد في المسعر

$$-q_{Fe} = q_{H2O}$$
$$-s_{Fe} \times m_{Fe} \times \Delta t_{Fe} = s_{H2O} \times m_{H2O} \times \Delta t_{H2O}$$

نعوض المعطيات والقياسات التي حصلنا عليها لنستخرج الحرارة النوعية للنحاس

$$-s_{Fe} \times 64 \times -67.3 = 4.18 \times 79 \times 6.2$$
$$s_{Fe} = \frac{2047.4}{64 \times 67.3} = 0.475 \text{ J/g.°C}$$

قيمة الحديد في الجدول =0.45 J/g.°C

تدريب: قطعة من الرصاص تزن 19.8g ودرجة حرارتها 97.4°C تم وضعها في كوب معزول يحوي 85g من الماء عند درجة 24°C فما الدرجة النهائية للماء إن كنت تعلم أن الحرارة النوعية للرصاص هي 0.128 J/g. °C ؟

معطيات الماء	معطيات الرصاص
$m = 85g$ $s = 4.18$ $t_1 = 24$ $t_2 = ?$ $\Delta t = ?$	$m = 19.8g$ $s = 0.128$ $t_1 = 97.4$ $t_2 = ?$ $\Delta t = -?$

نحسب على العلاقة بحيث الطاقة الممتصة للماء = الطاقة المنبعثة للرصاص في المسعر

$$-q_{Lead} = q_{H2O}$$
$$-s_{Lead} \times m_{Lead} \times \Delta t_{Lead} = s_{H2O} \times m_{H2O} \times \Delta t_{H2O}$$

نعوض المعطيات والقياسات التي حصلنا عليها لنستخرج درجة الحرارة النهائية t_2

$$-0.128 \times 19.8 \times (t_2 - 97.4) = 4.18 \times 85 \times (t_2 - 24)$$
$$-2.53t_2 + 246.85 = 355.3t_2 - 8527.2$$
$$8527.2 + 246.85 = 355.3t_2 + 2.53t_2$$
$$8774 = 357.8t_2$$
$$\frac{8774}{357.8} = t_2 \quad => \quad t_2 = 24.5°C$$

عينة من الماء مقدارها 60g عند درجة حرارة 23.5°C تم تبريدها فانبعثت حرارة مقدارها 813J فكم كانت الحرارة النهائية لتلك العينة على اعتبار أن الحرارة النوعية للماء = 4.18

المعطيات: $m=60g$ $t_2=?$ $t_1=23.5$ $s=4.18$ $\Delta t=?$ $q=-813$ الإشارة السالبة للحرارة لأنه تم التبريد فانبعثت حرارة من النظام

$$q = s \times m \times \Delta t$$
$$-813 = 4.18 \times 60 \times \Delta t => \Delta t = -3.24$$
$$\Delta t => -3.24 = t_2 - 23.5 => t_2 = 20.3°C$$

تنبيه: لاحظ أن الطاقة الممتصة أو المنبعثة q من خلال التسخين أو التبريد بين مادتين نضيف لها الإشارة حسب الحالة، الطاقة الممتصة q+ [ترتفع حرارتها النهائية] والطاقة المنبعثة q- [تنخفض حرارتها النهائية]

فائدة: نستطيع حساب التغير في المحتوى الحراري لبعض التفاعلات عن طريق المسعر لكن فقط عند ضغط ثابت فتصبح وقتها قيمة: $q = \Delta H$

أتدرب [5]: حسابات الطاقة الممتصة والمنبعثة

- قطعة من الكادميوم كتلتها 15g امتصت حرارة مقدارها 134J خلال رفع درجة حرارتها من 24°C إلى 62.7°C ، احسب الحرارة النوعية للكادميوم

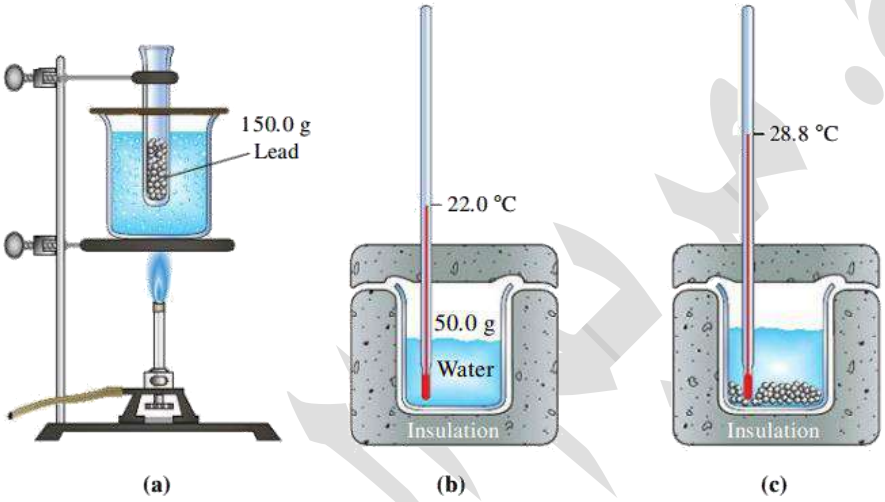
- ارتفعت درجة حرارة عينة من الماء من 20°C إلى 50°C عند امتصاصها 6500 J من الحرارة فما كتلة العينة؟

- ما كمية الحرارة التي تكتسبها صخرة من الجرانيت كتلتها 2000g إذا ارتفعت حرارتها من 10°C إلى 29°C ، إذا علمت أن الحرارة النوعية للجرانيت هي 0.803 J/g. °C ؟

- عينة 335g من الماء عند درجة حرارة 65.5°C فقدت كمية حرارة مقدارها 9750J فما درجة الحرارة النهائية للماء؟

م. مريم السرطاوي

في تجربة عملية: 150g من كرات الرصاص تم تسخينها في الماء إلى أن وصل الماء إلى درجة غليان الماء 100°C، في وعاء المسعر تم إضافة 50g من الماء وكانت درجة حرارته 22°C، تم نقل كرات الرصاص الساخنة إلى المسعر، وثبتت قراءة الثيرمومتر على 28.8°C ، احسب الحرارة النوعية للرصاص من خلال هذه التجربة، وتذكر الحرارة النوعية للماء = 4.18



حل مراجعة الدرس الثاني

ما المقصود بكل مما يأتي:

- السعة الحرارية: كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة المادة درجة سيليزية واحدة، ورمزها C
- الحرارة النوعية: كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من المادة درجة سيليزية واحدة عند ضغط ثابت ورمزها s

أفسر: عند تعرض الفلزات لأشعة الشمس في أيام الصيف الحارة ترتفع درجات حرارتها بشكل متفاوت؟

- بسبب اختلاف الحرارة النوعية لكل فلز

أجيب عما يأتي:

(1) أحسب كمية الحرارة الناتجة من تبريد 100g ماء من 85°C إلى 40°C

- المعطيات: $m=100g$ $t_2=40$ $t_1=85$ $\Delta t=40-85=-45°C$ $s_{H2O}= 4.18\ J/g.°C$
- الحل على العلاقة مباشرة:

$$q = s \times m \times \Delta t$$
$$q = 4.18 \times 100 \times -45 = -18810\ J$$

(2) أحسب كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 100g إيثانول من 15°C إلى 350°C

- المعطيات: $m=100g$ $t_2=350$ $t_1=15$ $\Delta t=350-15=335°C$ $s_{ETHANOL}= 2.44$
- الحل على العلاقة مباشرة:

$$q = s \times m \times \Delta t$$
$$q = 2.44 \times 100 \times 335 = 81740\ J$$

أحسب الحرارة النوعية لمادة الجرانيت إذا امتصت قطعة منه كتلتها 200g كمية من الحرارة مقدارها 3212 J عند رفع درجة حرارتها بمقدار 20°C

المعطيات: $m=200g \quad \Delta t=20°C \quad q=3212$

الحل على العلاقة:

$$q = s \times m \times \Delta t$$
$$3212 = s \times 200 \times 20$$
$$s = \frac{3212}{200 \times 20} = 0.803 \text{ J/g.°C}$$

أفكر: وضعت ثلاث صفائح متماثلة في الكتلة من النحاس، والألمنيوم، والحديد تحت أشعة الشمس في أحد أيام الصيف الحارة، بحيث تكتسب جميعها كمية الطاقة نفسها، ونقلت هذه الصفائح إلى ثلاثة مسعرات تحتوي كمية متماثلة من الماء عند درجة حرارة الغرفة، فأي هذه المسعرات تصبح درجة حرارة الماء فيه أكبر ما يمكن؟ أدعم إجابتي بالمبررات

يقصد السؤال: أي من هذه الفلزات ستكون حرارته النوعية تؤهله ليملك حرارة أعلى، وهذه الحرارة ستنتقل إلى الماء فيصبح الماء في ذلك المسعر أعلى حرارة من الماء في باقي المسعرات

الفلز الذي سترتفع حرارته أسرع هو الذي يملك حرارة نوعية أقل، نستخرج قيم الحرارة النوعية لتلك الفلزات من الجدول

المادة	الحرارة النوعية(J/g.°C)
الألمنيوم	0.89
الحديد	0.45
النحاس	0.38

النحاس يملك أقل حرارة نوعية لذا سيكسب حرارة بشكل أسرع وأكبر من غيره، وسيفقد تلك الحرارة أيضًا أسرع من غيره ليعطيها للماء فترتفع درجة حرارة الماء في المسعر أكثر من باقي المسعرات

الدرس الثالث: حسابات الطاقة في التفاعلات الكيميائية

حساب التغير في المحتوى الحراري

تعلمنا أن المسعر الحراري نستطيع من خلاله قياس الحرارة النوعية للمواد وأيضا من خلاله نحسب الطاقة الممتصة أو المنبعثة من التفاعلات أو التحولات الفيزيائية لكن هذا لا ينفع دائمًا

فسر: يصعب قياس حرارة بعض التفاعلات باستخدام المسعر والطرق التقليدية

1- بعض التفاعلات تحدث بسرعة جدًّا وبعضها يحتاج زمنًا طويلاً

2- بعض التفاعلات تحتاج ظروفًا لا تتوفر في المختبر

طرائق نظرية لحساب التغير في المحتوى الحراري:

1- طاقة الرابطة

2- قانون هيس

3- حرارة التكوين القياسية للمركبات

طاقة الرابطة

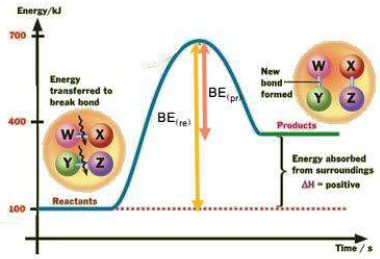
التفاعل الكيميائي يمر بمرحلتين [مع أنواع الطاقة المرافقة لكل مرحلة]:

1- مرحلة تكسير الروابط بين الذرات في المواد المتفاعلة مع اكتسابها طاقة ليتم كسر تلك الروابط فتكون عملية ماصة للطاقة

2- مرحلة تكوين الروابط الجديدة ويرافقها انبعاث طاقة فتكون عملية طاردة للطاقة

محصلة طاقة الروابط [التغير في المحتوى الحراري]

نجمع طاقات المرحلتين مع مراعاة الإشارات للماص والطارد، فإذا كان مجموع الطاقة الناتجة عن تكوين الروابط أكبر من مجموع طاقة الروابط المتكسرة فالتفاعل طارد، وإن كان العكس فالتفاعل ماص



من الشكل المجاور، مجموع طاقة الروابط أثناء التكسير أكبر من مجموع طاقة الروابط أثناء التكوين، أي أنه ماص

ما المقصود بالرابطة الكيميائية؟ وما أنواع الروابط بين الذرات؟

الرابطة هي القوة التي تربط بين ذرات العناصر، أنواعها: 1- تساهمية 2- أيونية 3- فلزية

ما المقصود بطاقة الرابطة؟ وما وحدتها ورمزها؟

هي كمية الطاقة اللازمة لكسر مول من الروابط بين ذرتين في الحالة الغازية

وحدة قياس طاقة الرابطة: كيلوجول/مول kJ/mol ، ورمزها BE (Bond Energy)

كيف نستخدم طاقة الرابطة لحساب التغير في المحتوى الحراري؟

بسبب قانون حفظ الطاقة فإن مجموع طاقة الروابط التي يتم تكسيرها في المواد المتفاعلة [موجبة بسبب امتصاص طاقة] مع طاقة الروابط التي يتم تكوينها في المواد الناتجة [سالبة بسبب انبعاث طاقة] = التغير في المحتوى الحراري للتفاعل

$$\Delta H = \sum BE_{re} \quad + \quad (-\sum BE_{pr})$$

يتم ترتيب العلاقة بطرح طاقة روابط النواتج من طاقة روابط المتفاعلات

$$\Delta H = \sum BE_{re} \quad - \sum BE_{pr}$$

بحيث أن:

$\sum BE_{re}$ مجموع طاقة الروابط التي يتم تكسيرها في المتفاعلات

$\sum BE_{pr}$ مجموع طاقة الروابط التي يتم تكوينها في النواتج

نحصل على طاقة الروابط من جدول فيه تلك القيم

جدول: قيمُ طاقةِ عددٍ منَ الروابطِ مقيسةً بالكيلو جول/مول (kJ\mol)

روابطُ أحاديةٌ									
	H	C	N	O	S	F	Cl	Br	I
H	436								
C	413	348							
N	386	305	167						
O	464	358	201	142					
S	363	272	-----	--	226				
F	565	485	283	190	284	155			
Cl	431	327	313	218	255	249	242		
Br	362	258	---	201	217	249	216	190	
I	295	213	--	201	--	278	208	175	149
روابطُ متعددةٌ									
C=C	602	N=N	418	C=O	745				
C≡C	835	C≡N	887	C=O	799	in CO_2			
C≡O	1072	N=O	607	S=O	532	in SO_2			
N≡N	942	O=O	494	S=O	532	in SO_3			

تنبيه خطأ في الكتاب: تصحيح مقدار طاقة الرابطة C – O في الكتاب من 385 إلى 358

تعزيز بمثال(1): لو نظرنا إلى الجدول وقارنا بين طاقات الروابط المختلفة

طاقة الرابطة في غاز H_2: لكسر الرابطة بين الذرتين $H-H$ نحتاج $436kJ$

طاقة الرابطة في غاز الكلور Cl_2: لكسر الرابطة بين الذرتين $Cl-Cl$ نحتاج $242kJ$

نلاحظ أنه تختلف طاقة الرابطة باختلاف نوع الذرات المرتبطة

تعزيز بمثال(2) مقارنة بين أنواع الروابط التساهمية وتأثير ذلك على طاقة الرابطة:

طاقة الرابطة: $C-C$ تعادل $348kJ$

طاقة الرابطة: $C=C$ تعادل $602kJ$

طاقة الرابطة: $C\equiv C$ تعادل $835kJ$

نلاحظ أن طاقة الرابطة الثنائية أكبر من الأحادية، والثلاثية أكبر من الثنائية، أي أن الرابطة الثلاثية أقوى من غيرها من الروابط وتحتاج طاقة أكبر لكسرها [فائدة: السبب: أن زيادة زوج الإلكترونات المرتبطة بين الذرتين يزيد الجذب بين الذرتين فيقصر طول الرابطة وتصبح أكبر من ناحية الطاقة]

مثال:

يتكون غاز كلوريد الهيدروجين وفقًا للمعادلة الآتية:

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)}$$

نرسم الرابطة لكل جزيء [نتذكر في الفصل الأول: تكافؤ كل عنصر فنرسم نقاط لويس وقاعدة الثمانية للاستقرار ومنها نرسم الروابط]

$H-H$ $Cl-Cl$ $H-Cl$

$H-Cl$

نستخدم القيم في جدول طاقات الروابط

طاقة الرابطة	الروابط في المعادلة
436	$H-H$
242	$Cl-Cl$
431	$H-Cl$

نحسب طاقة الروابط في المتفاعلة والناتجة باستخدام العلاقة مباشرة

$$\Delta H = \sum BE_{re} - \sum BE_{pr}$$

$$\Delta H = (436 + 242) - (2 \times 431) = -184kJ$$

التفاعل طارد للحرارة لأن إشارة التغير في المحتوى الحراري كانت سالبة

مثال:

يتفاعل النيتروجين مع الأكسجين مكونًا ثاني أكسيد النيتروجين كما في المعادلة الآتية، أحسب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل

$$N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$$

نتذكر أن الرابطة للنيتروجين ثلاثية، وللأكسجين ثنائية، أما غاز ثاني أكسيد النيتروجين فهو تركيب رنين يحتمل أكثر من صيغة مرسومة [كيفية رسمه ستكون في مرحلة متقدمة]

$$N \equiv N \quad O = O \quad O = N - O$$
$$O = O \quad O = N - O$$

نستخدم القيم في جدول طاقات الروابط

طاقة الرابطة	الروابط في المعادلة
942	$N \equiv N$
494	$O = O$
607	$N = O$
201	$N - O$

نحسب طاقة الروابط في المتفاعلة والناتجة باستخدام العلاقة مباشرة

$$\Delta H = \sum BE_{re} - \sum BE_{pr}$$
$$\Delta H = (942 + 2 \times 494) - (2 \times 607 + 2 \times 201) =$$
$$\Delta H = (1930) - (1616) = +314 kJ$$

التفاعل ماص للحرارة لأن إشارة التغير في المحتوى الحراري موجبة

أتحقق ص66: بالاعتماد على جدول طاقات الروابط: أحسب تغير المحتوى الحراري للتفاعلين الآتيين وأصنفها إلى ماصة وأخرى طاردة للحرارة

(1) تفاعل غاز الميثان مع غاز الكلور لتكوين كلوروميثان وغاز كلوريد الهيدروجين كما في المعادلة:

$$CH_{4(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow CH_3Cl_{(g)} + HCl_{(g)}$$

الكربون له 4 إلكترونات تكافؤ وهو ذرة مركزية تحيط به الذرات الأخرى، في مرحلة متقدمة يتعلم الطالب كيفية رسم المركبات العضوية وتسميتها الصحيحة

نستخدم القيم في جدول طاقات الروابط

الروابط في المعادلة	طاقة الرابطة
$C-H$	413
$Cl-Cl$	242
$C-Cl$	327
$H-Cl$	431

نحسب طاقة الروابط في المتفاعلة والناتجة باستخدام العلاقة مباشرة مع التنبه للمولات وهي واحد للجميع، والتنبه لتكرار الروابط

$$\Delta H = \sum BE_{re} - \sum BE_{pr}$$
$$\Delta H = ((4 \times 413) + (242)) - ((3 \times 413) + (327) + (431)) =$$
$$\Delta H = (1652 + 242) - (1239 + 327 + 431) =$$
$$\Delta H = (1894) - (1997) = -103 kJ$$

التفاعل طارد للحرارة لأن إشارة التغير في المحتوى الحراري سالبة

(2) تحلل الماء وفق المعادلة الآتية:

$$2H_2O_{(l)} \rightarrow 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$$

نستخدم القيم في جدول طاقات الروابط

الروابط في المعادلة	طاقة الرابطة
$O-H$	464
$H-H$	436
$O=O$	494

نحسب طاقة الروابط في المتفاعلة والناتجة

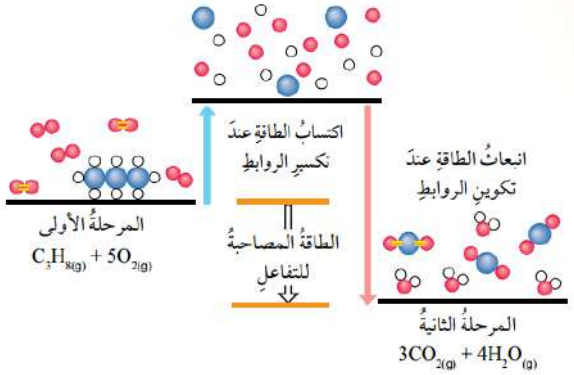
$$\Delta H = \sum BE_{re} - \sum BE_{pr}$$
$$\Delta H = (4 \times 464) - ((2 \times 436) + (494)) =$$
$$\Delta H = (1856) - (1366) = +490 kJ$$

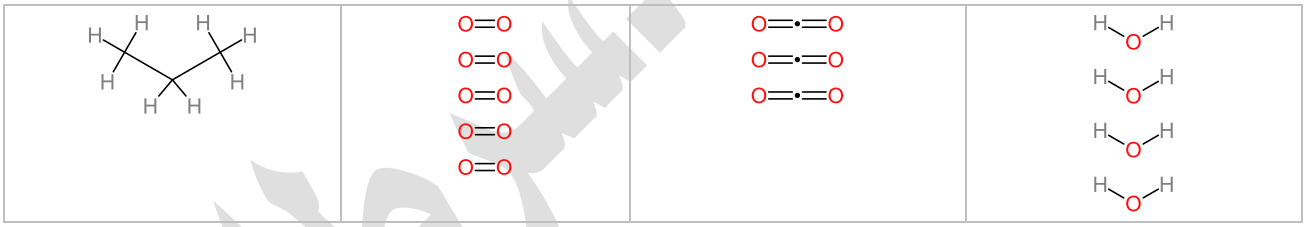
التفاعل ماص للحرارة لأن إشارة التغير في المحتوى الحراري موجبة

تفاعلات احتراق الوقود هي تفاعلات طاردة للحرارة، لندرس هذا المثال في الكتاب ص62 ونطبق عليه طريقة طاقة الرابطة كتدريب

يحترق غاز البروبان بوجود الأكسجين كما في المعادلة ويمر التفاعل بمرحلتين، تكسير [ماص]، وتكوين [طارد] ويلزمنا معرفة محصلة الطاقة للتفاعل أي التغير في المحتوى الحراري:

$$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(g)}$$





تنبيه: الكربون افتراضيا هو الذرة التي ترتبط بالكربون أو الأكسجين في المركبات السابقة فأحيانا لا يذكر رمزها في الرسم، أيضا الكربون يرتبط بالكربون في مركب البروبان

نستخدم القيم في جدول طاقات الروابط

الروابط في المعادلة	طاقة الرابطة
C – H	413
C – C	348
O = O	494
C = O	799
O – H	464

$$\Delta H = \sum BE_{re} - \sum BE_{pr}$$

$$\Delta H = \big((8 \times 413) + (2 \times 348) + (5 \times 494)\big) - ((6 \times 799) + (8 \times 464)) =$$

$$\Delta H = (3304 + 696 + 2470) - (4794 + 3712) =$$
$$\Delta H = (6470) - (8506) = -2036 kJ$$

التفاعل طارد للحرارة لأن إشارة التغير في المحتوى الحراري سالبة

والقيمة نوعًا ما قريبة لقيمة الطاقة المنبعثة من احتراق وقود البروبان المعمولة بالتجارب كما في الجدول ص63

الجدولُ (2): كميةُ الطاقةِ المنبعثةِ من احتراقِ مولٍ منْ بعضِ الألكاناتِ.

اسمُ الألكانِ	الصيغةُ الجزيئيةُ للألكانِ	كميةُ الحرارةِ (kJ/mol)
الميثانُ	CH_4	-882
الإيثانُ	C_2H_6	-1542
البروبانُ	C_3H_8	-2202
البيوتانُ	C_4H_{10}	-2877
البنتانُ	C_5H_{12}	-3487
الهكسانُ	C_6H_{14}	-4141

ملاحظات:

- كلما زاد عدد ذرات الكربون في الألكان تزداد الكتلة المولية للمركب وبالتالي تزداد كمية الطاقة الناتجة عن الاحتراق

تعزيز: [الألكان مركب عضوي يتكون من الكربون والهيدروجين فقط وبروابط أحادية]

ما المقصود بالقيمة الحرارية للوقود؟

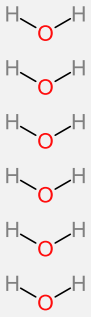
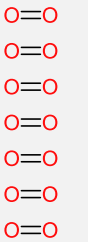
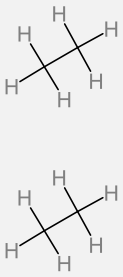
هي كمية الحرارة الناتجة عن حرق غرام واحد من الوقود حرقًا تامًّا بوجود الأكسجين

أتدرب [6]: طاقة الرابطة

يحترق الإيثان في جو مشبع بالأكسجين وفق المعادلة الآتية، أحسب الحرارة المرافقة لذلك التفاعل [أي التغير في المحتوى الحراري]

$$2C_2H_{6(g)} + 7O_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)}$$

مساعدة برسم الروابط

2 رابطة O-H تضرب 6	2 رابطة C=O تضرب في 4	رابطة O=O تضرب في 7	6 روابط C-H تضرب في 2 رابطة C-C تضرب في 2
			

قانون هيس Hess's Law

- قانون هيس يُعتبر مثل الجمع الجبري لكنه لمعادلات كيميائية
- كثير من التفاعلات الكيميائية تحدث بخطوتين أو أكثر وقد تحتاج وقتًا طويلاً لتتم، ويهمنا في النهاية الحالة النهائية للتفاعل وليس على سير التفاعل
- توصل العالم جيرمان هنري هيس أن التغير في المحتوى الحراري = مجموع التغيرات الحرارية لخطوات حدوث التفاعل سواء حدث التفاعل بخطوة أو أكثر

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \cdots$$

- نستخدم قانون هيس بالاعتماد على تفاعلات تم حساب ΔH لها من خلال التجارب العملية
- علام ينصّ قانون هيس؟ أو ما المقصود به؟
- التغير في المحتوى الحراري للتفاعل يعتمد على طبيعة المواد المتفاعلة والناتجة، وليس على مسار حدوث التفاعل

مثال:

- يتفاعل الجرافيت C مع الأكسجين لتكوين أول أكسيد الكربون كما في المعادلة الآتية:

$$2C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{(g)} \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

- نستطيع حساب حرارة هذا التفاعل باستخدام معادلات أخرى نعلم طاقتها الحرارية فنجمعها جبريًّا ونحصل على الطاقة الحرارية لهذه المعادلة

المعادلة الأولى: $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H = -393.5\text{kJ} \ldots\ldots (2)$

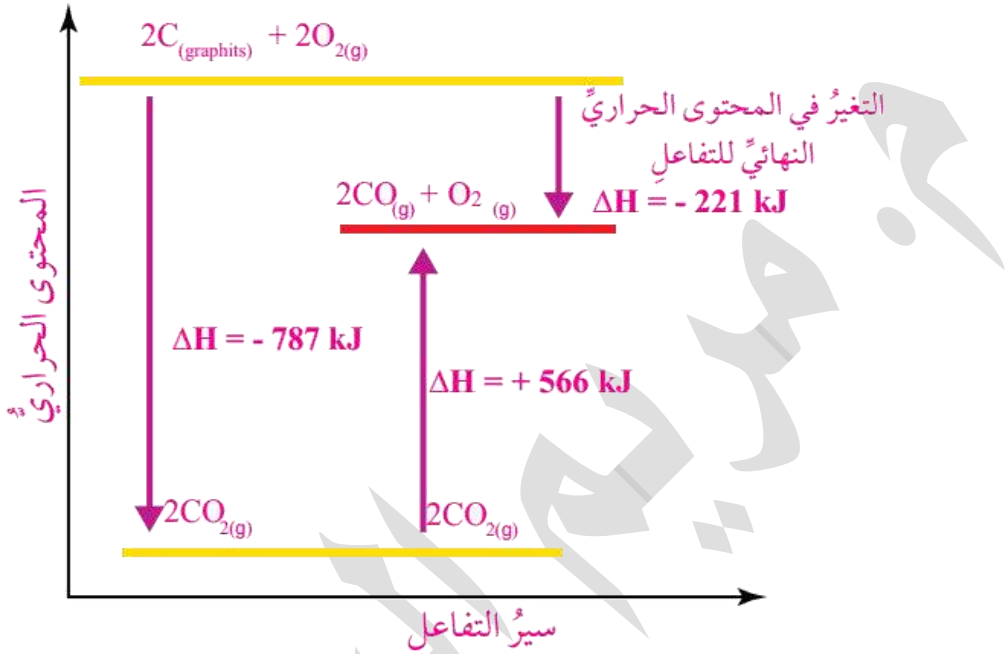
المعادلة الثانية: $CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H = -283\text{kJ} \ldots\ldots (3)$

- المعادلة النهائية (1) تنتهي بـ CO لنحصل عليه لا بد من عكس المعادلة (3) والتخلص من الكسور فيها بضربها بـ2 حتى نستطيع حذف الأكسجين من المعادلتين (2) و (3) عند جمعهما، نضرب أيضا الحرارة، ونعكس الإشارة لأننا عكسنا المعادلة وتصبح معادلة (4)
- يلزمنا ضرب المعادلة (2) بـ2 لنستطيع التخلص في النهاية من CO_2 لتصبح معادلة (5)

(4)	$\Delta H = +566\text{kJ}$	$2CO_{2(g)} \rightarrow O_{2(g)} + 2CO_{(g)}$
(5)	$\Delta H = -787\text{kJ}$	$2C_{(s)} + 2O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)}$
المعادلة النهائية	$\Delta H = -221\text{kJ}$	$2C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{(g)}$

مخطط تغير المحتوى الحراري لتفاعل الجرافيت مع الأكسجين

تنبيه لتصحيح الخطأ في الكتاب في معادلات المخطط



مثال:

يتفاعل الأكسجين مع غاز كلوريد الهيدروجين وفق المعادلة الآتية:

$$4HCl_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2Cl_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

أستخدم المعادلتين الآتيتين لحساب التغير في المحتوى الحراري:

المعادلة الأولى: $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)} \quad \Delta H = -185\text{kJ} \ldots\ldots (1)$

المعادلة الثانية: $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)} \quad \Delta H = -484\text{kJ} \ldots\ldots (2)$

نعكس المعادلة (1) ونضربها بـ2 لنحصل على 4HCl في المتفاعلات

(3)	$\Delta H = +370\text{kJ}$	$4HCl_{(g)} \rightarrow 2H_{2(g)} + 2Cl_{2(g)}$
(2)	$\Delta H = -484\text{kJ}$	$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}$
المعادلة النهائية	$\Delta H = -114\text{kJ}$	$4HCl_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2Cl_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$

أتحقق ص70: يتفاعل الألمنيوم مع أكسيد المنغنيز وفق المعادلة الآتية

$$4Al_{(s)} + 3MnO_{2(s)} \rightarrow 2Al_2O_{3(s)} + 3Mn_{(s)}$$

أستخدم المعادلتين الآتيتين لحساب التغير في المحتوى الحراري:

المعادلة الأولى: $2Al_{(s)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \rightarrow Al_2O_{3(s)} \quad \Delta H = -1676\text{kJ} \ldots\ldots (1)$

المعادلة الثانية: $Mn_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow MnO_{2(s)} \quad \Delta H = -520\text{kJ} \ldots\ldots (2)$

نضرب المعادلة (1) بـ2، ونعكس المعادلة (2) ونضربها بـ3

(3)	$\Delta H = -3352\text{kJ}$	$4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Al_2O_{3(s)}$
(4)	$\Delta H = +1560\text{kJ}$	$3MnO_{2(s)} \rightarrow 3Mn_{(s)} + 3O_{2(g)}$
المعادلة النهائية	$\Delta H = -1792\text{kJ}$	$4Al_{(s)} + 3MnO_{2(s)} \rightarrow 2Al_2O_{3(s)} + 3Mn_{(s)}$

تدريب: يعد الألماس والجرافيت من أشكال الكربون، يتحول الألماس إلى جرافيت عبر ملايين السنين تحت الضغط العالي والحرارة الشديدة وفق المعادلة الآتية:

$$C_{(Diamond)} \rightarrow C_{(Graphite)}$$

ولصعوبة تطبيق هذا التفاعل في المختبر لمعرفة طاقته الحرارية، نستخدم المعادلتين الآتيتين لحساب المحتوى الحراري لذلك التفاعل

$$C_{(Diamond)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H = -395.4\text{kJ} \ldots\ldots (1)$$
$$C_{(Graphite)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H = -393.5\text{kJ} \ldots\ldots (2)$$

نعكس المعادلة (2)

(3)	$\Delta H = -395.4\text{kJ}$	$C_{(Diamond)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$
(4)	$\Delta H = +393.5\text{kJ}$	$CO_{2(g)} \rightarrow O_{2(g)} + C_{(Graphite)}$
المعادلة النهائية	$\Delta H = -1.9\text{kJ}$	$C_{(Diamond)} \rightarrow C_{(Graphite)}$

أتدرب [7]: قانون هيس

احسب التغير في المحتوى الحراري للمعادلة الآتية:

$$2Al_{(s)} + Fe_2O_{3(s)} \rightarrow Al_2O_{3(s)} + 2Fe_{(s)}$$

مستخدمًا المعادلتين الآتيتين:

$$2Al_{(s)} + \frac{3}{2}O_{2\,(g)} \rightarrow Al_2O_{3(s)} \quad \Delta H = -1669.8\text{kJ} \ldots\ldots (1)$$

$$2Fe_{(s)} + \frac{3}{2}O_{2\,(g)} \rightarrow Fe_2O_{3(s)} \quad \Delta H = -822.1\text{kJ} \ldots\ldots (2)$$

احسب الطاقة الحرارية للتفاعل التالي:

$$NO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2\,(g)} \rightarrow NO_{2(g)}$$

بمعلومية المعادلتين الحراريتين التاليتين:

$$\frac{1}{2}N_{2\,(g)} + \frac{1}{2}O_{2\,(g)} \rightarrow NO_{(g)} \quad \Delta H = +90.29\text{kJ} \ldots\ldots (1)$$

$$\frac{1}{2}N_{2\,(g)} + O_{2(g)} \rightarrow NO_{2(g)} \quad \Delta H = +33.2\text{kJ} \ldots\ldots (2)$$

م. مريم السرطاوي

حرارة التكوين القياسية Standard Enthalpy of Formation

ما المقصود بـ حرارة التكوين القياسية؟

التغير في المحتوى الحراري الناتج عن تكوين مول واحد من المركب من عناصره الأساسية في الحالة القياسية، ورمزها ΔH_f°

ما المقصود بـ الحالة القياسية؟

أي الظروف القياسية وهي:

1- تركيز: 1mol/L

2- درجة الحرارة 25°C

3- ضغط 1 atm

في المعادلات الحرارية: عادةً نلاحظ الكسور كما في هذه المعادلة (معامل غاز الأكسجين)، لأسباب، منها في هذا المثال: أن حرارة التكوين القياسية تكون لـ 1 مول من الماء

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2\ (g)} \rightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_f^\circ = -285.8\text{kJ}$$

وفر العلماء قيم حرارة التكوين القياسية لعدد من المركبات بحيث كان معظمها بالإشارة السالبة، أيضا منها قيم بالإشارة الموجبة بسبب نوع التفاعل الماص للحرارة

قيم حرارة التكوين القياسية للعناصر = صفر

مثال1: حرارة التكوين القياسية لغاز الأكسجين O_2 <= $\Delta H_f^\circ = 0$

مثال2: حرارة التكوين القياسية لجرافيت الكربون C <= $\Delta H_f^\circ = 0$

الجدول(4): قيمُ حرارةِ التكوينِ القياسيةِ لعددٍ منَ المركباتِ، مقيسةً بوحدةِ (كيلو جول/مول)

المادة	ΔH°_f	المادة	ΔH°_f	المادة	ΔH°_f
$Al_2O_{3(s)}$	-1669.8	$C_3H_{8(g)}$	-103.8	$Fe_2O_{3(s)}$	-822.2
$CaCO_{3(s)}$	-1207.0	$C_2H_5OH_{(l)}$	-277.6	$NH_4Cl_{(s)}$	-315.4
$CaO_{(s)}$	-653.5	$H_2S_{(g)}$	-20.1	$NO_{(g)}$	+90.4
$Ca(OH)_{2(s)}$	-986.6	$HBr_{(g)}$	-36.2	$NO_{2(g)}$	+33.9
$CO_{2(g)}$	-393.5	$HCl_{(g)}$	-92.3	$NH_{3(g)}$	-46.1
$CO_{(g)}$	-110.5	$HF_{(g)}$	-268.6	$SiO_{2(s)}$	-859.4
$CH_{4(g)}$	-74.8	$HI_{(g)}$	+25.9	$SO_{2(g)}$	-296.1
$C_2H_{2(g)}$	+226.7	$H_2O_{(g)}$	-241.8	$SO_{3(g)}$	-395.2
$C_2H_{4(g)}$	+52.7	$H_2O_{(l)}$	-285.8	$HNO_{3(aq)}$	-207.4
$C_2H_{6(g)}$	-84.7	$H_2O_{2(l)}$	-187.6	$CCl_{4(l)}$	-139

أفكر ص71: لماذا تظهر قيم حرارة التكوين القياسية لبعض المركبات في الجدول بقيم موجبة؟

لأن هذه المركبات تكونت نتيجة تفاعل ماص للحرارة فأصبحت حرارة التكوين القياسية بالإشارة الموجبة.

العلاقة التي نحسب من خلالها التغير في المحتوى الحراري باستخدام حرارة التكوين القياسية هي:

$$\Delta H^{\circ} = \sum \Delta H^{\circ}_{f(pr)} - \sum \Delta H^{\circ}_{f(re)}$$

بحيث أن:

ΔH° التغير في المحتوى الحراري عند الظروف القياسية

$\Delta H^{\circ}_{f(pr)}$ حرارة التكوين القياسية للمركبات المتفاعلة

$\Delta H^{\circ}_{f(re)}$ حرارة التكوين القياسية للمركبات الناتجة

مثال:

باستخدام جدول قيم حرارة التكوين أحسب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل الآتي:

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

نستخرج قيم حرارة التكوين القياسية للمتفاعلات والنواتج:

المركب أو العنصر	حرارة التكوين ΔH°_f
$CH_{4(g)}$	-74.8
$O_{2(g)}$	0
$CO_{2(g)}$	-393.5
$H_2O_{(l)}$	-285.8

نطبق على العلاقة مباشرة وننتبه لعدد المولات في المعادلة وننتبه للحالة الفيزيائية فحرارة التكوين للماء السائل تختلف عن الماء وهو في الحالة الغازية:

$$\Delta H^{\circ} = \sum \Delta H^{\circ}_{f(pr)} - \sum \Delta H^{\circ}_{f(re)}$$

$$\Delta H^{\circ} = (-393.5 + 2 \times -285.8) - (-74.8 + 2 \times 0)$$

$$\Delta H^{\circ} = (-393.5 + -571.6) - (-74.8)$$

$$\Delta H^{\circ} = -965.1 + 74.8 = -890.3 kJ$$

أتحقق ص72: باستخدام جدول حرارة التكوين القياسية أحسب حرارة التفاعل الآتي:

$$4NH_{3(g)} + 7O_{2(g)} \rightarrow 4NO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)}$$

نستخرج قيم حرارة التكوين القياسية للمتفاعلات والنواتج:

المركب أو العنصر	حرارة التكوين ΔH_f°
$NH_{3(g)}$	-46.1
$O_{2(g)}$	0
$NO_{2(g)}$	+33.9
$H_2O_{(g)}$	-241.8

نطبق على العلاقة مباشرة وننتبه لعدد المولات في المعادلة:

$$\Delta H^\circ = \sum \Delta H^\circ_{f(pr)} - \sum \Delta H^\circ_{f(re)}$$
$$\Delta H^\circ = (4 \times 33.9 + 6 \times -241.8) - (4 \times -46.1 + 7 \times 0)$$
$$\Delta H^\circ = (135.6 + -1450.8) - (-184.4)$$
$$\Delta H^\circ = -1315.2 + 184.4 = -1130.8 kJ$$

ما هي حرارة التفاعل القياسية ΔH° لتفاعل غاز أول أكسيد الكربون مع الأكسجين لتكوين غاز ثاني أكسيد الكربون:

$$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)}$$

المركب أو العنصر	حرارة التكوين ΔH_f°
$CO_{(g)}$	-110.5
$O_{2(g)}$	0
$CO_{2(g)}$	-393.5

نطبق على العلاقة مباشرة وننتبه لعدد المولات في المعادلة:

$$\Delta H^\circ = \sum \Delta H^\circ_{f(pr)} - \sum \Delta H^\circ_{f(re)}$$
$$\Delta H^\circ = (2 \times -393.5) - (2 \times -110.5)$$
$$\Delta H^\circ = -787 - -221 = -566 kJ$$

أتدرب [8]: حرارة التكوين القياسية

أحسب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل التالي مستخدما حرارة التكوين القياسية:

$$CaCO_{3(s)} \rightarrow \quad CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

أحسب حرارة التفاعل القياسية ΔH° للمعادلة الكيميائية الآتية:

$$2NO_{(g)} + \quad O_{2(g)} \rightarrow \quad 2NO_{2(g)}$$

حرارات التكوين القياسية للمواد التالية كلها متماثلة ما عدا مادة واحدة، ما هي؟ مع التوضيح

$$Mg_{(s)} - \quad O_{2(g)} - \quad CO_{(g)} - I_{2(s)} - \quad Br_{2(l)} - Cu_{(s)}$$

حدد التفاعل الذي يعد المركب الذي تكوّن منه هو تفاعل حرارة تكوين قياسي

$$2NO_{(g)} + \quad O_{2(g)} \rightarrow \quad 2NO_{2(g)} \qquad (1)$$

$$S_{(s)} + \quad \frac{3}{2}O_{2(g)} \rightarrow \quad SO_{3(g)} \qquad (2)$$

ما هي حرارة التكوين القياسية لمركب الماء من خلال المعادلة الآتية:

$$2H_{2(g)} + \quad O_{2(g)} \rightarrow \quad 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = -572\text{kJ}$$

تذكر أن حرارة التكوين القياسية تكون لـ1 مول من المادة المتكوّنة من عناصرها

حساب حرارة التفاعل الكيميائي لكتلة معينة من المادة

ما المقصود بـ المعادلة الكيميائية الحرارية؟

معادلة كيميائية يُعبر فيها عن الطاقة المرافقة للتفاعل

وقد تعلمنا سابقًا كيفية كتابة المعادلة الكيميائية الحرارية، وموضع الطاقة مع المتفاعلات أو النواتج، أيضًا الإشارة توضح نوع التفاعل إن كان ماصًّا أو طاردًا للحرارة

وكما تعلمنا في حسابات المول - المول وحسابات المول - الكتلة، فإننا نحسب كمية الحرارة الناتجة لو غيرنا في التفاعل كتلة مادة ما أو عدد مولاتها

توضيح لعلاقة الطاقة المرافقة بتغير المول والكتلة في الحسابات:

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} \quad \Delta H = -882\text{kJ}$$

في المعادلة: إذا تفاعل 1 مول من الميثان (الكتلة المولية=16) مع 2 مول من الأكسجين ستكون الطاقة المرافقة للتفاعل = -882kJ

لو ضاعفنا عدد مولات الميثان والأكسجين أيضًا ستتضاعف الطاقة المرافقة، ومثل ذلك لو كانت القيمة المتغيرة تخص الكتلة، وأي مادة في التفاعل لو غيرناها ستتغير حرارة التفاعل

مثال:

يحترق الميثان بوجود الأكسجين، فإذا احترق 128g منه بوجود كمية كافية من الأكسجين فاحسب كمية الحرارة المرافقة للتفاعل، (الكتلة المولية للميثان = 16g/mol) :

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} \quad \Delta H = -882\text{kJ}$$

نتذكر قانون المولات وعلاقته بالكتلة لنحسب مولات هذه الكتلة:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{128}{16} = 8$$

الطاقة المرافقة للتفاعل هي لكمية 1 مول من الميثان، والجديدة الآن = 8mol

نطبق النسبة والتناسب لحساب الطاقة المرافقة الجديدة ونعمل ضرب تبادلي:

1mol →	$\Delta H = -882$
8mol →	q

$$q = \frac{8 \times -882}{1} = -7056\text{kJ}$$

كمية الحرارة المرافقة للتفاعل q هي عبارة عن ΔH المرافقة لتفاعل عند استخدام 8 مول ميثان

مثال:

يُحضر أكسيد الكالسيوم CaO من تحلل كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ بالحرارة وفق المعادلة الآتية، فاحسب كمية الحرارة اللازمة لتحليل 150g من كربونات الكالسيوم بشكل كامل، (الكتلة المولية لكربونات الكالسيوم = 100g/mol) :

$$CaCO_{3(s)} \rightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \quad \Delta H = +178\text{kJ}$$

نتذكر قانون المولات وعلاقته بالكتلة لنحسب مولات هذه الكتلة:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{150}{100} = 1.5$$

نطبق النسبة والتناسب لحساب الطاقة المرافقة الجديدة ونعمل ضرب تبادلي:

1mol →	$\Delta H = +178$
1.5mol →	q

$$q = \frac{1.5 \times +178}{1} = +267\text{kJ}$$

أتحقق ص75: يُحضر أكسيد النيتروجين NO باحتراق الأمونيا بوجود الأكسجين وفق المعادلة الحرارية الآتية، أحسب كمية الحرارة الناتجة عند احتراق كمية كافية من الأمونيا لإنتاج 200g من أكسيد النيتروجين NO (الكتلة المولية لـ NO = 30g/mol) :

$$4NH_{3(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 4NO_{(g)} + 6H_2O_{(g)} \quad \Delta H = -904.6\text{kJ}$$

نتذكر قانون المولات وعلاقته بالكتلة لنحسب مولات هذه الكتلة:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{200}{30} = 6.67$$

نطبق النسبة والتناسب لحساب الطاقة المرافقة الجديدة ونعمل ضرب تبادلي:

4mol →	$\Delta H = -904.6$
6.67mol →	q

$$q = \frac{6.67 \times -904.6}{4} = -1508.4\text{kJ}$$

أتحقق ص75: يحترق الإيثانول C_2H_5OH السائل بوجود الأكسجين وفق المعادلة الحرارية الآتية، فإذا احترق 30g من الإيثانول بوجود كمية كافية من الأكسجين فاحسب كمية الحرارة المرافقة للتفاعل (الكتلة المولية لـلإيثانول= 46g/mol) :

$$C_2H_5OH_{(g)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(g)} \quad \Delta H = -1368\text{kJ}$$

نتذكر قانون المولات وعلاقته بالكتلة لنحسب مولات هذه الكتلة:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{30}{46} = 0.65$$

نطبق النسبة والتناسب لحساب الطاقة المرافقة الجديدة ونعمل ضرب تبادلي:

1mol →	$\Delta H = -1368$
0.65mol →	q

$$q = \frac{0.65 \times -1368}{1} = -889.2\text{kJ}$$

أحسب كمية الحرارة المنبعثة عند احتراق 206g من الهيدروجين H_2 إذا علمت أن الطاقة المرافقة لتفاعل احتراق 1 مول من الهيدروجين = -286kJ (الكتلة المولية لـH_2=2)

نحسب المولات:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{206}{2} = 103mol$$

نطبق النسبة والتناسب لحساب الطاقة المرافقة الجديدة ونعمل ضرب تبادلي:

1mol →	$\Delta H = -286$
103mol →	q

$$q = \frac{103 \times -286}{1} = -29458\text{kJ}$$

ما كتلة البروبان C_3H_8 التي يجب حرقها في شوّاية لكي تطلق 4560kJ من الحرارة؟ إذا علمت أن طاقة تفاعل احتراق البروبان تعادل -2219kJ (الكتلة المولية للبروبان= 44)

نطبق النسبة والتناسب لحساب المولات الجديدة ونعمل ضرب تبادلي:

1mol →	$\Delta H = -2219$
Xmol →	-4560

$$X = \frac{-4560}{-2219} = 2.1mol$$

الكتلة حسب علاقة المولات والكتلة المولية:

$$m = n \times M_r = 2.1 \times 44 = 92.4g$$

أتدرب [9]: حساب حرارة التفاعل لكتلة معينة

ما كمية الحرارة الناتجة عند احتراق 54g من الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$ حسب المعادلة الآتية، إذا علمت أن الكتلة المولية للجلوكوز = 180g/mol:

$$C_6H_{12}O_{6(s)} + 6O_{2(g)} \rightarrow 6CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)} \quad \Delta H = -2808\text{kJ}$$

يتفاعل غاز الأمونيا مع الفلور وفق المعادلة الآتية، أحسب كمية الحرارة الناتجة عن استهلاك 34g من الأمونيا (الكتلة المولية للأمونيا = 17g/mol)

$$NH_{3(g)} + 3F_{2(g)} \rightarrow NF_{3(g)} + 3HF_{(g)} \quad \Delta H = -881\text{kJ}$$

م. مريم السرطاوي

حل مراجعة الدرس الثالث

ما المقصود بكل مما يأتي:

طاقة الرابطة: هي كمية الطاقة اللازمة لكسر مول من الروابط بين ذرتين في الحالة الغازية

حرارة التكوين القياسية: هي التغير في المحتوى الحراري الناتج عن تكوين مول واحد من المركب من عناصره الأساسية

أفسر: تعد تفاعلات احتراق الوقود تفاعلات طاردة للحرارة

لأن الحرارة الناتجة عن تكوين الروابط بين ذرات المواد الناتجة أكبر من الحرارة اللازمة لتكسير الروابط بين ذرات المواد المتفاعلة

أحسب حرارة التفاعل الآتي باستخدام جدول قيم الرابطة

$$N_{2(g)} + 3H_2O_{(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)} + \frac{3}{2}O_{2(g)}$$

N≡N			O=O

نستخدم القيم في جدول طاقات الروابط

الروابط في المعادلة	طاقة الرابطة
O − H	464
N − H	386
O = O	494
N ≡ N	942

نحسب طاقة الروابط في المتفاعلة والناتجة

$$\Delta H = \sum BE_{re} - \sum BE_{pr}$$

$$\Delta H = ((1 \times 942) + (6 \times 464)) - \left((6 \times 386) + (\frac{3}{2} \times 494)\right) =$$

$$\Delta H = (3726) - (3057) = +669 kJ$$

أحسب باستخدام جدول قيم التكوين القياسية، أحسب حرارة التفاعل:

$$NO_{2(g)} + CO_{(g)} \rightarrow NO_{(g)} + CO_{2(g)}$$

نستخدم القيم في جدول حرارات التكوين القياسية

المركب أو العنصر	حرارة التكوين ΔH_f°
$NO_{2(g)}$	+33.9
$CO_{(g)}$	-110.5
$NO_{(g)}$	+90.4
$CO_{2(g)}$	-393.5

$$\Delta H^\circ = \sum \Delta H_{f(pr)}^\circ - \sum \Delta H_{f(re)}^\circ$$
$$\Delta H^\circ = (-393.5 + 90.4) - (33.9 + -110.5)$$
$$\Delta H^\circ = -303.1 - -76.6 = -226.5\text{kJ}$$

يُحضر سيانيد الهيدروجين HCN وفق المعادلة الآتية:

$$2CH_{4(g)} + 2NH_{3(g)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 6H_2O_{(g)} + 2HCN_{(g)} + 940\text{kJ}$$

إذا جرى إنتاج 20g من سيانيد الهيدروجين فأحسب الطاقة المرافقة للتفاعل، علمًا أن الكتلة المولية لـ HCN=27g/mol

نتذكر قانون المولات وعلاقته بالكتلة لنحسب مولات هذه الكتلة:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{20}{27} = 0.74$$

نطبق النسبة والتناسب لحساب الطاقة المرافقة الجديدة ونعمل ضرب تبادلي:

$2\text{mol} \rightarrow$	$\Delta H = -940$
$0.74\text{mol} \rightarrow$	q

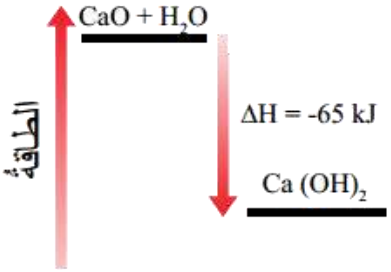
$$q = \frac{0.74 \times -940}{2} = -347.8\text{kJ}$$

حل مراجعة الوحدة الخامسة

أوضح المقصود بالمصطلحات:

التعريفات مذكورة في محتوى الدوسية وفي نهاية الكتاب

المخطط المجاور يمثل تفاعل أكسيد الكالسيوم مع الماء لإنتاج هيدروكسيد الكالسيوم، أدرس المخطط وأجيب عن الأسئلة الآتية:



(1) هل التفاعل ماص أم طارد للحرارة؟

التفاعل نازل، الإشارة بالسالب، التفاعل طارد للحرارة

(2) أيهما أكثر الطاقة اللازمة لكسر الروابط في المواد المتفاعلة؟ أم الطاقة المنبعثة عند تكوين النواتج؟

الطاقة المنبعثة عند تكوين النواتج أكبر من الطاقة اللازمة لكسر الروابط فتكون المحصلة بينهما من نوع طاقة طاردة للحرارة

مهم: ينتبه الطالب للفرق بين المصطلحات التالية:

التغير في المحتوى الحراري للنواتج والمتفاعلات [طاقة النواتج والمتفاعلات في مخطط الطاقة] فهي تختص بالقانون: $\Delta H = H_{pr} - H_{re}$

وبين مصطلح الطاقة الممتصة لكسر الروابط والطاقة المنبعثة عند تكوين النواتج فهي تختص بالقانون المتعلق بطاقات الروابط: $\Delta H = \sum BE_{re} - \sum BE_{pr}$

(3) أكتب معادلة كيميائية حرارية تمثل التفاعل؟

$$CaO_{(s)} + H_2O_{(g)} \rightarrow Ca(OH)_{2(s)} \quad \Delta H = -65kJ$$
$$CaO_{(s)} + H_2O_{(g)} \rightarrow Ca(OH)_{2(s)} + 65kJ$$

أدرس التفاعلات الآتية وأجيب عما يلي:

1	$NaOH_{(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + Heat$	طارد
2	$6CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)} + Heat \rightarrow C_6H_{12}O_{6(aq)} + 6O_{2(g)}$	ماص
3	$N_{2(g)} + 2O_{2(g)} + Heat \rightarrow 2NO_{2(g)}$	ماص
4	$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)} + Heat$	طارد

(1) أحدد التفاعل الطارد للطاقة والتفاعل الماص لها؟

كما في الجدول: (1) و (4) طارد، (2) و(3) ماص

(2) أحدد أيها تكون قيمة (ΔH) لها إشارة سالبة؟

للتفاعلات الطاردة (1) و (4) لأن الطاقة كانت مع النواتج

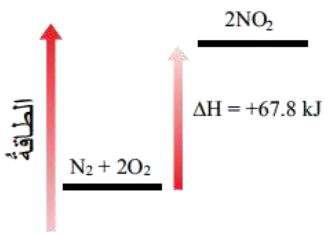
(3) أستنتج أيها يكون فيه المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة أكبر من المحتوى الحراري للمواد الناتجة؟

المحتوى الحراري للمتفاعلات أكبر معناه $H_{re} > H_{pr}$ فتكون إشارة ΔH سالبة، وهذا في التفاعل الطارد (1) و (4)

(4) أرسم مخططا لكل من تكوين المركب NO_2 والمركب NH_3 يبين التغير في المحتوى الحراري لكل منها

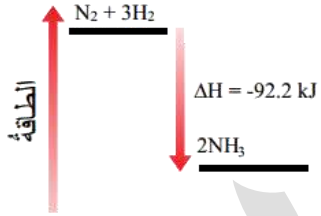
مخطط تفاعل تكوين NO_2، ΔH° المحسوبة من حرارات التكوين لكمية 2مول = 67.8+

$$N_{2(g)} + 2O_{2(g)} + Heat \rightarrow 2NO_{2(g)}$$



مخطط تفاعل تكوين NH_3، ΔH° المحسوبة من حرارات التكوين لكمية 2 مول من الأمونيا = 92.2-

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)} + Heat$$



أفسر ما يأتي:

(1) تعد عملية التبخر تحولاً فيزيائيًّا ماصًّا للطاقة وعملية التجمد تحولاً فيزيائيًّا طاردًا للطاقة

لأن عملية التبخر يلزمها طاقة للتغلب على ترابط جزيئات المادة وزيادة حركتها وبالتالي فصلها عن بعضها لتتحول في النهائية من سائل إلى غاز، بينما عملية التجمد بالعكس أي لا بد من تقارب الجزيئات وانجذابها لبعضها وتماسكها فكان لا بد من فقدانها طاقة لتقل حركتها وتتقارب فتتحول من سائل إلى صلب

(2) طاقة التسامي المولية أكبر من طاقة التبخر المولية

لأن عملية التسامي تحتاج طاقة الانصهار المولية بالإضافة إلى التبخر المولية، لأنها عملية تحول المادة من صلب إلى غاز

أحسب المتغيرات: إذا كان المحتوى الحراري للمواد الناتجة لتفاعل ما (90kJ) وللمواد المتفاعلة (10kJ) فكم يكون التغير في المحتوى الحراري للتفاعل وما إشارته؟

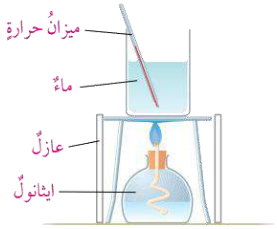
المعطيات: $H_{pr} = 90 , H_{re} = 10$

$$\Delta H = H_{pr} - Hre$$

$$\Delta H = 90 - 10 = +80kJ$$

التفاعل ماص للحرارة وإشارة التغير في المحتوى الحراري موجبة

قام مجموعة من الطلاب بتجربة لقياس الطاقة المنبعثة من حرق أنواع مختلفة من الوقود السائل في المشعل، بتسخين 200ml من الماء في وعاء معدني وقد حصلوا على النتائج المبينة في الجدول، أدرس هذه النتائج وأجيب عن الأسئلة التي تليه



قياسُ الحرارةِ الناتجةِ عن احتراقِ الوقودِ.

اسم الوقود	كتلة الوقود المحترقة (g)	الارتفاع في درجة حرارة الماء في علبة معدنية	ارتفاع درجة حرارة الماء لكل غرام من الوقود المحترق
الإيثانول	1.1	32	$\frac{32}{1.1} = 29.1$
البارافين	0.9	30	$\frac{30}{0.9} = 33.3$
بنتان	1.5	38	$\frac{38}{1.5} = 25.3$
أوكتان	0.5	20	$\frac{20}{0.5} = 40$

(1) من وجهة نظرك كيف توصل الطلبة إلى حساب مقدار الوقود الذي حُرق في كل تجربة

لا بد من توزين المصباح الممتلئ بالوقود قبل عملية الاحتراق، ثم توزينه بعد الاحتراق، وبحساب الفرق بين الكتلتين تظهر كتلة الوقود المحترق

(2) أكمل العمود الأخير من الجدول بحساب الارتفاع في درجة حرارة الماء الناتج عن حرق غرام واحد من الوقود

لدينا قيمة الارتفاع في درجة حرارة الماء ولدينا الكتلة الكلية للوقود المحترق، بقسمتهما على بعض نحصل على ارتفاع درجة حرارة الماء لكل غرام من الوقود المحترق

(3) ما الوقود الذي أنتج أعلى ارتفاع في درجة الحرارة لكل غرام تم حرقه؟

الأوكتان

(4) إذا تكررت التجربة باستخدام 400ml من الماء في العلبة المعدنية فما الارتفاع المتوقع في درجة الحرارة تقريبا؟

بما أن كمية الماء تضاعفت من 200 إلى 400 فإن الحرارة ستقل إلى النصف مع كل نوع وقود، لأن ضعف الكمية من الماء تتوزع عليها كمية الحرارة الممتصة نفسها

(5) استخدمت مجموعة أخرى من الطلبة دورقًا زجاجيًّا بدلا من العلبة المعدنية في تجاربهم، أي مجموعة من الطلبة ستحصل على نتائج أكثر دقة؟

الأكثر دقة سيكون لمستخدمي العلبة المعدنية لأن المعادن (الفلزات) حرارتها النوعية أقل وقدرتها على توصيل الحرارة أعلى من الزجاج

(6) أفسر: قياس تغيرات الطاقة عند حرق الوقود في المصباح الكحولي لا يعطي نتائج دقيقة للغاية

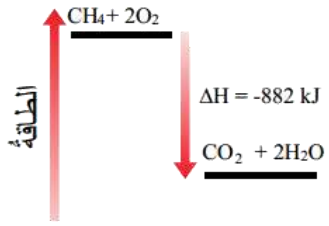
لأن هذا النظام مفتوح [غير معزول] لذا سيضيع جزء من الطاقة المنبعثة في الهواء الجوي ولن تكون كمية الطاقة المنبعثة نفسها تمامًا كمية الطاقة الممتصة في الماء

يحترق مول من الميثان CH4 بوجود كمية وافرة من الأكسجين لتكوين ثاني أكسيد الكربون CO2 والماء H2O وينتج عن ذلك كمية من الحرارة مقدارها 882kJ

(1) أكتب معادلة كيميائية حرارية تعبر عن التفاعل

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} \quad \Delta H = -882\text{kJ}$$

(2) أرسم مخططًا يبين تغير المحتوى الحراري للتفاعل



وعاء يحتوي 40g من الماء درجة حرارته 25°C، أحسب درجة حرارة الماء النهائية، إذا وضعت فيه قطعة من الألمنيوم كتلتها 25g ودرجة حرارتها 60°C

تُحل المسألة على قانون الطاقة الممتصة والمنبعثة بطرفين أي الطاقة بين الماء وقطعة الألمنيوم:

معطيات الماء	معطيات الألمنيوم
$m = 40\text{g}$ $s = 4.18$ $t_1 = 25$ $t_2 = ?$	$m = 25\text{g}$ $s = 0.89$ $t_1 = 60$ $t_2 = ?$

نحسب على العلاقة بحيث الطاقة الممتصة للماء = الطاقة المنبعثة للألمنيوم

$$-q_{Al} = q_{H2O}$$
$$-s_{Al} \times m_{Al} \times \Delta t_{Al} = s_{H2O} \times m_{H2O} \times \Delta t_{H2O}$$

نعوض المعطيات لنستخرج درجة الحرارة النهائية t_2 لكل من الماء والألمنيوم

$$-0.89 \times 25 \times (t_2 - 60) = 4.18 \times 40 \times (t_2 - 25)$$
$$-22.25t_2 + 1335 = 167.2t_2 - 4180$$
$$1335 + 4180 = 167.2t_2 + 22.25t_2$$
$$5515 = 189.45t_2$$
$$189.45 = t_2 \Rightarrow t_2 = 29.1°\text{C}$$

أحسب الحرارة النوعية لمعدن مجهول إذا وضعت قطعة منه كتلتها 20g ودرجة حرارتها 70°C في 40g من الماء عند درجة حرارة 25°C فارتفعت درجة حرارة الماء بمقدار 3.5°C

تُحل المسألة على قانون الطاقة الممتصة والمنبعثة بطرفين أي الطاقة بين الماء وقطعة المعدن المجهولة:

معطيات الماء	معطيات المعدن المجهول
$m = 40\text{g}$ $s = 4.18$ $t_1 = 25$ $t_2 = ?$ $\boldsymbol{\Delta t_{H2O} = 3.5}$	$m = 20\text{g}$ $s = ?$ $t_1 = 70$ $t_2 = ?$ $\Delta t = ?$

نحسب بالبداية t_2 لنسرع عملية التعويض في كلا الطرفين:

$$\Delta t_{H2O} = t_2 - t_1 \Rightarrow 3.5 = t_2 - 25 \Rightarrow t_2 = 25 + 3.5 = 28.5$$

نحسب الآن Δt_x للمعدن المجهول:

$$\Delta t_x = 28.5 - 70 = -41.5$$

نحسب الآن الطاقة الممتصة والمنبعثة لطرفي الماء والمعدن المجهول

$$-q_x = q_{H2O}$$
$$-s_x \times m_x \times \Delta t_x = s_{H2O} \times m_{H2O} \times \Delta t_{H2O}$$
$$-s_x \times 20 \times -41.5 = 4.18 \times 40 \times 3.5$$
$$s_x = \frac{585.2}{830} = 0.71 \text{ J/g.°C}$$

أحسب كمية الحرارة اللازمة لتسخين قطعة من النحاس كتلتها 15g من 22°C حرارة 60°C

تُحل المسألة على قانون الطاقة الممتصة والمنبعثة، الحرارة النوعية للنحاس = 0.38

$$q = s \times m \times \Delta t$$
$$q = 0.38 \times 15 \times (60 - 22) = 216.6 \text{ J}$$

أحسب حرارة التفاعل باستخدام طاقة الروابط للتفاعلين الآتيين:

(1) التفاعل الأول:

$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightarrow 2HI_{(g)}$$

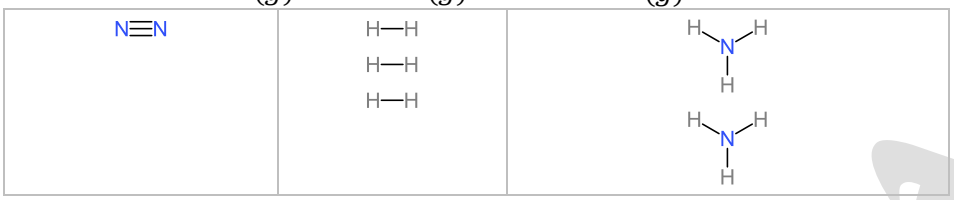
نستخدم القيم في جدول طاقات الروابط

الروابط في المعادلة	طاقة الرابطة
H – H	436
I – I	149
H – I	295

$$\Delta H = \sum BE_{re} - \sum BE_{pr}$$
$$\Delta H = ((1 \times 436) + (1 \times 149)) - (2 \times 295) =$$
$$\Delta H = (585) - (590) = -5 \text{kJ}$$

(2) التفاعل الثاني:

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$$



الروابط في المعادلة	طاقة الرابطة
$N \equiv N$	942
$H - H$	436
$N - H$	386

$$\Delta H = \sum BE_{re} - \sum BE_{pr}$$

$$\Delta H = ((1 \times 942) + (3 \times 436)) - (6 \times 386) =$$

$$\Delta H = (2250) - (2316) = -66 kJ$$

الهيدرازين السائل N_2H_4 هو أحد أنواع الوقود المستخدم في المركبات الفضائية أحسب حرارة التفاعل ΔH الناتجة عن تكوين الهيدرازين وفق المعادلة الآتية:

$$N_{2(g)} + 2H_{2(g)} \rightarrow N_2H_{4(l)}$$

علمًا بأن:

$$N_2H_{4(l)} + O_{2(g)} \rightarrow N_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = -622 kJ \qquad (1)$$

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow N_{2(g)} + H_2O_{(l)} \qquad \Delta H = -286 kJ \qquad (2)$$

نعكس المعادلة (1) لنحصل على الهيدرازين بالنواتج ونضرب المعادلة (2) بـ 2 لنستطيع التخلص من الأكسجين والماء في كلا المعادلتين

(3)	$\Delta H = +622 kJ$	$N_{2(g)} + \cancel{2H_2O_{(l)}} \rightarrow N_2H_{4(l)} + \cancel{O_{2(g)}}$
(4)	$\Delta H = -572 kJ$	$\cancel{2H_{2(g)}} + \cancel{O_{2(g)}} \rightarrow 2N_{2(g)} + \cancel{2H_2O_{(l)}}$
المعادلة النهائية	$\Delta H = +50 kJ$	$N_{2(g)} + 2H_{2(g)} \rightarrow N_2H_{4(l)}$

يتكون رابع كلوريد الكربون CCl_4 بتفاعل غاز الميثان CH_4 مع غاز الكلور Cl_2 وفق المعادلة الآتية:

$$CH_{4(g)} + 4Cl_{2(g)} \rightarrow CCl_{4(l)} + 4HCl_{(g)}$$

باستخدام حرارة التكوين القياسية للمركبات في التفاعل أحسب حرارة التفاعل $\Delta H°$

نستخرج قيم حرارة التكوين القياسية للمتفاعلات والنواتج:

لا تتوفر قيمة حرارة التكوين القياسية لرابع كلوريد الكربون في جدول الكتاب، لذا تم البحث عنها في ملحقات بيانات كتب الكيمياء

المركب أو العنصر	حرارة التكوين ΔH_f°
$CH_{4(g)}$	-74.8
$Cl_{2(g)}$	0
$CCl_{4(l)}$	-135.4
$HCl_{(g)}$	-92.3

	ΔH_f°, kJ mol^{-1}
Cadmium	
Cd(s)	0
Cd^{2+}(aq)	−75.90
$CdCl_2$(s)	−391.5
CdO(s)	−258.2
Calcium	
Ca(s)	0
Ca^{2+}(aq)	−542.8
$CaCO_3$(s)	−1207
$CaCl_2$(s)	−795.8
CaF_2(s)	−1220.
CaH_2(s)	−186.2
$Ca(NO_3)_2$(s)	−938.4
CaO(s)	−635.1
$Ca(OH)_2$(s)	−986.1
$Ca_3(PO_4)_2$(s)	−4121
$CaSO_4$(s)	−1434
Carbon (See also the table of organic substances.)	
C(g)	716.7
C(diamond)	1.90
C(graphite)	0
CCl_4(g)	−102.9
CCl_4(l)	−135.4
C_2N_2(g)	309.0
CO(g)	−110.5

نطبق على العلاقة مباشرة وننتبه لعدد المولات في المعادلة:

$$\Delta H^\circ = \sum \Delta H_{f(pr)}^\circ - \sum \Delta H_{f(re)}^\circ$$

$$\Delta H^\circ = (4 \times -135.4 + 4 \times -92.3) - (1 \times -74.8)$$

$$\Delta H^\circ = (-541.6 + -369.2) - (-74.8)$$

$$\Delta H^\circ = -910.8 + 74.8 = -836 kJ$$

يحترق غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S بوجود كمية كافية من الأكسجين وفق المعادلة:

$$2H_2S_{(g)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \quad \Delta H = -1036 kJ$$

أحسب كمية الحرارة الناتجة عن احتراق 29.5g منه علمًا أن الكتلة المولية له = 34g/mol

نحسب المولات:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{29.5}{34} = 0.87 mol$$

نطبق النسبة والتناسب لحساب الطاقة المرافقة الجديدة ونعمل ضرب تبادلي:

2mol →	$\Delta H = -1036$
0.87mol →	q

$$q = \frac{0.87 \times -1036}{2} = -450.7\text{kJ}$$

يحترق الجلوكوز في الجسم لإنتاج الطاقة اللازمة لقيام الخلايا بالوظائف المختلفة وفق المعادلة:

$$C_6H_{12}O_{6(s)} + 6O_{2(g)} \rightarrow 6CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)} \quad \Delta H = -2820\text{kJ}$$

فإذا كانت الطاقة التي يحتاجها لاعب كرة سلة خلال الساعة التدريبية الواحدة تساوي 2100kJ فاحسب أقل كتلة من السكر يتم حرقها إذا تدرب اللاعب لمدة ساعتين علمًا أن الكتلة المولية للجلوكوز = 180g/mol

كمية الطاقة اللازمة لمدة ساعتين = 2 × 2100 = 4200

نطبق النسبة والتناسب لحساب المولات الجديدة ونعمل ضرب تبادلي:

1mol →	$\Delta H = -2820$
Xmol →	-4200

$$X = \frac{-4200}{-2820} = 1.5mol$$

الكتلة حسب علاقة المولات والكتلة المولية:

$$m = n \times M_r = 1.5 \times 180 = 270g$$

أختار رمز الإجابة الصحيحة لكل من الفقرات الآتية:

(1) يكون التغير في المحتوى الحراري سالبا عندما يكون:

- المحتوى الحراري للمواد الناتجة مساويا للمحتوى الحراري للمواد المتفاعلة
- المحتوى الحراري للمواد الناتجة أكبر من المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة
- المحتوى الحراري للمواد الناتجة أقل من المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة
- المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة أقل من المحتوى الحراري للمواد الناتجة

(2) يكون التفاعل ماصا للحرارة عندما:

- تفقد المادة الحرارة إلى الوسط المحيط
- تكسب المادة الحرارة من الوسط المحيط
- عندما تتعادل طاقة التفاعل مع الوسط المحيط
- عندما يكون التغير في المحتوى الحراري سالبًا

(3) زيادة درجة حرارة غرام واحد من المادة درجة سيليزية واحدة تشير إلى:

- التغير في المحتوى الحراري
- المحتوى الحراري للمادة
- السعة الحرارية
- الحرارة النوعية

(4) تشير حرارة التفاعل الناتج عن تكوين مول واحد من المركب من عناصره الأساسية إلى:

- طاقة الرابطة
- حرارة التكوين القياسية
- قانون هيس
- التغير في المحتوى الحراري للتفاعل

(5) يشير قانون هيس إلى أن:

- حرارة التفاعل تعتمد على المسار الذي يسلكه التفاعل
- حرارة التفاعل تعتمد على الخطوة الرئيسية لتكوين النواتج
- حرارة التفاعل تمثل مجموع التغيرات الحرارية لخطوات حدوث التفاعل
- حرارة التفاعل تمثل الفرق بين مجموع طاقات الروابط للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة