مذكرة للوحدة الأولى الطاقة والتغيرات الكيميائية مع تطبيقات

تم تحميل هذا الملف من موقع المناهج الإماراتية	
موقع المناهج ⇦ المناهج الإماراتية ⇦ الصف الثاني عشر المتقدم ⇦ كيمياء ⇦ الفصل الأول ⇦ ملفات متنوعة ⇦ الملف	
تاريخ إضافة الملف على موقع المناهج: 2025-10-04 10:58:07	
ملفات ا كتب للمعلم ا كتب للطالب ا اختبارات الكترونية ا اختبارات ا حلول ا عروض بوربوينت ا أوراق عمل منهج انجليزي ا ملخصات وتقارير ا مذكرات وبنوك ا الامتحان النهائي ا للمدرس	المزيد من مادة كيمياء:
إعداد: عادل البيوك	

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

المزيد من الملفات بحسب الصف الثاني عشر المتقدم والمادة كيمياء في الفصل الأول	
ملخص الدرس الثاني الحرارة من الوحدة الأولى الطاقة والتغيرات الكيميائية	1
ملخص الدرس الأول الطاقة من الوحدة الأولى الطاقة والتغيرات الكيميائية	2
ملخص وتدريبات الدرس الأول Energy الطاقة منهج انسباير	3
أوراق عمل شاملة وحدة الطاقة والسرعة	4
مذكرة شرح القسم الأول الطاقة من الوحدة الأولى الطاقة والتغيرات الكيميائية	5

الكيمياء الحرارية
(القسم – 1)

الديناميكا الحرارية (الكيمياء الحرارية) : فرع الكيمياء الذي يدرس التغيرات الحرارية المصاحبة للتفاعلات الكيميائية والتغيرات الفيزيائية يسمى الكيمياء الحرارية.

الطاقة : هي القدرة على بذل شغل (القيام بعمل) أو إنتاج حرارة

ملاحظات :

1- **طاقة الوضع (الطاقة الكامنة) : هي طاقة تعتمد على تركيب أو موضع الجسم**

2- **طاقة الوضع الكيميائية : هي الطاقة المختزنة في الروابط الكيميائية للمادة (طاقة مخزنة في المادة بسبب تركيبتها)**

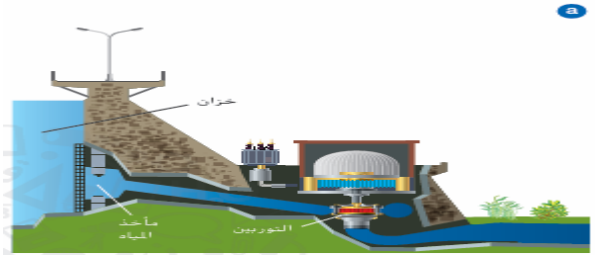
3- **تعتمد طاقة الوضع الكيميائية للمادة على تركيبها الكيميائي من حيث**
(أنواع الذرات في المادة - عدد الروابط الكيميائية - نوع الروابط بين الذرات (قوة الروابط بين الذرات) - وطريقة ترتيب الذرات) .

4- **يستخدم البروبان C_3H_8 كوقود للطهي والتدفئة وتنتج طاقة الوضع الكيميائية للبروبان عن ترتيب ذرات الكربون والهيدروجين وقوة الروابط التي تربط بين هذه الذرات**

في b يتم تحويل طاقة الوضع المخزنة في روابط جسيمات البروبان إلى حرارة.

تحتوي النظم الكيميائية على كلًا من الطاقة الحركية وطاقة الوضع. تذكر أن الطاقة الحركية للمادة ترتبط ارتباطًا مباشرًا بالحركة العشوائية المستمرة لجسيماتها وتتناسب مع درجة الحرارة. فكلما زادت درجة الحرارة، كلما زادت حركة الجسيمات. تعتمد طاقة الوضع للمادة على تكوينها: من حيث نوع ذرات المادة، وعدد ونوع الروابط الكيميائية التي تربط الذرات ببعضها، والطريقة الخاصة التي يتم بها ترتيب الذرات.

5- **طاقة الحركة : طاقة تنجم عن حركة الأجسام**



الشكل 2 يوضح إمكانية تغير الطاقة من شكل إلى آخر ولكن مع الاحتفاظ بها دوما. في a تم تحويل طاقة وضع الماء إلى طاقة حركية حيث تسقط خلال سحبها من مكانها المرتفع في الخزان. يؤدي الماء المندفع إلى دوران التوربينات لتوليد الطاقة الكهربائية.

6- **تعتمد الطاقة الحركية للمادة على حركة الجسيمات (سرعة الجسيمات) والتي تعتمد بدورها على درجة الحرارة . فعندما ترتفع درجة الحرارة تزداد حركة الجسيمات فتزداد الطاقة الحركية والعكس صحيح**

7- قانون حفظ الطاقة (القانون الأول في الديناميكا الحرارية) : في أي تفاعل كيميائي أو عملية فيزيائية يمكن أن تتحول الطاقة من شكل إلى آخر ولكنها لا تستحدث ولا تفنى .

- <u>ميز بين الطاقة الحركية و طاقة الوضع في الأمثلة التالية .</u>

1- مغناطيسين منفصلين
تمثل طاقة وضع

2- إنهيار ثلجي
تتحول طاقة الوضع في الإنهيار الثلجي الى طاقة حركة

3- كتب موضوعة على رفوف
تمثل طاقة وضع

4- نهر
تتحول طاقة الوضع في مياه النهر الى طاقة حركية

5- سباق سيارات
تتحول طاقة الوضع الكيميائية في سباق السيارات الى طاقة حركية

6- فصل الشحنات في بطارية
فصل الشحنات يمثل طاقة وضع كهربائية

<u>تطبيقات :</u>

1- وضح علاقة الضوء و الحرارة في شمعة محترقة بطاقة الوضع الكيميائية .
عند حدوث تفاعل احتراق تتحول طاقة الوضع الكيميائية في الشمعة الى طاقة في صورة ضوء و حرارة

2- وضح علاقة الضوء و الحرارة في احتراق البروبان C_3H_8 المستخدم للطهي والتدفئة بطاقة الوضع الكيميائية .
عند حدوث تفاعل احتراق تتحول طاقة الوضع الكيميائية في البروبان الى طاقة في صورة ضوء و حرارة

3- وضح كيف تتغير الطاقة من شكل إلى آخر في التفاعل الطارد للطاقة والتفاعل الماص للطاقة .
في التفاعلات الطاردة للطاقة تتحول طاقة الوضع الكيميائية الى طاقة حرارية و في التفاعلات الماصة للطاقة تمتص الحرارة وتتحول الى طاقة وضع كيميائية

<u>الحرارة ودرجة الحرارة :</u>

درجة الحرارة : هي قياس معدل الطاقة الحركية لجسيمات عينة من المادة
وتقاس بوحدة السيليزي (المقياس المئوي) أو بمقياس الكلفن $K = 273 + °C$

الحرارة : هي صورة للطاقة تنتقل تلقائيا من جسم أعلى في درجة حرارته (أكثر سخونة) الى جسم درجة حرارته أقل (أكثر برودة)
وتقاس كمية الطاقة المنتقلة بوحدة الجول J الوحدة الدولية للطاقة أو الكالوري (الجول هو كمية الشغل الذي تبذله قوة من 1N عبر مسافة من 1m في اتجاه القوة)

إن عملية انتقال الطاقة تتوقف عندما تتساوى درجة حرارة المادة التي تفقد الطاقة مع درجة حرارة المادة التي تمتص الطاقة . حيث لا يمكن قياس الحرارة بشكل مباشر ولكن يمكن قياس التغير في درجة الحرارة .

ملاحظة :
عند احتراق الأوكتان C_8H_{18} المكون الرئيسي للجازولين في محرك السيارة يتحول جزء من طاقة الوضع الكيميائية (% 25 من طاقة الوضع الكيميائية) في الأوكتان الى شغل يحرك السيارة (طاقة ميكانيكية) و % 75 من طاقة الوضع الكيميائية تتحول الى طاقة حرارية تنتقل الى المحيط (طاقة مهدرة) .

تطبيق : اختر الإجابة الصحيحة

1- لديك سلكين من النحاس . سلك نحاس (1) درجة حرارته 50° C وسلك نحاس (2) درجة حرارته 100 °C
- **سلك النحاس 2 يفقد طاقة أكبر عند وضعه في كأس به ماء**
- **سلك النحاس 1 تتذبذب جسيماته بشكل أكبر من تذبذب جسيمات سلك النحاس 2**
- **سلك النحاس 2 تمتلك جسيماته طاقة حركية أكبر**

2- فلز رمزه X درجة حرارته 75 °C وضع في كأس به ماء . أصبحت درجة حرارة الماء النهائية 20 °C فإن
- **درجة حرارة الفلز X تصبح 47.5 °C**
- **درجة حرارة الفلز X تصبح 20 °C**
- **تزداد الطاقة الحركية لجسيمات الفلز X**

3- فلز رمزه X ودرجة حرارته 35 °C وضع في كأس به ماء درجة حرارته 50 °C فإن
- **الطاقة الحركية لجسيمات الفلز X تقل**
- **درجة حرارة الفلز X النهائية تصبح 40 °C**
- **الطاقة الحركية لجسيمات الماء تزداد**
- **درجة حرارة الفلز X تقل**
- **الطاقة الحركية لجسيمات الفلز X تزداد**

قياس الحرارة :

السعر cal : هو كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1g من الماء النقي 1 ˚C

1Cal(1kcal) = 1000 cal

1 cal = 4.184 J

أو

1 J = 0.2390 cal

1 Cal = 4.184×10^3 J

1- تحتوي حبة حلوى الفواكه على 142 Cal من الطاقة . ما مقدار هذه الطاقة بوحدة cal و بوحدة J ؟

2- يطلق تفاعل طارد للطاقة 86.5 kJ . ما مقدار الحرارة التي أطلقت بوحدة Cal و بوحدة cal ؟

الحرارة النوعية :

- ما الذي يحدد كمية الطاقة التي تمتصها المادة لدى تسخينها ؟
لكل مادة قيمة حرارة نوعية خاصة وهذه القيمة تعتمد على طبيعة المادة وكتلة العينة والتغير في درجة الحرارة

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

حيث تمثل q كمية الطاقة المفقودة أو المكتسبة و C_p الحرارة النوعية تحت ضغط ثابت

الحرارة النوعية : هي كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من المادة درجة مئوية واحدة 1°C أو كلفنا واحدا 1K

ووحدة الحرارة النوعية هي J/g.°C أو J/g.k أو cal/g.°C أو cal/g.k

علل . يعتبر الماء فعال في أنظمة التبريد كما في جسم الإنسان ؟
وذلك لأن للماء حرارة نوعية عالية حيث يمتص كمية كبيرة من الطاقة في عملية تبخره .

علل . يعتبر الماء فعال في أنظمة التدفئة في المنازل في الدول الباردة ؟
وذلك لأن للماء حرارة نوعية عالية حيث يمتص كمية كبيرة من الطاقة في عملية تسخينه وعندما يبرد يفقد كمية كبيرة من الطاقة تعمل على تدفئة الجو .
(عندما يكون الهواء فوق ماء البحيرة أبرد من ماء البحيرة يتكون الضباب لأن الهواء البارد يعمل على تكثف بخار الماء)

تطبيقات :

1- يمتص عنصران لهما كتلتان متساويتان وحرارتان نوعيتان مختلفتان كمية متساوية من الحرارة . أي العنصرين يظهر تغيراً أقل في درجات الحرارة (ترتفع درجة حرارته بشكل أقل) ؟
العنصر ذو الحرارة النوعية الأكبر يظهر تغير أقل في درجة الحرارة (ترتفع درجة حرارته بشكل أقل)

2- وضعت كتل متساوية من الألمنيوم والذهب والحديد والفضة تحت أشعة الشمس في الوقت نفسه ولفترة زمنية محددة . رتب الفلزات تصاعديا حسب إزدياد درجة حرارتها وحسب سرعة إزدياد درجة حرارتها . علما بأن الحرارة النوعية للألمنيوم تساوي 0.897 J/g.˚C والحرارة النوعية للذهب تساوي 0.129 J/g.˚C والحرارة النوعية للحديد تساوي 0.449 J/g.˚C والحرارة النوعية للفضة تساوي 0.235 J/g.˚C .

3- كتل متساوية من الألمنيوم والذهب والحديد والفضة لها نفس درجة الحرارة وضع كل منها في كأس به ماء عند نفس درجة الحرارة . رتب الفلزات تصاعديا حسب الطاقة التي يفقدها كل منها . علما بأن الحرارة النوعية للألمنيوم تساوي 0.897 J/g.˚C والحرارة النوعية للذهب تساوي 0.129 J/g.˚C والحرارة النوعية للحديد تساوي 0.449 J/g.˚C والحرارة النوعية للفضة تساوي 0.235 J/g.˚C .

مسائل حسابية :

1- احسب الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة عينة المنيوم كتلتها 5.5 g من 22.4 °C الى 94,6 °C . علما بأن الحرارة النوعية للألمنيوم تساوي 0.897 J/g.K .

2- يلزمك 70.2 J لرفع درجة حرارة 34.0 g من الأمونيا من 23.0 °C الى 24.0 °C . احسب الحرارة النوعية للأمونيا .

3- إذا أضيف 980 kJ من الطاقة الى 6.2 L من الماء عند درجة حرارة 291 K . فما درجة الحرارة النهائية للمادة . علما بأن الحرارة النوعية للماء السائل تساوي 4.184 J/g.K .

4- احسب c_p لمعدن الأنديوم In . علما بأن 1.0 mol منه يمتص 53 J عندما ترتفع درجة حرارته من 297.5 K الى 299.5 K . علما بأن الكتلة المولية للأنديوم تساوي 114.818 g/mol .

5- احسب الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة 5 g من الحديد من 20 °C الى 100 °C . علما بأن الحرارة النوعية للحديد تساوي 25.369 J/mol.K . (Fe = 56.5 g/mol)

6- احسب كمية الطاقة بوحدة kcal التي يفقدها 15g من عنصر رمزه X عندما تتغير درجة حرارته من 75 °C الى 20 °C . علما بأن حرارته النوعية تساوي 4.1 cal / g.K .

7- اذا نتج 0.5 kJ من الطاقة من 35 g من الرصاص عندما انخفضت درجة حرارته الى 25 °C . فما هي درجة حرارته الإبتدائية . علما بأن حرارته النوعية تساوي 0.129 J/g.K

8- حوض سباحة 20 m x 12.5 m مليء بالماء إلى عمق 3.75 m . إذا كانت درجة حرارة الماء الإبتدائية 18.4 ˚C فما هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الماء الى 29 ˚C . علما بأن الحرارة النوعية للماء تساوي 4.184 J/g.C

9- إذا وضعت سبيكة كتلتها 58.8 g في 125 g من الماء البارد في مسعر فنقصت درجة حرارة السبيكة بمقدار 106.1 ˚C بينما ارتفعت درجة حرارة الماء 10.5 ˚C . فما الحرارة النوعية للسبيكة .

10- قطعتان من الحديد كتلة إحداهما ضعف كتلة الأخرى وهما موضوعتان في كالوريميتر . إذا كانت درجتي الحرارة الإبتدائية للقطعة الأكبر وللقطعة الأصغر $90\ ^\circ C$, $50\ ^\circ C$ على الترتيب . ما هي درجة حرارة القطعتين حين يحدث الإتزان الحراري . علما بأن الحرارة النوعية للحديد $0.449\ J/g.C$.

11- كتل متساوية من الألمنيوم والذهب والحديد والفضة لها نفس درجة الحرارة وضع كل منها في كأس به ماء عند نفس درجة الحرارة . رتب الفلزات تصاعديا حسب الطاقة التي يفقدها كل منها . علما بأن الحرارة النوعية للألمنيوم تساوي $0.897\ J/g.^\circ C$ والحرارة النوعية للذهب تساوي $0.129\ J/g.^\circ C$ والحرارة النوعية للحديد تساوي $0.449\ J/g.^\circ C$ والحرارة النوعية للفضة تساوي $0.235\ J/g.^\circ C$.

12- أذا علمت أن الحرارة النوعية للماء تساوي $4.184\ J/g.C$ وأن الحرارة النوعية للخرسانة تساوي $0.84\ /g.C$

الشكل 3 تصبح مياه النافورة الباردة مرغوبًا فيها بعد المشي على الرصيف الخرساني الحار. يجب ان يمتص الماء خمسة أضعاف الطاقة التي تمتصها كتلة متساوية من الخرسانة ليصل إلى نفس درجة حرارة الخرسانة.

استنتج كيف تتغير درجة حرارة الخرسانة مقارنة بدرجة حرارة الماء خلال ليلة باردة.

حرارة التفاعل
(القسم – 2)

يرافق التفاعلات الكيميائية أو التغيرات الفيزيائية عادة تغيرات في الطاقة إما طاقة منطلقة أو طاقة ممتصة

النظام : هو جزء معين من الكون يحتوي على التفاعل أو العملية التي تريد دراستها

المحيط : كل شيء في الكون غير النظام

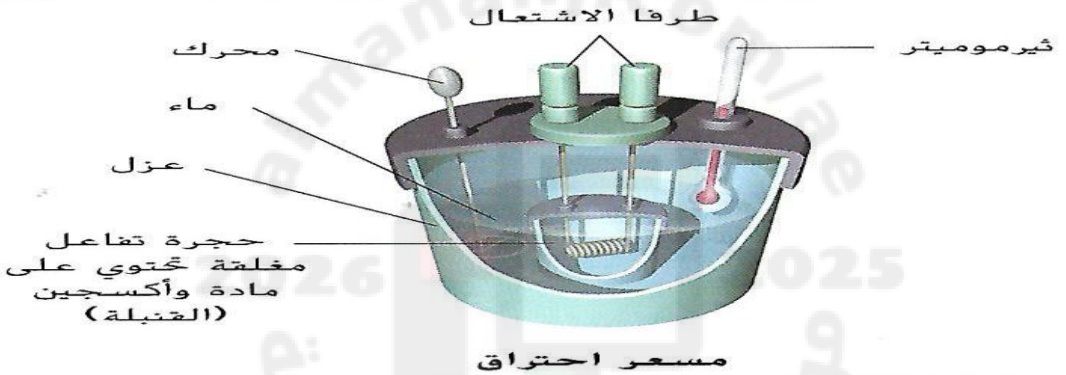
الكون : هو النظام مع المحيط

ويمكن قياس كمية الطاقة الممتصة أو المنطلقة في التغيرات الكيميائية والفيزيائية بإستخدام المسعرالحراري(كالوريميتر)

حيث توضع المتفاعلات في حجرة تفاعل مغلقة بإحكام ومغطسة في كمية معلومة الكتلة من الماء وعند درجة حرارة محددة . وعند حدوث التفاعل الكيميائي تكون الطاقة الممتصة أو المنطلقة من التفاعل مساوية للطاقة الممتصة أو المنطلقة من كمية الماء . ويمكن تحديد كمية الطاقة المنطلقة أو الممتصة من خلال التغير الذي يطرأ على درجة حرارة الماء في المسعر .

المسعر : هو جهاز معزول يستخدم لقياس كمية الحرارة التي تم امتصاصها أو تحريرها أثناء العملية الكيميائية أو الفيزيائية

يستخدم كيميائيو التغذية مسعر يسمى مسعر القنبلة (مسعر احتراق) لمعرفة القيمة الحرارية للأطعمة في تفاعل احتراق يجرى داخل المسعر



مسعر احتراق

علل : يجب ألا ينتج المحراك (المحرك) احتكاكا ؟
لأن الإحتكاك يولد حرارة مما يزيد من حرارة التفاعل فينتج عنه خطأ في قياس التغير في درجة الحرارة

علل : يجب تحديد كمية الماء في المسعر (حجم الماء في المسعر) ؟
لأن كمية الطاقة المفقودة أو المكتسبة تعتمد على كتلة المادة بالإضافة إلى الحرارة النوعية للمادة والتغير في درجة الحرارة

علل : يجب معرفة الحرارة النوعية للمادة لحساب الحرارة المكتسبة أو المفقودة نتيجة تغير درجة حرارة المادة ؟
لأن كمية الطاقة المفقودة أو المكتسبة تختلف بإختلاف المادة وتعتمد على الحرارة النوعية للمادة

طريقة حساب الحرارة النوعية لفلز :

ويمكن قياس الحرارة النوعية للفلزات بإستخدام مسعر أبسط وهو الكأس المصنوعة من البوليسترين . لأنه عازل حراري وهذه المسعرات تكون مفتوحة على الهواء لذلك يكون الضغط ثابت .

- **عند وضع 125 g من الماء في كأس مصنوعة من البوليسترين (مسعر) وكانت درجة حرارة الماء تساوي 25.6 ˚C ثم سخنت عينة من فلزما كتلتها 50 g إلى درجة حرارة 100 ˚C ووضعت في الماء داخل المسعر فإرتفعت درجة حرارة الماء داخل المسعر وثبتت عند 29.30 ˚C . احسب الحرارة النوعية للفلز .**

الحرارة التي فقدها الفلز تساوي الحرارة التي امتصها الماء وعلى افتراض أنه لم تفقد حرارة الى المحيط

$$q_{water} = c \times m \times \Delta T$$

$$q = 4.184\ J/g.^{\circ}C \times 125\ g \times (29.30\ ^{\circ}C - 25.6\ ^{\circ}C)$$

$$q = 1935.1\ J$$

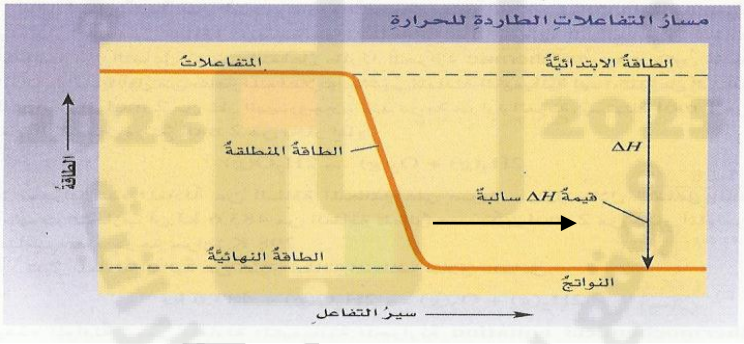
$$q_{water} = -q_{metal}$$
$$q_{metal} = c \times m \times \Delta T$$
$$-1935.1\ J = c \times 50\ g \times (29.30\ ^\circ C - 100\ ^\circ C)$$
$$c_{metal} = \frac{-1935.1\ J}{50\ g \times -70.7\ ^\circ C}$$
$$C_{metal} = 0.547\ J/g.^\circ C$$

ملاحظة : إن الحرارة النوعية للفلز والمحسوبة عمليا بهذه الطريقة لا تتطابق تماما مع القيمة الصحيحة (غير دقيقة تماما) . علل ؟
بسبب فقدان الفلز بعض الحرارة أثناء نقله - فقدان بعض الحرارة من المسعر الى الوسط المحيط - أخطاء في القياس - جزء من الطاقة يمتصها المسعر نفسه .
ويمكن تقليل الخطأ بتحسين العزل الحراري للمسعر .

التفاعلات الكيميائية والطاقة :

- **إن التفاعلات الكيميائية تكون عادة مصحوبة بتغيرات في الطاقة (طاقة ممتصة أو طاقة منطلقة) . علل ؟ وذلك يعود الى الإختلاف في طاقة كل من المواد المتفاعلة والمواد الناتجة (إن لكل مادة طاقة داخلية مختزنة تسمى بالمحتوى الحراري وبإختلاف المادة يختلف المحتوى الحراري) .**

أولا : التفاعلات الطاردة للحرارة :-

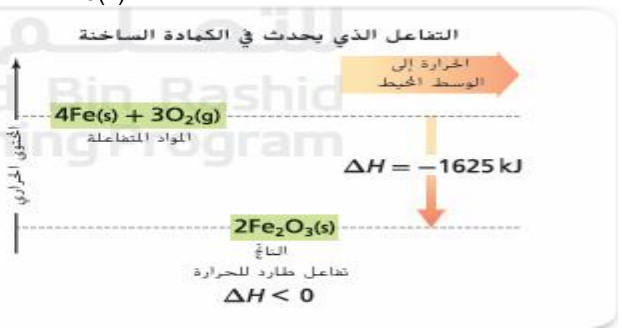


علل . في التفاعلات الطاردة للحرارة تنطلق طاقة ؟
لأن مجموع المحتوى الحراري (الطاقة الداخلية) للمواد المتفاعلة أكبر من مجموع المحتوى الحراري للمواد الناتجة .

أمثلة على التفاعلات الطاردة للحرارة :

1- الكمادة الساخنة والتي يستخدمها الجنود في الميدان لتسخين وجباتهم أو تستخدم لتدفئة الأيدي في الأيام الباردة . تنتج هذه الطاقة من التفاعل الكيميائي الآتي

$$4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Fe_2O_{3(s)} + 1625\ kJ$$

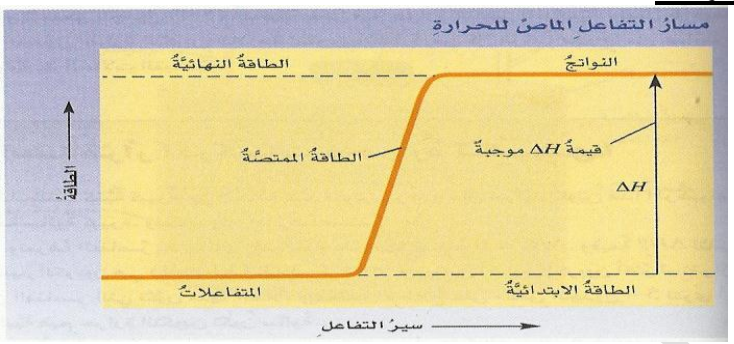


(في هذا التفاعل الطارد للحرارة تنتقل الطاقة من النظام (الكمادة) الى المحيط (الطعام أو اليدين))

2- احتراق سكر المائدة $C_{12}H_{22}O_{11}$ بتفاعله مع الأكسجين طارد للحرارة . يضاف مسحوق رماد الخشب إلى مكعب السكر لتحفيز احتراق السكر

$$C_{12}H_{22}O_{11\,(s)} + 12O_{2\,(g)} \longrightarrow 12CO_{2\,(g)} + 11H_2O_{(l)} \quad \Delta H = -5644\ kJ$$

ثانيا : التفاعلات الماصة للحرارة :-

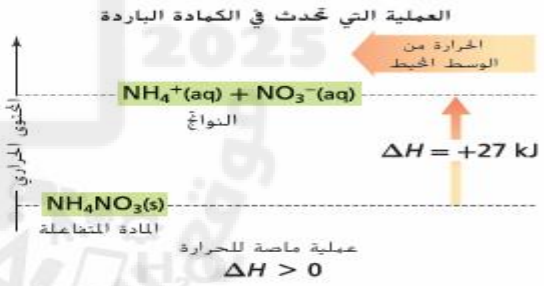


علل . في التفاعلات الماصة للحرارة تمتص طاقة ؟
لأن مجموع المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة أقل من مجموع المحتوى الحراري للمواد الناتجة .

أمثلة على التفاعلات الماصة للحرارة :

1- الكمادة الباردة والتي تستخدم عند التعرض لكدمات لإيقاف النزيف وتسكين الألم ويمكن التعبير عن التفاعل الكيميائي في الكمادة الباردة بالمعادلة الكيميائية التالية

$$27\ kJ + NH_4NO_{3(s)} \longrightarrow NH_4^{+}{}_{(aq)} + NO_3^{-}{}_{(aq)}$$



(في هذا التفاعل تنتقل الطاقة من المحيط (مثل الجزء المصاب من الجسم) الى النظام (الكمادة))

2- تفاعل هيدروكسيد الباريوم $Ba(OH)_2$ مع بلورات ثيوسيانات الأمونيوم NH_4SCN في كأس ماص للحرارة . فعند وضع الكأس على لوح مبتل بالماء تنتقل الحرارة من الماء واللوح (المحيط) الى داخل الكأس (النظام) مما يؤدي الى تجمد الماء خارج الكأس وإلتصاق الكأس باللوح

(لا ينصح بإجراء هذا التفاعل لأن ثيوسيانات الأمونيوم مادة شديدة السمية عند الإستنشاق أو ملامستها للجلد أو إبتلاعها)

التفاعلات الطاردة للحرارة : هي تفاعلات يصاحبها انطلاق طاقة حرارية

التفاعلات الماصة للحرارة : هي تفاعلات يصاحبها امتصاص طاقة حرارية

المحتوى الحراري : هو المحتوى الحراري للنظام تحت ضغط ثابت أو (هو الطاقة الداخلية المختزنة في المادة)

ملاحظة : إن المحتوى الحراري (H) للمادة لايمكن قياسه عمليا (لا يعتبر المحتوى الحراري كمية لعدم التمكن من قياسه) ولكن يمكن قياس قيمة التغير في المحتوى الحراري .

$\Delta H = H_{\text{للنواتج}} - H_{\text{للمتفاعلات}}$

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

التغير في المحتوى الحراري (حرارة التفاعل أو المحتوى الحراري للتفاعل) :
هو كمية الطاقة الممتصة أو المنطلقة على صورة حرارة من قبل نظام معين خلال عملية تجري تحت ضغط ثابت

وبما أن معظم التفاعلات الكيميائية والتغيرات الفيزيائية تجرى تحت ضغط ثابت (في نظام مفتوح) يمكن اعتبار

$$\Delta H_{rxn} = q_p$$

حيث q_p تعني الحرارة (الطاقة) المنطلقة أو الممتصة تحت ضغط ثابت

ملاحظات :

1- تأخذ ΔH أحيانا قيمة موجبة وذلك في التفاعلات الماصة للحرارة ؟ حيث تكون طاقة المتفاعلات أقل من طاقة النواتج

2- تأخذ ΔH أحيانا قيمة سالبة وذلك في التفاعلات الطاردة للحرارة ؟ حيث تكون طاقة المتفاعلات أكبر من طاقة النواتج

3- تتأثر قيمة ΔH بمعاملات المعادلة الكيميائية (عدد المولات) فبمضاعفة عدد المولات تتضاعف قيمة ΔH وعند إستخدام نصف عدد المولات تقل قيمة ΔH بمقدار النصف

4- تتأثر قيمة ΔH بالحالة الفيزيائية للمواد المتفاعلة ؟ فعند إستخدام مادة وهي في الحالة الصلبة بدلا" من إستخدامها وهي في الحالة السائلة نحتاج الى طاقة إضافية لتفكيك المادة الصلبة وتحويلها الى الحالة السائلة

5- يمكن قياس قيمة التغير في المحتوى الحراري (حرارة التفاعل) عمليا بإستخدام المسعر الحراري تحت ضغط ثابت . ويكون الضغط ثابت داخل المسعر الحراري لأنه نظام مفتوح .

6- المواد الأكثر استقرارا في التفاعلات الكيميائية هي المواد الأقل في الطاقة (الأقل في المحتوى الحراري) . لذلك في التفاعلات الطاردة للحرارة تكون المواد الناتجة هي الأكثر استقرارا لأنها الأقل في الطاقة (الأقل في المحتوى الحراري) . بينما في التفاعلات الماصة للحرارة تكون المواد المتفاعلة هي الأكثر استقرارا لأنها الأقل في الطاقة (الأقل في المحتوى الحراري)

7- علل لا تتأثر قيمة ΔH بتغير درجة الحرارة (درجة حرارة المختبر) ولا بتغير الضغط الخارجي (الضغط الجوي) ؟ لأنها تمثل الفرق بين المحتوى الحراري للمواد الناتجة والمحتوى الحراري للمواد المتفاعلة

المعادلة الحرارية : هي معادلة كيميائية موزونة تتضمن الحالات الفيزيائية لجميع المواد المتفاعلة والناتجة وتغير الطاقة (هي المعادلة التي تتضمن كمية الطاقة الممتصة أو المنطلقة كحرارة خلال التفاعل الكيميائي)

تطبيقات :

A – في تفاعل إحتراق غازالهيدروجين والذي تمثله المعادلة التالية

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

تنطلق كمية من الطاقة مقدارها 483.6 KJ

1- أكتب المعادلة السابقة بدلالة قيمة ΔH (المعادلة الحرارية) .

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)} \quad \Delta H = -483.6\ KJ$$

2- أكتب المعادلة السابقة متضمنة قيمة حرارة التفاعل أو التغير في المحتوى الحراري

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)} + 483.6\ KJ$$

3- علل تفاعل احتراق الهيدروجين السابق طارد للحرارة ؟ علل قيمة ΔH سالبة ؟

لأن مجموع المحتوى الحراري (الطاقة الداخلية) للمواد المتفاعلة H_2 , O_2 أكبر من المحتوى الحراري (الطاقة الداخلية) للمادة الناتجة H_2O

4- ما قيمة حرارة التفاعل (الطاقة المنطلقة) عند مضاعفة عدد المولات (4 mol H_2 , 2mol O_2) ؟

$$4H_{2(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow 4H_2O_{(g)}$$

$$\Delta H = 2 \times -483.6\ KJ$$

5- ما قيمة حرارة التفاعل عند استخدام نصف كميات (عدد مولات) المواد المتفاعلة (1 mol H_2 , 1/2 mol O_2) ؟

$$H_{2(g)} + 1/2O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(g)}$$

$$\Delta H = 1/2 \times -483.6\ KJ$$

6- أي المواد أكثر استقرارا ؟

$H_2O_{(g)}$ لأنها الأقل في الطاقة (الأقل في المحتوى الحراري)

B - في تفاعل تفكك جزيئات الماء والذي تمثله المعادلة التالية

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

تمتص كمية من الطاقة مقدارها 483.6 KJ

1- اكتب المعادلة السابقة بدلالة قيمة ΔH (المعادلة الحرارية) .

2- أكتب المعادلة السابقة متضمنة قيمة حرارة التفاعل (التغير في المحتوى الحراري) .

3- علل تفاعل تفكك جزيئات الماء السابق ماص للحرارة ؟ علل قيمة ΔH موجبة ؟

4- ماقيمة حرارة التفاعل (الطاقة الممتصة) عند مضاعفة عدد المولات ؟

5- ما قيمة حرارة التفاعل عند استخدام نصف كميات (عدد المولات) المواد المتفاعلة ؟

6- أي المواد أكثر استقرارا في التفاعل السابق . ولماذا ؟

7- ما قيمة حرارة التفاعل عند استخدام 9 g من الماء ؟

8- احسب كتل كل من المواد الناتجة من التفاعل والداخلة في التفاعل عند استخدام طاقة قدرها 721.8 kJ
(علما بأن O = 16 g/mol H = 1 g/mol)

9- علل قيمة الطاقة الممتصة (حرارة التفاعل) عند تفكك جزيئات الماء تكون أكبر من 483.6 kJ عند استخدام الثلج ؟
لأن جزيئات الثلج تحتاج الى طاقة اضافية لصهرها وتحويل السائل الى بخار

تغيرات الحالة
(القسم – 3)

حرارة التبخر المولية : هي الحرارة اللازمة لتبخر 1 mol من السائل (عملية ماصة للحرارة)
حرارة التكثف المولية : هي الحرارة الناتجة من تكثف 1 mol من البخار (عملية طاردة للحرارة)

وبما أن التكثف عكس التبخر فكمية الطاقة الناتجة من التكثف تساوي كمية الطاقة اللازمة للتبخر مع عكس اشارة الطاقة

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

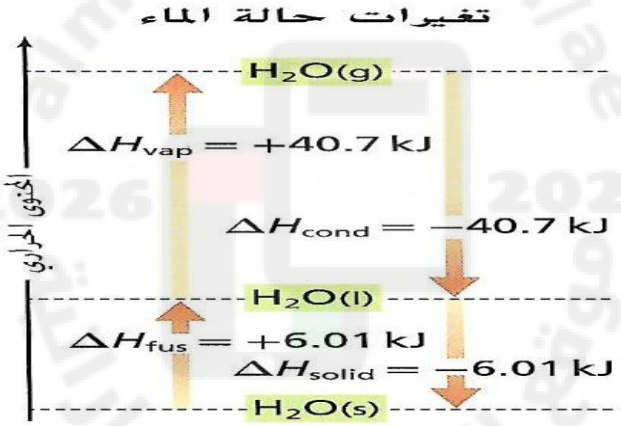
$H_2O_{(l)} \longrightarrow H_2O_{(g)}$ $\quad \Delta H^\circ_{vap} = 40.7$ kJ/mol
$H_2O_{(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$ $\quad \Delta H^\circ_{cond} = - 40.7$ kJ/mol

حرارة الإنصهار المولية : هي الحرارة اللازمة لصهر 1 mol من مادة صلبة (عملية ماصة للحرارة)
حرارة التجمد المولية : هي الحرارة الناتجة من تجمد 1 mol من مادة سائلة (عملية طاردة للحرارة)

وبما أن التجمد عكس الإنصهار فكمية الطاقة اللازمة لصهر مادة تساوي كمية الطاقة الناتجة عند تجمد نفس الكمية من المادة مع عكس اشارة الطاقة

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

$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$ $\quad \Delta H^\circ_{fus} = 6.01$ kJ/mol
$H_2O_{(l)} \longrightarrow H_2O_{(s)}$ $\quad \Delta H^\circ_{solid} = - 6.01$ kJ/mol



- **أوجد قيمة ΔH للتغيرات التالية**

$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_2O_{(g)}$ $\quad \Delta H^\circ =$
$H_2O_{(g)} \longrightarrow H_2O_{(s)}$ $\quad \Delta H^\circ =$

ملاحظات :

1- يستغل بعض المزارعين في الدول الباردة حرارة انصهار الماء لحماية الفاكهة والخضروات من التجمد . فتغمر الفاكهة والخضروات في الماء لأنه عند تجمد الماء تطلق طاقة من الماء الى الوسط المحيط تعمل على تدفئة الهواء المحيط فتمنع الفاكهة والخضروات من التجمد .

2- يستغل الماء لأخذ الطاقة من الشمس بسبب حرارته النوعية العالية ومن ثم يمكن تدويره في البيوت لتدفئتها . كما يمكن استخدام طاقة الشمس في الخلايا الشمسية للحصول على الطاقة الكهربائية والتقليل من التلوث الناتج من أنواع الوقود الأخرى مثل تزويد رواد الفضاء بالطاقة الضرورية . ولكن يواجه هذه التقنية بعض الصعوبات مثل التكلفة العالية لهذه التقنية كما أن الشمس تسطع لفترة محددة كل يوم بالإضافة لوجود الغيوم والتي تخفف من أشعة الشمس

3- تستخدم المضخات الحرارية لتكييف المنازل في كثير من الدول . حيث تحتوي على مركبات تسمى هيدروكلوروفلوروكربون HCFCs حيث تمتلك تغيرات في المحتوى الحراري عالية للتبخر والتكثف ففي فصل الصيف تمتص الحرارة من المنزل في عملية التبخير لتبريد الهواء وفي فصل الشتاء تستخدم عملية التكثيف الطاردة للحرارة لتنقل الحرارة إلى داخل المنزل لتدفئة الجو . لقد إستبدلت مركبات هيدروكلوروفلوروكربون بمركبات إخرى صديقة للبيئة لأنها ملوثة للبيئة .

4- يستعمل سادس فلوريد الكبريت في الحفر على رقائق السيليكون في عملية إنتاج الأجهزة شبه الموصلة والمستعملة في الأجهزة الإلكترونية

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

مسائل :

1- احسب الحرارة اللازمة لصهر 25.7 g من الميثانول الصلب عند درجة انصهاره .
علما بأن $\Delta H^{\circ}_{fus} = 4.94$ kJ/mol , $CH_3OH = 32$ g/mol

2- احسب كمية الطاقة الناتجة من تجمد 900 g من الماء عند درجة انصهاره .
علما بأن $\Delta H^{\circ}_{fus} = 6.01$ kJ/mol , $H_2O = 18$ g/mol

3- في عملية تكثف كمية من الماء نتج 500 kJ من الطاقة . احسب كتلة الماء المتكثفة
علما بأن $\Delta H^{\circ}_{vap} = 40.7$ kJ/mol , $H_2O = 18$ g/mol

4- ما كمية الحرارة اللازمة لتبخر 275 g من الأمونيا السائلة عند درجة غليانها .
علما بأن $\Delta H^{\circ}_{vap} = 23.3\ kJ/mol$, $NH_3 = 17\ g/mol$

5- بإستخدام المعادلتين التاليتين

$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$ $\quad \Delta H^{\circ}_{fus} = 6.01\ kJ/mol$

$H_2O_{(l)} \longrightarrow H_2O_{(g)}$ $\quad \Delta H^{\circ}_{vap} = 40.7\ kJ/mol$

حدد نوع التغير التالي وقيمة التغير في المحتوى الحراري

$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_2O_{(g)}$ $\quad \Delta H = ?$

6- أي عملية تفقد طاقة أكثر . تبريد 1 mol من الماء عند درجة غليانه إلى درجة تجمده , أم تكثيف 1 mol من بخار الماء عند درجة حرارة 100 ˚C إلى 1 mol من الماء عند درجة الحرارة نفسها .

الطاقة الناتجة عند تبريد الماء

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

$q = 4.184\ J/g.^{\circ}C \times 18\ g \times -100\ ^{\circ}C = -7520\ J$

الطاقة الناتجة عند تكثيف بخار الماء (علما بأن الحرارة الكامنة للتبخر تساوي 2265 J/g)

$q = m \times$ الحرارة الكامنة للتكثف

$q = 18\ g \times -2265\ J/g = -40770\ J$

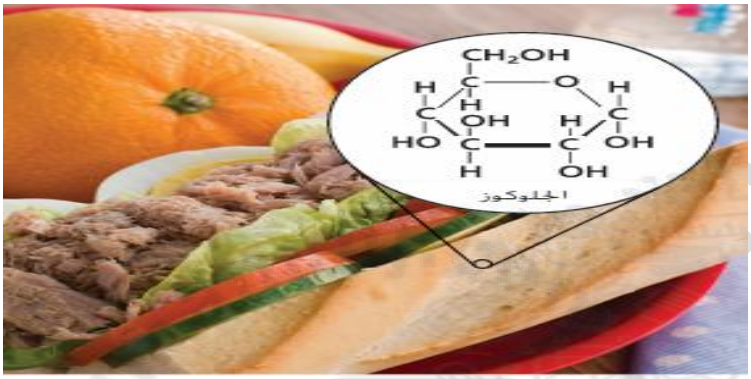
الطاقة الناتجة من عملية التكثيف أكبر بكثير من الطاقة الناتجة من عملية التبريد

التفاعلات الكيميائية

تفاعل الإحتراق : هو تفاعل الوقود مع الأكسجين وإنتاج حرارة (طاقة)

$$C_6H_{12}O_{6\,(s)} + 6O_{2\,(g)} \longrightarrow 6CO_{2\,(g)} + 6H_2O_{\,(g)} \quad \Delta H = -2548\ KJ/mol$$

من أمثلة تفاعلات الإحتراق احتراق الجلوكوز الناتج من المواد الكربوهيدراتية في الجسم حيث ينتج عن احتراقه ماء وثاني أكسيد الكربون وطاقة تختزن في صورة طاقة وضع كيميائية في روابط ثلاثي فوسفات الأدونين ATP وعندما يحتاج الجسم الى طاقة تقوم جزيئات ATP بإطلاق الطاقة المطلوبة . كذلك احتراق غاز الميثان لتدفئة المنازل وطهو الطعام وإحتراق الجازولين الذي يتكون من الأوكتان C_8H_{18} في السيارات والطائرات والسفن والشاحنات وإحتراق الهيدروجين في عملية إطلاق مكوك الفضاء .



الشكل 11 تعتبر هذه الأطعمة وقودا للجسم. إنها توفر الجلوكوز الذي يتم حرقه لإنتاج 2808 kJ/mol للقيام بأنشطة الحياة اليومية.

حرارة الإحتراق المولية : هي الطاقة الناتجة عن حرق 1 mol من المادة في كمية كافية من الأكسجين
حرارة الإحتراق : هي الطاقة الناتجة عن حرق 1 g من المادة

تطبيقات :

1- ما كتلة الميثان CH_4 التي يجب إحتراقها لإطلاق 12880 kJ من الحرارة .
علما بأن $\Delta H^\circ_{comb} = -891\ kJ/mol$, $CH_4 = 16\ g/mol$

2- إذا نتج $5.5 \times 10^6\ kJ$ من الطاقة عند حرق كمية من الأوكتان . احسب كتلة الأوكتان المحترقة
علما بأن $\Delta H^\circ_{comb} = -5471\ kJ/mol$, $C_8H_{18} = 114\ g/mol$

3- أكتب معادلة كيميائية حرارية كاملة لإحتراق الإيثانول $C_2H_5OH_{(l)}$
إذا علمت أن ΔH°_{comb} = - 1367 kJ/mol

4- ما كمية الحرارة التي تنطلق عند احتراق 5 kg من الفحم إذا كانت نسبة كتلة الكربون فيه 96.2 % والمواد الأخرى التي يحتويها الفحم لا تتفاعل . علما بأن
ΔH°_{comb} = - 394 kJ/mol , C = 12 g/mol

5- أي العمليات التالية طاردة للحرارة وأيها ماصة للحرارة

$C_2H_5OH_{(l)} \longrightarrow C_2H_5OH_{(g)}$	( )
$Br_{2\,(l)} \longrightarrow Br_{2\,(s)}$	( )
$CO_{2\,(s)} \longrightarrow CO_{2\,(g)}$	( )
$C_3H_{8\,(g)} \longrightarrow C_3H_{8\,(l)}$	( )
$I_{2\,(g)} \longrightarrow I_{2\,(s)}$	( )
$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$	( )
$C_5H_{12\,(g)} + 8O_{2\,(g)} \longrightarrow 5CO_{2\,(g)} + 6H_2O_{(l)}$	( )

6- أي تفاعل من التفاعلات التالية يمثل تفاعل احتراق

$C + 2H_2 \longrightarrow CH_4$ -1 $\quad$ $1/2\ H_2 + 1/2\ I_2 \longrightarrow HI$ -2

$3/2H_2 + 1/2\ N_2 \longrightarrow NH_3$ -3 $\quad$ $2Mg + O_2 \longrightarrow 2MgO$ -4

6- أي تفاعل من التفاعلات التالية يمثل تفاعل احتراق

$1/2\ H_2 + 1/2\ I_2 \longrightarrow HI \quad \Delta H = +26.5\ KJ$

$1/2\ N_2 + O_2 \longrightarrow NO_2 \quad \Delta H = +33.2 kJ$

$C + 2H_2 \longrightarrow CH_4 \quad \Delta H = -74.3\ KJ$

$H_2 + 1/2O_2 \longrightarrow H_2O \quad \Delta H = -241.8\ KJ$

8- في أي التفاعلات التالية تمثل حرارة التفاعل حرارة احتراق مولية

$2NO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2NO_{2(g)} \quad \Delta H = -114.2\ KJ$

$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2SO_{3(g)} \quad \Delta H = -196\ KJ$

$C_6H_{12}O_{6\ (s)} + 6O_{2\ (g)} \longrightarrow 6CO_{2\ (g)} + 6H_2O_{\ (g)} \quad \Delta H = -2548\ KJ/mol$

$2H_{2\ (g)} + O_{2\ (g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)} \quad \Delta H = 2x - 241.8\ KJ/mol$

حرارة التكوين :

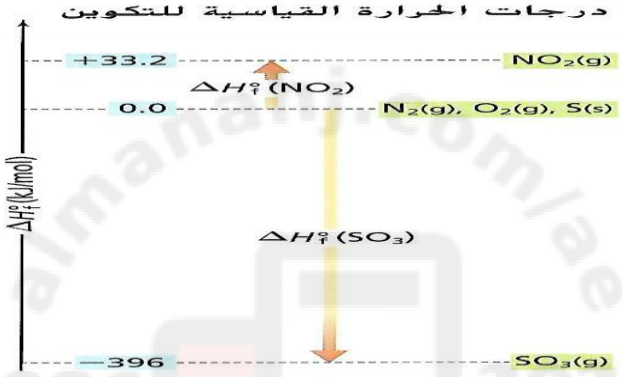
حرارة التكوين المولية ($\Delta H°_f$) : هي التغير في المحتوى الحراري (الطاقة المنطلقة أو الممتصة) الذي يصاحب تكوين مول واحد من مركب من عناصره في حالتها القياسية عند درجة حرارة 25 °C وضغط 1 atm

وعند حساب حرارة التفاعل (التغير في المحتوى الحراري) في الظروف القياسية (25 °C) 1 atm , 298 K تسمى عندئذ بحرارة التفاعل القياسية ويرمز لها بالرمز $\Delta H°$ ويتم ذلك للمقارنة بين التفاعلات من حيث حرارة التفاعل

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)} \quad \Delta H° = -483.6\ KJ$$

$$\Delta H°_f = 1/2 \times -483.6\ KJ/mol$$

المخطط التالي يبين عملية تكوين كل من SO_3 , NO_2 من عناصرها الأساسية
(تشكل هذه الغازات المطر الحمضي فمثلا ينتج غاز SO_3 عن النشاط الصناعي حيث يمتزج مع الماء في الهواء الجوي مكونا حمض الكبريتيك H_2SO_4 يصل الى الأرض على هيئة مطر حمضي يدمر الأشجار والعقارات)



الشكل 14 ثالث أكسيد الكبريت يمتزج مع الماء في الهواء الجوي لتكوين حمض الكبريتيك (H_2SO_4). وهو حمض قوي يصل إلى الأرض على هيئة مطر حمضي. يدمر المطر الحمضي الأشجار والعقارات ببطء.

أمثلة على بعض العناصر وحالاتها القياسية

العنصر	الحالة القياسية	حرارة التكوين المولية
أكسجين O_2	غاز	0
هيدروجين H_2	غاز	0
نيتروجين N_2	غاز	0
كلور Cl_2	غاز	0
فلور F_2	غاز	0
بروم Br_2	سائل	0
يود I_2	صلب	0
كبريت S_8 أو S	صلب	0
فوسفور P_4 أو P	صلب	0
كربون $C_{(s)جرافيت}$	صلب	0
كربون $C_{(s)ماس}$	صلب	+2 KJ/mol
الزئبق Hg	سائل	0

ملاحظة :اعتبرت حرارة التكوين المولية للعناصر وهي في حالتها القياسية تساوي صفر . وذلك لتثبيت قيمة قياسية يمكن مقارنتها بالمحتوى الحراري للمركبات أو بالمحتوى الحراري للعناصر عندما لا تكون في حالاتها القياسية(الطبيعية)

- علل حرارة تكوين $C_{(s)ماس}$ لا تساوي صفر ($\Delta H°_f = +2\ KJ/mol$) ؟
لأنه ليس الحالة القياسية للكربون فالحالة القياسية للكربون هي $C_{(s)جرافيت}$. وكذلك لأنه يمكن تكوين الألماس بتعرض الجرافيت لضغط ودرجة حرارة عاليين

- علل يصعب قياس التغير في المحتوى الحراري في عملية تحويل الألماس إلى جرافيت أو العكس ؟
لأن عملية تحول الألماس إلى جرافيت عملية بطيئة جداً

الشكل 12 إن عبارة "الماس يدوم للأبد" تشير إلى قوة ومتانة الماس وتوضح أن تحويل الماس إلى جرافيت يتم ببطء شديد بحيث سيكون من المستحيل قياس التغير في المحتوى الحراري.

تطبيقات :

1- من خلال المعادلة الحرارية التالية أوجد ما يلي

$$C_{(s)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \longrightarrow CO_{(g)} + 110.5\ KJ/mol$$

$\Delta H°_c =$ $\Delta H°_f =$ $\Delta H° =$

2- من خلال المعادلة التالية أوجد ما يلي

$$2S_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2SO_{3(g)}$$

$\Delta H°_c = -396\ kJ/mol$ $\Delta H°_f =$ $\Delta H° =$

3- من خلال المعادلة الحرارية التالية أوجد ما يلي

$$3A + 2O_2 \longrightarrow 2C$$

$\Delta H°_c = -50\ kJ/mol$ $\Delta H°_f =$ $\Delta H° =$

4- من خلال المعادلة الحرارية التالية أوجد ما يلي

$$3A + 2O_2 \longrightarrow 2C$$

$\Delta H°_c =$ $\Delta H°_f = -75\ kJ/mol$ $\Delta H° =$

5- من خلال المعادلة الحرارية التالية أوجد ما يلي

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} + 483.6\ kJ$$

$\Delta H°_c =$ $\Delta H°_f =$ $\Delta H° =$

6- علل : لا تمثل حرارة التفاعل السابق حرارة احتراق الهيدروجين ؟
بسبب احتراق 2 mol من الهيدروجين وحرارة الإحتراق تمثل إحتراق مول واحد من المادة

7- علل لا تمثل حرارة التفاعل السابق حرارة التكوين المولية للماء ؟
بسبب تكون 2 mol من الماء وحرارة التكوين المولية تمثل تكون مول واحد من المادة

8- علل في التفاعل السابق تكون حرارة تكوين الماء مساوية لحرارة احتراق الهيدروجين ؟
لأن عدد مولات الهيدروجين المحترقة تساوي عدد مولات الماء المتكونة

9- علل : في التفاعل التالي لا تمثل حرارة التفاعل حرارة التكوين المولية للماء ؟

$KOH_{(aq)} + HNO_{3(aq)} \longrightarrow KNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \quad \Delta H = -57.3\ kJ/mol$

لأن الماء لم يتكون من عناصره الأساسية في المعادلة السابقة

10- أكتب معادلات التكوين الحرارية للمركبات الآتية

(a $AgCN_{(s)}$, $\Delta H_f^\circ = 146\ kJ/mol$ سيانيد الفضة

(b $Mg(OH)_{2\ (s)}$, $\Delta H_f^\circ = -925\ kJ/mol$ هيدروكسيد الماغنيسيوم

(c $P_2F_{5\ (s)}$, $\Delta H_f^\circ = -1578\ kJ/mol$ خماسي فلوريد الفوسفور الثنائي

(d $CH_3COOH_{\ (l)}$, $\Delta H_f^\circ = -484\ kJ/mol$ حمض الخليك (حمض الأسيتيك)

(e أكتب معادلة تكوين نيترات النحاس (II) الصلبة $Cu(NO_3)_{2\ (s)}$

11- أي تفاعل من التفاعلات التالية يمثل تفاعل تكوين

$NO_{(g)} + 1/2O_{2(g)} \longrightarrow NO_{2(g)}$

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

$C_6H_{12}O_{6\ (s)} + 6O_{2\ (g)} \longrightarrow 6CO_{2\ (g)} + 6H_2O_{\ (g)}$

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

12- أي تفاعل من التفاعلات التالية يمثل تفاعل تكوين وتمثل حرارة التفاعل حرارة تكوين مولية

$NO_{(g)} + 1/2O_{2(g)}$	$\longrightarrow$	$NO_{2(g)}$	$\Delta H = -57\ kJ/mol$
$SO_{2(g)} + 1/2O_{2(g)}$	$\longrightarrow$	$SO_{3(g)}$	$\Delta H = -198\ kJ/mol$
$CO_{(g)} + 1/2O_{2\ (g)}$	$\longrightarrow$	$CO_{2(g)}$	$\Delta H = -110\ kJ/mol$
$C_{(s)} + O_{2\ (g)}$	$\longrightarrow$	$CO_{2\ (g)}$	$\Delta H = -393.5\ kJ/mol$

13- رتب المركبات التالية تصاعديا حسب ثباتها (استقرارها) الحراري NO_2 - N_2O - HF - HBr

علما بأن حرارات تكوينها المولية تساوي -36 KJ/mol , -273 , + 81.5 , + 33.2 على الترتيب

حساب حرارة التفاعل
(القسم – 4)

$$\Delta H = H_{\text{للنواتج}} - H_{\text{للمتفاعلات}}$$

هذه العلاقة الرياضية لا يمكن التطبيق فيها عمليا وذلك لأن **المحتوى الحراري (H) للمادة لا يمكن حسابه عمليا لأنه عبارة عن الطاقة الداخلية المختزنة في المادة** . لذلك فقد استبدل المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة والناتجة بحرارة التكوين المولية فتصبح العلاقة كالتالي .

$$\Delta H^\circ = \text{مجموع } \Delta H^\circ_f \text{ للنواتج} - \text{مجموع } \Delta H^\circ_f \text{ للمتفاعلات}$$

ويمكن من خلالها حساب حرارة التفاعل أو حرارة التكوين المولية لمركب لا يمكن حساب حرارة تكوينه بصورة مباشرة عمليا

مسائل حسابية :

1- احسب التغير في المحتوى الحراري (حرارة التفاعل) للتفاعل التالي

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

علما بان $\Delta H^\circ_f (Fe_2O_{3(s)}) = - 823$ KJ/mol $\quad \Delta H^\circ_f (H_2O_{(g)}) = - 241.8$ KJ/mol

2- احسب حرارة التكوين المولية القياسية للماء $H_2O_{(g)}$ في التفاعل التالي

$$4NH_{3(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 4NO_{(g)} + 6H_2O_{(g)} + 906.8 \text{ KJ}$$

علما بان $\Delta H^\circ_f (NO_{(g)}) = + 90.29$ KJ/mol $\quad \Delta H^\circ_f (NH_{3(g)}) = - 45.9$ KJ/mol

3- في تفاعل احتراق الهكسان والذي تمثله المعادلة التالية

$$2C_6H_{14(l)} + 19O_{2(g)} \longrightarrow 12CO_{2(g)} + 14H_2O_{(g)}$$

احسب حرارة تكوين غاز CO_2 علما بأن

$\Delta H^\circ_f (C_6H_{14(l)}) = + 109.6$ KJ/mol $\quad \Delta H^\circ_c (C_6H_{14(l)}) = - 4163.2$ KJ/mol
$\Delta H^\circ_f (H_2O_{(g)}) = - 241.8$ KJ/mol

4- احسب حرارة الإحتراق وحرارة التفاعل عند إحتراق غاز أول أكسيد النيتروجين NO لتكوين ثاني أكسيد النيتـروجين NO_2 في المعادلة التالية

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

علما بأن $\Delta H°_f(NO_{2(g)}) = + 33.2$ KJ/mol $\Delta H°_f(NO_{(g)}) = + 90.29$ KJ/mol

5- احسب حرارة احتراق الأمونيا NH_3 في المعادلة التالية

$$4NH_{3(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 4NO_{(g)} + 6H_2O_{(g)}$$

علما بان $\Delta H°_f(NO_{(g)}) = + 90.29$ KJ/mol $\Delta H°_f(NH_{3(g)}) = - 45.9$ KJ/mol

$\Delta H°_f(H_2O_{(g)}) = - 241.8$ KJ/mol

6- أوجد حرارة احتراق حمض البيوتانويك في المعادلة التالية

$$C_3H_7COOH_{(l)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 4H_2O_{(l)}$$

مستعينا بالمعطيات التالية

$\Delta H_f^\circ (CO_{2(g)}) = - 393.5$ kJ/mol $\Delta H_f^\circ (H_2O_{(l)}) = - 286$ kJ/mol

$$4C_{(s)} + 4H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow C_3H_7COOH_{(l)} \qquad \Delta H^\circ = - 534 \text{ kJ}$$

7- حللت عينة من الغاز الطبيعي فوجد أنها تتكون من % 88.4 ميثان CH_4 . فإذا كانت حرارة الإحتراق القياسية للميثان هي 891 kJ/mol - وينتج عن احتراقه غاز ثاني أكسيد الكربون وماء سائل . احسب الطاقة المنطلقة عن حرق الميثان في 1kg من الغاز الطبيعي . علما بأن $CH_4 = 16\ g/mol$. واحسب نسبة كتلة الوقود – أكسجين .

8- استخدم البيانات التالية لرسم مخطط لحرارة التكوين القياسية ثم أوجد الحرارة المولية لتبخير الماء عند 298 K علما بأن

$\Delta H_f^\circ (H_2O_{(l)}) = - 285.8\ kJ/mol$, $\Delta H_f^\circ (H_2O_{(g)}) = - 241.8\ kJ/mol$

10-توقع أي المركبين غاز الميثان CH_4 و بخار الميثانال CH_2O له حرارة احتراق أكبر . وضح اجابتك مع كتابة معادلة تفاعل الإحتراق لكل منهما

11-إذا علمت أن حرارة تكوين المركب X هي 110.5 kJ/mol – وحرارة تكوين الناتج الوحيد لإحتراقه هي 393.5 kJ/mol – . فما حرارة احتراق المركب X (kJ/mol) ؟

قانون هيس :

هناك بعض التفاعلات الكيميائية والتي يصعب حساب قيمة ΔH لها بصورة مباشرة عمليا . ولحساب قيمة حرارة التفاعل لها نبحث عن تفاعلات كيميائية يمكن اجرائها وحساب قيمة ΔH لها بصورة مباشرة بحيث عند اعادة ترتيب هذه المعادلات وجمعها نحصل على المعادلة الأصلية المراد حساب قيمة ΔH لها ويكون حاصل جمع قيمة ΔH لهذه المعادلات يمثل قيمة ΔH للمعادلة الأصلية المراد حساب قيمة ΔH لها بصورة غير مباشرة . والمثال التالي يوضح ذلك

$$C_{(s)} + 2H_{2(g)} \longrightarrow CH_{4(g)} \qquad \Delta H^\circ_f = ?$$

معادلات يمكن اعادة ترتيبها وجمعها لحساب قيمة ΔH°_f للمعادلة السابقة

$$C_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 393.5\ KJ$$

$$H_{2(g)} + 1/2O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H^\circ_c = -285.8\ KJ$$

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H^\circ_c = -890.8\ KJ$$

يتم اعادة ترتيب المعادلات بحيث يكون الكربون والهيدروجين في جهة المتفاعلات والميثان في جهة النواتج حسب المعادلة الأصلية . ويجب أن يكون عدد مولات الكربون 1 mol والهيدروجين 2 mol والميثان 1 mol حسب المعادلة الأصلية . ولتحقيق ذلك تعكس المعادلة رقم 3 وتضرب المعادلة رقم 2 في المعامل 2 .

$$C_{(s)} + \cancel{O_{2(g)}} \longrightarrow \cancel{CO_{2(g)}} \qquad \Delta H^\circ_c = -393.5\ KJ$$

$$2H_{2(g)} + \cancel{O_{2(g)}} \longrightarrow 2\cancel{H_2O_{(l)}} \qquad \Delta H^\circ = 2 \times -285.8\ KJ$$

$$\cancel{CO_{2(g)}} + 2\cancel{H_2O_{(l)}} \longrightarrow CH_{4(g)} + 2\cancel{O_{2(g)}} \qquad \Delta H^\circ_c = +890.8\ KJ$$

$$C_{(s)} + 2H_{2(g)} \longrightarrow CH_{4(g)}$$

$$\Delta H^\circ_f = -393.5 + (2 \times -285.2) + (+890.8) = -74.3\ KJ/mol$$

قانون هيس : إذا استطعت جمع معادلتين حراريتين أو أكثر لإنتاج معادلة نهائية للتفاعل فسيكون مجموع التغير في المحتوى الحراري للتفاعلات الفردية هو التغير في المحتوى الحراري للتفاعل النهائي . (إن حرارة التفاعل أو التغير في المحتوى الحراري تتوقف على طبيعة المواد الداخلة في التفاعل والمواد الناتجة منه وليس على الخطوات أو المسار الذي يتم فيه التفاعل)

ملاحظات :

1- إن قيمة ΔH° لا تعتمد على المسار الذي تم به التفاعل وإنما على الفرق بين طاقة كل من المتفاعلات والنواتج

2- إذا انعكس التفاعل تنعكس اشارة ΔH°

3- عند ضرب المعادلة في معامل معين تضرب قيمة ΔH° أيضا في نفس المعامل

مسائل حسابية :

1- احسب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل التالي

$$2S_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2SO_{3(g)}$$

مستخدما المعادلات التالية

$$S_{(s)} + O_2 \longrightarrow SO_{2(g)} \qquad \triangle H^\circ_f = -297 \text{ KJ}$$
$$2SO_{3(g)} \longrightarrow 2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \qquad \triangle H^\circ = +198 \text{ KJ}$$

2- احسب حرارة تكوين غاز اول اكسيد الكربون

$$C_{(s)} + 1/2\ O_{2(g)} \longrightarrow CO_{(g)}$$

مستعينا بالمعادلات التالية

$$C_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \triangle H^\circ = -393.5 \text{ KJ}$$
$$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g} \qquad \triangle H^\circ = -566 \text{ KJ}$$

3- احسب حرارة تكوين غاز ثاني اكسيد النيتروجين

$$1/2N_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow NO_{2(g)}$$

الذي يتكون وفقا للمعادلات التالية

$$NO_{2(g)} \longrightarrow NO_{(g)} + ½\ O_{2(g)} \qquad \triangle H^\circ = +57.1 \text{ KJ}$$
$$2NO_{(g)} \longrightarrow N_{2(g)} + O_{2(g)} \qquad \triangle H^\circ = -180.6 \text{ KJ}$$

4- احسب حرارة تكوين البنتان $5C_{(s)} + 6H_{2(g)} \longrightarrow C_5H_{12(l)}$
موظفا المعادلات الكيميائية الحرارية التالية

$CO_{2(g)} \longrightarrow C_{(s)} + O_{2(g)}$ $\Delta H° = + 393.5$ KJ
$H_{2(g)} + 1/2O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$ $\Delta H°_f = - 285.8$ KJ/mol
$C_5H_{12(g)} + 8O_{2(g)} \longrightarrow 5CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$ $\Delta H°_C = - 3535.6$ KJ/mol

5- احسب حرارة احتراق الأيزوأكتان $C_8H_{18} + 25/2O_{2(g)} \longrightarrow 9H_2O_{(g)} + 8CO_{2(g)}$
مستخدما البيانات التالية

$H_{2(g)} + 1/2\ O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(g)}$ $\Delta H = - 241.8$ KJ
$C_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H = - 393.5$ KJ
$8C_{(S)} + 9H_{2(g)} \longrightarrow C_8H_{18(l)}$ $\Delta H = - 224.13$ KJ

6- احسب ΔH° لعملية تحويل الجرافيت الى ماس في التفاعل التالي

$$C_{\text{جرافيت}}(s) \longrightarrow C_{\text{ماس}}(s)$$

تفاعلاتُ الاحتراق التي تحتاجُ إليها هي:

$$C_{\text{جرافيت}}(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \qquad \Delta H_c^o = -394 \text{ kJ}$$
$$C_{\text{ماس}}(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \qquad \Delta H_c^o = -396 \text{ kJ}$$

7-

احسب حرارة التفاعل التالي: $N_2H_{4(l)} + CH_3OH_{(l)} \rightarrow HCHO_{(g)} + N_{2(g)} + 3H_{2(g)}$

مستعيناً بالمعادلات التالية:

1) $2NH_{3(g)} \rightarrow N_2H_{4(l)} + H_{2(g)} \qquad \Delta H = 22.5\text{kJ}$
2) $2NH_{3(g)} \rightarrow N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \qquad \Delta H = 57.5\text{kJ}$
3) $HCHO_{(g)} + H_{2(g)} \rightarrow CH_3OH_{(l)} \qquad \Delta H = 81.2\text{kJ}$

8- إذا كانت قيمة ΔH للتفاعل الآتي -1789 kJ , استعمل ذلك مع المعادلة 1 لإيجاد ΔH للتفاعل 2

$$4\,Al_{(s)} + 3MnO_{2(s)} \longrightarrow 2Al_2O_{3\,(s)} + 3Mn_{(s)} \qquad \Delta H = -1789 \text{ kJ}$$

$$4Al_{(s)} + 3O_{2\,(g)} \longrightarrow 2Al_2O_{3\,(s)} \qquad \Delta H = -3352 \text{ kJ} \quad -1$$
$$Mn_{(s)} + O_{2\,(g)} \longrightarrow MnO_{2\,(s)} \qquad \Delta H = ? \quad -2$$

9- يمكن حساب حرارة التفاعل (التغير في المحتوى الحراري) لكثير من التفاعلات بإستخدام معادلات التكوين الحرارية للمواد الداخلة في التفاعل والمواد الناتجة من التفاعل والمثال التالي يبين ذلك

احسب حرارة التفاعل التالي

$$H_2S_{(g)} + 4F_{2(g)} \longrightarrow 2HF_{(g)} + SF_{6(g)} \qquad \Delta H_{rxn} = ?$$

مستخدما معادلات التكوين التالية

$$1/2H_{2(g)} + 1/2F_{2(g)} \longrightarrow HF_{(g)} \qquad \Delta H_f^\circ = -273 \text{ kJ/mol}$$

$$S_{(s)} + 3F_{2(g)} \longrightarrow SF_{6(g)} \qquad \Delta H_f^\circ = -1220 \text{ kJ/mol}$$

$$H_{2(g)} + S_{(s)} \longrightarrow H_2S_{(g)} \qquad \Delta H_f^\circ = -21 \text{ kJ/mol}$$

10- أوجد التغير في المحتوى الحراري للتفاعل التالي

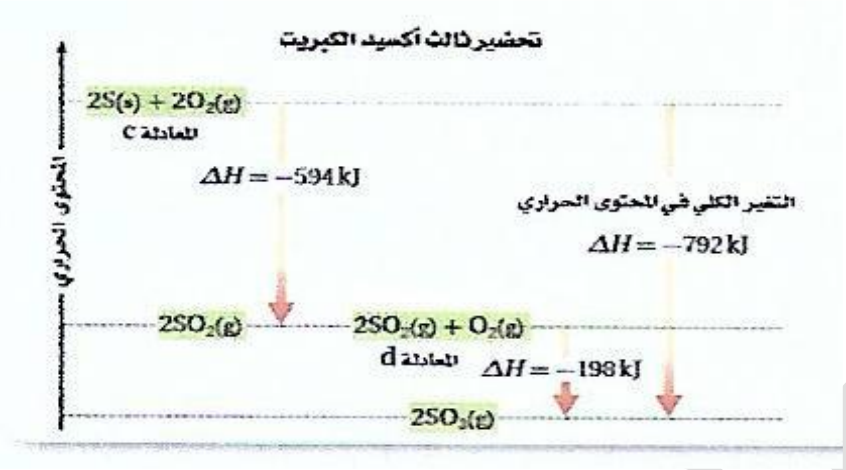
$$PCl_{3(l)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow PCl_{5(s)} \qquad \Delta H^\circ = ?$$

مستعينا بالمعادلات التالية

$$P_{4(s)} + 6Cl_{2(g)} \longrightarrow 4PCl_{3(l)} \qquad \Delta H^\circ = -1280 \text{ kJ}$$

$$P_{4(s)} + 10Cl_{2(g)} \longrightarrow 4PCl_{5(s)} \qquad \Delta H^\circ = -1774 \text{ kJ}$$

11-المخطط التالي يبين تفاعل تحضير ثالث أكسيد الكبريت



أوجد التغير في المحتوى الحراري لتحلل SO_3 إلى S و O_2

12-أوجد التغير في المحتوى الحراري للتفاعل التالي

$$NO + O \longrightarrow NO_2$$

مستعينا بالمعادلات التالية

$$O_2 \longrightarrow 2O \qquad \Delta H = +495\ kJ$$
$$2O_3 \longrightarrow 3O_2 \qquad \Delta H = -427\ kJ$$
$$NO + O_3 \longrightarrow NO_2 + O_2 \qquad \Delta H = -199\ kJ$$

- **<u>اختر الإجابة الصحيحة لكل مما يلي</u>**

1- فيما يتعلق بالتفاعل التالي $2S_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2SO_{3(g)}$ $\Delta H = -792\ kJ$
أي العبارات التالية صحيحة

- التفاعل ماص للحرارة
- حرارة تكوين $SO_{3(g)}$ = حرارة التفاعل

* حرارة تكوين $SO_{3(g)}$ = حرارة احتراق $S_{(s)}$
* حرارة احتراق $S_{(s)}$ = حرارة التفاعل

2- قيمة ΔH للتفاعل $N_{2(g)} + O_{2(g)} + 106.5\ kJ \longrightarrow 2NO_{(g)}$
- ضعف حرارة التكوين * تساوي حرارة التكوين
- ضعف حرارة الإحتراق * نصف حرارة التكوين

3- أي مما يلي غير قابل للقياس بشكل مباشر
- حرارة التكوين * حرارة الإحتراق * المحتوى الحراري * تغير المحتوى الحراري

4- أي مما يلي يقلل الطاقة الحركية لجسيمات عينة مادة ما
- خفض درجة الحرارة * رفع درجة الحرارة
- تثبيت درجة الحرارة * اكتساب العينة طاقة على شكل حرارة

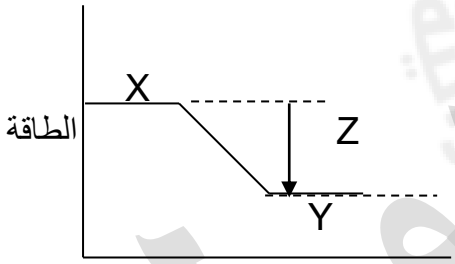
5- أي مما يلي لا ينطبق على المعادلات الكيميائية الحرارية
- قيمة ΔH تتأثر بتغير درجة الحرارة * يلزم تحديد الحالة الفيزيائية للمتفاعلات أو النواتج
- قيمة ΔH تتناسب طرديا مع عدد مولات المواد الخاضعة للتغير * يمكن كتابة المعاملات ككسور

6- معتمدا على التفاعل $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)} + 483.6\ kJ$
ما قيمة الطاقة (kJ) المنطلقة من تكون 0.25 mol من بخار الماء
- 483.6 * 241.8 * 120.9 * 60.45

7- إذا علمت أن المحتوى الحراري لنواتج تفاعل يساوي 458 kJ/mol , والمحتوى الحراري للمتفاعلات 658 kJ/mol , فأي العبارات التالية صحيحة
- النواتج أكثر استقرارا والتفاعل طارد للحرارة * النواتج أكثر استقرارا والتفاعل ماص للحرارة
- المتفاعلات أكثر استقرارا والتفاعل طارد للحرارة * المتفاعلات أكثر استقرارا والتفاعل ماص للحرارة

8- فيما يلي رسم منحنى لتفاعل كيميائي حراري وعليه النقاط الثلاث X , Y , Z

1- ماذا تمثل النقاط الثلاثة



---------- X
---------- Y
---------- Z

2- اقترح نوع التفاعل (طارد أو ماص) . مع التبرير

9- أضيفت حرارة بشكل مستمر لعينة من الماء . وضح ما يحدث في الأقسام 1,2,3,4 على المنحنى

في القسم رقم 1 تزداد الطاقة الحركية (الحركة الجزيئية) لجزيئات الماء (الثلج) بإرتفاع درجة الحرارة
في القسم رقم 2 تزداد الطاقة الكامنة (طاقة الوضع) كلما امتص النظام الطاقة خلال عملية الإنصهار
في القسم رقم 3 تزداد الطاقة الحركية (الحركة الجزيئية) لجزيئات الماء بإرتفاع درجة الحرارة
في القسم رقم 4 تزداد الطاقة الكامنة (طاقة الوضع) كلما امتص النظام الطاقة خلال عملية التبخير

القوى الدافعة للتفاعلات(تلقائية حدوث التفاعلات)
(القسم – 5)

من الطبيعي أن تحدث التفاعلات الطاردة للحرارة بشكل تلقائي حيث تتحول المواد المتفاعلة من مستوى أعلى في الطاقة الى مستوى أدنى في الطاقة وأكثر استقرارا على عكس التفاعلات الماصة للحرارة. إلا أن هناك بعض العمليات الماصة للحرارة تحدث أيضا بشكل تلقائي مثل إنصهار مكعب الثلج والسبب في ذلك هو عشوائية الجزيئات (يسمى الميل الى العشوائية إنتروبي) . حيث تكون عشوائية جسيمات المواد الناتجة أكثرمن عشوائية جسيمات المواد المتفاعلة .

الإنتروبي (S) : هي قياس درجة عشوائية الجسيمات في نظام معين (هو قياس عدد الطرق التي يمكن أن يتم بها توزيع الطاقة عبر نظام ما)

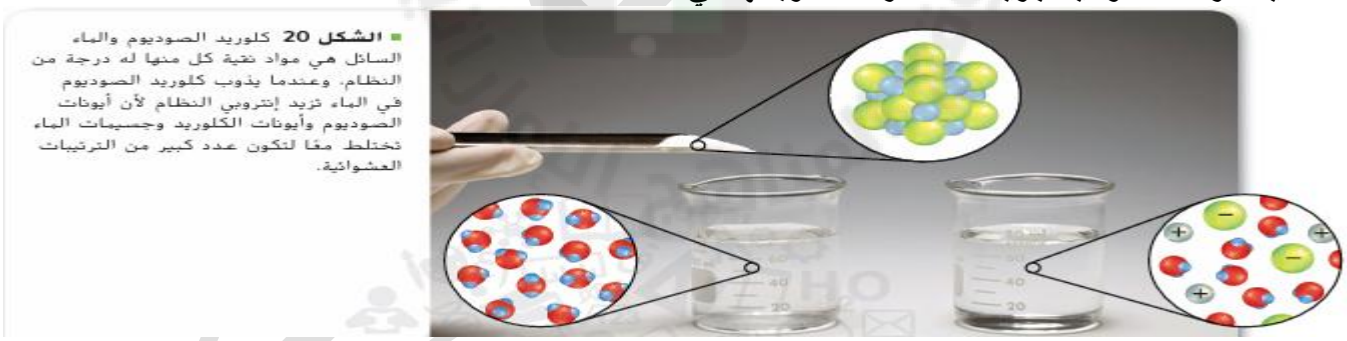
ولتوضيح مفهوم العشوائية نأخذ حالات المادة الثلاثة (الصلبة – السائلة – الغازية) ففي الحالة الصلبة تكون الجسيمات مترابطة بقوة تجاذب كبيرة مما يجعلها تتذبذب في أماكنها ومستقرة في أماكنها (عشوائية الجسيمات منخفضة) بينما عند صهرالمادة وجعلها في الحالة السائلة تكون الجسيمات مترابطة مع بعضها ولكن طاقتها الحركية أكبر فتزداد العشوائية (يصعب تحديد أماكن الجسيمات) وعند تبخر السائل تتباعد الجسيمات وتزداد طاقتها الحركية فتزداد عشوائيتها بشكل أكبر من الحالة السائلة (لا يمكن تحديد أماكن الجسيمات)

ملاحظات :

1- **يمكن توقع حدوث تفاعل (تلقائية التفاعل) من خلال حرارة التفاعل وعشوائية الجسيمات**

2- **إنتروبي الغاز أكبر من إنتروبي السائل وإنتروبي السائل أكبر من إنتروبي الصلب ولكن هناك بعض المواد تشذ عن هذه القاعدة مثل الزئبق (سائل) حيث إنتروبي الزئبق أقل بكثير من إنتروبي بعض المواد الصلبة**

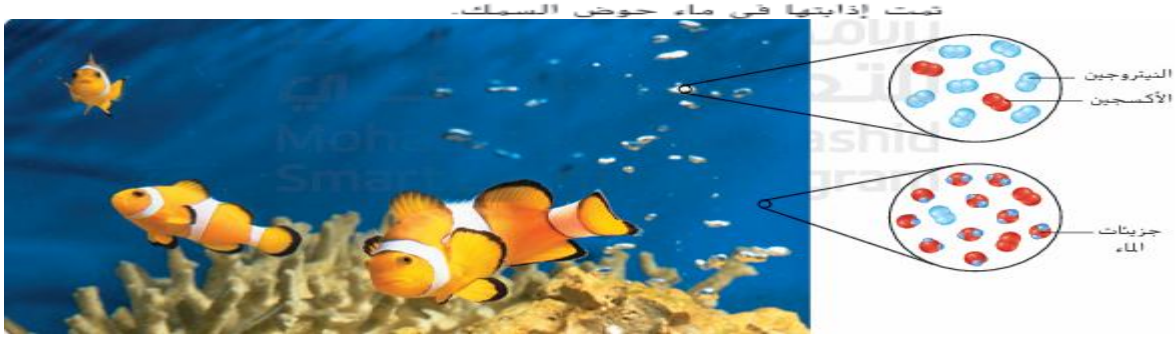
3- **عند ذوبان مادة أقل عشوائية في مادة أكثر عشوائية مثل ذوبان سائل في سائل أو صلب في سائل أو صلب في غاز أو غاز في غاز تزداد العشوائية (الإنتروبي) . لأن المادة الأكثر عشوائية ترفع من عشوائية المادة الأقل عشوائية (لأن الروابط بين جسيمات المادة المذابة تضعف وبالتالي ستتشتت بحرية أكبر في المذيب) . مثل ذوبان السكر في الماء حيث تزداد عشوائية جزيئات السكر عند ذوبانها في الماء**



■ **الشكل 20** كلوريد الصوديوم والماء السائل هي مواد نقية كل منها له درجة من النظام. وعندما يذوب كلوريد الصوديوم في الماء تزيد إنتروبي النظام لأن أيونات الصوديوم وأيونات الكلوريد وجسيمات الماء تختلط معًا لتكون عدد كبير من الترتيبات العشوائية.

4- **عند ذوبان غاز في سائل تقل العشوائية (الإنتروبي) كذلك الحال عند ذوبان سائل في صلب مثل مملغم حشوة الأسنان (ذوبان الزئبق في الفضة) .**

■ **الشكل 19** في الفقاعات، يمكن أن تتحرك جسيمات غازي النيتروجين والأكسجين التي يتكون منها معظم الهواء بحرية أكثر مما إذا تمت إذابتها في ماء حوض السمك.



5- بزيادة درجة الحرارة تزداد العشوائية (الإنتروبي) حيث ستزداد الطاقة الحركية للجسيمات

الشكل 21 من الصعب إدراك أن هذه المنحوتة الإغريقية القديمة هي رأس لحيوان. تشتت جسيمات الحجر الجيري التي تتشكل بفعل الرياح والطقس أو تتحلل بفعل المطر بشكل عشوائي بحيث تتفتت المنحوتة إلى جسيمات صغيرة وتزداد إنتروبي النظام.

6- إن عدد الترتيبات المحتملة للجسيمات في نظام ما يزيد بزيادة كل من (الحجم – الطاقة – عدد الجسيمات) أي عندما تزيد حرية حركة الجسيمات

7- إن إنتروبي صلب بلوري نقي تكون صفرا" عند درجة الصفرالمطلق

8- حسبت الطاقة اللازمة (طاقة ممتصة دائما) لزيادة الإنتروبي لمول من كل مادة عند درجة حرارة محددة ويعبر عن الإنتروبي بالرمز S ووحدتها J/K

9- يمكن حساب قيمة ΔS التغير في الإنتروبي حيث يمثل الفرق بين إنتروبي النواتج وإنتروبي المتفاعلات

10- عندما تكون إنتروبي النواتج أكبر من إنتروبي المتفاعلات تأخذ ΔS قيمة موجبة وعندما تكون إنتروبي النواتج أقل من إنتروبي المتفاعلات تأخذ ΔS قيمة سالبة

11- بما أن الميل الطبيعي للتفاعلات هو زيادة العشوائية بالتالي يجب أن تأخذ ΔS قيمة موجبة

12- <u>القانون الثاني للديناميكا الحرارية</u> : إن العمليات التلقائية دائما ما تستمر بالطريقة التي يزداد بها إنتروبي الكون

$$\Delta S_{\text{كون}} > 0$$

$$\Delta S_{\text{كون}} = \Delta S_{\text{نظام}} + \Delta S_{\text{محيط}}$$

13- الميل الطبيعي للتفاعلات هو في اتجاه يؤدي الى حالة أدنى من الطاقة ويحدث ذلك في التفاعلات الطاردة للحرارة وبالتالي عندما تكون قيمة ΔH سالبة (تفاعل طارد للحرارة) يصبح التفاعل تلقائي أكثر . لأن الحرارة الناتجة تزيد من إنتروبي النظام .

(عندما تكون قيمة ΔH سالبة يكون التفاعل طارد للحرارة لذلك ستنتقل الطاقة من النظام الى المحيط فتقل عشوائية النظام وتزداد عشوائية المحيط)
(عندما تكون قيمة ΔH موجبة يكون التفاعل ماص للحرارة لذلك ستنتقل الطاقة من المحيط الى النظام فتقل عشوائية المحيط وتزداد عشوائية النظام)

14- عندما تكون قيمة ΔH سالبة (طارد للحرارة) و ΔS موجبة (زيادة في العشوائية) فالتفاعل تلقائي بالتأكيد

15- عندما تكون قيمة ΔH موجبة (ماص للحرارة) و ΔS سالبة (نقص في العشوائية) فالتفاعل غير تلقائي بالتأكيد

16- عندما تتعارض قيمة ΔH مع قيمة ΔS يصعب عندئذ تحديد تلقائية حدوث التفاعل . لذلك تم تعريف دالة علاقة تربط بين ΔH و ΔS سميت بالطاقة الحرة أو طاقة جبس ويرمز لها بالرمز ΔG

الطاقة الحرة (طاقة جبس) : هي الطاقة المتاحة للقيام بشغل (هي دالة تربط بين التغير في المحتوى الحراري والإنتروبي)

17- يمكن حساب ΔG التغير في الطاقة الحرة من العلاقة التالية

$$\Delta G = \Delta H - T\,\Delta S$$

التغير في الطاقة الحرة ΔG : هو الفرق بين التغير في المحتوى الحراري للنظام وناتج حاصل ضرب درجة الحرارة بالكلفن في التغير في الإنتروبي

الطاقة الحرة هي طاقة مفيدة للنظام يستغلها النظام لكي يحدث ويصبح تلقائي .

18- عندما تكون قيمة $\Delta G < 0$ يصبح التفاعل تلقائي

الجدول التالي يلخص العلاقة بين تلقائية التفاعل وكل من (ΔH و ΔS و ΔG)

ΔH	ΔS	ΔG	طبيعة التفاعل
قيمة سالبة (طارد للحرارة)	قيمة موجبة (أكثر عشوائية)	سالبة دائما	تلقائي دائما
قيمة موجبة (ماص للحرارة)	قيمة سالبة (أقل عشوائية)	لا تكون سالبة أبدا	غير تلقائي دائما
قيمة سالبة (طارد للحرارة)	قيمة سالبة (أقل عشوائية)	سالبة عند درجات الحرارة المنخفضة	تلقائي عند درجات الحرارة المنخفضة
قيمة موجبة (ماص للحرارة)	قيمة موجبة (أكثر عشوائية)	سالبة عند درجات الحرارة المرتفعة	تلقائي عند درجات الحرارة المرتفعة

19-عند تحرك الماء على السطح نحو أسفل القشرة الأرضية يتفاعل مع الماجما والصخور الساخنة ثم يعود الى السطح على هيئة ينابيع ساخنة يتدفق منها الماء الساخن وبخار الماء . أما المنافذ البركانية فيتدفق منها بخار الماء وغازات أخرى مثل كبريتيد الهيدروجين H_2S . حيث تزداد العشوائية في هذه العمليات الطبيعية التلقائية

<u>تطبيقات :</u>

a) علل التفاعل التالي ماص للحرارة ومع ذلك يسير في الإتجاه الأمامي (تلقائي الحدوث) ؟

$$2NH_4NO_{3(s)} \longrightarrow 2N_{2(g)} + 4H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$$

لأن عشوائية النواتج (3 mol غاز و 4 mol سائل) أكبر من عشوائية المتفاعلات (2 mol صلب)

b) علل تقل الإنتروبي في التفاعل التالي ؟

$$C_2H_{4(g)} + H_{2(g)} \longrightarrow C_2H_{6(g)}$$

يوجد في المواد المتفاعلة 2 mol غاز بينما يوجد في النواتج 1 mol غاز لذلك عشوائية النواتج تكون أقل

c) علل تزداد الإنتروبي في التفاعل التالي ؟

$$CH_{4(g)} + H_2O_{(g)} \longrightarrow CO_{(g)} + 3H_{2(g)}$$

لأن عدد مولات الغازات الناتجة أكبر من عدد مولات الغازات المتفاعلة فتزداد الإنتروبي (يوجد في المواد المتفاعلة 2 mol غاز بينما يوجد في النواتج 4 mol غاز فتزداد الشوائية)
(يسمى المزيج الغازي التالي $3H_{2(g)} + CO_{(g)}$ بغاز الإصطناع لأنه يمكن الحصول منه على العديد من المركبات التجارية المهمة مثل الميثانول CH_3OH)

d) علل التفاعل التالي تلقائي الحدوث (برغم أن الإنتروبي تقل) ؟

$$C_2H_{4(g)} + H_{2(g)} \longrightarrow C_2H_{6(g)}$$

لأن قيمة ΔH سالبة وعامل ΔH هو الغالب على عامل ΔS حيث تقل الإنتروبي في هذا التفاعل

e) علل التفاعل التالي غير تلقائي الحدوث (برغم أن الإنتروبي تزيد) ؟

$$CH_{4(g)} + H_2O_{(g)} \longrightarrow CO_{(g)} + 3H_{2(g)}$$

لأن قيمة ΔH موجبة وعامل ΔH هو الغالب على عامل ΔS حيث تزيد الإنتروبي في هذا التفاعل

f) علل التفاعل التالي تلقائي الحدوث برغم أنه ماص للحرارة ؟

$$2NH_4NO_{3(s)} \longrightarrow 2N_{2(g)} + 4H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$$

لأن قيمة ΔS موجبة وعامل ΔS هو الغالب على عامل ΔH

<u>مسائل حسابية :</u>

1- في تفاعل له $\Delta H = -36KJ$ و $\Delta S = -360\ J/.K$. احسب قيمة ΔG عند درجة $25\ ^\circ C$. هل التفاعل تلقائي ؟ ثم حدد التغيرات على عشوائية كل من النظام – المحيط – الكون

2- تبلغ قيمة ΔS° $0.003\ KJ/K$ للتفاعل التالي .احسب قيمة ΔG للتفاعل وحدد إمكانية حدوثه تلقائيا عند درجة حرارة $298\ K$. ثم حدد التغيرات على عشوائية كل من المحيط – النظام – الكون

$$C_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 393.5\ KJ$$

3- في عملية تبخر البروم التالية

$$Br_{2(l)} \longrightarrow Br_{2(g)}$$

قيمة $\Delta H = 31.0\ KJ$ و $\Delta S = 93.0\ J/K$ فما أقل درجة حرارة تكون عندها هذه العملية تلقائية . ثم حدد التغيرات على عشوائية كل من المحيط – النظام – الكون

4- حدد قيمة ΔS في العمليات التالية (موجبة أم سالبة)

a)تكثف ترسيبي لمول واحد من الغاز ( )

b)رفع درجة حرارة 1L من الماء من 295 K الى 350 K ( )

c)تجميد 1mol من السائل ( )

d)تسامي مول واحد من اليود الصلب ( )

e) $CH_3COOH_{(l)} \longrightarrow CH_3COOH_{(aq)}$ ( )

f) $CH_3OH_{(l)} \longrightarrow CH_3OH_{(aq)}$ (-)

g) $NH_{3\,(g)} \longrightarrow NH_{3\,(aq)}$ ( )

h) $ClF_{(g)} + F_{2\,(g)} \longrightarrow ClF_{3\,(g)}$ ( )

i) $C_{10}H_{8\,(l)} \longrightarrow C_{10}H_{8\,(s)}$ ( )

j) $CO_{2\,(s)} \longrightarrow CO_{2\,(g)}$ ( )

k) $Fe_{(s)} + Zn^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + Zn_{(s)}$ ( )

5- يكون التفاعل التالي طاردا للحرارة تحت ضغط ثابت . في أي الظروف يحدث التفاعل بشكل تلقائي

$$2NO_{2(g)} \longrightarrow N_2O_{4(g)}$$

6- يكون التفاعل التالي ماصا للحرارة تحت ضغط ثابت . في أي الظروف يحدث التفاعل بشكل تلقائي

$$NH_4Cl_{(s)} \longrightarrow NH_{3\,(g)} + HCl_{(g)}$$

7- احسب تغير الإنتروبي للتفاعل الثالث مستعينا بالمعادلات التالية

$S_{8(s)} + 8O_{2(g)} \longrightarrow 8SO_{2(g)}$ $\quad \Delta S = 89$ J/K

$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2SO_{3(g)}$ $\quad \Delta S = -188$ J/K

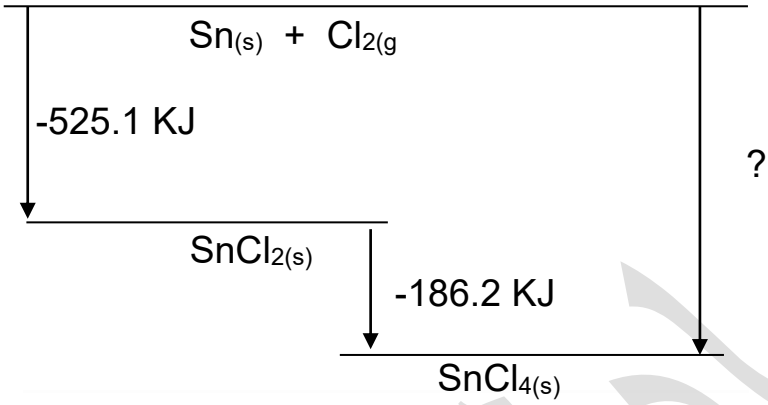
$S_{8(s)} + 12O_{2(g)} \longrightarrow 8SO_{3(g)}$ $\quad \Delta S = ?$

8- تبلغ قيمة ΔH في تفاعل ماص للحرارة 8 KJ . ويحصل هذا التفاعل بشكل تلقائي عند درجة حرارة 25 °C . ما التغير المتوقع للإنتروبي ؟

9- يمثل الشكل التوضيحي اللاحق قانون هيس للتفاعل التالي

$$Sn_{(s)} + 2Cl_{2(g)} \longrightarrow SnCl_{4(s)}$$

استخدم الشكل البياني لتحديد قيمة ΔH لكل خطوة من الخطوات التالية والتفاعل النهائي



$Sn_{(s)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow SnCl_{2(S)}$ $\Delta H =$

$SnCl_{2(s)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow SnCl_{4(s)}$ $\Delta H =$

$Sn_{(s)} + 2Cl_{2(g)} \longrightarrow SnCl_{4(s)}$ $\Delta H =$

9- تتلف معظم الإنزيمات البيولوجية عند تسخينها فتفقد قدرتها على تحفيز التفاعلات . تكون هذه العملية ماصة للحرارة وتلقائية (الإنزيم الأصلي ⟵ الإنزيم التالف) . أي التركيبين يكون أكثر انتظاما (أقل عشوائية) اللأنزيم الأصلي أم الأنزيم التالف ؟ برر اجابتك .

10- أي التفاعلات التالية تتوقع أن يكون تلقائيا في درجة حرارة عالية . وأيها تتوقع أن يكون غير تلقائي دائما

تلقائية التفاعل	ΔG النظام	ΔS° النظام	ΔH° النظام
تلقائي دائما	سالب دائما	+	−
تلقائي في درجات حرارة منخفضة	موجب أو سالب	−	−
تلقائي في درجات حرارة عالية	موجب أو سالب	+	+
غير تلقائي دائما	موجب دائما	−	+

$PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow PCl_{5(g)}$ $\Delta H = -87.9$ kJ

$2NH_{3(g)} \longrightarrow N_{2(g)} + 3H_{2(g)}$ $\Delta H = +92.2$ kJ

$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)}$ $\Delta H = -566.0$ kJ

$H_2O_{(g)} + ½\ O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{2(g)}$ $\Delta H = +105.5$ kJ