2021

كورس أوكسجين

الفصل الدراسي الثاني

مادة الكيمياء

م. مريم السرطاوي

t.me/sartawichem

بسم اللَّه الرحمن الرحيم

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

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

فإن الكمال للَّه 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 ليـــــــــــلاً يغوص البحر من طلب اللآلي

رسالتان قصيرتان:

إن التعليم المميز للجميع والعلم يُؤتى ولا يأتي، فهلمَّ يا طالب العلم إلى مجدك

الدوسية المجانية على الإنترنت هي لنفع الطالب في المقام الأول، ولا يعني ذلك أنه يحلّ التعديل عليها أو نسبتها لغير صاحبها، فالحقوق الفكرية والبصمة الكتابية محفوظة

تابع معنا كل جديد مع طلاب مدرسة الكيمياء الإلكترونية

https://cutt.us/SCHOOLofCHEMISTRY

وأيضا على قناتي اليوتيوب مريم السرطاوي

وعلى التيليجرام

https://t.me/sartawichem

الوحدة الرابعة: التفاعلات والحسابات الكيميائية

الدرس الأول: التفاعلات الكيميائية

تعريفات الدرس الأول:

- قانون حفظ الكتلة: المادة لا تفنى ولا تستحدث من العدم؛ لكنها تتحول من شكل إلى آخر، أي أن مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي مجموع كتل المواد الناتجة
- المعادلة الكيميائية الموزونة: تعبير بالرموز والصيغ يبين المواد المتفاعلة والناتجة ونسب تفاعلها وحالاتها الفيزيائية والظروف التي يُجرى فيها التفاعل
- تفاعل الاحتراق: هو تفاعل مادة ما (عنصر أو مركب) مع غاز الأكسجين ويصاحب التفاعل عمومًا انطلاق طاقة في صورة حرارة أو ضوء
- تفاعل الاتحاد: تفاعل يحدث بين مادتين أو أكثر (عناصر أو مركبات) لينتج مركبًا واحدًا جديدًا
- تفاعل التحلل الحراري: تحلل مركب واحد بالحرارة منتجًا مادتين أو أكثر (عناصر أو مركبات)
- تفاعل الإحلال الأحادي: تفاعل يحل فيه عنصر نشط محل عنصر آخر أقل نشاطًا منه في أحد أملاحه

التغير الفيزيائي والكيميائي

ما أنواع التغيرات التي تطرأ على المادة؟ تغيرات فيزيائية 2- تغيرات كيميائية

وضح مفهوم التغيرات الفيزيائية، مع أمثلة

التغيرات الفيزيائية تؤثر في الخواص الفيزيائية للمادة، مثل:

(1) الحالة الفيزيائية: صلبة، سائلة، غازية (2) الشكل (3) الحجم

ولا يحدث في التغير الفيزيائي أي تغير في المادة نفسها

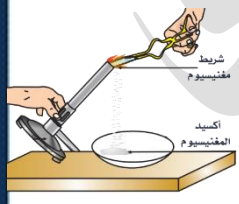
أمثلة على تغيرات فيزيائية:

انصهار مكعب الثلج/ تبخر الماء/ ذوبان السكر في الماء/ كسر الزجاج/ قص الورق أو طيّه

ما مفهوم التغيرات الكيميائية؟

التغيرات الكيميائية ينتج عنها مواد جديدة تختلف خصائصها عن المواد الأصلية، مثال:

(1) عند اشتعال شريط المغنيسيوم Mg بوجود الأكسجين O_2 ينتج رماد أبيض اللون "أكسيد المغنيسيوم" MgO وهو يختلف عن المغنيسيوم والأكسجين في الخصائص



(2) يتفاعل الصوديوم Na مع غاز الكلور Cl_2 فينتج مركب كلوريد الصوديوم "ملح الطعام" NaCl وهو أبيض يحتاجه الجسم، بينما خصائص العناصر المتفاعلة هي:

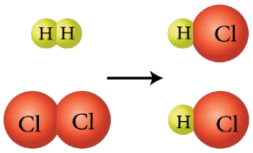
- الصوديوم: فلز صلب يتفاعل بشدة مع الماء
- الكلور: غاز سام لونه أصفر مخضر

(3) يتفاعل غاز الهيدروجين H_2 مع غاز الكلور Cl_2 لإنتاج غاز كلوريد الهيدروجين HCl، تختلف خصائص المواد المتفاعلة عن المواد الناتجة

أتحقق ص11: ما المقصود بالتفاعل الكيميائي؟

هو عملية يحدث فيها تكسير الروابط بين ذرات عناصر المواد المتفاعلة وتكوين روابط جديدة بين ذرات عناصر المواد الناتجة

وكذلك إعادة ترتيب الذرات دون المساس بنوعها وعددها وتختلف الصفات الفيزيائية والكيميائية للمواد الناتجة منها للمواد المتفاعلة



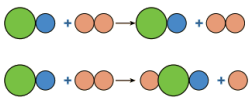
$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)}$$

نفس النوع: الهيدروجين والكلور نفسه في المتفاعلات وفي النواتج

نفس العدد: ذرتين هيدروجين في المتفاعلات ومثله في النواتج، ومثل ذلك في الكلور

أتوقع ص11: ما نوع الرابطة الكيميائية بين ذرات H – Cl، H – H، Cl – Cl؟

رابطة تساهمية أحادية



أفكر ص11: أي من الشكلين الآتيين يمثل تفاعلاً كيميائيًّا؟ فسِّر

الشكل الثاني يمثل تفاعلاً كيميائيًّا؛ بسبب تغير ترتيب الذرات وإنتاج مواد جديدة

التغير الفيزيائي	التغير الكيميائي
لا تغير في تركيب المادة	تغير في تركيب المادة

تعزيز: أمثلة من حياتنا على التغيرات الكيميائية [التفاعل الكيميائي]:

صدأ الحديد/ عفن الخبز والفواكه/ حرق الخشب/ مضغ الطعام وهضمه/ تخمّر العجين وغيره

تعزيز: ما هي الدلالات على وجود تفاعل كيميائي؟

تصاعد غاز/ تغير اللون/ ظهور راسب/ تغير درجة الحرارة/ ظهور ضوء أو شرارة

ورقة عمل [1]: التغير الفيزيائي والكيميائي

حدِّد نوع التغير في كل مما يلي:

فيزيائي	كيميائي
احتراق فتيل الشمعة	
تكوّن بخار الماء نتيجة غليان الماء	
صهر الحديد الصُّلب إلى سائل	
اشتعال الصوديوم عند ملامسته الماء	
تخمّر اللبن وتحوّله إلى شنينة	

أكمل الفراغ بما يناسبه:

1- يعتبر صدأ الحديد من التغيرات .....

2- اشتعال شريط المغنيسيوم مكوِّنًا أكسيد المغنيسيوم يُعدُّ تغيرًا .....

3- نُسمي التغير ..... تفاعلاً كيميائيًّا

4- يعدُّ تصاعد الغاز من دلالات حدوث التفاعل .....

5- التفاعل الكيميائي هو كسر روابط المواد ..... وتكوين روابط جديدة في المواد .....

6- يعتبر تجمد الماء من التغيرات .....

المعادلة الكيميائية الموزونة

نعبر عن التفاعل الكيميائي باستخدام المعادلة الكيميائية الموزونة

عرِّف المعادلة الكيميائية الموزونة

تعبير بالرموز والصيغ يبيِّن المواد المتفاعلة والناتجة، ونسب تفاعلها، وحالاتها الفيزيائية، والظروف التي يُجرى فيها التفاعل بما يُحقِّق قانون حفظ الكتلة

علامَ ينُصُّ قانون حفظ الكتلة

المادة لا تفنى ولا تُستحدث من العدم أثناء التفاعل الكيميائي

حيث أنَّ مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي مجموع كتل المواد الناتجة

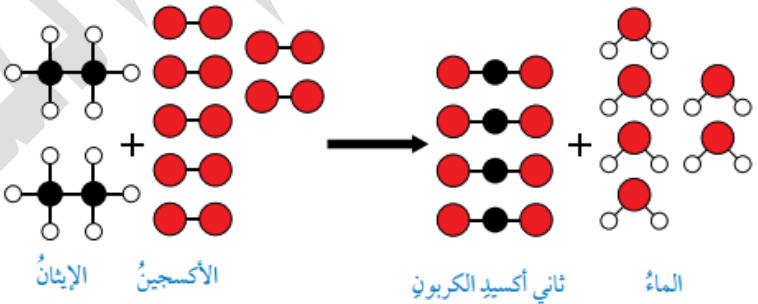
مثال(1): تفاعل الأكسجين 7.39g مع الزئبق 92.61g وينتج أكسيد الزئبق 100g

$$O_{2(g)} + 2Hg_{(l)} \rightarrow 2HgO_{(s)}$$

كيف نثبت أن مجموع كتل المواد نفسه؟

عدد ونوع الذرات نفسه في المتفاعلة والناتجة لم يتجزأ أو يتحطم أو يُستحدث، إنما فقط تم إعادة ترتيب الذرات

مثال(2): احتراق غاز الإيثان بوجود غاز الأكسجين فينتج غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء

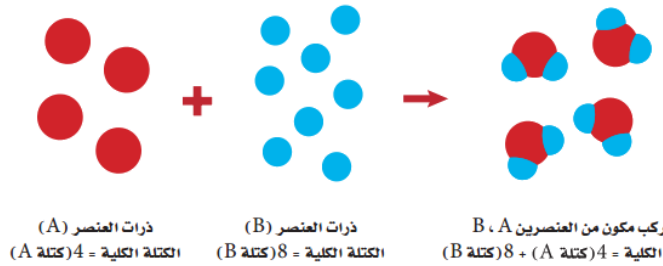


$$2C_2H_{6(g)} + 7O_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)}$$

أفسر: كيف تغير ترتيب ذرات العناصر بالنسبة إلى بعضها؟

انكسرت الروابط في الإيثان والأكسجين بفعل طاقة الاحتراق، واتحد الأكسجين مع الكربون من جهة، ومع الهيدروجين من جهة أخرى

الاستنتاج: عدد ذرات كل عنصر يكون ثابتًا وبالتالي تكون الكتلة ثابتة أيضًا



تدريب خارجي: عند تسخين 10.0غرام من مادة كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) فإنه يتم إنتاج 4.4 غرام من ثاني أكسيد الكربون(CO_2) ، و5.6 غرام من أكسيد الكالسيوم (CaO)، هل يطبق التفاعل الآتي قانون حفظ الكتلة؟

الحل: كتلة المواد المتفاعلة = كتلة المواد الناتجة

10.0 غرام من كربونات الكالسيوم =

4.4 غرام من ثاني أكسيد الكربون + 5.6 غرام من أكسيد الكالسيوم

كتلة المواد المتفاعلة تساوي كتلة المواد الناتجة فإن هذا التفاعل يطبق قانون حفظ الكتلة.

كتابة المعادلة الكيميائية الموزونة

رموز المعادلة الكيميائية

الرمز	الوصف
+	يفصل بين كل مادة والأخرى
→	سهم يتجه ناحية المواد الناتجة: يفصل المواد المتفاعلة عن المواد الناتجة
Δ	دلتا: يعبر عن الحرارة ويوضع فوق سهم التفاعل
(s)	الحالة الصلبة
(l)	الحالة السائلة
(g)	الحالة الغازية
(aq)	المحلول المائي

1- اكتب الصيغ الصحيحة للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة، وابدأ من اليسار، وتأكد أن السهم يفصل المتفاعلات عن النواتج ويتجه ناحية النواتج، ولا بد من وجود الحالات الفيزيائية لكل مادة من المواد

الصيغة الكيميائية: تعبير يستعمل الرموز الكيميائية للعنصر أو الجزيء أو المركب

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

ذرتا هيدروجين + ذرتا كلور → ذرة هيدروجين وذرة كلور

2- عد ذرات العناصر في المتفاعلات

$H_2 + Cl_2 \rightarrow$

2 ذرة هيدرجين 2 ذرة كلور

3- عد ذرات العناصر في النواتج

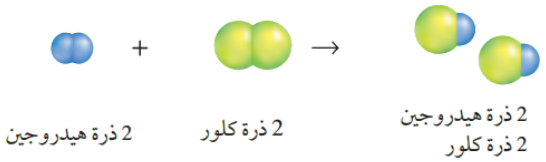
HCl

1 ذرة هيدروجين + 1 ذرة كلور

4- غيِّر المعاملات أمام المادة لجعل عدد ذرات كل عنصر متساوٍ في طرفي المعادلة

H_2 + Cl_2 → 2HCl

2 ذرة هيدروجين | 2 ذرة كلور | 2 ذرة هيدروجين + 2 ذرة كلور



5- اكتب لمعاملات في أبسط صورة ممكنة

المعامل: عدد صحيح يُكتب قبل المتفاعل أو الناتج، ولا يُكتب إذا كان واحداً، وهو يمثل أبسط نسبة عددية صحيحة لكميات كل من المتفاعلات والنواتج

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

1:1:2

1 H_2 : 1 Cl_2 : 2 HCl

6- تأكد من موازنة المعادلة

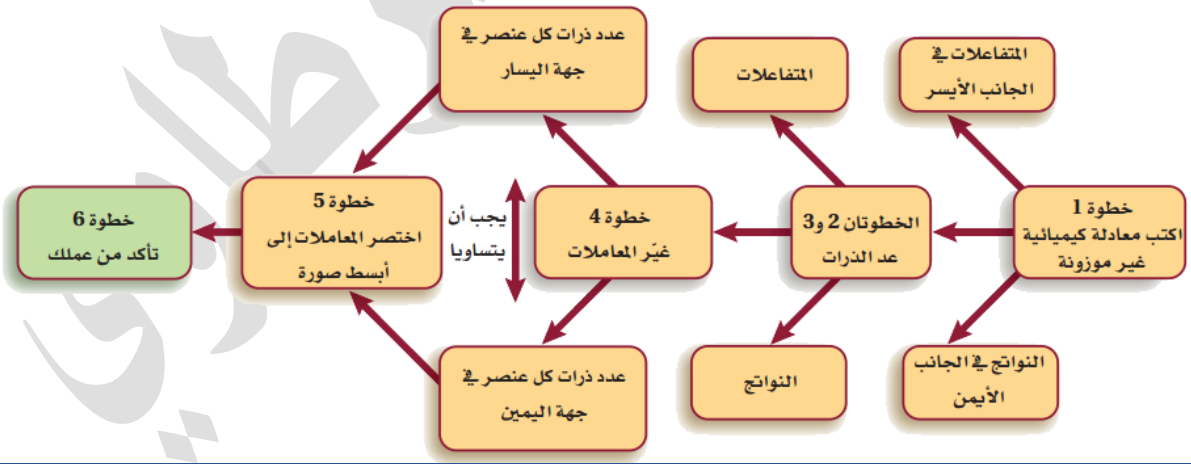
$H_{2(g)}$ + $Cl_{2(g)}$ → $2HCl_{(g)}$

2 ذرة هيدروجين | 2 ذرة كلور | 2 ذرة هيدروجين
2 ذرة كلور

يوجد ذرتا هيدروجين وذرتا كلور في كلٍّ من طرفي المعادلة.

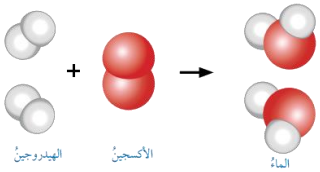
7- في بعض التفاعلات نضطر لاستخدام معامل كسور مع جزيء الأكسجين O_2، بعدها نضرب كل المعادلة بمقام ذلك الكسر لأن المعاملات يلزم أن تكون أعداداً صحيحة كاملة

8- المحافظة على الصيغة الكيميائية للمادة حتى لا يتناقض ذلك مع قانون حفظ الكتلة، فتكون الموازنة بإضافة معاملات فقط قبل الصيغة الكيميائية



مثال: معادلة لفظية لتكوّن الماء: يتفاعل غاز الأكسجين مع غاز الهيدروجين ليتكون الماء السائل

المعادلة بالرموز والصيغ: $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$



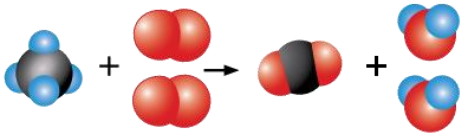
4 ذرات H في المتفاعلات = 4 ذرات H في النواتج

ذرتان O في المتفاعلات = ذرتان O في النواتج

المعادلة موزونة، ومن رسم الجزيئات وتكرارها يتضح ذلك

مثال: يتفاعل غاز الميثان CH_4 مع الأكسجين O_2 لإنتاج ثاني أكسيد الكربون CO_2 والماء السائل المعادلة بالرموز والصيغ وبعد موازنتها:

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



أفكر ص14: كيف يتحقق قانون حفظ المادة في التفاعل السابق؟

1 ذرة C في المتفاعلات = 1 ذرة C في النواتج

4 ذرات H في المتفاعلات = 4 ذرات H في النواتج

4 ذرات O في المتفاعلات = 4 ذرات O في النواتج

أتحقق ص14: أوازن المعادلة الكيميائية: $Pb(NO_3)_{2(s)} \rightarrow PbO_{(s)} + NO_{2(g)} + O_{2(g)}$

العنصر	عدد الذرات في المتفاعلة	عدد الذرات في الناتجة
Pb	1	1
N	2	1
O	6	5

1- لأن Pb متعادل، نوازن N بضرب الناتج NO_2 بـ 2

2- يتغير O في المتفاعلات، فنعمل على موازنته بتجربة موازنة جزيء الأكسجين لوحده

3- نضرب جزيء الأكسجين بمعامل كسر وهو $(\frac{1}{2})$ لتحويلها إلى ذرة واحدة ويصبح مجموع ذرات الأكسجين متساوٍ في الطرفين

(1) $Pb(NO_3)_{2(s)} \rightarrow PbO_{(s)} + 2NO_{2(g)} + O_{2(g)}$

(2) $Pb(NO_3)_{2(s)} \rightarrow PbO_{(s)} + 2NO_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)}$

4- نضرب كل المعادلة بمقام الكسر (2) للتخلص من الكسر وهو $(\frac{1}{2})$؛ لأن الأولى أن تكون المعاملات صحيحة وليست بشكل كسور من أجل الحسابات الكمية

$$2 \times \left[Pb(NO_3)_{2(s)} \rightarrow PbO_{(s)} + 2NO_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)}\right]$$

المعادلة الموزونة النهائية: $2Pb(NO_3)_{2(s)} \rightarrow 2PbO_{(s)} + 4NO_{2(g)} + O_{2(g)}$

تدريب خارجي: هل المعادلة التالية موزونة؟ $Zn_{(s)} + H_2SO_{4(l)} \rightarrow ZnSO_{4(l)} + H_{2(g)}$

العنصر	عدد الذرات في المتفاعلة	عدد الذرات في الناتجة
Zn	1	1
S	1	1
H	2	2
O	4	4

الحل: المعادلة الموزونة

تدريب خارجي: يتفاعل الصوديوم الصلب مع الماء ويتكون غاز الهيدروجين ومحلول مائي من هيدروكسيد الصوديوم، اكتب المعادلة الكيميائية ووازنها

- كتابة الصيغ الصحيحة للمتفاعلة والناتجة مع حالتها الفيزيائية

$$Na_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow NaOH_{(aq)} + H_{2(g)}$$

- الصوديوم متعادل، لذا نوازن الهيدروجين في كلا الطرفين حتى يصل المجموع إلى 4
- عدد ذرات الأكسجين في النواتج يصبح 2، نترك موازنته للنهاية وننظر إلى الصوديوم
- عدد ذرات الصوديوم في الناتج يصبح أيضا 2، نضطر لموازنته في المتفاعل
- ننظر إلى الأكسجين، فنجد أن ذراته متوازنه أيضا في المتفاعلات

(1) $Na_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2NaOH_{(aq)} + H_{2(g)}$

(2) $2Na_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2NaOH_{(aq)} + H_{2(g)}$

تدريب خارجي: وازن المعادلة الآتية:

$$Fe_{(s)} + H_2O_{(g)} \rightarrow Fe_3O_{4(s)} + H_{2(g)}$$

1- موازنة Fe في المتفاعلات بضربه بـ 3

2- الهيدروجين متعادل، لذا نوازن O في المتفاعلات بالضرب بـ 4

3- يتغير الهيدروجين إلى 8 في المتفاعلات، نضطر لموازنته في النواتج بالضرب بـ 4

(1) $3Fe_{(s)} + H_2O_{(g)} \rightarrow Fe_3O_{4(s)} + H_{2(g)}$

(2) $3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(g)} \rightarrow Fe_3O_{4(s)} + H_{2(g)}$

(3) $3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(g)} \rightarrow Fe_3O_{4(s)} + 4H_{2(g)}$

تدريب خارجي: يتحد الغلوكوز مع الأكسجين في خلايا أجسامنا لتنتج الطاقة، ويكون من خلال المعادلة التالية، التي يلزم موازنتها

$$C_6H_{12}O_{6(aq)} + O_{2(aq)} \rightarrow CO_{2(aq)} + H_2O_{(l)} + energy$$

العنصر	عدد الذرات في المتفاعلة	عدد الذرات في الناتجة
C	6	1
H	12	2
O	8	3

1- نوازن الكربون في النواتج بالضرب بـ 6، يتغير الأكسجين إلى مجموع 13

2- نوازن الهيدروجين في النواتج بالضرب بـ 6، يتغير الأكسجين مرة أخرى إلى مجموع 18

3- نضطر الآن لموازنة الأكسجين في المتفاعلات فنضرب جزيء الأكسجين بـ 6، ليصل المجموع في النواتج $12 + 6 = 18$ فتتوازن المعادلة

(1) $C_6H_{12}O_{6(aq)} + O_{2(aq)} \rightarrow 6CO_{2(aq)} + H_2O_{(l)} + energy$

(2) $C_6H_{12}O_{6(aq)} + O_{2(aq)} \rightarrow 6CO_{2(aq)} + 6H_2O_{(l)} + energy$

(3) $C_6H_{12}O_{6(aq)} + 6O_{2(aq)} \rightarrow 6CO_{2(aq)} + 6H_2O_{(l)} + energy$

فوائد وتنبيهات:

- وجود الكسور أو معاملات متضاعفة في المعادلة الكيميائية بعد وزنها تمامًا لا يعني أن المعادلة موزونة بشكل خاطئ لكن الأولوية غير ذلك

- الأولوية أن تكون المعاملات في أبسط نسبة عددية صحيحة وليست في صورة كسور، لأننا سنستخدم تلك المعاملات التي هي نسب التفاعل في الحسابات الكيميائية

- نضطر لاستخدام معاملات في صورة كسور في المعادلات الكيميائية الحرارية لأسباب تخص الطاقة نفسها [شرح ذلك في الوحدة الخامسة]

م. مريم السرطاوي

ورقة عمل [2]: موازنة المعادلات الكيميائية

أكتب المعادلات الكيميائية الموزونة للتفاعلات التالية:

(1) يتفاعل غاز الهيدروجين مع غاز النيتروجين ليتكون غاز الأمونيا NH_3

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(2) عند تفاعل فلز الألمنيوم مع الأكسجين في الهواء تتكون طبقة رقيقة من أكسيد الألمنيوم تغطي الألمنيوم وتحميه

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(3) يتفاعل هيدروكسيد المغنيسيوم الصلب مع محلول حامض الهيدروكلوريك HCl ليتكون محلول كلوريد المغنيسيوم والماء

.....

.....

.....

.....

.....

وازن المعادلات الكيميائية الآتية:

$$P_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow P_4O_{10(s)}$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

$$Al_{(s)} + N_{2(g)} \rightarrow AlN_{(s)}$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

$$Fe_2O_{3(s)} + H_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} Fe_{(s)} + H_2O_{(g)}$$

.....

.....

.....

.....

.....

✓ يلزم لكتابة الصيغ الكيميائية بشكلها الصحيح:

- تمكن الطالب من مبحث سابق وهو تسمية وكتابة المركبات الأيونية

- تمكن الطالب من أساسيات الكيمياء الخاصة بتصنيف العناصر:

الفلزات في الظروف الطبيعية أحادية الذرة، نكتبها في المعادلة ذرة واحدة Na

عناصر ثنائية الذرة في الظروف الطبيعية: الأكسجين، الهيدروجين، النيتروجين، الكلور، الفلور، البروم، اليود [عائلة two]

نكتبها في المعادلة بشكلها الصحيح O_2 وليس O

تفاعل الاحتراق

عرِّف تفاعل الاحتراق

هو تفاعل مادة ما (عنصر أو مركب) مع غاز الأكسجين O_2 ويصاحب التفاعل انطلاق طاقة في صورة حرارة أو ضوء

تفاعل احتراق قطع من الفحم

أشهر الأمثلة لمواد تحترق وتعطي طاقة عالية هي أنواع الوقود المختلفة:

كالفحم، الخشب، الهيدروجين، الهيدروكربونات مثل الميثان والبنزين والكيروسين

1- عنصر وقود + أكسجين، مثل: احتراق الفحم $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + Heat$

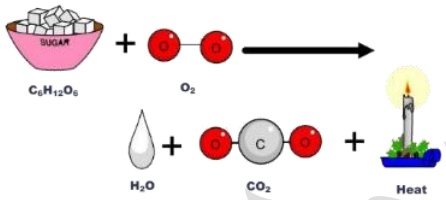
2- مركب وقود + أكسجين، احتراق الخشب وأنواع الوقود المختلفة، مثال: احتراق غاز الميثان [غاز الطبخ]: $CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} + Heat$

احتراق أي مادة هيدروكربونات سيكون الناتج نفسه، ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء وحرارة

$$2C_5H_{10(g)} + 15O_{2(g)} \rightarrow 10CO_{2(g)} + 10H_2O_{(g)} + Heat$$

الهيدروكربونات: مواد تحوي الهيدروجين والكربون فقط

الكيمياء (الحيوية) احتراق الغذاء في الجسم: حيث يتفكك الطعام إلى أبسط منه، الرز والبطاطا والخبز الذي يحتوي على كربوهيدرات، يتحول إلى سكر الغلوكوز [مادة كربوهيدرات] الذي يتحد مع الأكسجين ليحدث تفاعل الاحتراق في أجسامنا وتنتج الطاقة



ما هي فوائد تفاعل الاحتراق؟

1- الحرارة الناتجة من احتراق أنواع الوقود المختلفة تفيد في التدفئة، وتحريك وسائل المواصلات وطهي الطعام

2- احتراق الغذاء في الجسم يزوده بالطاقة اللازمة لأداء الوظائف الحيوية

الهيدروكربونات تتكون من هيدروجين وكربون، احتراقها يُنتِج غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء وحرارة

بينما الكربوهيدرات تتكون من هيدروجين وكربون وأكسجين، و الناتج نفسه في الاحتراق

أفكر ص15: عند حرق 100g من الفحم في كمية معلومة من غاز الأكسجين حرقًا تامًّا فإن كمية الناتج تكون أقل من المتوقع

لأن هناك ناتج نظري وناتج فعلي للتفاعل الكيميائي، بسبب قانون حفظ الكتلة يلزم أن تكون كتلة النواتج هي مجموع الكتلة للمتفاعلات من الناحية النظرية، أما فعليًّا فإن غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج يكون أقل من هذا الرقم؛ لأن الكربون الفحم يحتوي شوائب من الكبريت، والأكسجين أيضًا يحتوي شوائب من النيتروجين والخ، وهذه الشوائب عند الاحتراق لن تنتج ثاني أكسيد الكربون، بل ستنتج مواد أخرى ليست ضمن المعادلة الموزونة، مع أخذنا بالاعتبار إمكانية تسرُّب بعضًا من ثاني أكسيد الكربون كونه غاز، لذا الناتج الفعلي سيكون أقل من المتوقع

ورقة عمل [3]: تفاعل الاحتراق

حدِّد تفاعل الاحتراق مما يلي:

$2C_2H_{6(g)} + 7O_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)}$	
$2CH_3OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 4H_2O_{(l)}$	
$2Pb(NO_3)_{2(s)} \rightarrow 2PbO_{(s)} + 4NO_{2(g)} + O_{2(g)}$	
$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$	
$2Na_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2NaOH_{(aq)} + H_{2(g)}$	
$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)}$	
$C_3H_6O_{(l)} + 4O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$	

تعزيزات وتنبيهات:

- تفاعلات الاحتراق الكاملة للكربون يصدر منها ثاني أكسيد الكربون، بينما غير الكاملة: يصدر أول أكسيد الكربون
- في تفاعلات الاحتراق: قد لا تُذكر الحرارة في الناتج لكنه يبقى تفاعل احتراق طالما كانت المادة المحترقة هي نوع من الوقود كالفحم والخشب والهيدروجين ومشتقات النفط
- ليس بالضرورة أن تحدث حرائق أو نيران، مثال: احتراق الغذاء
- تحترق كثير من الفلزات مثل شريط المغنيسيوم وقطع الكالسيوم وغير ذلك بوجود الأكسجين وينتج منها طاقة حرارية وضوء ساطع لكن من ناحية أخرى الفلزات النشطة تتأكسد وتتفاعل مع أكسجين الجو بدون إشعالها، لذا حتى نصنف تفاعل الفلز مع الأكسجين أنه تفاعل احتراق لا بد من كتابة طاقة حرارية في الناتج، أو كقولنا: اشتعل شريط المغنيسيوم ..

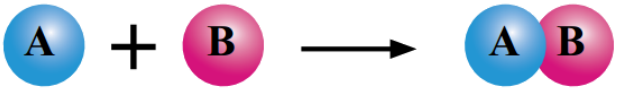
وعلى الطالب التزام معلومات معلم مادته بخصوص ذلك

تفاعل الاتحاد

عرِّف تفاعل الاتحاد

هو تفاعل مادتين أو أكثر (عناصر أو مركبات) ليُنتِج مركبًا واحدًا جديدًا

نمثل تفاعل الاتحاد بصورة مبسطة:



المثلث فوق سهم التفاعل (دلتا) دليل على عملية تسخين لحدوث التفاعل

- يكون تفاعل الاتحاد على أنواع:

1- اتحاد عنصرين لتكوين مركب

مثال: تفاعل النحاس (II) مع الكبريت من خلال عملية تسخين لتكوين كبريتيد النحاس (II)

$$Cu_{(s)} + S_{(s)} \xrightarrow{\Delta} CuS_{(s)}$$

مثال: تفاعل برادة الحديد (II) مع الكبريت من خلال عملية تسخين لتكوين كبريتيد الحديد (II) $Fe_{(s)} + S_{(s)} \xrightarrow{\Delta} FeS_{(s)}$ تجربة ص16 في الكتاب

خصائص المركب الناتجة تختلف عن خصائص المواد المتفاعلة، فالمركب الناتج لا ينجذب إلى المغناطيس

2- عنصر ومركب لتكوين مركب

مثال: تفاعل الكربون مع ثاني أكسيد الكربون لتكوين أول أكسيد الكربون

$$C_{(s)} + CO_{2(g)} \rightarrow 2CO_{(g)}$$

3- مركبين لتكوين مركب

مثال: تفاعل أكسيد المغنيسيوم مع غاز ثاني أكسيد الكربون لتكوين كربونات المغنيسيوم

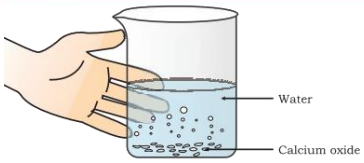
$$MgO_{(s)} + CO_{2(g)} \rightarrow MgCO_{3(s)}$$

مثال: تفاعل أكسيد الصوديوم مع ثاني أكسيد الكربون لتكوين كربونات الصوديوم

$$Na_2O_{(s)} + CO_{2(g)} \rightarrow Na_2CO_{3(s)}$$

أكسيد الفلز + ثاني أكسيد الكربون ⇦ كربونات الفلز

مثال: أكسيد الكالسيوم مع الماء لتكوين هيدروكسيد الكالسيوم



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

أكسيد الفلز + الماء ⇦ هيدروكسيد الفلز

أمثلة أخرى على تفاعل الاتحاد وتكون احتراق أيضًا، ويُلاحظ منها تكوين أكاسيد، إذا تفاعل الأكسجين مع الفلز أو اللافلز:

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

- يتكون ثاني أكسيد الكربون، وهو تفاعل احتراق واتحاد في نفس الوقت، تصدر طاقة من هذا التفاعل ولأن الكربون وقود فلا يتفاعل مع الأكسجين إلا إذا احترق، وفي نفس الوقت هو مركب واحد في الناتج فهو أيضًا اتحاد

$$2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MgO_{(s)}$$

- يتكون أكسيد المغنيسيوم في حالة اشتعال شريط المغنيسيوم، تصدر طاقة وضوء ساطع؛ لذا نصنفه احتراق واتحاد، بينما لو تفاعل المغنيسيوم مع الهواء الجوي بدون اشتعال فستتكون أيضًا طبقة رقيقة من أكسيد المغنيسيوم عليه لكن لا توجد طاقة عالية ناتجة من التفاعل لذا نعتبره تفاعل اتحاد فقط

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

- يتكون أكسيد ثنائي الهيدروجين [والتسمية الشائعة هي الماء] وهذا تفاعل اتحاد واحتراق لأن الهيدروجين لن يتفاعل مع الأكسجين إلا بالاحتراق [الهيدروجين وقود للمركبات الفضائية]

الفلز + الأكسجين ⇦ أكسيد الفلز

اللافلز + الأكسجين ⇦ أكسيد اللافلز

خلاصة: تفاعل الاتحاد يكون للمواد التي تكوِّن مركبًا واحدًا في الناتج

- إذا كان أكسجين + نوع وقود = مركب واحد ..... فالتفاعل احتراق واتحاد
- إذا كان أكسجين + فلز = أكسيد الفلز + طاقة ..... فالتفاعل احتراق واتحاد
- إذا كان أكسجين + فلز = أكسيد الفلز .. ولم يذكر أي شيء عن طاقة ناتجة أو اشتعال الفلز فالتفاعل هو اتحاد لأن الفلز يكوّن طبقة أكسيد عند تعرضه للهواء

ورقة عمل [4]: تفاعل الاتحاد

حدِّد تفاعل الاتحاد، وإذا كان احتراق واتحاد في آن واحد فحدد ذلك أيضًا واذكر السبب:

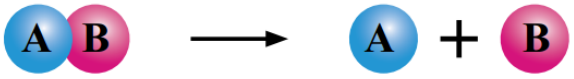
	$Ca_{(s)} + Cl_{2(g)} \rightarrow CaCl_{2(s)}$
	$2Na_{(s)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2NaCl_{(s)}$
	$CaO_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow Ca(OH)_{2(aq)}$
	$C_3H_6O_{(l)} + 4O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$
	$Fe_{(s)} + S_{(s)} \rightarrow FeS_{(s)}$
	$2Na_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2NaOH_{(aq)} + H_{2(g)}$
	$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$
	$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)}$
	$2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MgO_{(s)} + heat$

تفاعل التحلل (التفكك) الحراري

عرِّف تفاعل التحلل (التفكك) الحراري

هو تحلل مركب واحد بالحرارة منتجًا مادتين أو أكثر وقد تكون النواتج عناصر أو مركبات

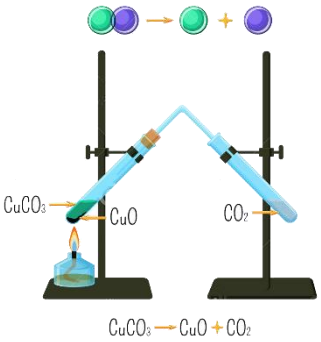
نمثل تفاعل التفكك بصورة مبسطة:



تذكر تفاعل الاتحاد واعكس الطرفين
فيكون هو تفاعل التفكك

يكون تفاعل التحلل أو التفكك بطرق منها:

1- استخدام الحرارة [التسخين] ⇦ تحلل حراري



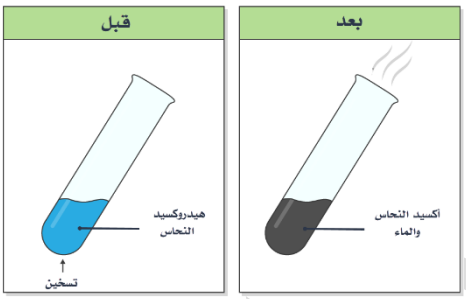
مثال: تحلل كربونات النحاس منتجة أكسيد النحاس وغاز ثاني أكسيد الكربون

$$CuCO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} CuO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

مثال: تحلل هيدروكسيد النحاس (II)

$$Cu(OH)_{2(s)} \xrightarrow{\Delta} CuO_{(s)} + H_2O_{(l)}$$

تجربة ص17 في الكتاب



مثال: تحلل نترات الأمونيوم منتجة أكسيد ثنائي النيتروجين وبخار الماء

$$NH_4NO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} N_2O_{(g)} + H_2O_{(g)}$$

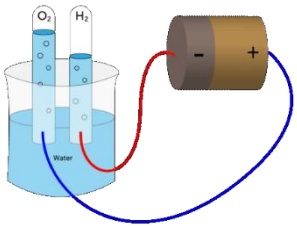
مثال: تحلل دايكرومات الأمونيوم منتجة أكسيد الكروم وغاز النيتروجين وبخار الماء، والغازات تسبب فورانًا كالبركان [سؤال ص17]

$$(NH_4)_2Cr_2O_{7(s)} \xrightarrow{\Delta} Cr_2O_{3(s)} + N_{2(g)} + 4H_2O_{(g)}$$

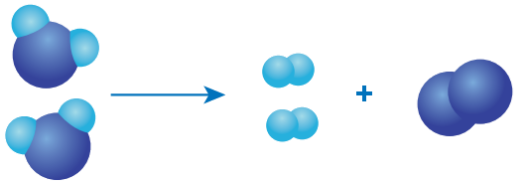
بعض الأمثلة ليست لها قاعدة عامة لمعرفة النواتج، إنما لتوضيح أن المركب الواحد قد يتفكك لأكثر من عنصر أو مركب

2- استخدام التيار الكهربائي ⇦ تحلل كهربائي

مثال: تحلل الماء السائل إلى مكوناته: غاز الهيدروجين وغاز الأكسجين



$$2H_2O_{(l)} \xrightarrow{\text{تحلل كهربائي}} 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$$



أتحقق ص18: بماذا يختلف تفاعل الاتحاد عن تفاعل التحلل؟

تفاعل التحلل هو عملية عكسية لتفاعل الاتحاد

تفاعل التحلل والربط مع الأحياء ص16:

تتغير أوراق الأشجار في الخريف من الأخضر إلى البرتقالي والأصفر، حيث مادة الكلوروفيل الخضراء كانت تغطي على الألوان الأخرى في الورقة، وبسبب برودة الجو تتكسر مادة الكلوروفيل وتظهر ألوان عديدة منها البرتقالي والأصفر على الأوراق

لم تفكك الكلوروفيل؟

يزداد إنتاج صبغة الكلوروفيل الخضراء بوجود أشعة الشمس، ومع اختفاء الأشعة في الخريف وبرودة الجو فإن تصنيع الكلوروفيل يتطلب الكثير من الطاقة لذا يقوم النباتات بتفكيك الكلوروفيل وإخراجه من أوراقها قبل سقوط تلك الأوراق، وهكذا تتوفر الطاقة ويمكن للنباتات إعادة امتصاص الجزيئات التي يتكون منها الكلوروفيل بعد ذلك عندما يكون الجو دافئًا ومشمسًا بدرجة كافية للنمو مرة أخرى، بهذه الطريقة لن تضطر النباتات إلى إنتاج الكلوروفيل من الصفر.

ورقة عمل [5]: تفاعل التحلل [التفكك] الحراري

حدِّد تفاعل التحلل مما يلي:

	$2KClO_{3(s)} \rightarrow \quad 2KCl_{(s)} + 3O_{2(g)}$
	$2HgO_{(s)} \rightarrow \quad 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$
	$CaO_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow \quad Ca(OH)_{2(aq)}$
	$CuCO_{3(s)} \rightarrow \quad CuO_{(s)} + CO_{2(g)}$
	$Fe_{(s)} + S_{(s)} \rightarrow \quad FeS_{(s)}$
	$2H_2O_{(l)} \rightarrow \quad 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$
	$Cu(NO_3)_{2(s)} \rightarrow \quad CuO_{(s)} + NO_{2(g)} + O_{2(g)}$
	$2KMnO_{4(s)} \rightarrow \quad K_2MnO_{4(s)} + MnO_{2(g)} + O_{2(g)}$
	$S_{(s)} + \quad O_{2(g)} \rightarrow \quad SO_{2(g)}$
	$2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow \quad 2MgO_{(s)}$

فائدة وتنبيه:

1- يحدث التحلل بعدة طرق منها الحرارة، الكهرباء، الضوء

2- ممكن كتابة طريقة التحلل فوق السهم وممكن الاستغناء عنها، المهم تمييز الصورة المبسطة للتفاعل وهي: $A + B \rightarrow \quad AB$

تفاعل الإحلال الأحادي

- أنواع تفاعل الإحلال:

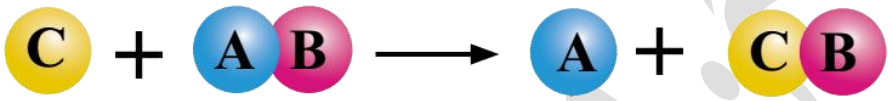
1- تفاعل الإحلال الأحادي

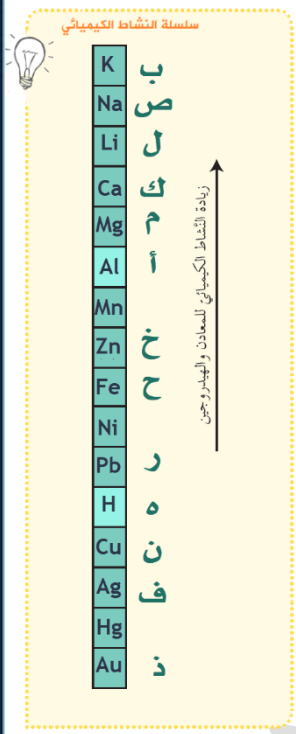
2- تفاعل الإحلال المزدوج [يُدرس في مراحل متقدمة]

عرِّف تفاعل الإحلال الأحادي

هو تفاعل يحل فيه عنصر نشط محل عنصر آخر أقل نشاطًا منه في أحد أملاحه

نمثل تفاعل الإحلال الأحادي بصورة مبسطة:





- كيفية حدوث تفاعل الإحلال الأحادي [أمثلة الكتاب]:

فلز نشط يحل محل فلز آخر أقل نشاطًا منه في مركب مذاب في الماء [محلول ملحه]

حسب سلسلة النشاط الكيميائي، الفلز النشط يحل محل الأقل نشاطًا منه بينما العكس لا يحدث، لذا نستعمل السلسلة لنتوقع هل سيحدث التفاعل أم لا؟

مثال: لو وضعنا سلك فضة في محلول نترات النحاس (II) فإن ذرات الفضة لا تحل محل أيونات النحاس في المحلول:

$$Ag_{(s)} + Cu(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow NR$$

NR: No Reaction لا يحدث تفاعل

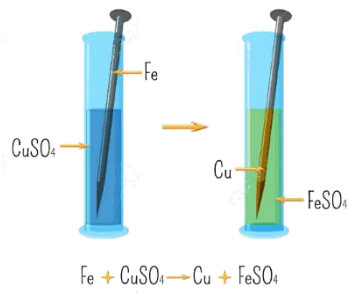
لأن الفضة بعد النحاس وأقل نشاطًا منه فلا يحل محله في المحلول

مثال: لو وضعنا سلك نحاس في محلول نترات الفضة، فإنه تحل ذرات النحاس محل أيونات الفضة في المحلول، ويتكون نترات النحاس وتترسب ذرات الفضة، فالنحاس أنشط من الفضة ويقع قبله في السلسلة

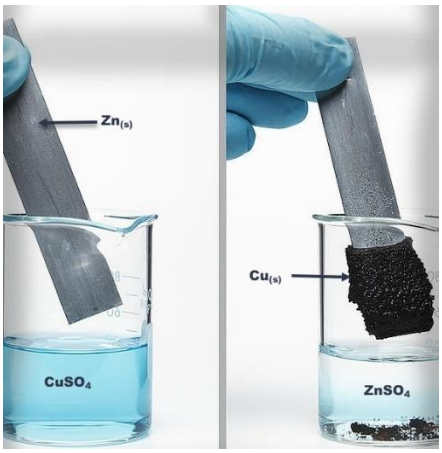
$$Cu_{(s)} + 2AgNO_{3(aq)} \rightarrow 2Ag_{(s)} + Cu(NO_3)_{2(aq)}$$

مثال: لو وضعنا مسمار حديد في محلول كبريتات النحاس (II)، فإنه تحل ذرات الحديد محل أيونات النحاس في المحلول، وينتج محلول كبريتات الحديد وتترسب ذرات النحاس، فالحديد أنشط من النحاس ويقع قبله في السلسلة

$$Fe_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \rightarrow Cu_{(s)} + FeSO_{4(aq)}$$



مثال: وضع صفيحة خارصين في محلول كبريتات النحاس (II)، فإنه تحل ذرات الخارصين محل أيونات النحاس في المحلول، وينتج محلول كبريتات الخارصين وتترسب ذرات النحاس، فالخارصين أنشط من النحاس ويقع قبله في السلسلة



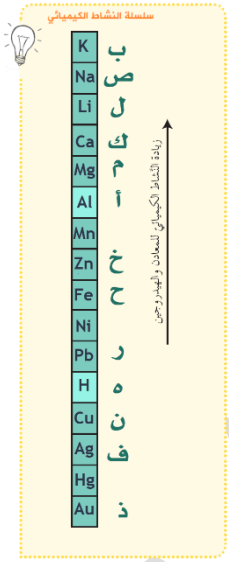
تجربة ص18 في الكتاب

$$Zn_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \rightarrow Cu_{(s)} + ZnSO_{4(aq)}$$

أفكر ص18: لماذا تترسب ذرات النيكل Ni عند وضع قطعة من عنصر الخارصين Zn في محلول من كبريتات النيكل $NiSO_4$؟ وأكتب معادلة التفاعل الحاصل

لأن الخارصين فلز أنشط من النيكل ويقع قبله في سلسلة النشاط الكيميائي فيحل محله في المحلول وتترسب ذرات النيكل

$$Zn_{(s)} + NiSO_{4(aq)} \rightarrow Ni_{(s)} + ZnSO_{4(aq)}$$



مهم تذكر سلسلة النشاط الكيميائي:
أكثر الفلزات ورودًا في الأسئلة،
تُحفظ من خلال جملة:
بَصَلْ كَمْ أخْ حَرَّهُنَّ فَذْ

ورقة عمل [6]: تفاعل الإحلال الأحادي

حدِّد تفاعل الإحلال الأحادي مما يلي:

	$3Mg_{(s)} + 2AlCl_{3(aq)} \rightarrow 2Al_{(s)} + 3MgCl_{2(aq)}$
	$CaO_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow Ca(OH)_{2(aq)}$
	$Fe_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \rightarrow Cu_{(s)} + FeSO_{4(aq)}$
	$Zn_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \rightarrow Cu_{(s)} + ZnSO_{4(aq)}$
	$Cu(NO_3)_{2(s)} \rightarrow CuO_{(s)} + NO_{2(g)} + O_{2(g)}$
	$2KMnO_{4(s)} \rightarrow K_2MnO_{4(s)} + MnO_{2(g)} + O_{2(g)}$
	$Zn_{(s)} + NiSO_{4(aq)} \rightarrow Ni_{(s)} + ZnSO_{4(aq)}$

توقع إذا كان التفاعل سيحدث أم لا؟ ووازن المعادلة النهائية

$$Zn_{(s)} + NiCl_{2(aq)} \rightarrow$$

$$Fe_{(s)} + Na_3PO_{4(aq)} \rightarrow$$

$$Al_{(s)} + Pb(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow$$

حل مراجعة الدرس الأول

الفكرة الرئيسة: أوضح المقصود بكل من:

- تفاعل الاتحاد: هو تفاعل مادتين أو أكثر (عناصر أو مركبات) ليُنتِج مركبًا واحدًا جديدًا
- التفاعل الكيميائي: هو عملية يحدث فيها تكسير الروابط بين ذرات عناصر المواد المتفاعلة وتكوين روابط جديدة بين ذرات عناصر المواد الناتجة
- تفاعل التحلل: هو تحلل مركب واحد منتجًا مادتين أو أكثر وقد تكون النواتج عناصر أو مركبات
- تفاعل الاحتراق: هو تفاعل مادة ما (عنصر أو مركب) مع غاز الأكسجين O_2 ويصاحب التفاعل انطلاق طاقة في صورة حرارة أو ضوء
- تفاعل الإحلال الأحادي: هو تفاعل يحل فيه عنصر نشط محل عنصر آخر أقل نشاطًا منه في أحد أملاحه
- قانون حفظ الكتلة: المادة لا تفنى ولا تُستحدث من العدم، أي أن مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي مجموع كتل المواد الناتجة

أوازن المعادلات الكيميائية الآتية:

- المعادلة الأولى:

بعد التأكد من موازنة الذرات إلا الأكسجين، نوازن الأكسجين بضربه بكسر ثم نتخلص من مقام الكسر بضرب كل المعادلة في ذلك المقام

$$H_2S_{(g)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \rightarrow SO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

العنصر	عدد الذرات في المتفاعلة	عدد الذرات في الناتجة
S	1	1
H	2	2
O	$2 \Longrightarrow 3$ ①	3

$$2 \times \left[H_2S_{(g)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \rightarrow SO_{2(g)} + H_2O_{(l)}\right]$$

$$2H_2S_{(g)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

- المعادلة الثانية: $C_2H_{6(g)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$

- نوازن الكربون في النواتج بضربه ب2، ونحسب التغيرات على الأكسجين في النواتج
- نوازن الهيدروجين في النواتج بضربه ب3، ونحسب التغيرات على الأكسجين في النواتج
- نوازن الأكسجين في المتفاعلات بضربه بكسر، ثم نتخلص من الكسر بضرب كل المعادلة بمقام ذلك الكسر

$$2 \times \left[C_2H_{6(g)} + \frac{7}{2}O_{2\ (g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}\right] =$$

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

○ المعادلة الثالثة: $Fe_2O_{3(s)} + CO_{(g)} \rightarrow Fe_{(s)} + CO_{2(g)}$

- نوازن الأكسجين لتسهيل الخطوات لتصبح ذرات الأكسجين على كل طرف = 6 ذرات

$$Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} \rightarrow Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$$

- نوازن الحديد على الطرفين ليصبح = 2 ذرات

$$Fe_2O_{3(s)} + 3CO_{(g)} \rightarrow 2Fe_{(s)} + 3CO_{2(g)}$$

أصنِّف التفاعلات الآتية إلى أنواعها:

$$S_{(s)} + Mg_{(s)} \rightarrow MgS_{(s)}$$

○ الحل: تفاعل اتحاد لأنه على صورة: $A + B \rightarrow A$

$$2HgO_{(s)} \xrightarrow{\Delta} 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$$

○ الحل: تفاعل تحلل أو تفكك حراري لأنه على صورة: $AB \rightarrow A + B$

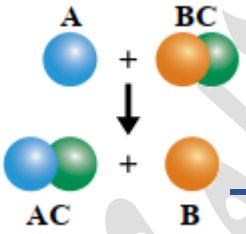
$$2Zn_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2ZnO_{(s)}$$

○ الحل: تفاعل اتحاد لأنه على صورة: $A + B \rightarrow A$

ولم يذكر خروج طاقة أو ضوء في هذا التفاعل حتى نصنفه إلى احتراق واتحاد

$$Fe_{(s)} + Pb(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow Pb_{(s)} + Fe(NO_3)_{2(aq)}$$

○ الحل: تفاعل إحلال أحادي لأنه على صورة: $A + BC \rightarrow AC + B$



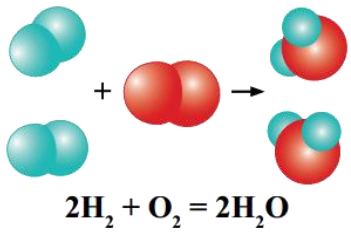
أميز التفاعل الآتي الموضح في الشكل وأفسره:

تفاعل إحلال أحادي لأن العنصر A حل مكان العنصر B في المركب BC وانفصل العنصر B عن مركبه السابق

أفسر قانون حفظ الكتلة من خلال التفاعل الآتي:

عدد ونوع الذرات المتفاعلة مساوٍ لعدد ونوع الذرات الناتجة

العنصر	عدد الذرات في المتفاعلة	عدد الذرات في الناتجة
H	4	4
O	2	2



الدرس الثاني: المول والكتلة المولية

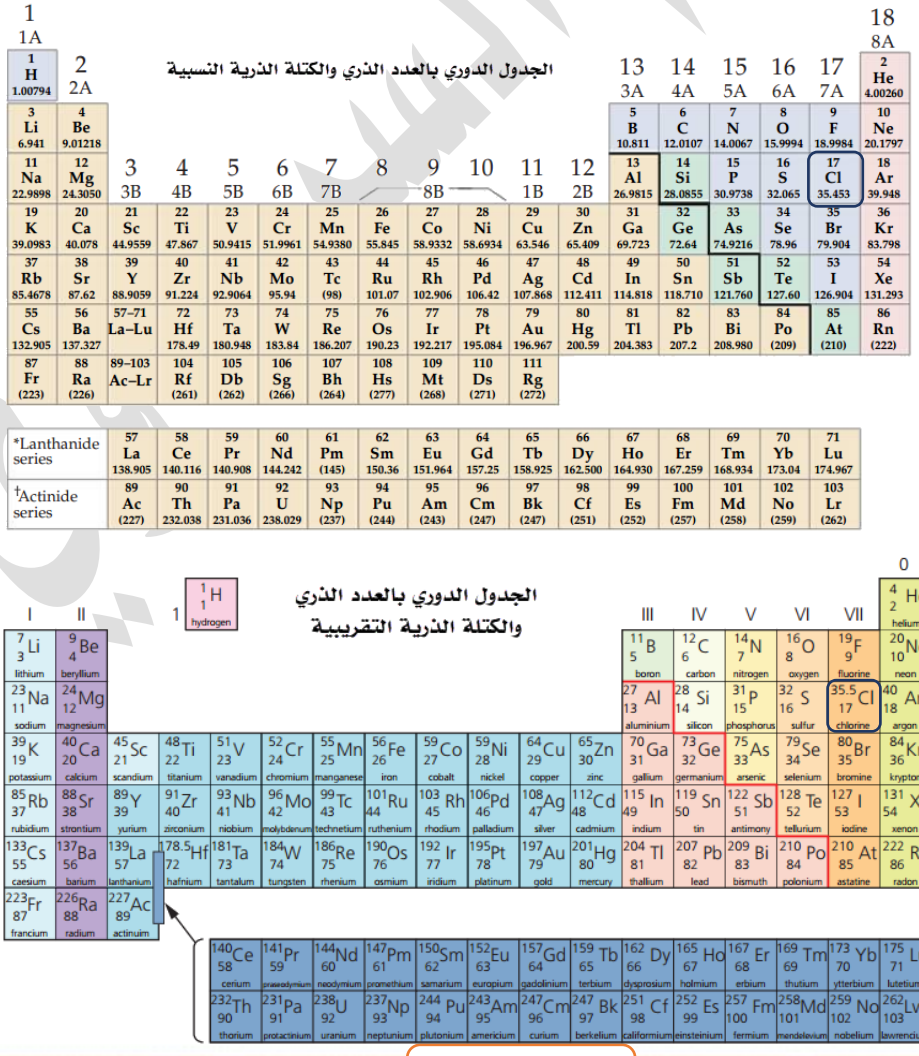
تعريفات الدرس الثاني:

- الكتلة الذرية النسبية: متوسط الكتل الذرية لنظائر ذرة عنصر ما
- الكتلة الجزيئية: مجموع الكتل الذرية النسبية للذرات الموجودة في الجزيء الذي ترتبط ذراته بروابط تساهمية مقيسة بوحدة amu
- كتلة الصيغة: مجموع الكتل الذرية للعناصر في وحدة الصيغة للمركب الأيوني
- المول: الوحدة الدولية التي تستخدم في قياس كميات المواد في التفاعلات الكيميائية
- الكتلة المولية: كتلة المول الواحد من دقائق المادة

الكتلة الذرية النسبية A_m

سنتعرف من خلال الدرس الأول على طريقة العلماء لاكتشاف الكتل الذرية للعناصر وتدوينها في الجدول الدوري مع العدد الذري سواء كانت تلك القيمة أسفل أو أعلى رمز العنصر، هذه القيمة سنستخرجها من الجدول الدوري ثم نقربها لتسهيل الحسابات، أو سيتم ذكرها قيمة تقريبية في السؤال مباشرة

لدينا جدول دوري للكتلة الذرية النسبية، وجدول آخر للكتلة الذرية النسبية بعد التقريب تم تقريب الكتل إلى عدد صحيح إلا عنصر الكلور فإن تقريبه لم يكن لعدد صحيح لأهمية اعتبار الأعشار فبقي 35.5



طريقة العلماء لتحديد الكتلة الذرية النسبية في الجدول الدوري:

- الذرة الواحدة لا تزن شيئًا بوحدة الغرام، حيث كتل البروتون والنيوترون والإلكترون في الذرة متناهية في الصغر

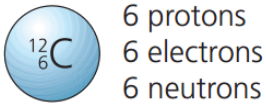
كتلة البروتون = كتلة النيوترون = $1.67 \times 10^{-24} g$

كتلة الإلكترون = 0.0005 من كتلة البروتون

$$\frac{1}{1840}$$

- لا نستطيع استخدام أي أداة قياس ولو كان الميزان الحساس المستخدم لقياس كتل الأجسام الصغيرة بالملليغرام فإنه لا ينفع لقياس كتلة أي ذرة، لذا لجأ العلماء لطريقة مقارنة كتلة ذرة إلى كتلة ذرة أخرى، وساروا على الخطوات التالية:

1) اختاروا ذرة الكربون – 12 [نظير من نظائر عنصر الكربون] لتكون الذرة المعيارية وذلك بسبب استقرارها



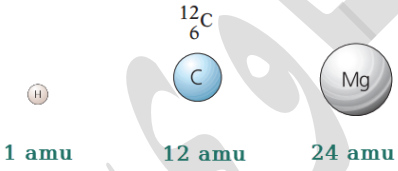
2) ثبَّتوا كتلة البروتون = كتلة النيوترون = 1amu وأهملوا كتلة الإلكترونات

3) عدد البروتونات والنيوترونات في [ذرة الكربون –12]= 12 جسيم، لذا هي 12 وحدة كتلة ذرية = 12 amu

واعتبروا وحدة قياس الكتل الذرية هي amu

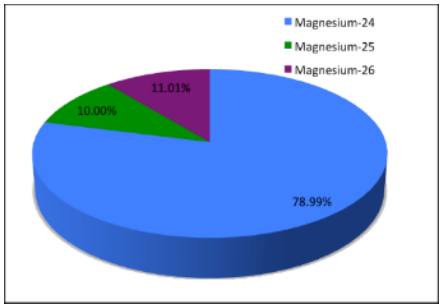
1 amu = $\frac{1}{12}$ من كتلة ذرة الكربون –12

4) وظنوا أن الكتل الأخرى ستكون أعدادًا صحيحة عند قياسها بالنسبة للكربون-12، أي سيكون الهيدروجين وحدة كتلة ذرية واحدة لأن فيه بروتون واحد، بينما المغنيسيوم 24 وحدة كتلة ذرية لأنه فيها بروتونات ونيوترونات بمقدار 24 جسيم



5) لكن النتائج التي خرجت من جهاز مطياف الكتلة كانت أعدادًا غير صحيحة فاكتشفوا أن ذلك بسبب تأثير نظائر كل عنصر من العناصر

النظائر: ذرات العنصر نفسه لها العدد الذري نفسه وتختلف في العدد الكتلي



6) مثال: المغنيسيوم عدده الذري 12، وهو عدد البروتونات، أما عدد النيوترونات فقد اختلف من نظير مغنيسيوم إلى آخر وكل ذلك في عينة مغنيسيوم موجودة في الطبيعة، في نفس العينة نظائر مغنيسيوم لكل منها كتلة ذرية، مع اختلاف نسبة تواجد النظير في العينة الطبيعية كما في الجدول التالي:

النظير	الكتلة الذرية النسبية Amu	نسبة توافره في الطبيعة
^{24}Mg	23.99	78.99%
^{25}Mg	24.99	10.00%
^{26}Mg	25.99	11.01%

7) تم حساب الكتلة الذرية النسبية A_m لنظائر أي عنصر باستخدام معادلة:

[الكتلة الذرية للنظير 1 × نسبة توافره في الطبيعة%] + [الكتلة الذرية للنظير2 × نسبته في الطبيعة %]

12- تم تسميتها بالكتلة الذرية النسبية لأنها قيست نسبة لنظير الكربون

$$A_m = (A_{m1} \times \frac{I_1}{100}) + (A_{m2} \times \frac{I_2}{100}) + (A_{m3} \times \frac{I_3}{100})$$

A_{m1}: الكتلة الذرية للنظير 1
I_1: نسبة توافر النظير 1
A_{m2}: الكتلة الذرية للنظير 2
I_2: نسبة توافر النظير 2

يتم تعويض كتلة كل نظير بنسبة توافره، والناتج من المعادلة هو متوسط الكتل الذرية النسبية لنظائر عنصر المغنيسيوم الثلاث = 24.305 amu

○ تعريف الكتلة الذرية النسبية: متوسط الكتل الذرية لنظائر ذرة عنصر ما

8) سجل العلماء تلك القيم بعد حسابها لكل عنصر في الجدول الدوري بالإضافة للعدد الذري، ولتسهيل عملية الحسابات الكيميائية تم تقريب تلك القيم لأقرب قيمة ممكنة

9) طريقة التقريب، إذا كانت الأعشار تزيد الصحيح فإنه يُقرب للصحيح، مثل: الليثيوم = 6.941 amu فيصبح 7 amu، وإذا كانت لا تزيده فيبقى صحيح بدون الأعشار مثل: الهيدروجين = 1.008 amu فيصبح 1 amu، أما في الكلور فإن متوسط كتلته الذرية لنظائره = 35.45 amu فتم تقريبه إلى 35.5 amu

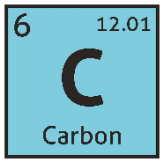
مثال ص22: من نظائر الليثيوم $^{6}_{3}Li$ كتلته الذرية = 6.02 بنسبة 7.5% والنظير $^{7}_{3}Li$ كتلته الذرية 7.02 بنسبة 92.5% فأحسب الكتلة الذرية النسبية لليثيوم

العنصر	النظير	الكتلة الذرية amu		نسبة التوافر %		الكتلة في النسبة/100		المجموع
Li	^{6}Li	6.02	×	7.5	=	0.4515	+	6.945
	^{7}Li	7.02	×	92.5	=	6.4935		

تدريب خارجي: استخدم معادلة متوسط الكتلة الذرية لحساب الكتلة الذرية النسبية لعنصر الكربون ثم قارن الناتج بالجدول الدوري واستخرج الكتلة الذرية التقريبية

العنصر	النظير	الكتلة الذرية amu		نسبة التوافر %		الكتلة في النسبة		المجموع	المجموع/100
C	^{12}C	12.000	×	98.9	=	1186.8	+	1201.1	12.01
	^{13}C	13.003	×	1.10	=	14.3			

$$A_m = \frac{[12.000 \times 98.9] + [13.003 \times 1.1]}{100} = \frac{1201.1}{100} = 12.01\ amu$$



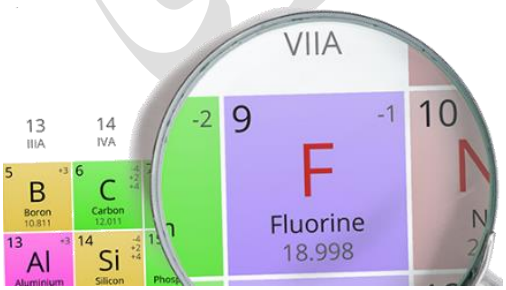
- وهي نفسها في الجدول الدوري، الكتلة الذرية التقريبية للكربون = 12 amu

تدريب خارجي: استخدم معادلة متوسط الكتلة الذرية لحساب الكتلة الذرية النسبية لعنصر الفلور ثم قارن الناتج بالجدول الدوري واستخرج الكتلة الذرية التقريبية

العنصر	النظير	الكتلة الذرية amu		نسبة التوافر %		الكتلة في النسبة		المجموع	المجموع/100
F	^{19}F	19.000	×	99.7	=	1894.3	+	1899.7	18.997
	^{18}F	18.000	×	0.3	=	5.4			

- وهي نفسها في الجدول الدوري لو اختلفت قليلاً

الكتلة الذرية التقريبية للفلور = 19 amu



فائدة وتعزيز: الكتلة الذرية النسبية نطلق عليها أيضًا مصطلح الوزن الذري، فالوزن والكتلة في الكيمياء بمعنى واحد

ورقة عمل [8]: الكتلة الذرية النسبية

تدريب خارجي: استخدم معادلة متوسط الكتلة الذرية لحساب الكتلة الذرية النسبية لعنصر الصوديوم ثم قارن الناتج بالجدول الدوري واستخرج الكتلة الذرية التقريبية

العنصر	النظير	الكتلة الذرية amu		نسبة التوافر %		الكتلة في النسبة		المجموع	المجموع / 100
Na	^{23}Na	23.000	×	99.2	=		+		
	^{22}Na	22.000	×	0.8	=				

من الحسابات: الكتلة الذرية النسبية للصوديوم:

الكتلة الذرية التقريبية للصوديوم:

تدريب خارجي: استخدم معادلة متوسط الكتلة الذرية لحساب الكتلة الذرية النسبية لعنصر الكوبلت ثم قارن الناتج بالجدول الدوري واستخرج الكتلة الذرية التقريبية

العنصر	النظير	الكتلة الذرية amu		نسبة التوافر %		الكتلة في النسبة		المجموع	المجموع / 100
Co	^{60}Co	60.000	×	48.0	=		+		
	^{58}Co	58.000	×	52.0	=				

من الحسابات: الكتلة الذرية النسبية للكوبلت:

الكتلة الذرية التقريبية للكوبلت:

الكتلة الجزيئية M_m

ما المقصود بالصيغة الجزيئية؟

هي الصيغة الكيميائية للمركب التساهمي، مثال: CH_4, NH_3, CO_2, H_2O

ما المقصود بالكتلة الجزيئية؟

هي مجموع الكتل الذرية للذرات الموجودة في الجزيء الذي ترتبط ذراته بروابط تساهمية

مقيسة بوحدة amu

نستخدم الكتلة الذرية التقريبية لكل ذرة في عملية حساب الكتلة الجزيئية وذلك باستخراج الكتلة الذرية النسبية لأي عنصر من الجدول الدوري، أو أن تكون الكُتل التقريبية مُعطية في السؤال

معادلة الكتلة الجزيئية =

[الكتلة الذرية للعنصر الأول × عدد ذراته] + [الكتلة الذرية للعنصر الثاني × عدد ذراته] + ...

$$M_m = A_{m1} \times N_1 + A_{m2} \times N_2 + \cdots \ldots \ldots$$

N هو عدد الجسيمات

M_m الكتلة الجزيئية

A_m الكتلة الذرية النسبية للعنصر

مثال ص22: احسب الكتلة الجزيئية للماء، علمًا أن الكتل الذرية لذراته هي: (O=16, H=1)

صيغة جزيء الماء = H_2O، ذرتي هيدروجين وذرة أكسجين

$$M_m = A_{mH} \times N_H + A_{mO} \times N_O$$
$$M_m = (1 \times 2) + (16 \times 1) = 2 + 16 = 18\ amu$$

مثال ص23: احسب الكتلة الجزيئية لـ HNO_3، علمًا أن الكتل الذرية لذراته هي: (O=16, N=14, H=1)

ذرة هيدروجين، ذرة نيتروجين، ثلاث ذرات أكسجين

$$M_m = A_{mH} \times N_H + A_{mN} \times N_N + A_{mO} \times N_O$$
$$M_m = (1 \times 1) + (14 \times 1) + (16 \times 3) = 63\ amu$$

أتحقق ص23، احسب الكتلة الجزيئية للجلوكوز $C_6H_{12}O_6$، تستخرج الكتل الذرية النسبية من الجدول الدوري ويتم تقريبها وهي: (O=16, C=12, H=1)

ست ذرات كربون، 12 ذرة هيدروجين، ست ذرات أكسجين

$$M_m = A_{mC} \times N_C + A_{mH} \times N_H + A_{mO} \times N_O$$
$$M_m = (12 \times 6) + (1 \times 12) + (16 \times 6)$$
$$= 72 + 12 + 96 = 180\ amu$$

تدريب خارجي: ما هي الكتلة الجزيئية لجزيء الميثان CH_4، علمًا أن الكتل الذرية لذراته هي: (C=12, H=1)

$$M_m = (12 \times 1) + (1 \times 4) = 16\ amu$$

تدريب خارجي: ما هي الكتلة الجزيئية لـ CCl_4، علمًا أن الكتل الذرية لذراته هي: (Cl=35.5, C=12)

ذرة كربون، أربع ذرات كلور

$$M_m = A_{mC} \times N_C + A_{mCl} \times N_{Cl}$$
$$M_m = (12 \times 1) + (35.5 \times 4) = 154\ amu$$

كتلة الصيغة F_m

ما المقصود بـ وحدة الصيغة؟

هي الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني وتمثل أبسط نسبة للأيونات، مثال: $MgCl_2$, NaCl, Fe_2O_3, $NaNO_3$

ما المقصود بـ كتلة الصيغة؟

هي مجموع الكتل الذرية للذرات الموجودة في وحدة الصيغة للمركب الأيوني، مقيسة بوحدة amu

معادلة كتلة الصيغة=

[الكتلة الذرية للعنصر الأول × عدد ذراته] + [الكتلة الذرية للعنصر الثاني × عدد ذراته] + ...

$$F_m = A_{m1} \times N_1 + A_{m2} \times N_2 + \cdots \ldots \ldots$$

حيث: N هو عدد الجسيمات

F_m كتلة الصيغة النسبية

مثال ص23: احسب كتلة الصيغة النسبية للمركب $Al(NO_3)_3$، علمًا أن الكتل الذرية هي: (Al= 27, N= 14, O=16)

ذرة ألمنيوم، 3 ذرات نيتروجين، 9 ذرات أكسجين

$$F_m = A_{mAl} \times N_{Al} + A_{mN} \times N_N + A_{mO} \times N_O$$
$$F_m = (27 \times 1) + (14 \times 3) + (16 + 9) = 213\ amu$$

أتحقق ص23، احسب كتلة الصيغة للمركب $NaCl$، تستخرج الكتل الذرية النسبية من الجدول الدوري ويتم تقريبها وهي: (Cl = 35.5, Na=23)

$$F_m = A_{mNa} \times N_{Na} + A_{mCl} \times N_{Cl}$$
$$F_m = (23 \times 1) + (35.5 \times 1) = 58.5\ amu$$

: تدريب خارجي: ما هي كتلة الصيغة للمركب $MgCl_2$، علمًا أن الكتل الذرية هي: (Cl=35.5, Mg=24)

$$F_m = A_{mMg} \times N_{Mg} + A_{mCl} \times N_{Cl}$$
$$F_m = (24 \times 1) + (35.5 \times 2) = 95\ amu$$

: تدريب خارجي: ما هي كتلة الصيغة للمركب Al_2S_3، علمًا أن الكتل الذرية هي: (S=32, Al=27)

$$F_m = A_{mAl} \times N_{Al} + A_{mS} \times N_S$$
$$F_m = (27 \times 2) + (32 \times 3) = 151\ amu$$

ورقة عمل [9]: الكتلة الجزيئية وكتلة الصيغة

: تدريب خارجي

ما هي الكتلة الجزيئية لـ C_2H_6، علمًا أن الكتل الذرية هي: (C=12, H=1)

: تدريب خارجي

ما هي الكتلة الجزيئية لـ $SiCl_4$، علمًا أن الكتل الذرية هي: (Cl=35.5, Si=28)

: تدريب خارجي

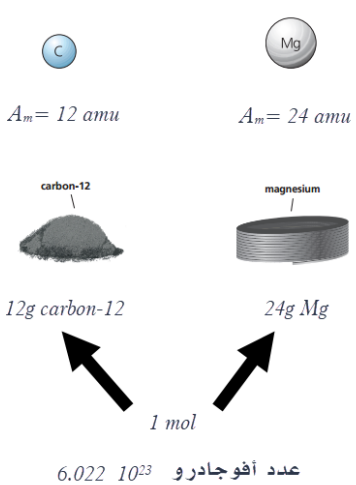
ما هي الكتلة الصيغة لـ Fe_2O_3، علمًا أن الكتل الذرية هي: (Fe=56, O=16)

: تدريب خارجي

ما هي كتلة الصيغة لـ $NaNO_3$، علمًا أن الكتل الذرية هي: (Na=23, O=16, N= 14)

م. مريم السرطاوي

المول والكتلة المولية M_r



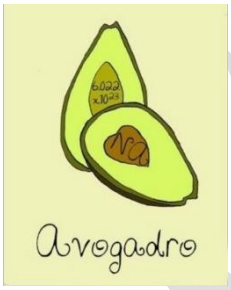
- تعلمنا أن الكتل الذرية قيست بالنسبة لنظير الكربون -12، وأن الكتلة الذرية لأي عنصر تكون شاملة نظائره باستخدام المعادلة، وأنها متوفرة في الجدول الدوري
- تعلمنا أيضا أن الكتلة الذرية النسبية يتم تقريبها إلى الكتلة الذرية التقريبية لتسهيل عملية الحسابات
- قام العلماء بتوزين نفس الكتلة الذرية التقريبية بكمية الغرام لكل عنصر، مثال في الصورة: الكربون -12 والمغنيسيوم
- وجدوا أن العناصر تأخذ نفس عدد الذرات ولو اختلفت كتلتها التقريبية وأن هذا العدد ثابت لا يتغير، فتم تسمية ذلك الثابت باسم: عدد أفوجادرو تكريمًا للعالم الفيزيائي الإيطالي أميدو أفوجادرو وأطلقوا عليه مصطلح المول
- يستعمل الكيميائيون المول لعدّ الذرات، والجزيئات والأيونات ووحدات الصيغ الكيميائية، لأنها متناهية في الصغر فكان المول الواحد يعادل 6.022×10^{23} من تلك الجسيمات

1 درزن من الفئران = 1 درزن من الفيلة = 12

العدد نفسه وبمقدار ثابت رغم اختلاف الكتلة الكاملة لكل درزن منهما وهكذا المول

ما المقصود بـ المول؟

هي الوحدة الدولية التي تستخدم في قياس كميات المواد في التفاعلات الكيميائية، وهو يعادل عدد أفوجادرو



ما المقصود بـ الكتلة المولية؟ وما وحدة القياس؟

كتلة المول الواحد من دقائق المادة بوحدة g/mol ورمزها: M_r

الكتلة المولية للعنصر = كتلته الذرية لكن الوحدة تختلف

ما المقصود بـ عدد أفوجادرو؟

هو 6.022×10^{23} من الذرات أو الأيونات أو الجزيئات أو وحدات الصيغة ورمز أفوجادرو هو: N_A

عدد أفوجادرو Avogadro constant
6.022×10^{23}
602 200 000 000 000 000 000 000

الكتلة الجزيئية لجزيء الماء 18amu	الكتلة الجزيئية لجزيء اليود ثنائي الذرة 254amu	الكتلة الذرية النسبية للصوديوم 23amu
كل 18 غرام من الماء فيه عدد 6.022×10^{23} من جزيئات الماء أو 1 مول من الجزيئات	كل 254 غرام من اليود فيه عدد 6.022×10^{23} من جزيئات اليود أو 1 مول من الجزيئات	كل 23 غرام من الصوديوم فيه عدد 6.022×10^{23} من ذرات الصوديوم أو 1 مول من الذرات

أفكر ص25: ما نوع الجسيمات في: $Na, N_2, K^+, NaCl$؟

Na ذرات، N_2 جزيئات، K^+ أيونات، NaCl وحدات صيغة

كيف نحسب الكتلة المولية لأي مادة؟

1- الكتلة المولية لأي عنصر في الجدول الدوري هي نفسها كتلته الذرية النسبية لكن بوحدة g/mol

2- الكتلة المولية لأي مركب تساهمي هي نفسها كتلته الجزيئية لكن بوحدة g/mol

3- الكتلة المولية لأي مركب أيوني هي نفسها كتلة الصيغة النسبية لكن بوحدة g/mol

مثال(1) : الكتلة المولية للكالسيوم Ca

من الجدول الدوري، الكتلة الذرية النسبية للكالسيوم = 40.078 amu

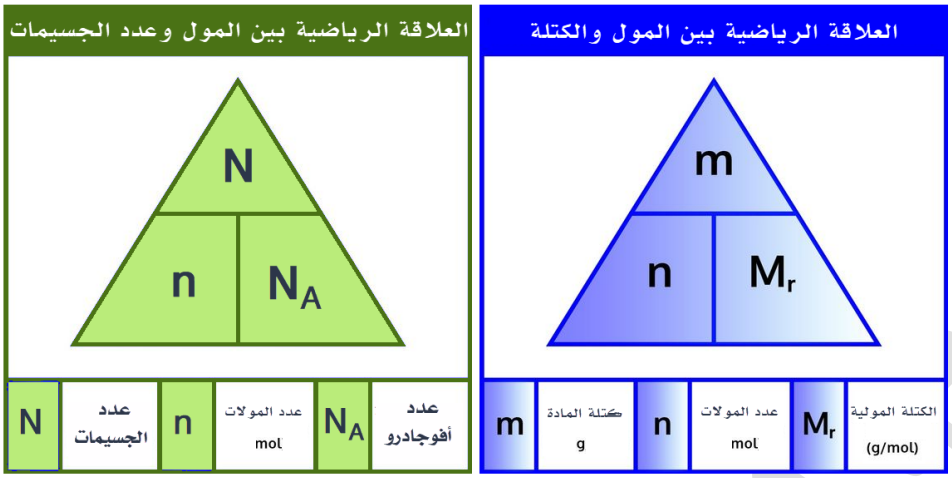
التقريبية = 40 amu

الكتلة المولية = 40 g/mol

مثال(2): احسب الكتلة المولية للمركب $Al(NO_3)_3$، علمًا أن الكتل الذرية لذراته هي:
(Al= 27, N= 14, O=16)

$$M_r = A_{mAl} \times N_{Al} + A_{mN} \times N_N + A_{mO} \times N_O$$
$$M_r = (27 \times 1) + (14 \times 3) + (16 + 9) = 213\ g/mol$$

علاقات تحويل بين المول والكتلة وعدد الجسيمات للمادة



العلاقة الرياضية [1] بين عدد المولات وعدد الجسيمات وأفوجادرو

عدد الجسيمات = عدد المولات × عدد أفوجادرو $\quad n = \frac{N}{N_A}$

N : عدد الجسيمات

N_A : عدد أفوجادرو

n : عدد المولات

العلاقة الرياضية [2] بين عدد المولات وكتلة المادة والكتلة المولية

عدد المولات = $\frac{\text{كتلة المادة}}{\text{كتلتها المولية}} \quad n = \frac{m}{M_r}$

m : كتلة المادة g

M_r : الكتلة المولية g/mol

n : عدد المولات

مثال ص25: احسب عدد مولات الكربون التي تحتوي على 3.01×10^{23} ذرة

المعطيات N والمطلوب n، سنستخدم العلاقة الأولى ونتذكر عدد أفوجادرو 6.022×10^{23}

$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{3.01 \times 10^{23}}{6.022 \times 10^{23}} = 0.5\ mol$$

مثال ص26: احسب عدد الجزيئات الموجودة في 3 مول من غاز الميثان

$$n = \frac{N}{N_A}$$

$$N = N_A \times n$$
$$N = 6.022 \times 10^{23} \times 3$$
$$N = 18.066 \times 10^{23} = 1.807 \times 10^{24}$$

جزيئات الميثان في 3 مول

مثال ص26: احسب كتلة مول من جزيئات H_2O علمًا أن الكتل الذرية لكل من ذراته: (O=16, H=1)

$$M_r = A_{mH} \times N_H + A_{mO} \times N_O$$
$$M_r = (1 \times 2) + (16 \times 1) = 18\ g/mol$$

كتلة المول الواحد = 18 غرام

أتحقق ص26، احسب عدد ذرات عنصر البوتاسيوم الموجودة في 1×10^3 مول من العنصر

المعطيات n عدد المولات، المطلوب N عدد الذرات، نستخدم العلاقة الأولى ونتذكر عدد أفوجادرو: 6.022×10^{23}

$$N = N_A \times n$$
$$N = 6.022 \times 10^{23} \times 1 \times 10^3 = 6.022 \times 10^{26}$$

أتحقق ص26، عينة من مركب ما كتلتها: 4g والكتلة المولية للمركب = 40g/mol فما عدد المولات؟

المعطيات m الكتلة و M_r الكتلة المولية، المطلوب n عدد المولات، نستخدم العلاقة الثانية

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{4}{40} = 0.1\ mol$$

تدريب خارجي: أوجد كتلة 3 مولات من جزيء الإيثانول C_2H_5OH

المعطيات عدد المولات n والمطلوب كتلة المادة m نستخدم العلاقة الثانية ونحسب الكتلة المولية قبل ذلك

الكتل الذرية النسبية للذرات (O=16, C=12, H=1)

2 ذرة كربون، 6 هيدروجين، 1 أكسجين، نحسب الكتلة المولية بنفس طريقة الكتلة الجزيئية

$$M_r = (12 \times 2) + (1 \times 6) + (16 \times 1) = 46\ g/mol$$
$$n = \frac{m}{M_r} \rightarrow \quad m = n \times M_r$$
$$m = 3 \times 46 = 138\ g$$

تدريب خارجي: ما عدد المولات للجزيئات الموجودة في 18 غرام من غاز الهيدروجين H_2؟

الكتل الذرية (H=1) الكتلة المولية لغاز الهيدروجين

$$M_r = (1 \times 2) = 2\ g/mol$$
$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{18}{2} = 9\ mol$$

تدريب خارجي: كم عدد الجزيئات الموجودة في 3 مول من حمض الهيدروكلوريك HCl

$$n = \frac{N}{N_A}$$

$$N = N_A \times n$$
$$N = 6.022 \times 10^{23} \times 3 = 1.81 \times 10^{24}$$

ورقة عمل [10]: المول والكتلة المولية

: تدريب خارجي

يستعمل الخارصين Zn لتكوين طبقة على الحديد لحمايته من التآكل، احسب عدد ذرات الخارصين في 2.5 mol منه

: تدريب خارجي

احسب عدد الجزيئات في 11.5 mol من الماء H_2O

: تدريب خارجي

احسب عدد مولات النحاس Cu التي تحتوي على 4.5×10^{24} ذرة منه

: تدريب خارجي [تحدٍّ فيه فكرة خارجية]

احسب عدد ذرات الأكسجين في 0.5 mol من O_2

م. مريم السرطاوي

حل مراجعة الدرس الثاني

الفكرة الرئيسة: أوضح المقصود بكل من:

الكتلة الذرية: متوسط الكتل الذرية لنظائر عنصر ما

الكتلة الجزيئية: مجموع الكتل الذرية النسبية للذرات الموجودة في الجزيء الذي ترتبط ذراته بروابط تساهمية مقيسة بوحدة amu

الكتلة المولية: كتلة المول الواحد من دقائق المادة مقيسة بـ g/mol

كتلة الصيغة: مجموع الكتل الذرية للعناصر في وحدة الصيغة للمركب الأيوني بوحدة amu

المول: الوحدة الدولية التي تستخدم في قياس كميات المواد في التفاعلات الكيميائية

أجد الكتلة المولية M_r لكل من: C_2H_5OH , CH_4

الكتل الذرية (O=16, C=12, H=1)

C_2H_5OH: 2 ذرة كربون، 6 هيدروجين، 1 أكسجين

$$M_r = (12 \times 2) + (1 \times 6) + (16 \times 1) = 46\ g/mol$$

CH_4: 1 ذرة كربون، 4 هيدروجين

$$M_r = (12 \times 1) + (1 \times 4) = 16\ g/mol$$

أجد كتلة الصيغة F_m لكل من: $Mg(NO_3)_2$, $Ca(OH)_2$

الكتل الذرية النسبية للذرات (Ca = 40, Mg= 24, O=16, N=14, H=1)

$Ca(OH)_2$: 1 ذرة كالسيوم، 2 أكسجين، 2 هيدروجين

$$F_m = (40 \times 1) + (16 \times 2) + (1 \times 2) = 74\ amu$$

$Mg(NO_3)_2$: 1 مغنيسيوم، 2 نيتروجين، 6 أكسجين

$$F_m = (24 \times 1) + (14 \times 2) + (16 \times 6) = 148\ amu$$

أحسب عدد المولات n الموجودة في 72g من عنصر المغنيسيوم

المعطيات الكتلة m والمطلوب n نستخدم العلاقة الثانية لذا نجد الكتلة المولية، عنصر المغنيسيوم من الجدول الدوري كتلته المولية = 24g/mol

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{72}{24} = 3\ mol$$

أحسب كتلة 0.1 mol من ذرات الألمنيوم

المعطيات عدد المولات n والمطلوب الكتلة m نستخدم العلاقة الثانية لذا نجد الكتلة المولية، عنصر الألمنيوم من الجدول الدوري كتلته الذرية=27، الكتلة المولية = 27g/mol

$$n = \frac{m}{M_r} \rightarrow \quad m = n \times M_r$$

$$m = 0.1 \times 27 = 2.7g$$

أحسب عدد جزيئات NH_3 الموجودة في 2 مول منها

المعطيات عدد المولات n والمطلوب عدد الجزيئات N نستخدم العلاقة الأولى ونتذكر عدد أفوجادرو

$$n = \frac{N}{N_A}$$

$$N = N_A \times n$$

$$N = 6.022 \times 10^{23} \times 2 = 1.2 \times 10^{24}$$

أوضح المقصود بعدد أفوجادرو

هو 6.022×10^{23} من الذرات أو الأيونات أو الجزيئات أو وحدات الصيغة ورمز أفوجادرو هو: N_A

أكمل الجدول الآتي:

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

الكتلة الذرية للكلور: 35.5 ، الكتلة الذرية للهيدروجين: 1

	H_2	Cl_2	HCl
عدد المولات n	2	1	1
عدد الجزيئات N	$6.022 \times 10^{23} \times 2 = 1.2 \times 10^{24}$	6.022×10^{23}	6.022×10^{23}
الكتلة المولية M_r	$M_r = (1 \times 1) + (35.5 \times 1) = 36.5\ g/mol$	$= (35.5 \times 2) = 71\ g/mol$	$= (1 \times 2) = 2\ g/mol$

ملاحظة بخصوص الجدول في السؤال الأخير:

- في الدرس الثالث سنتعامل مع المعاملات أمام كل مادة في المعادلة الكيميائية على أنها مولات المادة، لذا يُعد هذا السؤال تمهيدًا للدرس الثالث
- عند حساب الكتلة المولية للمادة نهتم فقط بصيغتها الكيميائية ولا نستخدم المعاملات
- عند حساب عدد الجزيئات نهتم بعدد أفوجادرو والمولات [المعاملات في المعادلة]

الدرس الثالث: الحسابات الكيميائية

تعريفات الدرس الثالث:

- النسبة المئوية بالكتلة: نسبة كتلة العنصر في المركب إلى الكتلة الكلية للمركب
- النسبة المولية: النسبة بين عدد مولات مادة إلى عدد مولات مادة أخرى
- الصيغة الأولية: أبسط نسبة عددية صحيحة بين ذرات العناصر المكونة للمركب
- الصيغة الجزيئية: صيغة تبين الأعداد الفعلية للذرات وأنواعها في المركب
- المردود المئوي: النسبة المئوية للمردود الفعلي إلى المردود النظري
- المردود الفعلي (الحقيقي): كمية المادة الناتجة فعليا من التفاعل التي يحددها الكيميائي من التجارب الدقيقة
- المردود المتوقع (النظري): كمية المادة الناتجة المحسوبة من التفاعل

أهمية المعادلة الكيميائية الموزونة [الحسابات المبنية على الكميات]

فسِّر: أهمية وزن المعادلات الكيميائية، أو اذكر الحسابات الكيميائية المبنية على المعادلة

لأنها الركيزة الأساسية للحسابات الكيميائية، حيث منها نحدد:

1- عدد مولات المواد المتفاعلة والناتجة
2- كتل المواد بدقة
3- النسبة المئوية لكتلة عنصر في مركب
4- المردود المئوي لناتج تفاعل ما

النسبة المئوية لكتلة العنصر

ما المقصود بالنسبة المئوية بالكتلة؟

هي نسبة كتلة العنصر في المركب إلى الكتلة الكلية للمركب

كيف تُحسب النسبة المئوية بالكتلة؟

بقسمة كتلة العنصر على كتلة المركب مضروبًا في 100 %

قانون النسبة المئوية بالكتلة

$$\text{النسبة المئوية بالكتلة (للعنصر)} = \frac{\text{كتلة العنصر}}{\text{كتلة المركب}} \times 100 = \frac{[\text{عدد الذرات}] \times [\text{الكتلة المولية للعنصر}]}{\text{الكتلة المولية للمركب}} \times 100\ \%$$

$$Precent\ Composition = \frac{m.element}{m.compound} \times 100\%$$

أو نحسبها بمعرفة الكتلة المولية للعنصر داخل المركب، والكتلة المولية لكامل المركب

مثال ص29: عينة نقية من مركب كبريتيد الحديد FeS تكونت من تفاعل 6.4g من عنصر الحديد مع 3.2g من عنصر الكبريت، أحسب النسبة المئوية بالكتلة لكل من العنصرين Fe و S في العينة

كتلة المركب كاملة: $(6.4 + 3.2 = 9.6\ g)$

النسبة المئوية للحديد: $Fe\ \% = \frac{6.4}{9.6} \times 100\% = 67\ \%$

النسبة المئوية للكبريت: $S\ \% = \frac{3.2}{9.6} \times 100\% = 33\ \%$

مثال ص29: أحسب النسبة المئوية لكل من عنصري الكربون والهيدروجين والأكسجين في جزيء الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$ الذي كتلته المولية 180 g/mol علمًا أن الكتل الذرية: (O=16, C=12, H=1)

النسبة المئوية للكربون: $C\ \% = \frac{(12\times6)}{180} \times 100\% = 40\ \%$

النسبة المئوية للهيدروجين: $H\ \% = \frac{(1\times12)}{180} \times 100\% = 6.67 = 7\ \%$

أتحقق ص29: أحسب النسبة المئوية بالكتلة لعنصر H في مركب كتلته 4.4g ويحتوي 0.8g منه

النسبة المئوية بالكتلة للهيدروجين: $H\ \% = \frac{0.8}{4.4} \times 100\% = 18.18\% = 18\ \%$

أتحقق ص29: أحسب النسبة المئوية لعنصر الأكسجين في جزيء الجلوكوز الذي صيغته $C_6H_{12}O_6$

الكتل الذرية: (O=16, C=12, H=1)

كتلة المركب المولية: $M_r = (12 \times 6) + (1 \times 12) + (16 \times 6) = 180\ g/mol$

الكتلة المولية للأكسجين = 16g/mol

النسبة المئوية للأكسجين: $O\ \% = \frac{(16\times6)}{180} \times 100\% = 53.33\ \% = 53\%$

تدريب خارجي: احسب النسبة المئوية للأكسجين في مركب بيكربونات الصوديوم $NaHCO_3$

الكتل الذرية: (Na=23, O=16, C=12, H=1)

كتلة المركب المولية:

$M_r = (23 \times 1) + (1 \times 1) + (12 \times 1) + (16 \times 3) = 84\ g/mol$

النسبة المئوية للأكسجين: $O\ \% = \frac{(16\times3)}{84} \times 100\% = 57.14\ \%$

تدريب خارجي: يتحد 8.2g من المغنيسيوم اتحادًا تامًّا مع 5.4g من الأكسجين لتكوين مركب ما، ما هي النسب المئوية لمكونات هذا المركب؟

كتلة المركب كاملة = 5.4 + 8.2 = 13.6g

النسبة المئوية للأكسجين:

$$O\ \% = \frac{5.4}{13.6} \times 100\% = 39.7\ \%$$

النسبة المئوية للمغنيسيوم:

$$Mg\ \% = \frac{8.2}{13.6} \times 100\% = 60.3\ \%$$

لاحظ أن مجموع النسب المئوية لكل عناصر الصيغة في المركب = 100%

ورقة عمل [11]: النسبة المئوية بالكتلة

تدريب خارجي :

يتحد 9.03g من المغنيسيوم اتحاداً تامًّا بـ 3.48g من النيتروجين ليتكون مركب ما، ما هي النسب المئوية لمكونات هذا المركب؟

تدريب خارجي [تحدٍّ] :

عندما تتحلل عينة من أكسيد الزئبق (II) قدرها 14.2g لعناصرها الأولية بالتسخين ينتج 13.2g من الزئبق، ما هي النسب المئوية لمكونات هذا المركب؟

تدريب خارجي [تحدٍّ] :

يمثل الكبريت 26.7% من كتلة المركب $NaHSO_4$. أوجد كتلة الكبريت في 16.8g من المركب

تدريب خارجي :

أحسب النسبة المئوية لمكونات البروبان C_3H_8، إذا علمت أن (C=12, H= 1)

الصيغة الأولية emp . formula

ما المقصود بالصيغة الكيميائية؟

هي طريقة للتعبير عن عدد ذرات العناصر المكونة للمركب ونوعها

ما المقصود بالصيغة الأولية؟

هي أبسط نسبة عددية صحيحة بين ذرات العناصر المكونة للمركب

خطوات كتابة الصيغة الأولية لأي مركب:

1- إيجاد عدد مولات كل عنصر باستخدام علاقة المول بالكتلة إن كانت الكتلة متوفرة

2- أو إيجاد عدد مولات كل عنصر باستخدام النسبة المئوية بالكتلة

3- تبسيط الناتج من عدد المولات إلى أبسط نسبة عددية صحيحة بين العناصر

مثال ص 30: ما الصيغة الأولية لمركب هيدروكربوني يحتوي 60g كربونًا و 20g هيدروجينًا، علمًا أن الكتل الذرية (C=12, H=1)

المعطيات m للكربون، عدد مولات الكربون n باستخدام العلاقة:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{60}{12} = 5\ mol$$

المعطيات m للهيدروجين، عدد مولات الهيدروجين n باستخدام العلاقة:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{20}{1} = 20\ mol$$

نسبة الذرات إلى بعضها (5:20) نقسم على أقل عدد مولات وهو 5 فتصبح أبسط نسبة عددية صحيحة (1:4)

الصيغة الأولية للمركب => CH_4

مثال ص30: ما الصيغة الأولية لمركب يتكون من 40% من الكالسيوم 12% من الكربون 48% من الأكسجين، علمًا بأن الكتل الذرية (Ca=40, O=16, C=12)

المعطيات m% للكالسيوم، عدد مولات الكالسيوم n باستخدام العلاقة:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{40}{40} = 1\ mol$$

المعطيات m% للكربون، عدد مولات الكربون n باستخدام العلاقة:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{12}{12} = 1\ mol$$

المعطيات m% للأكسجين، عدد مولات الأكسجين n باستخدام العلاقة:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{48}{16} = 3\ mol$$

نسبة الذرات إلى بعضها (1:1:3)

الصيغة الأولية للمركب => $CaCO_3$

تدريب خارجي: ما هي الصيغة الأولية لمركب يتكون من 25.9% نيتروجين 74.1% أكسجين؟ علمًا أن الكتل الذرية هي: (O=16, N=14)

المعطيات m% للنيتروجين، عدد مولات النيتروجين n باستخدام العلاقة:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{25.9}{14} = 1.85\ mol$$

المعطيات m% للأكسجين، عدد مولات الأكسجين n باستخدام العلاقة:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{74.1}{16} = 4.63\ mol$$

نسبة الذرات إلى بعضها نحولها إلى أبسط بالقسمة على الأصغر 1.85 => (1: 2.5)

نحصل على نتيجة صيغة بهذا الشكل: $N_1O_{2.5}$ وهذه لا تمثل أصغر نسبة عددية صحيحة لذا نضرب النسبة في 2 لتحويلها إلى عدد صحيح

الصيغة الأولية للمركب => N_2O_5

الصيغة الجزيئية

ما المقصود بالصيغة الجزيئية؟

هي صيغة تبين الأعداد الفعلية للذرات وأنواعها في المركب

كيف نحدد الصيغة الجزيئية لأي مركب؟

من خلال التجارب العملية يتم تحديد الكتلة المولية له، ثم مقارنتها بكتلة الصيغة الأولية

نحدد العدد الفعلي للذرات باستخدام العلاقة:

العدد الفعلي للذرات = عدد ذرات العنصر في الصيغة الأولية × $\frac{\text{الكتلة المولية للمركب}}{\text{كتلة الصيغة الأولية}}$

$$N = N.emp \times \frac{M_r}{m.emp}$$

N: العدد الفعلي للذرات

$N.emp$: عدد ذرات العنصر في الصيغة الأولية

M_r: الكتلة المولية للمركب

$m.emp$: كتلة الصيغة الأولية

مثال ص31: ما الصيغة الأولية والجزيئية لمركب هيدروكربوني يتكون من 85.7% كربون 14.3% هيدروجين، علمًا أن الكتل الذرية (C=12, H=1) والكتلة المولية للمركب 56g/mol؟

المعطيات m للكربون، عدد مولات الكربون n باستخدام العلاقة:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{85.7}{12} = 7.1\ mol$$

المعطيات m للهيدروجين، عدد مولات الهيدروجين n باستخدام العلاقة:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{14.3}{1} = 14.3\ mol$$

نسبة الذرات إلى بعضها (14.3 : 7.1) نقسم على أقل عدد 7.1 فتصبح أبسط نسبة عددية صحيحة (1:2)

الصيغة الأولية للمركب => CH_2 كتلة الصيغة الأولية= $(12 + 1 \times 2) = 14g$

كتلة الصيغة الأولية = 14g الكتلة المولية للمركب = 56g/mol نستخدم العلاقة لحساب العدد الفعلي للذرات

العدد الفعلي لذرات الكربون: $N = N.emp \times \frac{M_r}{m.emp}$

$$N_C = 1 \times \frac{56}{14} = 4$$

العدد الفعلي لذرات الهيدروجين:

$$N_H = 2 \times \frac{56}{14} = 8$$

الصيغة الجزيئية => C_4H_8

أتحقق ص31: ما الصيغة الجزيئية لمركب كتلته المولية 58g/mol، وصيغته الأولية C_2H_5 علمًا أن الكتل الذرية (C=12, H=1)

الصيغة الأولية للمركب => C_2H_5 كتلة الصيغة الأولية= $(12 \times 2 + 1 \times 5) = 29g$

العدد الفعلي لذرات الكربون:

$$N = N.emp \times \frac{M_r}{m.emp}$$

$$N_C = 2 \times \frac{58}{29} = 4$$

العدد الفعلي لذرات الهيدروجين:

$$N_H = 5 \times \frac{58}{29} = 10$$

الصيغة الجزيئية => C_4H_{10}

تدريب خارجي: احسب الصيغة الجزيئية لمركب كتلته المولية 60g/mol وصيغته الأولية هي CH_4N إذا علمت أن الكتل الذرية: (N=14, C=12, H=1)

الصيغة الأولية للمركب => CH_4N

كتلة الصيغة الأولية= $(12 \times 1 + 1 \times 4 + 14 \times 1) = 30g$

العدد الفعلي لذرات الكربون:

$$N = N.emp \times \frac{M_r}{m.emp}$$

$$N_C = 1 \times \frac{60}{30} = 2$$

العدد الفعلي لذرات الهيدروجين: $N_H = 4 \times \frac{60}{30} = 8$

العدد الفعلي لذرات النيتروجين: $N_N = 1 \times \frac{60}{30} = 2$

الصيغة الجزيئية => $C_2H_8N_2$

: تدريب خارجي: مركب بيوتانوات الميثيل له رائحة التفاح والنسبة المئوية لمكوناته كالتالي:
O: 31.4% / C: 58.8% / H: 9.8%
إذا علمت أن الكتلة المولية للمركب هي 102g/mol فما هي صيغته الجزيئية؟

المعطيات m% الكربون، عدد مولات الكربون n باستخدام العلاقة:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{58.8}{12} = 4.9\ mol$$

المعطيات m% الهيدروجين، عدد مولات الهيدروجين n باستخدام العلاقة:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{9.8}{1} = 9.8\ mol$$

المعطيات m% للأكسجين، عدد مولات الأكسجين n باستخدام العلاقة:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{31.4}{16} = 1.97\ mol$$

نسبة الذرات إلى بعضها (4.9 : 9.8 : 1.97) نقسم على أصغرها: 1.97 فتصبح النسبة (2.5:5:1) نضرب في 2 لنتخلص من الكسور => (5: 10 : 2)

الصيغة الأولية للمركب => $C_5H_{10}O_2$

كتلة الصيغة الأولية= $(12 \times 5 + 1 \times 10 + 16 \times 2)$ = 102g

كتلة الصيغة = الكتلة المولية للمركب.. إذا الصيغة الجزيئية نفسها الأولية => $C_5H_{10}O_2$

تعزيز وفائدة:

- الصيغة الجزيئية للماء H_2O هي نفسها الصيغة الأولية له لأنه لا يمكن تبسيطها إلى أقل من ذلك، بينما الصيغة الجزيئية لفوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 ليست نفس الصيغة الأولية لأنه يمكن تبسيطها إلى HO بالقسمة على 2
- ومثله الصيغة الجزيئية للميثان CH_4 هي نفسها الأولية، بينما الصيغة الجزيئية C_3H_6 ليست نفس الأولية لأنه يمكن تبسيطها إلى CH_2 بالقسمة على 3
- نجد أن الصيغة الأولية هي نفسها للمركبات الآتية ولو اختلفت صيغتها الجزيئية:
C_2H_4 / C_3H_6 / C_4H_8 جرب احسبها بنفسك

ورقة عمل [12]: الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية

تدريب خارجي :

أثبتت التحاليل أن حمض الأسيتيك يتكون من كربون 40% وهيدروجين 6.67% وأكسجين 53.33% فإذا كانت الكتلة المولية للمركب 60g/mol، استنتج الصيغة الجزيئية علمًا أن (O=16, C=12, H=1)

تدريب خارجي :

أوجد الصيغة الجزيئية لكل من المركبات التالية بمعلومية صيغها الأولية وكتلها المولية:

1) CH_3O، الكتلة المولية للمركب = 62g/mol

2) C_3H_2Cl، الكتلة المولية للمركب = 147g/mol

م. مريم السرطاوي

الحسابات المبنية على المول والكتلة

ما المقصود بالنسبة المولية؟

هي النسبة بين عدد مولات مادة إلى عدد مولات مادة أخرى

مثال ص32:

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

النسبة المولية على الترتيب بين ($H_2 : N_2 : NH_3$) هي ($3 : 1 : 2$)

نسبة مولات الهيدروجين إلى النيتروجين =

$$\frac{n\ H_2}{n\ N_2} = \frac{3}{1}$$

نسبة مولات الهيدروجين إلى الأمونيا =

$$\frac{n\ H_2}{n\ NH_3} = \frac{3}{2}$$

تنبيه: يجب موازنة المعادلة الكيميائية لحساب النسبة المولية وباقي الحسابات

حسابات المول – المول

مثال ص33: كم عدد مولات النيتروجين المتفاعلة عند تفاعل 0.1mol هيدروجين؟

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

بعد موازنة المعادلة ننظر إلى النسبة المولية للمادة المطلوبة وهي النيتروجين

نسبة مولات النيتروجين إلى الهيدروجين =

$$\frac{n\ N_2}{n\ H_2} = \frac{1}{3}$$

نحسب مولات النيتروجين بتعويض مولات الهيدروجين:

$$n\ N_2 = \frac{1}{3} \times n\ H_2 = \frac{1}{3} \times 0.1 = 0.03\ mol$$

مثال ص33: في المعادلة الكيميائية الموزونة، أحسب عدد مولات الماء الناتج عن تفاعل 4mol من O_2 مع كمية كافية من الهيدروجين

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

المادة المطلوبة الماء، والمعطية الأكسجين، فنجد النسبة المولية للماء إلى الأكسجين

نسبة مولات الماء إلى الأكسجين =

$$\frac{n\ H_2O}{n\ O_2} = \frac{2}{1}$$

نحسب مولات الماء بتعويض مولات الأكسجين:

$$n\ H_2O = \frac{2}{1} \times n\ O_2 = \frac{2}{1} \times 4 = 8\ mol$$

تدريب خارجي: في المعادلة الكيميائية الموزونة الآتية، أحسب عدد مولات النيتروجين اللازمة للتفاعل مع كمية كافية من الأكسجين لإنتاج 15mol من NO

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

المادة المطلوبة N_2، والمعطية الناتج NO ، فنجد النسبة المولية لـ N_2 إلى NO

نسبة مولات N_2 إلى NO =

$$\frac{n\ N_2}{n\ NO} = \frac{1}{2}$$

$$n\ N_2 = \frac{1}{2} \times n\ NO = \frac{1}{2} \times 15 = 7.5\ mol$$

حسابات مول – كتلة

ما أهمية معرفة عدد مولات المواد الفعلية في التفاعل؟

بمعرفة عدد مولات المواد الفعلية نعرف كتل المواد اللازمة للتفاعل أو الناتجة عنه، وذلك باستخدام العلاقة بين المولات والكتلة

$$n = \frac{m}{M_r} \Rightarrow m = n \times M_r$$

مثال ص34:

$$2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MgO_{(s)}$$

بما أننا نعرف عدد المولات في المعادلة، ونعرف الكتلة المولية لكل عنصر أو مركب، نستطيع حساب كتلة كل مادة

	$2Mg_{(s)}$	$O_{2(g)}$	$2MgO_{(s)}$
n	2	1	2
M_r	24	32	24+32=40
m	48	32	80

نلاحظ قانون حفظ الكتلة: كتلة المواد المتفاعلة = كتلة المواد الناتجة

مثال ص34: في المعادلة الكيميائية الموزونة، أحسب كتلة H_2 اللازمة للتفاعل مع 7mol من O_2، علمًا بأن كتلة 1 mol من H_2 تساوي 2g/mol

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

المادة المطلوبة H_2، والمعطية O_2، فنجد النسبة المولية لهما

$$\frac{n\ H_2}{n\ O_2} = \frac{2}{1}$$

نحسب مولات الهيدروجين:

$$n\ H_2 = \frac{2}{1} \times n\ O_2 = \frac{2}{1} \times 7 = 14\ mol$$

نحسب كتلة الهيدروجين:

$$n = \frac{m}{M_r} \Rightarrow m = 14 \times 2 = 28g$$

مثال ص 35: أحسب كتلة الحديد Fe الناتجة عن تفاعل 9mol من الكربون C وفق المعادلة الموزونة الآتية علمًا أن الكتلة المولية للحديد 56g/mol

$$Fe_2O_{3(s)} + 3C_{(s)} \rightarrow 2Fe_{(s)} + 3CO_{(g)}$$

المادة المطلوبة Fe في الناتج والمعطية C في المتفاعلات فنجد النسبة المولية لهما

$$\frac{n\ Fe}{n\ C} = \frac{2}{3}$$

نحسب مولات الحديد: $n\ Fe = \frac{2}{3} \times n\ C = \frac{2}{3} \times 9 = 6\ mol$

نحسب كتلة الحديد: $n = \frac{m}{M_r} \Rightarrow m = 6 \times 56 = 336g$

تدريب خارجي: أحسب كتلة Br_2 اللازمة للتفاعل مع كمية كافية من الهيدروجين لإنتاج 10mol من HBr وفق المعادلة الموزونة الآتية علمًا أن الكتلة الذرية لـ Br = 80 الكتلة المولية للجزيء = 160

$$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightarrow 2HBr_{(g)}$$

المادة المطلوبة Br_2 والمعطية HBr فنجد النسبة المولية لهما

$$\frac{n\ Br_2}{n\ HBr} = \frac{1}{2}$$

نحسب مولات البروم: $n\ Br_2 = \frac{1}{2} \times 10 = 5\ mol$

نحسب كتلة البروم: $n = \frac{m}{M_r} \Rightarrow m = 5 \times 160 = 800g$

حسابات كتلة – كتلة

مثال ص35: في معادلة التفاعل الموزونة أحسب كتلة الأمونيا الناتجة عن تفاعل 56g نيتروجين والكتل الذرية (N=14, H=1)

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

المادة المطلوبة الأمونيا والمعطية النيتروجين، يلزمنا حساب النسبة المولية بينهما نسبة مولات الأمونيا للنيتروجين =

$$\frac{n\ NH_3}{n\ N_2} = \frac{2}{1}$$

نحسب مولات النيتروجين بالعلاقة بين المول والكتلة:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{56}{(14 \times 2)} = 2mol$$

نعوض الآن مولات النيتروجين في النسبة المولية لنستخرج مولات الأمونيا =

$$n\ NH_3 = \frac{2}{1} \times n\ N_2 = \frac{2}{1} \times 2 = 4\ mol$$

نحسب الآن كتلة الأمونيا، حيث كتلتها المولية = $(14 + (1 \times 3)) = 17g/mol$

$$n = \frac{m}{M_r} \Rightarrow m = 4 \times 17 = 68g$$

أتحقق ص35: اعتمادًا على المعادلة الموزونة الآتية

$$2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MgO_{(s)}$$

(1) أحسب عدد مولات O_2 اللازمة للتفاعل مع 5mol من عنصر Mg

(2) أحسب كتلة MgO الناتجة عن احتراق 6g من عنصر Mg احتراقًا تامًّا بوجود كمية كافية من الأكسجين

(1) المادة المطلوبة O_2، والمعطية Mg، فنجد النسبة المولية لهما

$$\frac{n\,O_2}{n\,Mg} = \frac{1}{2}$$

نحسب مولات الأكسجين: $n\,O_2 = \frac{1}{2} \times n\,Mg = \frac{1}{2} \times 5 = 2.5\,mol$

(2) المادة المطلوبة MgO والمعطية Mg فنجد النسبة المولية لهما:

$$\frac{n\,MgO}{n\,Mg} = \frac{2}{2} = 1$$

عدد مولات المغنيسيوم، علما أن كتلته الذرية (24):

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{6}{24} = 0.25mol$$

نحسب مولات أكسيد المغنيسيوم:

$$n\,MgO = 1 \times n\,Mg = 1 \times 0.25 = 0.25\,mol$$

نحسب الآن كتلة أكسيد المغنيسيوم، حيث كتلته المولية = 40g/mol=24+16

$$n = \frac{m}{M_r} \Rightarrow m = 0.25 \times 40 = 10g$$

تدريب خارجي: أحسب كتلة NOCl الناتجة عن تفاعل 7.1g من Cl_2 وفق المعادلة الموزونة:

الكتلة المولية لجزيء Cl_2 = 71 ، وللمركب NOCl= 65.5

$$2NO + Cl_2 \rightarrow 2NOCl$$

المادة المطلوبة $NOCl$ والمعطية Cl_2 فنجد النسبة المولية لهما

$$\frac{n\,NOCl}{n\,Cl_2} = \frac{2}{1}$$

نحسب مولات الكلور:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{7.1}{71} = 0.1mol$$

نحسب مولات NOCl:

$$\frac{n\,NOCl}{n\,Cl_2} = \frac{2}{1} = 2 \times 0.1 = 0.2\,mol$$

نحسب الآن كتلة NOCl:

$$n = \frac{m}{M_r} \Rightarrow m = 0.2 \times 65.5 = 13.1g$$

ورقة عمل [13]: الحسابات المبنية على المول والكتلة

تدريب خارجي :

تُوضح المعادلة التالية تفاعل الألمنيوم مع الأكسجين لتكوين أكسيد الألمنيوم، احسب ما يلي:

$$4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Al_2O_{3(s)}$$

(1) عدد مولات الألمنيوم اللازمة لتكوين 3.7mol من أكسيد الألمنيوم

(2) عدد مولات الأكسجين اللازمة لتتفاعل بالكامل مع 14.8 mol من الألمنيوم

تدريب خارجي :

ينتج غاز الأسيتيلين C_2H_2 بإضافة الماء إلى كربيد الكالسيوم CaC_2 طبقا للمعادلة التالية:

$$CaC_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow C_2H_{2(g)} + Ca(OH)_{2(aq)}$$

(1) احسب كتلة الأسيتيلين التي تنتج من إضافة الماء إلى 5g من كربيد الكالسيوم

(2) احسب عدد مولات كربيد الكالسيوم التي تلزم لإتمام التفاعل مع 4.9g من الماء

المردود المئوي Yield%

ما المقصود بالمردود المتوقع (النظري)؟

كمية المادة الناتجة المحسوبة من التفاعل، P_y

ما المقصود بالمردود الفعلي (الحقيقي)؟

كمية المادة الناتجة فعليًّا من التفاعل التي يحددها الكيميائي من التجارب الدقيقة، A_Y

ما المقصود بالمردود المئوي؟

هي النسبة المئوية للمردود الفعلي إلى المردود النظري، Y

المردود المئوي للتفاعل = $\frac{\text{المردود الفعلي}}{\text{المردود المتوقع}} \times 100\ \%$

$$Y = \frac{A_y}{P_y} \times 100\%$$

Y: المردود المئوي

A_y: المردود الفعلي (*Actual Yield*)

P_y: المردود المتوقع (*Predict Yield*)

مثال ص36: في تفاعل ما حصلنا على 2.64g من كبريتات الأمونيوم، فإذا علمت أن المردود المتوقع 3.3g فاحسب المردود المئوي للتفاعل

$$Y = \frac{A_y}{P_y} \times 100\%$$

$$Y = \frac{2.64}{3.3} \times 100\% = 80\%$$

أفكر ص36: لماذا تكون نسبة المردود الفعلي أقل بشكل عام من نسبة المردود المتوقع؟

لأسباب كثيرة منها:

1- استخدام مواد متفاعلة غير نقية [فيها شوائب]

2- التفاعل غير تام

3- حدوث فقدان لجزء من كمية الناتج كتسرب الغاز، أو بسبب نقله من وعاء إلى آخر، الخ

تدريب خارجي: في تفاعل ما تم الحصول على 15g فقط من مادة، فإذا كان المردود المتوقع 25g فما هو المردود المئوي للتفاعل؟

$$Y = \frac{A_y}{P_y} \times 100\%$$

$$Y = \frac{15}{25} \times 100\% = 60\%$$

: تدريب خارجي: ينتج الكحول الميثيلي تحت ضغط عالي من خلال التفاعل التالي:

$$CO_{(g)} + 2H_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} CH_3OH_{(l)}$$

فإذا نتج 6.1g من الكحول الميثيلي من تفاعل 1.2g من الهيدروجين مع وفرة من أول أكسيد الكربون، احسب المردود المئوي للناتج

الكتلة المولية للكحول الميثيلي = 32g/mol

المادة المطلوبة CH_3OH والمعطية H_2 فنجد النسبة المولية لهما

$$\frac{n\ CH_3OH}{n\ H_2} = \frac{1}{2}$$

نحسب مولات الهيدروجين:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{1.2}{2} = 0.6mol$$

نحسب مولات CH_3OH:

$$\frac{n\ CH_3OH}{n\ H_2} = \frac{1}{2} \rightarrow \frac{1}{2} \times 0.6 = 0.3\ mol$$

نحسب كتلة CH_3OH:

$$n = \frac{m}{M_r} \Rightarrow m = 0.3 \times 32 = 9.6g$$

المردود المئوي:

$$Y = \frac{A_y}{P_y} \times 100\% = \frac{6.1}{9.6} \times 100\% = 63.5\%$$

ورقة عمل [14]: المردود المئوي

: تدريب خارجي

كمية الأسبرين الناتجة من تفاعل ما حُسبت نظريا وكانت 130.5g أما الناتج الفعلي بالتجارب فقد كان 121.2g فما هو المردود المئوي للتفاعل؟

: تدريب خارجي

من خلال تسخين عالٍ يتفكك كربونات الكالسيوم من خلال التفاعل التالي:

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

ما كمية أكسيد الكالسيوم الفعلية من تفكك 50g من كربونات الكالسيوم، مع اعتبار أن المردود المئوي = 40%

علما أن الكتل الذرية (Ca=40, O=16, C=12)

حل مراجعة الدرس الثالث

الفكرة الرئيسة: ما أهمية الحسابات الكيميائية؟

لأنها الركيزة الأساسية للحسابات الكيميائية، حيث منها نحدد:

1- عدد مولات المواد المتفاعلة والناتجة

2- كتل المواد بدقة

3- النسبة المئوية لكتلة عنصر في مركب

4- المردود المئوي لناتج تفاعل ما

أوضح المقصود بكل من:

- النسبة المئوية بالكتلة لعنصر: نسبة كتلة العنصر في المركب إلى الكتلة الكلية للمركب
- الصيغة الأولية: أبسط نسبة عددية صحيحة بين ذرات العناصر المكونة للمركب
- الصيغة الجزيئية: صيغة تبين الأعداد الفعلية للذرات وأنواعها في المركب
- المردود المئوي للتفاعل: النسبة المئوية للمردود الفعلي إلى المردود النظري

ما الصيغة الأولية لمركب يتكون من تفاعل 2.3g من الصوديوم Na مع 8g من البروم Br؟

الكتل الذرية (Na=23, Br=80)

	البروم Br	الصوديوم Na
كتلة العنصر	8	2.3
عدد مولات العنصر	$\frac{8}{80} = 0.1$	$\frac{2.3}{23} = 0.1$
أبسط نسبة عددية صحيحة	1	1

- الصيغة الأولية: NaBr

ما الصيغة الجزيئية لمركب هيدروكربوني يتكون من 92.3% من الكربون و 7.7% من الهيدروجين علمًا بأن الكتلة المولية للمركب 26g/mol

- نحسب الصيغة الأولية، المركب الهيدروكربوني من كربون وهيدروجين ونستخدم النسب المئوية للعناصر، علمًا أن الكتل الذرية (C=12, H=1)

	الهيدروجين H	الكربون C
كتلة العنصر	7.7	92.3
عدد مولات العنصر	$\frac{7.7}{1} = 7.7$	$\frac{92.3}{12} = 7.7$
أبسط نسبة عددية صحيحة	1	1

الصيغة الأولية: CH، كتلة الصيغة = 12+1 = 13

العدد الفعلي لذرات الكربون:

$$N = N.emp \times \frac{M_r}{m.emp}$$

$$N_C = 1 \times \frac{26}{13} = 2$$

العدد الفعلي لذرات الهيدروجين:

$$N_H = 1 \times \frac{26}{13} = 2$$

الصيغة الجزيئية => C_2H_2

أحسب كتلة أكسيد الحديد (III) Fe_2O_3 الناتجة من تفاعل 9.12g من كبريتات الحديد (II) $FeSO_4$ علمًا بأن معادلة التفاعل الموزونة هي:

$$2FeSO_{4(s)} \rightarrow Fe_2O_{3(s)} + SO_{2(g)} + SO_{3(g)}$$

الكتل الذرية (Fe=56, S=32, O=16)

المعطيات الكتلة m لكبريتات الحديد والمطلوب كتلة أكسيد الحديد، نحسب النسبة المولية بينهما: $\frac{n\,Fe_2O_3}{n\,FeSO_4} = \frac{1}{2}$

عدد مولات كبرتيات الحديد، كتلته المولية ((56 + 32 + 16(4)) =152g/mol

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{9.12}{152} = 0.06mol$$

عدد مولات أكسيد الحديد: $n\,Fe_2O_3 = \frac{1}{2} \times n\,FeSO_4 = 0.5 \times 0.06 = 0.03\,mol$

نحسب الآن كتلة أكسيد الحديد، كتلته المولية ((56(2) + 16(3)) =160g/mol

$$n = \frac{m}{M_r} \Rightarrow m = 0.03 \times 160 = 4.8g$$

أحسب عدد مولات غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 الناتجة عن احتراق 6mol من غاز الإيثان C_2H_6 احتراقًا تامًّا في كمية وافرة من غاز الأكسجين، وذلك حسب المعادلة الموزونة الآتية:

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

الكتل الذرية (O=16, C=12, H=1)

المعطيات عدد المولات n للإيثان والمطلوب عدد المولات لثاني أكسيد الكربون، نحسب النسبة المولية بينهما:

$$\frac{n\,CO_2}{n\,C_2H_6} = \frac{4}{2} = 2$$

عدد مولات ثاني أكسيد الكربون:

$$n\,CO_2 = 2 \times n\,C_2H_6 = 2 \times 6 = 12\,mol$$

أحسب المردود المئوي لتفاعل ما لإنتاج أكسيد الكالسيوم، علمًا بأن المردود المتوقع 5.6g والمردود الفعلي 2.8g

$$Y = \frac{A_y}{P_y} \times 100\% = \frac{2.8}{5.6} \times 100\% = 50\%$$

حل الوحدة الرابعة

أكتب معادلة كيميائية موزونة تمثل:

(1) تفاعل عنصر الحديد الصلب مع غاز الأكسجين لإنتاج أكسيد الحديد (III) الصلب

$$4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Fe_2O_{3(s)}$$

(2) تفاعل كربونات الكالسيوم الصلبة مع محلول حمض الهيدروكلوريك لإنتاج كلوريد الكالسيوم الصلب وغاز ثاني أكسيد الكربون والماء السائل

$$CaCO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow CaCl_{2(s)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

(3) تفاعل أيونات الفضة مع أيونات البروميد لتكوين راسب من بروميد الفضة

$$Ag^+_{(aq)} + Br^-_{(aq)} \rightarrow AgBr_{(s)}$$

أستنتج الصيغة الأولية للمركب الناتج من تفاعل 0.6g من الكربون مع الأكسجين لتكوين 2.2g من أكسيد الكربون

الكتل الذرية (O=16, C=12)

	الأكسجين O	الكربون C
كتلة العنصر	2.3-0.6=1.6	0.6
عدد مولات العنصر	$\frac{1.6}{16} = 0.1$	$\frac{0.6}{12} = 0.05$
أبسط نسبة عددية صحيحة	2	1

الصيغة الأولية: CO_2

أستنتج الصيغة الجزيئية لمركب صيغته الأولية CH_2 وكتلته المولية 28g

الصيغة الأولية: CH_2، كتلة الصيغة = 12+2 = 14

العدد الفعلي لذرات الكربون: $N = N.emp \times \frac{M_r}{m.emp}$

$$N_C = 1 \times \frac{28}{14} = 2$$

العدد الفعلي لذرات الهيدروجين: $N_H = 2 \times \frac{28}{14} = 4$

الصيغة الجزيئية => C_2H_4

يحترق عنصر المغنيسيوم وفق المعادلة الآتية:

$$2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MgO_{(s)}$$

(1) أحسب كتلة المغنيسيوم اللازمة لإنتاج 8g من أكسيد المغنيسيوم

الكتل الذرية: (Mg=24, O=16)

$$\frac{n\,Mg}{n\,MgO} = \frac{2}{2} = 1$$

نحسب مولات أكسيد المغنيسيوم، كتلته المولية (24 + 16) =40g/mol

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{8}{40} = 0.2mol$$

نحسب مولات المغنيسيوم:

$$n\,Mg = 1 \times n\,MgO = 1 \times 0.2 = 0.2\,mol$$

نحسب كتلة المغنيسيوم، كتلته المولية =24g/mol

$$n = \frac{m}{M_r} \Rightarrow m = 0.2 \times 24 = 4.8g$$

(2) أحسب كتلة الأكسجين اللازمة لإنتاج 20g من أكسيد المغنيسيوم

الكتل الذرية: (Mg=24, O=16)

$$\frac{n\,O_2}{n\,MgO} = \frac{1}{2} = 0.5$$

نحسب مولات أكسيد المغنيسيوم، كتلته المولية =(24 + 16) 40g/mol

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{20}{40} = 0.5mol$$

نحسب مولات الأكسجين:

$$n\,O_2 = 0.5 \times n\,MgO = 0.5 \times 0.5 = 0.25\,mol$$

نحسب كتلة الأكسجين، كتلته المولية =32g/mol

$$n = \frac{m}{M_r} \Rightarrow m = 0.25 \times 23 = 8g$$

أحسب عدد المولات في 9.8g من حمض الكبريتيك H_2SO_4

الكتل الذرية (S=32, O=16, H=1)

$$M_r = (1 \times 2 + 32 \times 1 + 16 \times 4) = 98g/mol$$

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{9.8}{98} = 0.1mol$$

تتحلل كربونات الكالسيوم بالحرارة وفق المعادلة الآتية:

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

فإذا علمت أن الكتل الذرية (Ca=40, O=16, C=12)

(1) فاحسب كتلة أكسيد الكالسيوم الناتجة عن تسخين 50g من كربونات الكالسيوم

$$\frac{n\,CaO}{n\,CaCO_3} = \frac{1}{1} = 1$$

نحسب مولات كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ والكتلة المولية = 100g/mol:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{50}{100} = 0.5mol$$

نحسب مولات أكسيد الكالسيوم:

$$n\,CaO = 1 \times n\,CaCO_3 = 1 \times 0.5 = 0.5\,mol$$

نحسب كتلة أكسيد الكالسيوم، كتلته المولية: (40 + 16) = 56g/mol

$$n = \frac{m}{M_r} \Rightarrow m = 0.5 \times 56 = 28g$$

(2) واحسب المردود المئوي للتفاعل إذا حصلنا على 15g فقط من أكسيد الكالسيوم

$$Y = \frac{A_y}{P_y} \times 100\% = \frac{15}{28} \times 100\% = 53.6\%$$

كربيد السيلكون SiC مادة قاسية تستخدم في صناعة ورق الزجاج وحجر الجلخ، ويتم الحصول عليه من تسخين أكسيد السيلكون مع الكربون وفق المعادلة:

$$SiO_{2(s)} + C_{(s)} \rightarrow SiC_{(s)} + CO_{(g)}$$

فإذا علمت أن الكتل الذرية للعناصر: (Si=28, O=16, C=12)

(1) أوازن معادلة التفاعل

$$SiO_{2(s)} + 3C_{(s)} \rightarrow SiC_{(s)} + 2CO_{(g)}$$

(2) أحسب عدد مولات CO الناتجة عن تفاعل 0.5 mol من SiO_2

$$\frac{n\ CO}{n\ SiO_2} = \frac{2}{1} = 2$$

نحسب مولات CO:

$$n\ CO = 1 \times n\ SiO_2 = 2 \times 0.5 = 1\ mol$$

(3) أحسب كتلة SiC الناتجة عن تفاعل 4mol من ذرات الكربون

$$\frac{n\ SiC}{n\ C} = \frac{1}{3} = 0.333$$

$$n\ SiC = 0.333 \times n\ C = 0.333 \times 4 = 1.332\ mol$$

نحسب كتلة SiC ، كتلته المولية: (28+12) = 40g/mol

$$n = \frac{m}{M_r} \Rightarrow m = 1.332 \times 40 = 53.3g$$

(4) أحسب النسبة المئوية لعنصر الكربون في المركب SiC

$$C\ \% = \frac{12}{40} \times 100\% = 30\%$$

أصنف المعادلات الآتية حسب النوع:

المعادلة	التصنيف
$2Al_{(s)} + 3Cl_{2(g)} \rightarrow 2AlCl_{3(s)}$	اتحاد
$Mg_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \rightarrow Cu_{(s)} + MgSO_{4(aq)}$	إحلال أحادي
$CdCO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} CdO_{(s)} + CO_{2(g)}$	تحلل حراري

أختار رمز الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

(1) ما عدد مولات ذرات الأكسجين الموجودة في 1mol من AgNO3؟

1 -

2 -

- 3
- 4

(2) أي من الآتية يعد الكتلة المولية لمركب Na_2SO_4 بوحدة g/mol؟

- 71
- 119
- **142**
- 183

(3) تُسمى كمية المادة الناتجة المحسوبة من التفاعل:

- المردود المتوقع
- المردود الفعلي
- الكتلة المولية
- المول

أميز التفاعلات الواردة في النماذج الآتية وأفسرها

a	b	c
اتحاد (مادتين فتنتج مادة واحدة)	تحلل (مادة واحدة ينتج منها مادتين)	إحلال أحادي (استبدال عنصر محل عنصر)

مركب كتلته 8.8g يتكون فقط من عنصري الكربون والهيدروجين، وكتلة الهيدروجين 1.6g

(1) أحسب النسبة المئوية بالكتلة لعنصري الكربون والهيدروجين في المركب

كتلة الكربون = 8.8 – 1.6 = 7.2g $C\ \% = \frac{7.2}{8.8} \times 100\% = 81.8\%$

كتلة الهيدروجين = 1.6g $H\ \% = \frac{1.6}{8.8} \times 100\% = 18.2\%$

(2) أستنتج أي الصيغتين تمثل المركب C_2H_6 أم C_3H_8؟ الكتل الذرية (C=12, H=1)

- الصيغة الأولى: C_2H_6 ، كتلة الصيغة= $(12(2) + 1(6)) = 30$

$H\ \% = 6 \times \frac{1}{30} \times 100 = 20\%$ $C\ \% = 2 \times \frac{12}{30} \times 100 = 80\%$

- الصيغة الثانية: C_3H_8 ، كتلة الصيغة= $(12(3) + 1(8)) = 44$

$H\ \% = 8 \times \frac{1}{44} \times 100 = 18.2\%$ $C\ \% = 3 \times \frac{12}{44} \times 100 = 81.8\%$

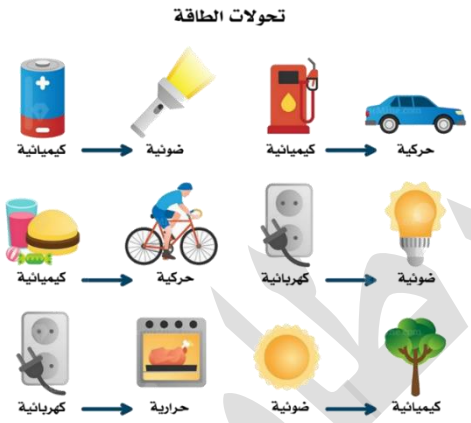
○ الصيغة C_3H_8 هي التي تمثل المركب

الوحدة الخامسة: الطاقة الكيميائية

الدرس الأول: تغيرات الطاقة في التفاعلات الكيميائية

تعريفات الدرس الأول:

- المحتوى الحراري: كمية الطاقة المخزونة في مول من المادة
- التغير في المحتوى الحراري (الإنثالبي): كمية الطاقة الممتصة أو المنبعثة خلال التفاعل
- تفاعلات طاردة للحرارة: تفاعلات يتم فيها تزويد الوسط المحيط بالطاقة
- تفاعلات ماصة للحرارة: تفاعلات يتطلب حدوثها تزويدها بكمية مناسبة من الطاقة من الوسط المحيط
- طاقة الانصهار المولية: كمية الطاقة اللازمة لتحويل مول من المادة الصلبة عند درجة حرارة ثابتة إلى الحالة السائلة
- طاقة التبخر المولية: كمية الطاقة اللازمة لتحويل مول من المادة السائلة إلى غاز عند درجة حرارة معينة
- طاقة التجمد المولية: كمية الطاقة الناتجة من تجمد مول من المادة السائلة عند درجة حرارة معينة
- طاقة التكاثف المولية: كمية الطاقة المنبعثة عند تكاثف مول من الغاز عند درجة الغليان



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 مهم:

تُخزَّن الطاقة الكيميائية في:

1- الذرات [طاقة الإلكترونات]

2- الروابط بين ذرات العناصر [طاقة الروابط الكيميائية]

3- قوى التجاذب بين الجزيئات المكونة للمادة

نعتبر 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

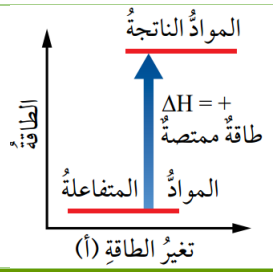
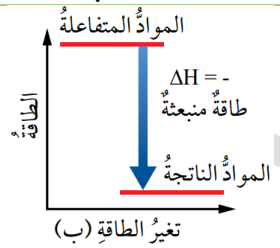
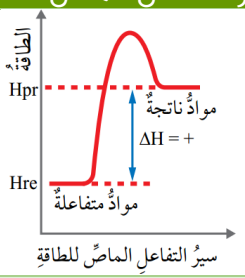
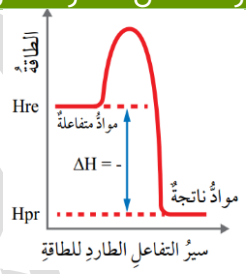
فما المقصود بالمحتوى الحراري [enthalpy]؟

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

تنبيه: نستطيع تسمية المحتوى الحراري بالطاقة، فهو بالأصل طاقة وضع كامنة

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

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

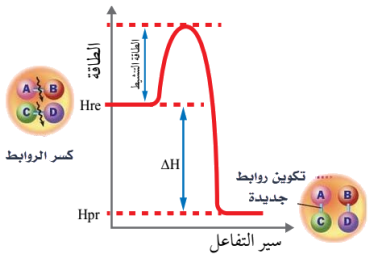
أنواع الطاقة المرافقة للتفاعلات الكيميائية	
طاقة ممتصة [يكسب طاقة أثناء تكسير روابط المتفاعلات] تطبيقات حياتية: طهو الطعام، البناء الضوئي، التحليل الكهربائي	طاقة منبعثة [يفقد طاقة أثناء تكوين روابط النواتج] تطبيقات حياتية: احتراق وقود غاز الطبخ، طاقة البطارية، احتراق شريط مغنيسيوم
الطاقة الممتصة	الطاقة 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 [طارد/ماص]

تأمل الشكل المجاور:

تزداد طاقة المواد المتفاعلة من H_{re} إلى أن تصل إلى أعلى قيمة لها وتسمى طاقة التنشيط، ثم تنخفض خلال تكوين المواد الناتجة إلى H_{pr}

فتكون طاقة النواتج H_{pr} أقل من طاقة المتفاعلات H_{re}



كيفية حساب التغير في المحتوى الحراري:

التغير في المحتوى الحراري للتفاعل [تغير الإنثالبي] =

المحتوى الحراري للمواد الناتجة - المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة

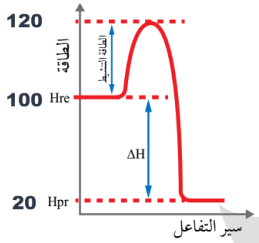
$$\Delta H = H_{pr} - Hre$$

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}

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



: تدريب خارجي: من مخطط الطاقة التالي أحسب ΔH وحدِّد نوع التفاعل

نحسبها من القيم على المخطط مباشرة أو بالقانون

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

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

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

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

نحسبها من العلاقة الرياضية

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

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

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

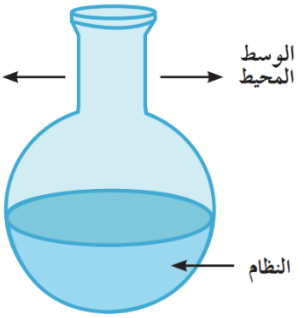
تنبيه مهم: نكتب عادة وحدة الإنثالبي والتغير في الإنثالبي بالكيلوجول، ونعلم مبدئيًّا أنها كيلوجول/ مول، مثل معاملات المعادلة الموزونة لو كانت 1 مول فلا نكتبها أمام المادة لكن نعلم أنها 1 مول، ولا بد من كتابة الإشارة موجبة أو سالبة بجانب التغير في الإنثالبي للدلالة على نوع التفاعل

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:

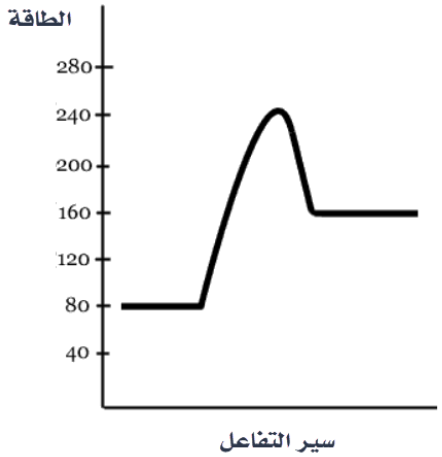
1- تفاعلات كيميائية طاردة للحرارة: يطرد النظام الحرارة إلى المحيط [يفقدها] $-\Delta H$
2- تفاعلات كيميائية ماصة للحرارة: يمتص النظام الحرارة من المحيط [يكسبها] $+\Delta H$

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

وهي قليلة، لذا نهتم فقط بالتفاعلات الحرارية الطاردة والماصة

ورقة عمل [15]: التغير في المحتوى الحراري

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



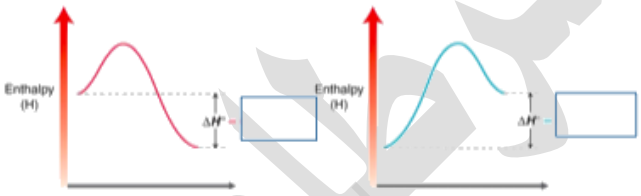
1- المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة = ... كيلوجول

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



تدريب خارجي :

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

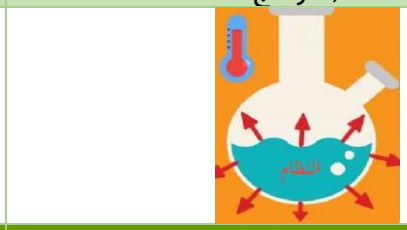
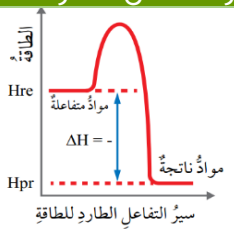
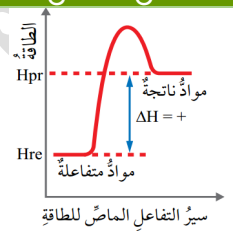
ماذا يحدث لدرجة حرارة الوسط المحيط؟

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

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

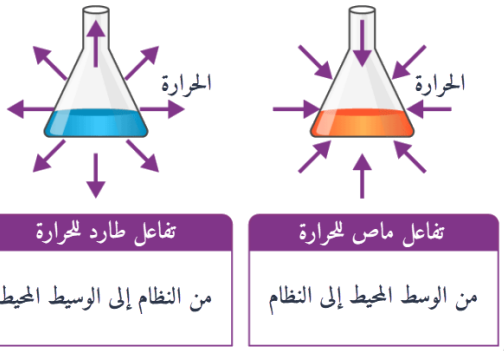
كيفية كتابة معادلة التفاعل الحراري

متفاعلات → نواتج + Heat	متفاعلات + Heat → نواتج
متفاعلات + ΔH → نواتج	متفاعلات + ΔH → نواتج
متفاعلات → نواتج , $\Delta H = -kJ$	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

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

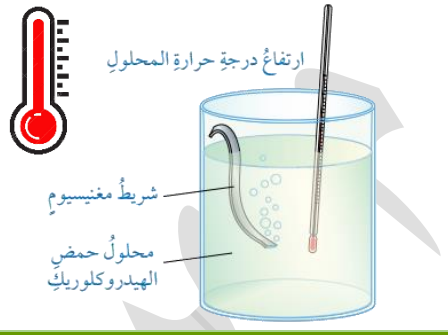
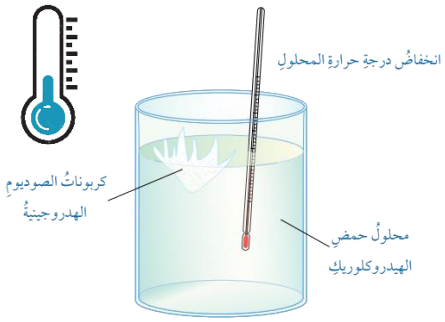
أتحقق ص47:

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)
$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + Heat$	$CaCO_{3(s)} + Heat \rightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$
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 أن المواد الناتجة طردت الطاقة إلى الوسط المحيط [المحلول]	إضافة كربونات الصوديوم الهيدروجينية NaHCO3 إلى محلول حمض الهيدروكلوريك HCl فتنخفض درجة المحلول بسبب أن المواد المتفاعلة امتصت الطاقة من الوسط المحيط [المحلول]
	
المعادلة الكيميائية الحرارية	
$Mg_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow MgCl_{2(aq)} + H_{2(g)} + Heat$	$NaHCO_3 + 2HCl_{(aq)} + Heat \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$
تفاعل طارد للحرارة $\Delta H < 0$	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

تدريب خارجيات محلولة لتمييز التفاعل الطارد والتفاعل الماص للحرارة

قبل التدريب هناك أساسيات 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 في 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
$2Pb(NO_3)_{2(s)} \xrightarrow{\Delta} 2PbO_{(s)} + 4NO_{2(g)} + O_{2(g)}$	تفاعل ماص للحرارة لأنه تفاعل تحلل حراري
$2Al_{(s)} + 3CuO_{(s)} \rightarrow 3Cu_{(l)} + Al_2O_{3(s)}$	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

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

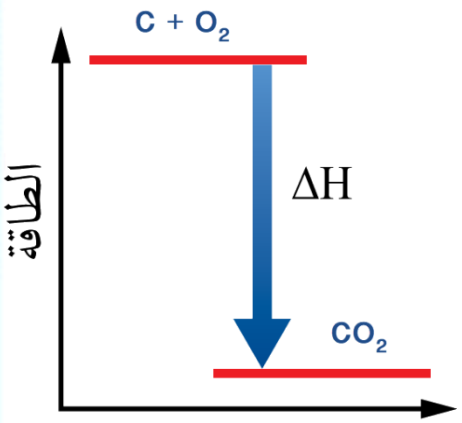
$$NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O + 57kJ$$

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

ورقة عمل [16]: التفاعلات الطاردة والماصة للحرارة

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

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

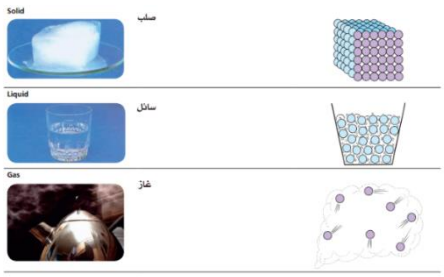
الطاقة المرافقة أثناء التغير الفيزيائي

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

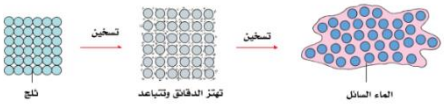
أولاً نستذكر بعض الأساسيات:

الحالات الفيزيائية للمادة:

صلبة - سائلة - غازية



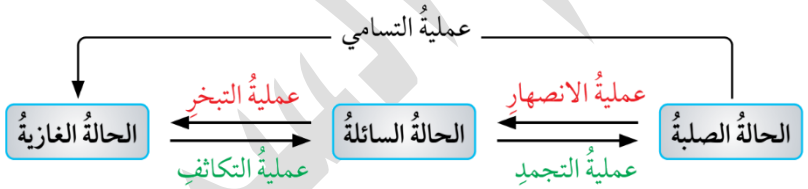
لكل حالة فيزيائية خصائص تعتمد على طبيعة المادة والروابط بين جسيماتها: من الشكل المقابل، دقائق الماء في الحالة الصلبة أكثر ترابطًا من الحالة السائلة ومن الغازية



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

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 والتكاثف 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 كيميائيًّا قد حدث

(2) لا يحدث تغيير على تركيب المادة الكيميائي، إنما تنفصل الروابط بين دقائق المادة أثناء عملية التحوّل، فجزيئات الجليد مترابطة بقوى فيما بينها، عند التسخين تتكسر تلك القوى وتبتعد الجزيئات، يبقى تركيب الماء نفسه لكن الجزيئات أو جسيمات المادة تباعدت وتحول إلى شكل سائل

[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:
نفرق بين الذوبان والانصهار، فالانصهار عملية فيزيائية لمادة واحدة تحفظ المادة فيها تركيبها الكيميائي، بينما الذوبان عملية تحتاج لوجود مادتين مذيب ومذاب: وهي انتشار مكونات المادة المذابة بين مكونات المذيب وقد تحدث تغيرات كيميائية وفيزيائية للمادة

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:

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

[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؟

دورة الماء في الطبيعة: 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

- مثال: 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

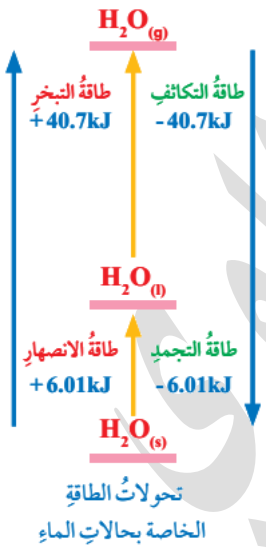
طاقة التسامي المولية: يتم حسابها عن طريق جمع طاقة الانصهار المولية وطاقة التبخر المولية

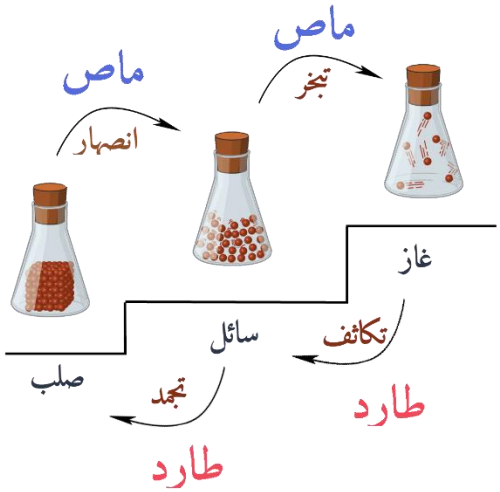
يُلاحظ تصاعد بخار من الثلج في أيام الشتاء عند سطوع الشمس، وهذا هو تسامي الجليد

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

المعادلة الكيميائية للتغير الفيزيائي [التسامي] هي:

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





ماص اصعد موجب، 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 بفعل أشعة الشمس معناه تبخر الماء، تحوله من سائل إلى غاز، 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

ورقة عمل [17]: الطاقة المرافقة للتحولات الفيزيائية

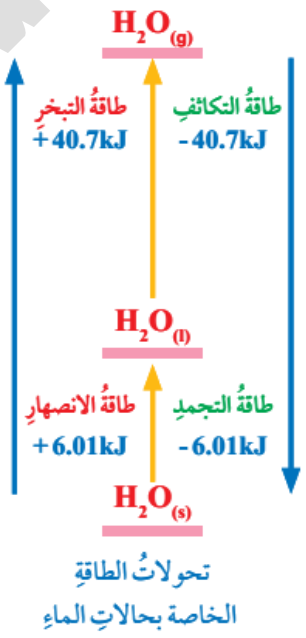
تدريب خارجي: إذا علمت أن طاقة التبخر المولية لمادة الإيثانول C_2H_5OH هي 38.6kJ

(1) اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية لتبخر الميثانول

(2) كم سيكون مقدار طاقة التكاثف المولية للإيثانول؟

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



حل مراجعة الدرس الأول

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

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

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

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:

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

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

بالتعويض

$$-60 = 140 - Hre$$

$$-60 - 140 = -Hre$$

$$-200 = -Hre$$

$$Hre = 200kJ$$

الدرس الثاني: الطاقة الممتصة والطاقة المنبعثة من المادة

تعريفات الدرس الثاني:

- السعة الحرارية: كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة المادة درجة واحدة سلسيوس
- الحرارة النوعية: كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1 g من المادة درجة واحدة سلسيوس عند ضغط ثابت
- المُسعِر: وعاء معزول حراريًّا يستخدم لقياس كمية الطاقة الممتصة أو المنبعثة من تفاعل كيميائي أو تحول فيزيائي

الحرارة النوعية Specific Heat Capacity

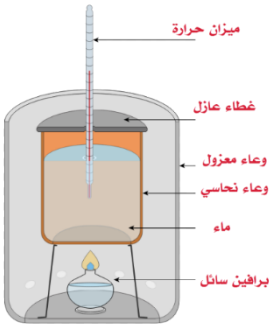
كيف تنتقل الحرارة بين المواد؟

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 وهكذا هو المُسعِر

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

نستطيع حساب تلك الطاقة الممتصة أو المنبعثة من خلال معادلات قام بها العلماء بالتجارب، يعتمد حساب الطاقة على نوعية المادة، واختلاف درجة الحرارة

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 المسعر Calorimetry لقياس الحرارة النوعية للمواد

ما المقصود بالمسعر ؟

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

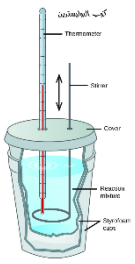
أنواع المسعر

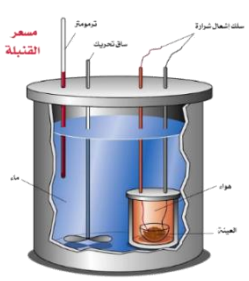
1- مسعر القنبلة

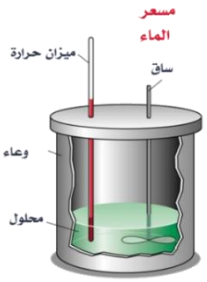
2- مسعر الماء

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

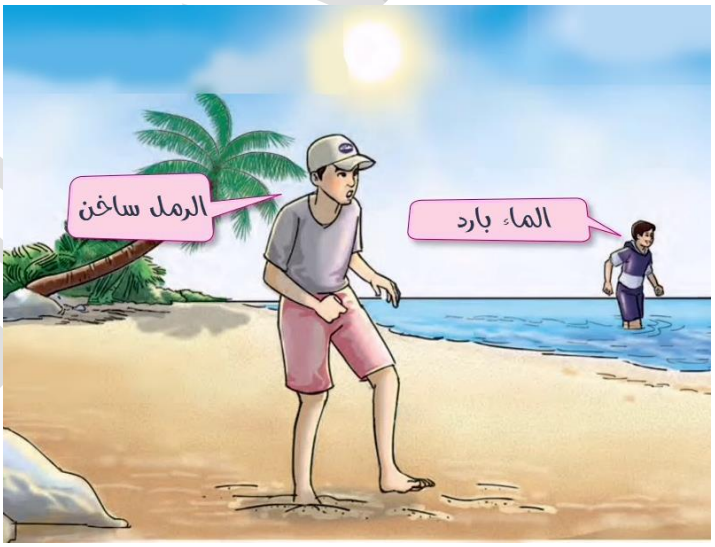
الماء (السائل)	4.18	الحديد	0.45
يمتص الغرام الواحد من الماء السائل مقدار طاقة 4.18 جول ليرتفع درجة سيليزية واحدة		يمتص الغرام الواحد من الحديد مقدار طاقة 0.45 جول ليرتفع درجة سيليزية واحدة	
يحتاج الماء كمية كبيرة من الحرارة فيرتفع ببطء ويفقد الحرارة التي اكتسبها ببطء		يحتاج الحديد كمية قليلة من الحرارة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

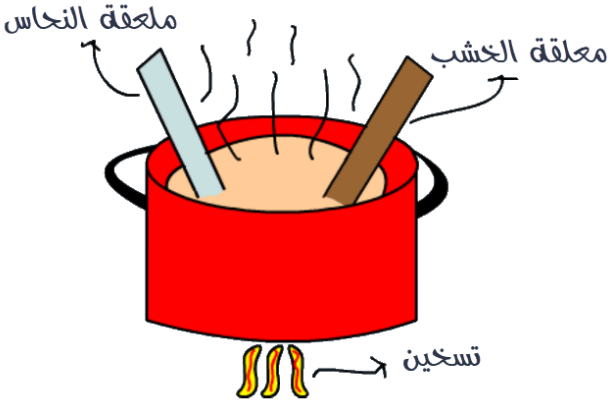


لماذا لا يتأثر جسم الإنسان والكائنات الحية بتقلبات الجو والحرارة كما تتأثر المعادن؟

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

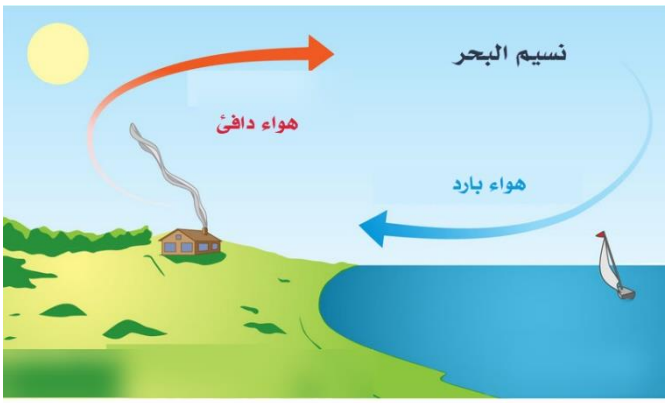
لماذا تعد مياه البحر والمحيطات بيئة مناسبة لحياة الكائنات البحرية؟

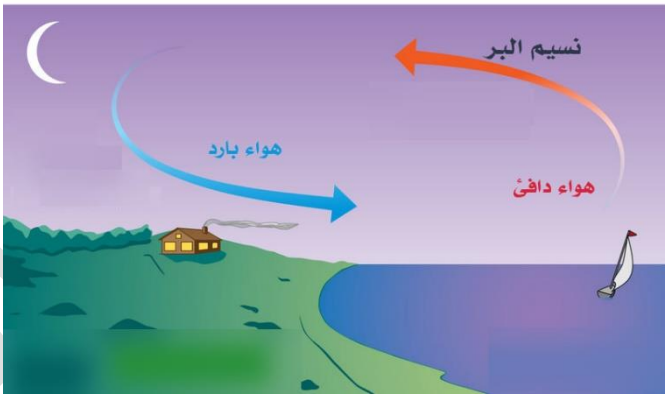
لأن الحرارة النوعية للماء عالية وبالتالي مهما تعرضت البحار والمحيطات لأشعة الشمس فإنها لا تتأثر كثيرًا ولا ترتفع درجة حرارتها بشكل كبير



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

ورقة عمل [18]: الحرارة النوعية للمواد وقياسها

تدريب خارجي: 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 خارجي: 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		
$s = \frac{q}{m\Delta t}$ $q = s \times m \times \Delta t$	كمية الحرارة الممتصة أو المنبعثة (المفقودة) (J) الحرارة النوعية للمادة (J/g.°C) كتلة المادة (g) التغير في درجة الحرارة ($\Delta t = t_2 - t_1$)	q : s : m : Δt :

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 ص58: 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:

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

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

إشارة q بالموجب، لأن الحرارة تم امتصاصها

مثال ص59: 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: $m=50g$ $t_2=40$ $t_1=25$ $\Delta t=40-25=15°C$ $s_{Fe}= 0.45\ J/g.°C$

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

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

مثال ص59: 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: $m=5g$ $t_2=5$ $t_1=25$ $\Delta t=15-25=-10°C$ $s_{Cu}= 0.38\ J/g.°C$

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

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

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 $s_{Al}= 0.89\ J/g.°C$

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

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

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 خارجي: 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

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

$$-114\ J = s \times 10\ g \times -25.4$$

$$s = \frac{-114}{10 \times -25.4} = 0.449\ J/g.°C$$

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

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

$$5696 = s \times 155 \times 15$$

$$s = \frac{5696}{155 \times 15} = 2.45\ J/g.°C$$

○ المادة هي الإيثانول

تدريب خارجي: 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

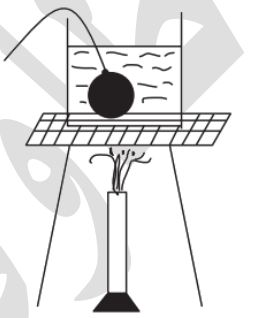
- الطريقة العملية لقياس الحرارة النوعية للنحاس:

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

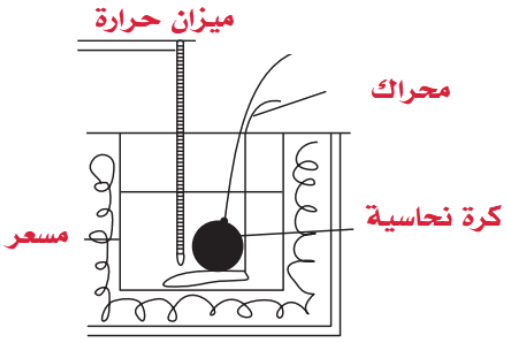
2- وضع 79ml من الماء في المسعر ودرجة حرارته الابتدائية بدرجة حرارة الغرفة تقريبا 20.5°C [اعتبار 79ml من الماء = 79g لأن كثافة الماء تقريبًا 1g/ml]

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
$m = 79g$ $s = 4.18$ $t_1 = 20.5$ $t_2 = 26.5$ $\Delta t = 6$	$m = 70g$ $s = ?$ $t_1 = 98$ $t_2 = 26.5$ $\Delta t = -71.5$

- 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 خارجي: 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

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

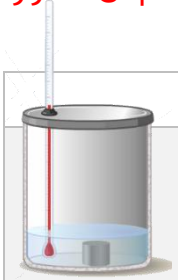
- نعوض المعطيات والقياسات التي حصلنا عليها لنستخرج الحرارة النوعية للنحاس

$$-s_{Fe} \times 64 \times -67.3 = 4.18 \times 76 \times 6.2$$
$$s_{Fe} = \frac{1969.6}{64 \times 67.3} = 0.457 \text{ J/g.°C}$$

- قيمة الحديد في الجدول =0.45 J/g.°C

تدريب خارجي: 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
$m = 85\text{g}$ $s = 4.18$ $t_1 = 24$ $t_2 = ?$ $\Delta t = ?$	$m = 19.8\text{g}$ $s = 0.128$ $t_1 = 97.4$ $t_2 = ?$ $\Delta t = -?$



○ 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 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: $m=60g$ $t_2=?$ $t_1=23.5$ $\Delta t=?$ $s=4.18$ $q=-813$ 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: 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: $q= \Delta H$

ورقة عمل [19]: حسابات الطاقة الممتصة والمنبعثة

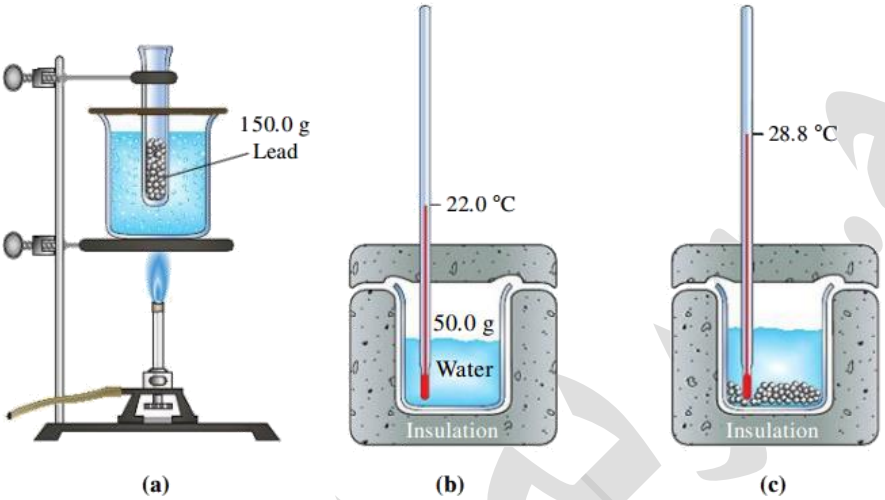
- قطعة من الكادميوم كتلتها 15g امتصت حرارة مقدارها 134J خلال رفع درجة حرارتها من 24°C إلى 62.7°C ، احسب الحرارة النوعية للكادميوم

- 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؟

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

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

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

(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: $m=200g$ $\Delta t=20°C$ $q= 3212$

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

أفكر: وضعت ثلاث صفائح متماثلة في الكتلة من النحاس، والألمنيوم، والحديد تحت أشعة الشمس في أحد أيام الصيف الحارة، بحيث تكتسب جميعها كمية الطاقة الحرارية 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، أي أن الفلز الذي سترتفع حرارته أسرع هو الذي يملك حرارة نوعية أقل، نستخرج قيم الحرارة النوعية لتلك الفلزات من الجدول، وسيكون الجواب هو النحاس [جواب دليل المعلم]

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

- بينما لو كان السؤال يقصد أن كمية الطاقة الحرارية التي امتصتها الفلزات هي نفسها فالجواب أن حرارة الماء ستكون نفسها في المسعرات الثلاث لأن q- = q+

الدرس الثالث: حسابات الطاقة في التفاعلات الكيميائية

تعريفات الدرس الثالث:

- القيمة الحرارية للوقود: كمية الحرارة الناتجة من حرق غرام واحد من الوقود حرقًا تامًّا بوجود الأكسجين
- طاقة الرابطة: كمية الطاقة اللازمة لكسر مول من الروابط بين ذرتين في الحالة الغازية
- قانون حفظ الطاقة: مجموع الطاقة التي تمتصها الروابط في المواد المتفاعلة أو التي تنبعث عند تكوين الروابط الجديدة
- قانون هيس: التغير في المحتوى الحراري للتفاعل يعتمد على طبيعة المواد المتفاعلة والناتجة وليس على مسار حدوث التفاعل
- حرارة التكوين القياسية: التغير في المحتوى الحراري الناتج من تكوين مول واحد من المركب من عناصره الأساسية
- المعادلة الكيميائية الحرارية: معادلة كيميائية يُعبر فيها عن الطاقة المرافقة للتفاعل

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

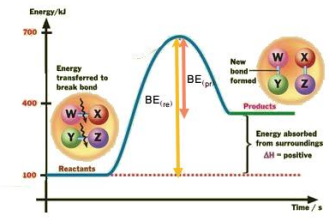
طاقة الرابطة

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 BE_{re} أكبر من مجموع طاقة الروابط أثناء التكوين BE_{pr}، 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

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

$\sum BE_{re}$ 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

الجدولُ (3): 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	391	393	163						
O	463	358	201	146					
S	339	259	-----	--	266				
F	567	485	272	190	327	159			
Cl	431	328	200	203	253	253	242		
Br	366	267	243	-----	218	237	218	193	
I	299	240	--	234	--	---	208	175	151
روابطُ متعددةٌ									
C=C	614	N=N	615	N=N	418				
C≡C	839	C≡N	891	C=O	804	in CO_2			
C≡O	1076	N=O	607	S=O	323				
N≡N	945	O=O	498	S=S	418				

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 $614kJ$

طاقة الرابطة: $C\equiv C$ تعادل $839kJ$

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 ص65: يتكون غاز كلوريد الهيدروجين وفقًا للمعادلة الآتية:

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)}$$
$$H-H \quad Cl-Cl \quad H-Cl \quad H-Cl$$

نستخدم القيم في جدول طاقات الروابط

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

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 ص66: 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

الروابط في المعادلة	طاقة الرابطة
$N \equiv N$	945
$O = O$	498
$N = O$	607
$N - O$	201

نحسب طاقة الروابط في المتفاعلة والناتجة ولا بد من عد الروابط وأيضا المولات وضربها بقيمة طاقة الرابطة

$$\Delta H = \sum BE_{re} - \sum BE_{pr}$$
$$\Delta H = (945) + (2 \times 498) - (2 \times 607 + 2 \times 201) =$$
$$\Delta H = (1941) - (1616) = +325kJ$$

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
$C - Cl$	328
$H - Cl$	431

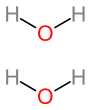
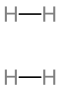
نحسب طاقة الروابط في المتفاعلة والناتجة باستخدام العلاقة مباشرة مع التنبه للمولات وهي واحد للجميع، والتنبه لتكرار الروابط

$$\Delta H = \sum BE_{re} - \sum BE_{pr}$$
$$\Delta H = ((4 \times 413) + (242)) - ((3 \times 413) + (328) + (431)) =$$
$$\Delta H = (1652 + 242) - (1239 + 328 + 431) =$$
$$\Delta H = (1894) - (1998) = -104kJ$$

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
$O-H$	463
$H-H$	436
$O=O$	498

نحسب طاقة الروابط في المتفاعلة والناتجة

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

$$\Delta H = (4 \times 463) - ((2 \times 436) + (498)) =$$

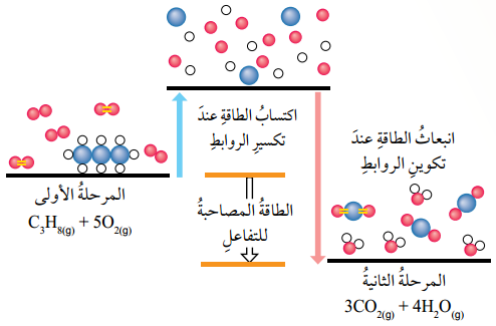
$$\Delta H = (1852) - (1370) = +482kJ$$

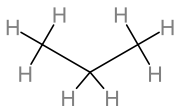
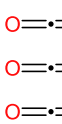
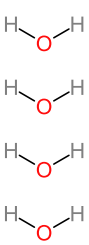
التفاعل ماص للحرارة لأن إشارة التغير في المحتوى الحراري موجبة

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

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 هو الذرة المركزية 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
$O=O$	498
$C=O$	804
$O-H$	463

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

$$\Delta H = ((8\times 413)+(2\times 348)+(5\times 498)) - ((6\times 804)+(8\times 463)) =$$

$$\Delta H = (3304+696+2490) - (4824+3704) =$$

$$\Delta H = (6490) - (8528) = -2038 kJ$$

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 (2) ص63

الجدولُ (2): كميةُ الطاقةِ المنبعثةِ منِ 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

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

الهكسان فيه 6 ذرات كربون، كمية الحرارة الناتجة من حرقه أكبر من تلك الي للبروبان لأن فيه 3 ذرات كربون

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

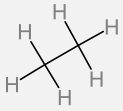
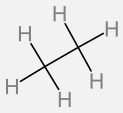
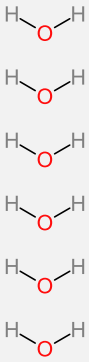
ما المقصود بالقيمة الحرارية للوقود؟

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

ورقة عمل [20]: طاقة الرابطة

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

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

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

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 أحدث 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 ص67: يتفاعل الجرافيت C مع الأكسجين لتكوين أول أكسيد الكربون كما في المعادلة الآتية:

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

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

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

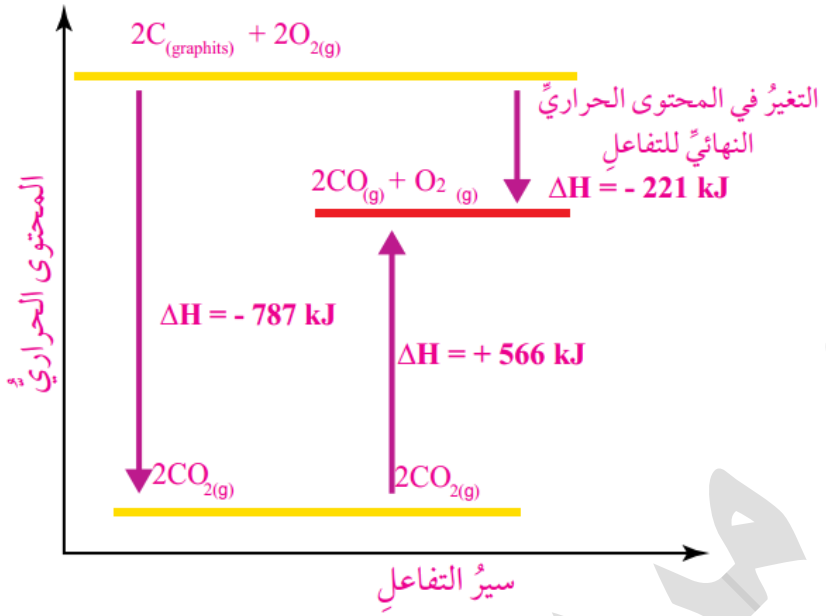
المعادلة الثانية: $CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H = -283\text{kJ} \ldots\ldots(3)$

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



مثال ص 69: 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: $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)} \quad \Delta H = -185kJ \ldots\ldots (1)$

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

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

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

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

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

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

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

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

ورقة عمل [21]: 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 الحرة في الظروف الطبيعية = صفر

مثال1: حرارة التكوين القياسية لغاز الأكسجين O_2، $Na_{(s)}$ الصوديوم <= $\Delta H_f^\circ = 0$ بينما ليست 0 لغاز الأوزون O_3 وأيضًا ليست 0 لذرة واحدة من الأكسجين لأنها ليست في الظروف الطبيعية

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

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.

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

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 للتفاعل عند الظروف القياسية

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

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

مثال ص72: 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:

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

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:

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

حرارة التكوين القياسية: تكون لتفاعلات الاتحاد (عنصر + عنصر = مركب) وتم التفاعل في ظروف قياسية، وقيمها العملية متوفرة في الجدول (4) ص71

بينما حرارة التفاعل القياسية فهي التي نحسبها نظريًّا من قيم حرارة التكوين القياسية

ورقة عمل [22]: حرارة التكوين القياسية

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

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

أحسب حرارة التفاعل القياسية ΔH° للمعادلة الكيميائية الآتية:

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

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

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

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

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

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

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

ما هي حرارة التكوين القياسية لمركب الماء من خلال المعادلة الآتية إذا علمت أن التفاعل تم في ظروف قياسية:

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

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

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:

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

- 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 ص73: يحترق الميثان بوجود الأكسجين، فإذا احترق 128g منه بوجود كمية كافية من الأكسجين فاحسب كمية الحرارة المرافقة للتفاعل، (الكتلة المولية للميثان = 16g/mol) :

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} \quad \Delta H = -890kJ$$

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 →	$\Delta H = -890$
8mol →	q

$$q = \frac{8 \times -890}{1} = -7120kJ$$

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

مثال ص 74: 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) :

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

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

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) :

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

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

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) :

$$CH_3CH_2OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(g)} \quad \Delta H = -1368\text{kJ}$$

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

نطبق النسبة والتناسب لحساب الطاقة المرافقة الجديدة ونعمل ضرب تبادلي:

1mol →	$\Delta H = -1368$
0.65mol →	q

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

تدريب خارجي: 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)

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

نطبق النسبة والتناسب لحساب الطاقة المرافقة الجديدة ونعمل ضرب تبادلي:

1mol →	$\Delta H = -286$
103mol →	q

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

تدريب خارجي: 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:

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

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

الكتلة حسب علاقة المولات والكتلة المولية:

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

ورقة عمل [23]: 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

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

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

نستخدم القيم في جدول طاقات الروابط

الروابط في المعادلة	طاقة الرابطة
O – H	463
N – H	391
O = O	498
N ≡ N	945

نحسب طاقة الروابط في المتفاعلة والناتجة

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

$$\Delta H = ((1 \times 945) + (6 \times 463)) - \left((6 \times 391) + (\frac{3}{2} \times 498)\right) =$$

$$\Delta H = (3723) - (3093) = +630 kJ$$

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

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

$$\Delta H^\circ = (-393.5 + 90.4) - (33.9 + -110.5)$$

$$\Delta H^\circ = -303.1 - -76.6 = -226.5 kJ$$

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

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

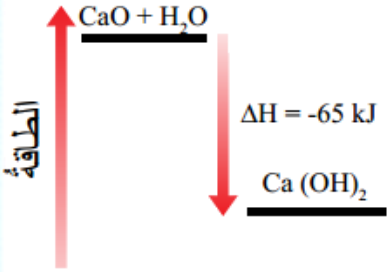
م. مريم السرطاوي

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؟

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

$$CaO_{(s)} + H_2O_{(g)} \rightarrow Ca(OH)_{2(s)} + 65\text{kJ}$$

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

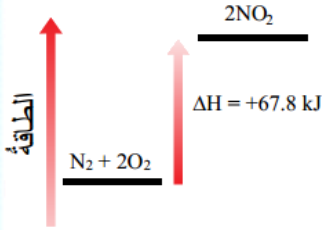
(3) أستنتج أيها يكون فيه المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة أكبر من المحتوى الحراري للمواد الناتجة؟

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

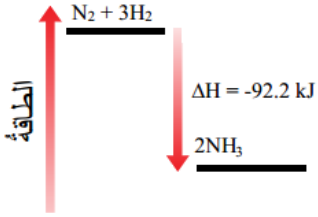
مخطط تفاعل تكوين NO_2، ΔH° المحسوبة من حرارات التكوين لكمية 2مول = +67.8

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



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؟

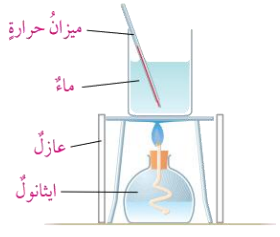
المعطيات: $H_{pr} = 90 \, , H_{re} = 10$

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

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

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

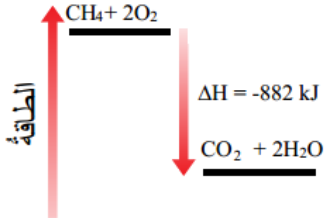
لأن هذا النظام مفتوح [غير معزول] لذا سيضيع جزء من الطاقة المنبعثة في الهواء الجوي ولن تكون كمية الطاقة المنبعثة نفسها تمامًا كمية الطاقة الممتصة في الماء

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
$m = 40g$ $s = 4.18$ $t_1 = 25$ $t_2 = ?$	$m = 25g$ $s = 0.89$ $t_1 = 60$ $t_2 = ?$

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

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

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
$m = 40g$ $s = 4.18$ $t_1 = 25$ $t_2 = ?$ $\Delta t_{H2O} = 3.5$	$m = 20g$ $s = ?$ $t_1 = 70$ $t_2 = ?$ $\Delta t = ?$

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

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

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:

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

الروابط في المعادلة	طاقة الرابطة
H – H	436
I – I	151
H – I	299

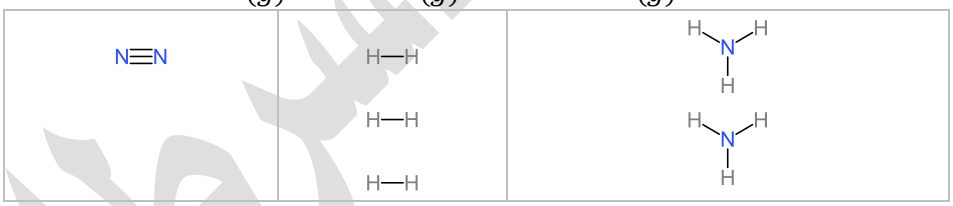
$$\Delta H = \sum BE_{re} - \sum BE_{pr}$$

$$\Delta H = \big((1 \times 436) + (1 \times 151)\big) - (2 \times 299) =$$

$$\Delta H = (587) - (598) = -11\text{kJ}$$

(2) التفاعل الثاني:

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



الروابط في المعادلة	طاقة الرابطة
N ≡ N	945
H – H	436
N – H	391

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

$$\Delta H = \big((1 \times 945) + (3 \times 436)\big) - (6 \times 391) =$$

$$\Delta H = (2253) - (2346) = -93\text{kJ}$$

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:

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

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

نعكس المعادلة (1) لنحصل على الهيدرازين بالنواتج ونضرب المعادلة (2) بـ2 لنستطيع التخلص من الأكسجين والماء في كلا المعادلتين

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

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:

المركب أو العنصر	حرارة التكوين ΔH_f°
$CH_{4(g)}$	-74.8
$Cl_{2(g)}$	0
$CCl_{4(l)}$	-139
$HCl_{(g)}$	-92.3

نطبق على العلاقة مباشرة وننتبه لعدد المولات في المعادلة:

$$\Delta H^\circ = \sum \Delta H^\circ_{f(pr)} - \sum \Delta H^\circ_{f(re)}$$
$$\Delta H^\circ = (-139 + 4 \times -92.3) - (1 \times -74.8)$$
$$\Delta H^\circ = (-139 + -369.2) - (-74.8)$$
$$\Delta H^\circ = -508.2 + 74.8 = -433.4kJ$$

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

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

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

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

نطبق النسبة والتناسب لحساب الطاقة المرافقة الجديدة ونعمل ضرب تبادلي:

$2mol \rightarrow$	$\Delta H = -1036$
$0.87mol \rightarrow$	q

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

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 التدريب خارجية 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

يُلحق ببنك أسئلة أوكسجين

الوحدة الرابعة: التفاعلات والحسابات الكيميائية

1. إذا علمت أن عدد أفوجادرو = 6.022×10^{23}

فإن عدد ذرات غاز الهيدروجين طبقًا لهذه المعادلة الموزونة: $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \xrightarrow{\text{تحلل كهربائي}} 2H_2O_{(l)}$

a	6.022×10^{23}	b	12.044×10^{23}	c	24.088×10^{23}	d	2.409×10^{23}

2. إذا كانت الصيغة الجزيئية لمركب بيروكسيد الهيدروجين هي H_2O_2

فإن الصيغة الأولية هي:

a	H_2O_2	b	H_2O	c	H_2O_2	d	HO

3. إن عدد الجزيئات الموجودة في 8 g من غاز الميثان CH_4 إذا علمت أن كتلته المولية = 16g /mol، يساوي:

a	عدد أفوجادرو	b	نصف عدد أفوجادرو	c	ربع عدد أفوجادرو	d	ثلث عدد أفوجادرو

4. إذا علمت أن Ca=40g /mol فإن 30g من الكالسيوم تحتوي على عدد من الذرات يساوي:

a	4.517×10^{23}	b	6.022×10^{23}	c	12.044×10^{23}	d	24.088×10^{23}

5. نوع الوحدات البنائية في 1 مول من غاز النيتروجين هي:

a	وحدات صيغة	b	جزيئات	c	ذرات	d	أيونات

6. إذا علمت أن (O=16 ،C=12 ،Ca=40) فإن الكتلة المولية لكربونات الكالسيوم تساوي:

a	$86\ g/mol$	b	$100\ g/mol$	c	$124\ g/mol$	d	$200\ g/mol$

7. إذا علمت أن (NaOH= 40g /mol) فإن كتلة 3.011×10^{23} وحدة صيغة من هيدروكسيد الصوديوم تساوي:

a	$5\ g$	b	$10\ g$	c	$20\ g$	d	$25\ g$

8. إذا علمت أن (Ca=40، C=12، O=16) فإن النسبة المئوية للكالسيوم في كربونات الكالسيوم تساوي:

a	52%	b	40%	c	48%	d	60%

9. إذا علمت أن الصيغة الجزيئية لمركب البيوتان C_4H_6 (C=12، H=1) فإن:

a	النسبة المئوية للكربون في المركب 40٪
b	النسبة المئوية للهيدروجين في المركب 60٪
c	المول الواحد من المركب يحتوي 6.022×10^{23} جزيء
d	الصيغة الأولية للمركب هي CH

10. عند تحلل عينة من مركب كيميائي وجد أنها تحتوي على 1mol من النيتروجين و 2.5mol من الأكسجين فإن الصيغة الأولية للمركب هي:

a	N_2O_5	b	$NO_{2.5}$	c	N_4O_{10}	d	NO_2

11. صيغة جزيئية من الصيغ الآتية تعتبر أيضا صيغة أولية، هي:

a	C_2H_6	b	C_3H_8	c	H_2O_2	d	$C_6H_{12}O_6$

12. يشترك كل من الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$ والأسبرين $C_9H_8O_4$ في واحد مما يلي
إذا علمت أن (C=12، H=1، O=16)

a	الصيغة الأولية	b	الكتلة المولية	c	الصيغة الجزيئية	d	الكتلة المولية للصيغة الأولية

13. المعادلة الموزونة لتفاعل سلك النحاس في محلول مائي من نترات الفضة بحيث يتكون نترات النحاس (II) وتترسب الفضة، هي:

a	$Cu_{(s)} + 2AgNO_{3(aq)} \rightarrow 2Ag_{(s)} + Cu(NO_3)_{2(aq)}$
b	$2Cu_{(s)} + 2AgNO_{3(aq)} \rightarrow 2Ag_{(s)} + 2CuNO_{3(aq)}$
c	$2Cu_{(s)} + 4AgNO_{3(aq)} \rightarrow 4Ag_{(s)} + 2Cu(NO_3)_{2(aq)}$
d	$Ag_{(s)} + 2CaNO_{3(aq)} \rightarrow 2Ca_{(s)} + Ag(NO_3)_{2(aq)}$

14. إحدى التغيرات الآتية لا تدل على حدوث تفاعل كيميائي:

a	تصاعد غاز	b	تبخر المادة	c	تكون راسب	d	تغير لون المحلول

15. عدد مولات الأكسجين في التفاعل التالي حتى تصبح المعادلة الكيميائية موزونة هي:

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

a	6	b	10	c	7	d	8

16. يتأكسد الألمنيوم بأكسجين الهواء الجوي وينتج أكسيد الألمنيوم حسب المعادلة التالية:

$$Al_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow Al_2O_{3(s)}$$

ما عدد مولات الألمنيوم إذا كانت كتلة الألمنيوم المستخدمة في التفاعل هي $5.4g$ $(Al=27)$

a	0.1	b	0.2	c	0.3	d	0.4

17. يعتبر ثاني كبريتيد الكربون من المذيبات الصناعية الهامة ويحضر بتفاعل الفحم مع ثاني أكسيد الكبرين حسب المعادلة: $C_{(s)} + SO_{2(g)} \rightarrow CS_{2(l)} + CO_{(g)}$

ما عدد مولات ثاني كبريتيد الكربون CS_2 التي تتكون بتفاعل 1 مول من الكربون $(C=12$ $O=16$ $H=1$ $S=32)$

a	0.1	b	0.4	c	0.2	d	0.3

18. إذا كانت الكتلة التي حصلنا عليها من التجربة لكلوريد الكالسيوم تساوي $0.524g$ وكان المردود المئوي 31.5% فإن المردود النظري هو:

a	$1.66g$	b	$0.165g$	c	$0.601g$	d	$16.5g$

19. التفاعل التالي يعتبر تفاعل تفكك حراري:

a	$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$
b	$2H_2O_{(l)} \rightarrow 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$
c	$2KMnO_{4(s)} \rightarrow K_2MnO_{4(s)} + MnO_{2(g)} + O_{2(g)}$
d	$Fe_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \rightarrow Cu_{(s)} + FeSO_{4(aq)}$

20. عدد مولات الأكسجين الموجودة في $2mol$ من $CaCO_3$

a	2	b	3	c	6	d	1

21. هو تغير في صفات المواد المتفاعلة وظهور صفات جديدة في المواد الناتجة .....

a	التفاعل الكيميائي	b	المعادلة الكيميائية	c	الكتلة المولية	d	التغير الفيزيائي

22. الصيغة الكيميائية لنترات البوتاسيوم الذائبة في الماء هي:

a	$KNO_{3(aq)}$	b	$KNO_{3(s)}$	c	$KNO_{3(g)}$	d	$KNO_{3(l)}$

23. يعتبر رمز المثلث في المعادلة الكيميائية دليلًا على وجود .....

a	حرارة	b	كهرباء	c	تبريد	d	اتحاد المتفاعلات

24. نصف مول من ذرات البوتاسيوم K يحتوي على ..... ذرات

a	6.022×10^{23}	b	3.011×10^{23}	c	60.22×10^{23}	d	30.11×10^{23}

25. إذا علمت أن الكتلة المولية للماء تساوي 18 غرام/ مول، فإن كتلة 0.1 مول من الماء تساوي:

a	$18\ g$	b	$0.18\ g$	c	$1.8\ g$	d	$180\ g$

26. النسبة المئوية لكتلة الأكسجين في أكسيد المغنيسيوم MgO تساوي:

a	60%	b	50%	c	40%	d	20%

27. لديك الصيغة الأولية NO_2 إذا علمت أن الكتلة المولية للمركب هي 92 غرام/ مول فإن الصيغة الجزيئية هي

a	NO_2	b	N_3O_6	c	N_2O_4	d	N_4O_{10}

28. الصيغة الأولية لمركب يتكون من $0.4mol$ من النحاس و $0.8mol$ من البروم هي:

a	Cu_2Br_4	b	$CuBr_2$	c	$CuBr$	d	$CuBr_4$

29. الكتلة المولية لغاز الإيثان C_2H_6 هي:

a	$13\ g/mol$	b	$15\ g/mol$	c	$30\ g/mol$	d	$60\ g/mol$

30. عدد مولات الكربون في 6 غرام منه تساوي:

a	0.5	b	1	c	1.5	d	2

كتلة الصيغة لهيدروكسيد الصوديوم NaOH هي:

a	$20\ amu$	b	$30\ amu$	c	$40\ amu$	d	$10\ amu$

31. يتفاعل الهيدروجين مع النيتروجين لإنتاج غاز الأمونيا ضمن المعادلة الموزونة التالية:

a	$H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightarrow NH_{3(g)}$
b	$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$
c	$H_{3(g)} + N_{2(g)} \rightarrow N_2H_{3(g)}$
d	$2NH_{3(g)} \rightarrow 3H_{2(g)} + N_{2(g)}$

32. تسمى الوحدة الدولية التي تستخدم في قياس كمية المادة بـ....

a	الكتلة الجزيئية	b	الكتلة المولية	c	عدد أفوجادرو	d	المول

33. عدد مولات حمض الهيدروكلوريك في المعادلة التالية $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow HCl_{(g)}$

بعد موازنتها يساوي:

a	1	b	2	c	4	d	3

34. النسبة المولية بين الهيدروجين والكلور بالنسبة للمعادلة التالية تساوي:

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

بعد موازنتها يساوي:

a	1	b	2	c	4	d	3

35. ما هي كتلة غاز الكلور المستخدمة في التفاعل إذا تم استخدام 146g من حمض الهيدروكلوريك، إذا علمت أن الكتل الذرية هي (H=1, Cl=35.5)

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

a	$142\ g$	b	$71\ g$	c	$144\ g$	d	$146\ g$

36. للنحاس نظيران في الطبيعة، النظير الأول كتلته 62.93 amu ونسبة وجوده في الطبيعة 69% أما النظير الثاني فكتلته الذرية 64.93 amu ونسبة وجوده في الطبيعة 31% فإن الكتلة الذرية النسبية لعنصر النحاس تساوي:

a	60.55	b	61.55	c	62.55	d	63.55

37. المعادلة الكيميائية الآتية $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$ تعد مثالا على تفاعل .....

a	الاحتراق	b	الاتحاد والاحتراق	c	الاتحاد	d	الإحلال

38. نظائر أي عنصر من العناصر الكيميائية تختلف عن بعضها البعض في ....

a	الكتلة الذرية	b	العدد الذري	c	نسبة تواجدها في الطبيعة	d	a و c

39. قيم المعاملات a, b , c في المعادلة الموزونة التالية

$$a\ Fe_{(s)} + b\ O_{2(g)} \rightarrow c\ Fe_2O_{3(s)}$$

a	$c = 2, b = 3, a = 4$
b	$c = 3, b = 4, a = 2$
c	$c = 4, b = 2, a = 3$
d	$c = 2, b = 2, a = 4$

40. عند احتراق المركبات الهيدروكربونية في كمية كافية من الأكسجين فإنه ينتج:

a	أول أكسيد الكربون وبخار ماء وحرارة
b	ثاني أكسيد الكربون وبخار ماء وحرارة
c	ثاني أكسيد الكربون وحرارة
d	كربون وبخار ماء وحرارة

41. نوع تفاعل الاتحاد التالي $a\ Fe_{(s)} + b\ O_{2(g)} \rightarrow c\ Fe_2O_{3(s)}$

a	اتحاد عنصر ومركب لإنتاج مركب
b	اتحاد مركب ومركب لإنتاج مركب
c	اتحاد عنصر وعنصر لإنتاج مركب
d	اتحاد عنصر وعنصر لإنتاج مركب مشابه لهما في الصفات الكيميائية

42. نستطيع استخدام التسخين في تفاعل الاتحاد وأيضًا في تفاعل التفكك الحراري

a	صح	b	خطأ

43. نستطيع الحصول على مكونات الماء H_2O غازي الهيدروجين والأكسجين من خلال التفكك الحراري وأيضًا من خلال التحليل الكهربائي

a	صح	b	خطأ

44. من أنواع التفكك في التفاعلات: التفكك الحراري والتحلل الكهربائي

a	صح	b	خطأ

45. عدد وحدات الصيغة في 2mol من كلوريد الصوديوم NaCl

a	3.011×10^{23}	b	6.022×10^{23}	c	12.044×10^{23}	d	24.088×10^{23}

46. إذا كانت نسب ذرات العناصر (A:B:C) داخل مركب ما تساوي (1:1:3) فإن أنسب صيغة أولية لهذا المركب هي:

	ABC_3		ABC		AB_3C		$A_2B_2C_6$

47. يتفاعل غاز الهيدروجين مع غاز البروم لتكوين بروميد الهيدروجين، فإذا كانت النسبة المولية بين البروم وبروميد الهيدروجين في معادلة موزونة هي 0.5

كم عدد مولات البروم المستخدمة في التفاعل إذا أردنا إنتاج 10mol من بروميد الهيدروجين؟

1	5	10	20

48. من فوائد تفاعلات الاحتراق.....

a	التدفئة
b	تحريك وسائل المواصلات
c	طهي الطعام
d	جميع ما ذكر

49. أحد العبارات الآتية خاطئة

a	يزداد عدد المولات كلما زادت الكتلة
b	يزداد عدد الجسيمات كلما ازداد عدد المولات
c	يزداد عدد الجسيمات كلما ازدادت الكتلة
d	يزداد عدد المولات كلما ازدادت الكتلة المولية

50. النسبة المئوية للمردود الفعلي إلى المردود النظري هو مفهوم لمصطلح ....

a	المردود المتوقع
b	المردود الحقيقي
c	المردود المئوي
d	النسبة المئوية بالكتلة

51. تكون نسبة المردود المتوقع أقل بشكل عام من نسبة المردود الفعلي

a	صح	b	خطأ

الوحدة الخامسة: الطاقة الكيميائية

52. المعادلة الكيميائية الحرارية التالية عبارة عن تفاعل لتحلل الماء كهربائيًّا

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

فإن عملية تكوين الماء من عناصره الأولية في الظروف القياسية ستكون كالتالي:

a	طاردة للحرارة بمقدار 572kJ	b	طاردة للحرارة بمقدار 286kJ	c	ماصة للحرارة بمقدار 572kJ	d	ماصة للحرارة بمقدار 286kJ

53. المعادلة الكيميائية الحرارية التالية عبارة عن تفاعل لتحلل الماء كهربائيًّا

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

فإن عملية تكوين الماء من عناصره الأولية في الظروف القياسية ستكون كالتالي:

a	طاردة للحرارة بمقدار 572kJ	b	طاردة للحرارة بمقدار 286kJ	c	ماصة للحرارة بمقدار 572kJ	d	ماصة للحرارة بمقدار 286kJ

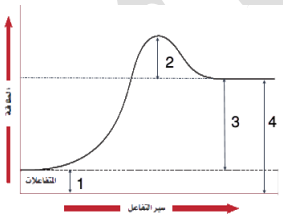
54. ما كمية الحرارة الناتجة عند إذابة 2.8g من هيدروكسيد البوتاسيوم في الماء؟

علمًا أن التغير في المحتوى الحراري عند ذوبان هيدروكسيد البوتاسيوم في الماء يعادل -58.5kJ/mol

والكتلة المولية لـ KOH= 56g/mol

a	2.93kJ	b	29.3kJ	c	20.9kJ	d	1.04kJ

55. الرقم الدال على حرارة التفاعل في الشكل المجاور هو:



a	1	b	2	c	3	d	4

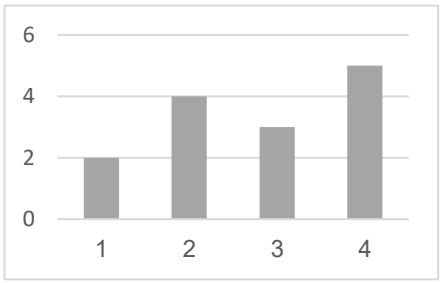
56. أنسب مادة لتبريد المحركات الساخنة هي التي قيمة حرارتها النوعية تعادل:..... J/g.°C

a	4.18	b	2.44	c	2.03	d	1.8

57. إذا ارتفعت حرارة جسم إلى الضعف فإن حرارته النوعية ....

a	تقل للنصف	b	تزداد للضعف	c	تزداد ضعفين	d	تظل ثابتة

58. في الشكل المجاور قيم الحرارة النوعية لمواد مختلفة متساوية في الكتلة، ومتساوية في درجة الحرارة الابتدائية، ما المادة التي ستتضاعف درجة حرارتها في أقل زمن ممكن؟



a	1	b	2	c	3	d	4

59. من المعادلة الكيميائية الحرارية احسب طاقة الرابطة C-H إذا علمت أن عليك إهمال طاقات روابط النواتج لعدم تكون الروابط في هذا التفاعل:

$$CH_{4(g)} \rightarrow C_{(s)} + 4H_{(g)} \quad \Delta H = +1648 kJ/mol$$

a	1648kJ/mol	b	412kJ/mol	c	6592kJ/mol	d	3296kJ/mol

60. يحترق الهكسان مع كمية وافرة من الأكسجين من خلال التفاعل التالي:

$$2C_6H_{14(g)} + 19O_{2(g)} \rightarrow 12CO_{2(g)} + 14H_2O_{(g)}$$

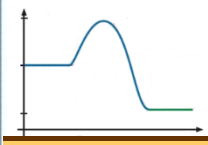
إذا علمت أن كمية الحرارة لاحتراق الهكسان هي -4141kJ/mol فما هي حرارة التفاعل عند احتراق 0.5mol من الهكسان؟

a	-2071	b	+2071	c	-1035	d	+1035

61. ما هي العملية التي فيها إشارة ΔH موجبة:

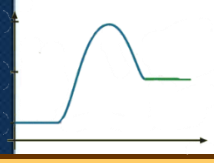
a	$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$	b	$NaOH_{(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$
c	$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2O_{(g)}$	d	$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$

62. مخطط الطاقة في الشكل المجاور يستحيل أن يكون لعملية.....



a	احتراق	b	ثيرمايت	c	تعادل	d	تبخر

63. ما المعادلة الحرارية التي تمثل مخطط الطاقة في الشكل المقابل؟



a	$CaCO_{3(s)} \rightarrow CaO_{(g)} + CO_{2(g)}$	b	$NaOH_{(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$
c	$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$	d	$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$

64. من خلال المعادلة الكيميائية التالية وجدول قيم طاقات الروابط، ما أصح عبارة مما يلي؟

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

نوع الرابطة	طاقة الرابطة (kJ /mol)
H-H	436
Cl-Cl	242

a	التغير في المحتوى الحراري للتفاعل = -862kJ	b	حرارة التفاعل عند تكوين 1mol من HCl = -92kJ
c	حرارة التفاعل = +184kJ	d	حرارة التفاعل عند تكوين 1mol من HCl= +92kJ

65. أي العبارات تنطبق على المعادلة الكيميائية الحرارية الآتية؟

$$CO_{2(g)} + 2SO_{2(g)} + 1072 \rightarrow CS_{2(l)} + 3O_{2(g)}$$

a	الوسط المحيط يكتسب طاقة حرارية	b	تنتقل الحرارة من الوسط المحيط إلى النظام
c	النظام يفقد طاقة حرارية	d	تنتقل الحرارة من النظام إلى الوسط المحيط

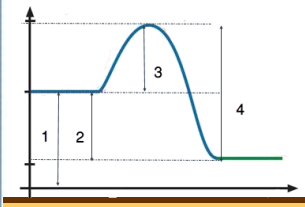
66. لديك مادتان، بخار ماء [حرارته النوعية = 2 J/g.°C] وألمنيوم [حرارته النوعية= 0.9J/g.°C]، مع المقارنة بينهما من ناحية الزمن، يكون الزمن اللازم لرفع درجة حرارة بخار الماء بمقدار 10°C ..... الزمن اللازم لرفع درجة حرارة الألمنيوم بنفس المقدار

a	يساوي	b	أقل من	c	أكبر من	d	نصف

67. جسمان مختلفان في الحجم والكتلة ودرجة الحرارة، فإن العبارة صحيحة هي:

a	تنتقل الحرارة من الجسم الأكبر كتلة إلى الأقل	b	تنتقل الحرارة من الجسم الأكبر درجة حرارة إلى الأقل
c	تنتقل الحرارة من الجسم الأكبر حجمًا إلى الأقل	d	تنتقل الحرارة من الجسم الأقل درجة حرارة إلى الأكبر

68. من مخطط الطاقة في الشكل المجاور، أي العبارات صحيحة؟



a	[1] هي الطاقة الممتصة عند تكسير الروابط	b	[4] هي الطاقة المنبعثة عند تكوين الروابط
c	الفرق بين 4و2 هو حرارة التفاعل	d	[3] هي الطاقة المنبعثة عند تكوين الروابط

69. إذا ارتفعت درجة حرارة 35g من الإيثانول من 25°C إلى 50°C فما كمية الحرارة التي امتصها الإيثانول، علمًا أن حرارته النوعية = 2.44J/g. °C؟

a	-4270 J	b	+4270 J	c	-2135 J	d	+2135 J

70. المحتوى الحراري لغاز O_2 يساوي المحتوى الحراري للصوديوم الصلب في الظروف القياسية

a	صحيح	c	غير صحيح

71. التغير في المحتوى الحراري لتفاعل ما يختلف باختلاف الطرق التي يسلكها التفاعل ولا يعتمد على الحالتين الابتدائية والنهائية دائمًا

a	صحيح	b	غير صحيح

72. إذا كان $\boxed{\sum \Delta H^{\circ}_{f\,(pr)} = -1767\text{kJ}}$ وحرارة التكوين القياسية لـ $NaHCO_3$ = -948kJ/mol

فإن التفاعل: $2NaHCO_{3(s)} \rightarrow Na_2CO_{3(s)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$

a	ماص للحرارة وقيمة الطاقة المرافقة للتفاعل = -819kJ
b	طارد للحرارة وقيمة الطاقة المرافقة للتفاعل = +819kJ
c	ماص للحرارة وقيمة الطاقة المرافقة للتفاعل = +129kJ
d	طارد للحرارة وقيمة الطاقة المرافقة للتفاعل = -129kJ

73. المادة التي يستحيل أن تكون حرارة تكوينها القياسية تساوي صفرًا هي ....

a	$O_{2(g)}$	b	$He_{(g)}$	c	$Na_{(s)}$	d	$CO_{(g)}$

74. بالنظر إلى المعادلة الكيميائية الحرارية: $2Fe_{(s)} + \frac{3}{2}O_{2\,(g)} \rightarrow Fe_2O_{3\,(s)} + 820kJ$

فإنّ كل العبارات صحيحة ما عدا....

a	حرارة التكوين القياسية لأكسيد الحديد III = -820kJ/mol
b	التغير في المحتوى الحراري = -820kJ
c	التفاعل طارد للحرارة
d	المحتوى الحراري للنواتج أكبر من المحتوى الحراري للمتفاعلات

75. في التفاعل الطارد للحرارة تكون كمية الحرارة الممتصة عند تكسير الروابط في المتفاعلات ..... من كمية الحرارة المنبعثة عند تكوين الروابط في النواتج

a	أقل	b	أكبر

76. في التفاعلات الطاردة للحرارة تكون .....

a	إشارة التغير في المحتوى الحراري موجبة	b	$H_{pr} = H_{re}$
c	$H_{pr} < H_{re}$	d	$H_{pr} > H_{re}$

77. أربعة قضبان من الفلزات كما في الجدول مع حرارتها النوعية، لها نفس الكتلة ونفس الحرارة الابتدائية، وُضعت جميعها في ماء حتى درجة الغليان، ثم استخرجت تلك القضبان وغُرست في لوح من الشمع، أيّها سيبرد بسرعة أكبر من غيره؟

الفلز	الحرارة النوعية
ألمنيوم	0.89
حديد	0.45
نحاس	0.38
رصاص	0.13

a	ألمنيوم	b	حديد	c	نحاس	d	رصاص

78. من خلال المعادلتان الحراريتان:

$$Sn + Cl_2 \rightarrow SnCl_2 \quad \Delta H = -325\text{kJ}$$
$$SnCl_2 + Cl_2 \rightarrow SnCl_4 \quad \Delta H = -186\text{kJ}$$

احسب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل الآتي: $Sn + 2Cl_2 \rightarrow SnCl_4$

a	-139	b	-511	c	+139	d	+511

79. ما مقدار الحرارة المنبعثة عند تفاعل 120g من البوتاسيوم K، معتمدًا على المعادلة الكيميائية الحرارية:

$$2K_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow H_{2(g)} + 2KOH + 160\text{kJ}$$

وإذا علمت أن الكتلة المولية للبوتاسيوم = 39g/mol

a	492.3	b	320	c	246.2	d	480

80. باستخدام المعادلة الكيميائية الحرارية: $A_{2(g)} \rightarrow 2A_{(g)} \quad \Delta H = +X$ kJ

ما قيمة ΔH لهذا التفاعل؟ $4A_{(g)} \rightarrow 2A_{2(g)}$

a	+2X	b	-2X	c	+X/2	d	-X/2

81. المادة التي لها حرارة نوعية منخفضة.....

a	تبرد ببطء وتسخن ببطء
b	تبرد بسرعة وتسخن بسرعة
c	تبرد ببطء وتسخن بسرعة
d	تبرد بسرعة وتسخن ببطء

82. إذا تمت هذه التفاعلات في ظروف قياسية فأيّ ΔH هي حرارة تكوين قياسية للمركب الناتج؟

a	$C_{(s)} + \frac{1}{2}O_{2\,(g)} \rightarrow CO_{(g)} \quad \Delta H = -110.5\text{kJ}$
b	$CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2\,(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H = -285\text{kJ}$
c	$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} \quad \Delta H = -571.6\text{kJ}$
d	$H_{2(g)} + I_{2(s)} \rightarrow 2HI_{(g)} \quad \Delta H = +51.8\text{kJ}$

83. ما هي كمية الحرارة الناتجة من حرق 10mol من الكربون من خلال المعادلة الحرارية الآتية:

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

a	39.35	b	3935	c	3.935	d	393.5

84. أي الروابط التالية طاقتها أكبر؟

a	$N - N$	b	$N = N$	c	$N \equiv N$

85. ما قيمة ΔH لتسامي الجليد بدلالة المعادلتين الآتيتين:

$$H_2O_{(l)} + 40.7 \rightleftharpoons H_2O_{(g)}$$
$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2O_{(s)} + 6.01$$

a	+46.71	b	−46.71	c	+34.69	d	−34.69

86. نستنتج من المعادلة الحرارية الآتية أن المحتوى الحراري للميثانول السائل ..... من المحتوى الحراري لبخار الميثانول

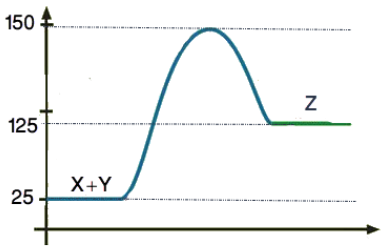
$$CH_3OH_{(l)} + 37\text{kJ} \rightleftharpoons CH_3OH_{(g)}$$

a	يساوي	b	أقل من
c	أكبر من	d	أكبر منه بمقدار 37kJ

87. تم تسخين 10g من معدن مجهول إلى درجة حرارة 80°C ثم وضع في 100g من الماء عند درجة حرارة 23C، فأصبحت درجة الحرارة النهائية 23.6°C، أي مما يلي يمثِّل هذا المعدن؟ إذا علمت أن الحرارة النوعية للماء تساوي 4.18J/g. °C

a	ألمنيوم (0.9)	b	فضة (0.236)	c	حديد (0.445)	d	نحاس (0.385)

88. من خلال مخطط الطاقة في الشكل المقابل، فإن قيمة التغير في المحتوى الحراري لهذا التفاعل هي .....kJ



a	+150	b	+125	c	+100	d	-100

89. الألكانات مثل الميثان CH_4 والبنتان C_5H_{12}، من أنواع الوقود التي ينتج عن حرقها بوجود كمية كافية من الأكسجين طاقة حرارية عالية، وإنّ الطاقة المنبعثة من احتراق مول من البنتان..... من الطاقة المنبعثة عند حرق مول من الميثان

a	أقل	b	أكبر

90. احسب X في المعادلة الكيميائية الحرارية الآتية بالاعتماد على حرارة التكوين القياسية لكل من:

[الماء (-286)، الأمونيا (-46)]

$$4NH_{3(g)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2N_{2(g)} + 6H_2O_{(l)} + X\ kJ$$

a	-1800	b	-1030
c	-1532	d	-400

91. التفاعل الماص للحرارة تكون ....

a	$\Delta H = 0$	b	$\Delta H > 0$
c	$\Delta H < 0$	d	$H_{re} > H_{pr}$

92. مستعينًا بالمعادلات الحرارية الآتية:

$$BCl_3 + 3H_2O \rightarrow H_3BO_3 + 3HCl \quad \Delta H = -112.5\ kJ$$
$$B_2H_6 + 6H_2O \rightarrow 2H_3BO_3 + 6H_2 \quad \Delta H = -493.4\ kJ$$
$$\frac{1}{2}H_2 + \frac{1}{2}Cl_2 \rightarrow HCl \quad \Delta H = -92.3\ kJ$$

احسب حرارة التفاعل التالي: $B_2H_6 + 6Cl_2 \rightarrow 2BCl_3 + 6HCl$

a	-514	b	+1376	c	-698	d	-1376

93. إذا علمت أن طاقة الرابطة لـ H-H = 436kJ/mol فاحسب حرارة التكوين القياسية لذرة الهيدروجين H حسب المعادلة التالية: $H_2 \rightarrow 2H$

a	-218	b	+218	c	-436	d	+436

.94 مستعينًا بالمعادلات الحرارية الآتية:

$$CH_4 \rightarrow CH_3 + H \quad \Delta H = +427\ \text{kJ}$$
$$CH_3 \rightarrow CH_2 + H \quad \Delta H = +439\ \text{kJ}$$
$$CH_2 \rightarrow CH + H \quad \Delta H = +452\ \text{kJ}$$
$$CH \rightarrow C + H \quad \Delta H = +349\ \text{kJ}$$

احسب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل التالي: $CH_4 \rightarrow C + 4H$

+1667	d	-1667	c	-416	b	+416	a

.95 امتصت كتلة معدنية كمية من الحرارة مقدارها 1170 J عندما ارتفعت درجة حرارتها من 25°C إلى 30°C فإن السعة الحرارية لتلك الكتلة المعدنية يساوي

-234 J/ °C	d	234 J/g. °C	c	234 J/°C	b	234 kJ/°C	a

.96 من المعادلة الحرارية الآتية

$$NH_{3(l)} \rightleftharpoons NH_{3(g)} \quad \Delta H = +23\ \text{kJ/mol}$$

نستنتج أن طاقة التكثف المولية للأمونيا تساوي

-46 kJ/mol	d	+46 kJ/mol	c	+23 kJ/mol	b	-23 kJ/mol	a

.97 مستعينًا بالمعادلات الحرارية الآتية مفترضا أن المواد كلها في الظروف القياسية:

$$CO + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CO_2 \quad \Delta H = -283\ \text{kJ}$$
$$C + O_2 \rightarrow CO_2 \quad \Delta H = -393.5\ \text{kJ}$$

احسب حرارة التكوين القياسية لغاز CO:

-197 kJ/mol	d	-110.5kJ/mol	c	+110.5kJ/mol	b	-676.5 kJ/mol	a

98. كمية الحرارة الناتجة عن حرق غرام واحد من الوقود حرقًا تامًّا بوجود الأكسجين هو مفهوم لـ ...

a	كمية الحرارة المنبعثة من احتراق مول من المادة	b	حرارة الاحتراق
c	القيمة الحرارية للوقود	d	الاحتراق التام

99. الظروف القياسية هي ....

a	تركيز 1mol/L	b	واحد ضغط جو (1 atm)
c	درجة حرارة 25°C	d	جميع ما ذكر

حلول البنك متوفرة في قروب مدرسة الكيمياء

في نفس منشور البنك [إشراف الفريق العلمي]
https://web.facebook.com/groups/schoolofchemistry

شروحات اليوتيوب "كيمياء"
https://www.youtube.com/mariamsartawi

صفحة تلاخيص منهاج أردني [تلاخيص ودوسيات شاملة]
https://web.facebook.com/talakheesjo

م . مريم السرطاوي
Mariam Sartawi