ما هي الطاقة؟

لقد فكر الإنسان بثلاث مراحل كبيرة في تصوره للطاقة وهي :

المرحلة الأولى :

كان مفهوم الطاقة ممزوجا مع الطاقة الروحية كما هو في مفهوم النفس والروح.

المرحلة الثانية :

رأى الإنسان أن بعض المواد الجامدة قادرة على أن تنشأ الحركة دون تكوين الحياة .

المرحلة الثالثة :

بـدأت بعد انشتاين وتلامذته ، فالطاقة ليست بالنسبة لنا مادة خاصة وإنما هي صفة ملازمة لكل مـادة جـامدة أو حية تجعلها قادرة على أن تتحول وأن تتغير وأن تولد حالات فيزيائية وكيميائية جديدة ، وأن تؤثر على غيرها من المواد في هذه العملية .

ففـي مرحلة انشتاين ، اختفت الحدود بين المادة الجامدة والحياة ، وتركت المجال لعدد كبير من الحالات المبهمة .

إذا الطاقة هي كيان مجرد لا يعرف إلا من خلال تحولاته .

وتعرف الطاقة بأنها هي المقدرة على القيام بعمل ما. وهناك صور عديدة للطاقة، يتمثل اهمها في الحـرارة والضوء. الصوت ايضا عبارة عن طاقة. وهناك" الطاقة الميكانيكية" التي تولدها الالات، و"الطاقة الكيميائية" التي تتحرر عند حدوث تغيرات كيميائية.

وهـي عـبارة عن كمية فيزيائية تظهر على شكل حرارة أو على شكل حركة ميكانيكية أو كطاقة ربط في أنويه الذرة بين البروتون والنيترون .

وكذلك يمكن حساب الطاقة الناتجة من تحويل الكتلة إلى طاقة وذلك حسب علاقة انشتاين النسبية كالتالي:

الطاقة = الكتلة × مربع السرعة

$$E = m\,c^2$$

حيث أن E هي الطاقة .

m كتلة المادة التي يمكن تحويلها إلى طاقة .

c سرعة الضوء (300 ألف كيلو متر/ثانية) .

وتقـاس الطاقـة بوحـدات مـتعددة ففي الوحدات الدولية SI تقاس بالجول ، حيث أن الطاقة لا تسـتحدث ولا تفـنى وإنما تتحول إلى شكل آخر سواء كليا أو جزئيا ، أي بمعنى آخر إذا تغيرت الطاقـة الداخلـية لمجموعـة معـزولة فإن الطاقة الداخلية الكلية تظل ثابتة ، فعند تشغيل جهاز

كهربي مثل المضخة فإن الطاقة الكهربية تتحول إلى طاقة ميكانيكية بالإضافة إلى طاقة حرارية وهو عبارة عن جزء ضئيل يعمل على تسخين تلك المضخة.

بقاء الطاقة:

إذا كمية الطاقة العالم الموجودة في العالم ثابتة على الدوام، فكما ذكرنا آنفا أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث. وعندما يبدو ان الطاقة قد استنفذت، فانها في حقيقة الامر تكون قد تحولت الى صورة اخرى.

مصادر الطاقة :

لقد عرف الإنسان الطاقة كيف يتحكم بالماء والريح ، وقد خطا خطوات في مجال تسخير الطاقة ، فاخترع الآلة البخارية مهيئا بذلك وسيلة لاستغلال الطاقة ترتب عليها تحقيق عدد كبير من المنجزات في مجال الصناعة ثم اكتشف مصادر هائلة من النفط .

حيث أننا نجد الطاقة في أشكالها المختلفة سواء أكانت فحما أو غازا أو نفطا أو كهرباء .....الخ .

فأصبح بعد ذلك النفط من المصادر الرئيسية للطاقة في هذا الوقت ، ولكن نجد أن مصادر هذه الطاقة قابلة للنضوب على الرغم من وجود احتياطي كبير .

وبالتالي لابد من البحث عن مصادر جديدة للطاقة .

لذلك قد بدأ العلماء في البحث عن بدائل للوقود الأحفوري سميت بالطاقة المتجددة تتميز عن الوقود الأحفوري بأنها لا تنضب مقارنة مع النفط الذي يتوقع له أن ينضب خلال القرن القادم .

كما أن استغلال الطاقة النووية في توليد الكهرباء محفوف بالمخاطر البيئية إضافة إلى أن مصادر اليورانيوم في العالم محدودة ولكن تكفي لمدة طويلة .

ومن خلال ما سبق نجد أن مصادر الطاقة يمكن أن تقسم إلى مصدرين رئيسيين هما:

1- مصادر غير المتجددة . 2- مصادر متجددة

أولا : مصادر الطاقة غير المتجددة :

وهي عبارة عن المصادر الناضبة أي أنها سوف تنتهي عبر زمن معين لكثرة الاستخدام ، وهي متوفرة في الطبيعة بكميات محدودة وغير متجددة وتشمل الوقود الأحفوري مثل النفط والغاز والفحم بكل الأنواع التي تكونت عبر السنين الماضية في جوف الأرض .

وهي ذات أهمية لأنها تختزن طاقة كيميائية من السهل إطلاقها كطاقة حرارية أثناء عملية الاحتراق .

وتشـمل هذه المصادر الطاقة النووية التي تستخدم في عملية توليد الكهرباء عن طريق استخدام الحرارة الناتجة عن عمليات الانشطار النووي في المفاعلات النووية .

وكذلك نجد أن مصادر هذه الطاقة بجانب أنها ناضبة فإنها ملوثة للبيئة .

وسنذكرها بشئ من التفصيل:

الطاقة النووية

توصـل العلمـاء خـلال الخمسـين السنة الاخيرة الى تحرير هذه الطاقة من بعض العناصر مثل اليورانيوم والبلوتونيوم.

الخشب والفحم

تـنطلق الطاقـة مـنهما بالاحتراق في سورة حرارة وضوء. يتكون الفحم من بقايا النباتات التى عاشـت مـنذ ملايين السنين. الطاقة الموجودة في الخشب والفحم تاتى من الغذاء التي صنعته الاشجار والنباتات الاخرى بواسطة اشعة الشمس.

البترول

هو احد اهم مصادر الطاقة. ومنه نحصل على البنزين وزيت الديزلوزيت البرافين والاف المنتجات الاخرى. يتكون البترول من بقايا النباتات والحيوانات البحرية الدقيقة.

الغاز الطبيعي

يتكون تقريبا بنفس الطريقه التي يتكون بها البترول ويوجد بين طبقات الصخور العميقه في باطن الارض.

الكهرباء

هـي اعظـم صـور الطاقـه فائده،حيث يمكن توصيلها من مكان الى اخر عبر اسلاك. كما يمكن تولـيدها بسهوله من صور الطاقه الاخرى. فعلى سبيل المثال تستخدم طاقة مساقط المياه لتشغيل المولدات التي تنتج الكهرباء وهذه هي احدى صور "الكهرباء المائيه" او الكهرباء المولده بالقوى المائيه.

ثانيا : مصادر الطاقة المتجددة :

وهي عبارة مصادر طبيعية دائمة وغير ناضبة ومتوفرة في الطبيعة سواء أكانت محدودة أو غير محدودة ولكنها متجددة باستمرار وتسمى كذلك بمصادر الطاقة الثانوية ، وهي نظيفة لا ينتج عن اسـتخدامها تلوث بيئي ومن أهم هذه المصادر الطاقة الشمسية التي تعتبر في الأصل هي الطاقة الرئيسـية فـي تكـوّن مصادر الطاقة وكذلك طاقة الرياح وطاقة المد والجزر والأمواج والطاقة

الحـرارية الجوفـية والطاقة وطاقة المساقط المائية وطاقة البناء الضوئي والطاقة المائية للبحار والمحيطات .

وكذلـك نلاحـظ أن المصادر المائية وطاقة المد والجزر وطاقة الرياح هي عبارة مصادر طبيعية للطاقة الميكانيكية .

وبالتالي فإنه من الواجب علينا التطرق الى هذا المصادر.

(1) طاقة الرياح:

تسـتخدم طاقـة الرياح في تسيير السفن الشراعية واليخوت حتى السفن الكبيرة كانت تعتمد على طاقـة الرياح قبل أن تكتشف المحركات .وكانت طواحين الهواء تستخدم لمئات السنين في طحن القمـح و الغـلال الأخرى ولا يزال الفلاحون حتى يومنا هذا يستخدمون هذه الطواحين بكثرة في ضخ المياه .بعض هذه الطواحين تستخدم لإدارة مولدات القدرة الكهربية . ولكنها عادة لا تنتج إلا كميات ضئيلة من الكهربية قد لا تكفي إلا لمزرعة واحدة.

(2) طاقة المياه:

تأتـي الطاقـة المائـية من طاقـة تدفق المياه أو سقوطها . ولقد كانت طاقة المياه من أول أنواع الطاقة التي تعلم الإنسان استخدامها منذ حوالي 2000سنة ، حيث اخترع إنسان ما الساقية (الناعورة) وهي عبارة عن عجلـة ذات ارياش حول إطارها وعندما يرتطم الماء المتحرك بالا رياش فانه يدير العجلة ويستخدم العجلة الدوارة في تسيير آلة. بهذه الطريقة تتحول طاقة المياه إلى طاقة ميكانيكية .

لقد ظلت السواقي لمئات السنين تستخدم في طواحين المياه لطحن الغلال. كانت العجلات تدار بواسطة مياه الأنهار سريعة التدفق. في الوقت الحاضر، يعتبر توليد الكهرباء من أهم استخدامات القدرة المائية ، فعندما يتدفق الماء من مستوى عال إلى مستوى منخفض فانه يدير التوربينات التي تشغل المولدات الكهربائية . والتوربين يعمل بنفس الطريقة التي تعمل بها الساقية. ويطلق على الكهـرباء التي تولد بهذه الطريقة اسم الكهرباء المائية.في العادة تشيد بجانب النهر محطة لتوليد القدرة الكهربية بالقوة المائية . يقم سد ليحجز خلفه مياه النهر، ثم يغذيها للتوربينات بقوة هائلة.

(3) طاقة المد والجزر والأمواج :

توجد كميات هائلـة من الطاقـة في حركات المد والجزر بالمحيطات . ويمكن استخدام هذه الطاقة في أغراض مختلفة . فعلى سبيل المثال، محطات توليد القدرة الكهربية من حركات المد والجزر تعمل كمحطات هيدروكهربائية لتوليد القدرة وذلك بتحويل طاقة مياه المد والجزر المتحركة إلى الكهرباء .ايضـا، تعتبر حركة أمواج البحر إلى أعلى والى اسفل مصدرا للطاقة ، ويمكن استخدامه لتوليد الكهرباء.

(4) مجمعات الطاقة الشمسية:

إن معظـم الطاقـة التـي يستخدمها العالم تأتي اصلا من الشمس. لكن مجمعات الطاقة الشمسية تستخدم تلك الطاقة المستمدة مباشرة من الشمس بدلا من تبديدها دون جدوى .

تجمـيع الطاقة :هناك طريقتان في الطريقة الأولى ، يتم تركيز أشعة الشمس على مجمع بواسطة مـرايا مكافئـيه المقطع (طاسية الشكل) . ويتكون المجمع عادة من عدد من الأنابيب بها ماء أو هواء. تسخن حرارة الشمس الهواء أو تحول الماء إلى بخار.

في الطريقة الثانية ، يمتص المجمع ذو اللوح المستوى حرارة الشمس تقريبا بنفس الطريقة التي يمتصها بها مستنبت زجاجى في بستان . وتستخدم الحرارة لتنتج هواء ساخن أو بخار .

استخدامات الطاقة الشمسية:

يمكـن استخدام الطاقة الشمسية في أغراض كثيرة احد أهم هذه الاستخدامات هو تدفئة المنازل. يمـرر الهـواء الساخن أو الماء الساخن في مواسير ومشعات حول المنزل.يمكن استخدام البخار لادارة توربيـن يشـغل آلة أو يساعد على توليد كهرباء . كذلك يمكن تركيز أشعة الشمس بحيث تسخن الأفران وتطهى الطعام.

أشكال الطاقة وتحولاتها :

بما أن الطاقة هي القدرة للمادة على اعطاء قوى قابله على انجاز عمل معين .

فهل للطاقه اشكال مختلفه؟ولماذا ؟

أجل. يوجد للطاقه اشكال مختلفه مثل:- الطاقه العضليه ، الطاقه الحركيه، الطاقه الشمسيه طاقة جريان الماء، طاقة موادالوقود الطاقه الكهربائيه ،الطاقه الكيماويه ...

مثال :

عـندما تكـون وجوههـا المخـتلفه تساعد في عملية تحول الطاقه من شكل الى اخر فالحصان المتحرك يولد الطاقه الكيماويه الموجوده في الشوفان والتبن الى طاقه من نوع اخر .

فمن اين تاتي هذه الطاقه الكيماويه ؟ ان الشوفان والتبن هما نباتات تحول نور الشمس وحرارتها من اجل النبته ، وهي تلتقط النور والحراره في اجزائها المختلفه .

ثم ان كل انواع الطاقه تاتي من نور الشمس وحرارتها ،ولا يتعلق الامر بالطاقه المنتشره الظاهره فقـط، بـل ايضـا بالطاقـه الكامنه في النباتات الماكوله من قبل الحيوانات التي تستطيع الجري فالحصان متحرك ذو قوه نوويه .

اذا هناك صور عديدة للطاقة وهي :

1- طاقة كيميائية .

2- طاقة ميكانيكية.

3- طاقة حرارية.

4- طاقة شمسية.

5- طاقة نووية.

6- طاقة كهربية .

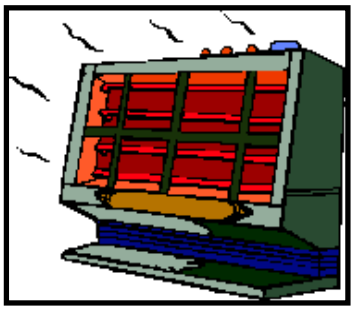
7- طاقة ضوئية.

ومن الملاحظ أن هذه الأشكال من الطاقة يستلزم جميعها الحركة ، فالحرارة هي عبارة عن هياج للجزيئات ، والتفاعلات الكيميائية تقتضي اتحاد أو تفكك الذرات والإلكترونات التي تربط بينها ،أي أنهـا حركة ، وكذلك الطاقة النووية هي إعادة تنظيم للنويات التي تدخل إلى نواة الذرة أو تخرج

مـنها ، وبالتالي فالطاقة تنقل وتحمل بشكل حركة أو اصطدامات تعطي الحركة بشكل دائم ، وكل شيء في الكون هو عبارة عن حركة .

فـنور الشمس يتحول إلى حرارة بعدما كان قد تخزن داخل المواد بشكل كيميائي ، والجدير بالذكر أن كل ما استعمله الإنسان من طاقة حتى اليوم كان ناتجا عن هذا التحول .

فعلـى سـبيل المثال لو نظرنا الى السخان الكهربائي لوجدنا أنه يعمل بالكهرباء وأنه نتيجة ذلك يعطي حرارة ، وهذا الجهاز خير مثال لتحول الطاقة من الطاقة الكهربائية الى الطاقة الحرارية .



ولكن يجدر بنا التحدث بشئ من التفصيل عن هذه الأشكال و لنبدأ بـ ـ ـ ـ :

(1) الطاقة الميكانيكية :

وهي الطاقة الناتجة من حركة الأجسام من مكان إلى آخر حيث أنها قادرة نتيجة لهذه الحركة على بـذل شغل ويصاحب هذا الانتقال اختلاف في طاقة الوضع Potential Energy ، وطاقة حركية Kinetic Energy ، والأمثلة الطبيعية لهذا النوع من الطاقة هي :

حركة الرياح ، و ظاهرة المد والجزر ، ويمكن أن تنشأ الطاقة الميكانيكية بتحويل نوع من الطاقة إلى آخر ، فقد تستخدم المروحة الكهربية في تحويل الطاقة الكهربية إلى طاقة ميكانيكية .

ووحدة قياس الطاقة الميكانيكية هي الجول. ويوجد هناك نوع آخر من الطاقة الميكانيكية هي:

الطاقـة الصـوتية ويحدث الصوت عند اهتزاز مصدر صوتي بتردد معين ، وتنتقل طاقة منه إلى وسط مادي مجاور بصورة دورية حتى تصل إلى أذن السامع ، والصوت لا ينتقل في الفراغ وإنما يحتاج إلى وسط مادي لكي تنتقل الموجة الميكانيكية .

والصـوت ينتشـر علـى شـكل أمواج ميكانيكية تؤثر في الوسط الذي ينتشر فيه مما ينتج عنه اضطراب دوري تتولد تبعا لذلك طاقة صوتية .

وللطاقـة الصوتية لها استخدامات كثيرة فيمكن أن تستخدم في المجال العسكري لإحداث ضوضاء في البنية التحتية ، ويحاول الإنسان حاليا استخدام الطاقة الصوتية للهجوم العسكري.

وكذلك تستخدم الطاقة الصوتية في المجال الطبي .

(2) الطاقة الحرارية :

تعتـبر الطاقة الحرارية من الصور الأساسية للطاقة التي يمكن أن تتحول كل صور الطاقة إليها ، والطاقة الحرارية هي عبارة عن الطاقة الحركية التي تمتلكها جزيئات وذرات المادة .

فعند تشغيل الآلات المختلفة باستخدام الوقود الهيدروكربونية تكون أول خطوة هي حرق الوقود ، والحصول على طاقة حرارية تحول بعد ذلك إلى طاقة ميكانيكية أو إلى أي نوع من أنواع الطاقة.

ولا تـتوفر الطاقـة الحرارية بصورة مباشرة في الطبيعة إلا في مصادر الحرارة الجوفية ، ومن المعـروف أن جزيـئات المـادة لها كتلة وسرعة ، ومن ثم تكون لها طاقة حركية وطاقة وضع ومجموع هاتين الطاقتين تعرف بالطاقة الداخلية له .

وكذلـك الاسـتفادة مـن الطاقـة الحرارية من أشعة الشمس ويتم ذلك عن طريق تحويل الطاقة الإشعاعية إلى طاقة حرارية .

والطاقـة الحـرارية لها القدرة على الاختراق والنفاذ خلال الأوساط المادية التي تنقسم إلى ثلاثة أنواع وهي :

(أ) وسط شفاف حراري : وهو الوسط الذي يسمح بنفاذ الإشعاعات الحرارية .

(ب) وسط نصف شفاف: وهو الوسط الذي يسمح بنفاذ بعض الإشعاعات الحرارية وتستخدم هذه الظاهرة في تشييد البيوت المحمية التي تستخدم في زراعة بعض المحاصيل الزراعية التي تكون مصنوعة من الزجاج الذي يسمح بنفاذ بعض من تلك الإشعاعات الحرارية .

(ج) وسـط معـتم حراريا : وهو الوسط الذي لا تنفذ منه الإشعاعات الحرارية بل يمتص معظمها مـن الأجسـام الساخنة المحيطة به . وترتفع درجة حرارته مما يؤدي ذلك إلى زيادة في الطاقة الداخلية ، التي بدورها تتحول إلى طاقة حرارية ويصبح مصدرا لانبعاث الإشعاعات الحرارية .

(3) الطاقة الشمسية :

الطاقـة الشمسية هي مصدر للطاقة لا ينضب ولكنها تصل إلينا بشك مبعثر إذ يبلغ منها بواسطة الإشعاع أو الانعكاس أكثر من 77% وبالتالي لا يمكن إلا استرجاع قسم ضئيل منها .

والطاقة الشمسية طاقة نظيفة فلا ينتج عن استعمالها غازات أو نواتج ضارة بالبيئة كما هي الحال في أنواع الوقود التقليدي .

ويمكن استخدام الطاقة الشمسية بطريقتين :

أ- الطريقة الأولى : النباتات تصنع غذاءها باستخدام ضوء الشمس ويحصل الانسان على الطاقة بأكله النباتات والحيوانات التي أكلت النباتات . وبذلك تكون الطاقة في أجسادنا من الشمس .

ب- الطـريقة الثانـية : باسـتخدام الخلايـا الشمسية حيث تستخدم بعض البيوت " السخان الشمسي " في تسخين الماء للأغراض المختلفة . كما وتستخدم الخلايا الشمسية لتزويد الطائرة بالطاقة حيث تتحول الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية تَستغل في تشغيل الطائرة .

(4) الطاقة النووية :

هـي الطاقة التي تربط بين مكونات النواة أي (بروتونات أو نيترونات) وهي تنتج نتيجة تكسر تلك الرابطة وتؤدي إلى إنتاج طاقة حرارية كبيرة جدا وذلك حسب علاقة انشتاين كما تقدم .

(5) الطاقة الكهربية :

لا يوجـد مصـدر طبيعـي للكهرباء ، والسبب في ذلك أن جميع المواد تكون متعادلة كهربائيا ، والطاقـة الكهربـية لا تنشأ إلا بتحويل نوع من أنواع الطاقة إلى طاقة كهربية .ومثال على ذلك تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربية كما هو الحال في المولد الكهربائي.

كمـا توجـد أنـواع أخرى لتوليد الطاقة الكهربية بتحويل الطاقة النووية إلى طاقة كهربية ، أو استخدام الطاقة الشمسية وذلك عن طريق الخلايا الكهروضوئية ، أو تحويل الطاقة الكيميائية كما هو في البطاريات .

(6) الطاقة الضوئية :

يتم تحويل الطاقة الضوئية إلى أنواع أخرى من الطاقة وذلك حسب الحاجة المراد بها، مثل الطاقة الكهربـية في الخلايا الضوئية ، أو الطاقة الحرارية في عمليات التسخين الحراري كما هو الحال في تسخين المياه .

ويسـتخدم النبات الطاقة الضوئية مباشرة لعمليات التمثيل البنائي لإنتاج مركبات عضوية تختزن طاقة كيميائية .

(7) الطاقة الكيميائية :

هذا النوع من الطاقة متوفر في الطبيعة ومن أهم أنواع الوقود الموجود مثل النفط والفحم والغاز الطبيعـي وكذلـك الخشـب ، والطاقة الكيميائية هي الطاقة التي تربط بين ذرات الجزيء الواحد

بعضـها بـبعض في المركبات الكيميائية أو مكونات النواة في العناصر التي تدخل ضمن تفاعلات الانشطار والاندماج النووي .

وتـتم عملية تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة حرارية عن طريق إحداث تفاعل كامل بين المركب الكيميائـي وبين الأكسجين لتتم عملية الحرق وينتج من ذلك الحرارة . وحيث أن كل جزيء في أي مركب لديه مخزون من الطاقة يسمى بالمحتوى الحراري وهو عبارة عن مجموعة من طاقة الجهد الناتجة عن قوى التجاذب والطاقة الحركية الناتجة عن الحركة الانتقالية للجزيئات .

فإن جميع المواد الهيدروكربونية يرافق تفاعلها مع الأكسجين انبعاث حراري وهي تصلح وقودا.

ورغـم تعـدد صور الطاقة إلى أنه يمكن تقسيمها جميعا إلى نوعين أساسيين هما: طاقة وضع وطاقة حركة.

والتفاعلات الكيميائية من أهم مصادر الطاقة التي يستفاد منها في مجالات كثيرة في الحياة ، مثل اسـتخدام الفحـم أو البترول أو الغاز كوقود وذلك لانطلاق كمية كبيرة من الطاقة الحرارية عند احتراق الفحم أو البترول أو الغاز (يعتبرتفاعل كيميائي) ، وايضا هناك تفاعلا ت كيميائية تولد طاقـة كهربائـية ، كمـا يحـدث للمـواد المستخدمة في العمود البسيط زالعمود الجاف والمركم الرصاصي (بطارية السيارة) ولذلك تستخدم كمصدر للكهرباءفي مجالات عديدة .

وحدات الطاقة :

السعر : Calorie

هـو وحـدة قياس كمية الحرارة وهو عبارة عن "كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء درجة مئوية "

واهـم مضـاعفات السعر هي الكيلو سعر ويساوي 1000سعر وحيث أن كل 4.18جول تولد كمية من الحرارة = 1سعر فيمكن تعريف الجول Joule.

(بأنه كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1جرام من الماء بمقدار4.18/1 درجة مئوية)

وأهـم مضاعفات الجول هو الكيلو جول ويساوي 1000جول وقد يوحي الكيلو جول للاعتقاد بأنه يمـثل كمية كبيرة من الطاقة إلا أنه في الواقع كمية صغيرة جدا ، فمثلا الكيلو جول الواحد يمكنه تسخين 3سم ^{3} فقط من الماء من درجة الحرارة العادية إلى درجة الغليان . كما إن كمية الحرارة الناتجة من احتراق قطرة واحدة (0.04 سم^3) من الكحول الإيثيلي تقدر بواحد كيلو جول .

وتظهر الطاقة في صورة متعددة منها الطاقة الحرارية والطاقة الضوئية والطاقة الميكانيكية (طاقة الوضع وطاقة الحركة) والطاقة الكهربية والطاقة النووية .

وصور الطاقة جميعا من أصل واحد ويكمن تحويل أي صورة منها إلى الصورة الأخرى .

الطاقة الكيميائية:Chemical energy

الطاقـة الكيميائية هي المختزنة داخليا في المادة أي " هي الطاقة التي أختزنت داخل وحدات بناء المـادة أثناء تكونها نتيجة لارتباط الذرات مع بعضها بروابط كيميائية " وتعتمد كمية هذه الطاقة علـى نوع وترتيب الذرات والجزيئات بالنسبة لبعضها في المادة ولذا فهي تعتبر صورة من صور طاقة الوضع ، وهذه الطاقة إما أن تمتص أو تنطلق جزئيا أو كليا أثناء التفاعل الكيميائي .وتوجد المادة النقية في صورة عناصر أو مركبات .

العنصر : Element
يعرف العنصر بأنه مادة نقية تحتوي على نوع واحد من الذرات سواء ذرات مفردة كما في الغازات النبيلة مثل الهيليوم أو النيون أو ذرات من نوع واحد مرتبطة مع بعضها بروابط كيميائية في شكل جزيئات مثل جزيئات عنصر الأكسجين O_2 أو جزئ عنصر الكلور Cl_2 .
المركب : Compound
يعرف بأنه عدد من الذرات لعناصر مختلفة مرتبطة مع بعضها بروابط كيميائية مثل : حمض الهيدروكلوريك HCl أو أكسيد النحاس CuO .

و تختزن الطاقة الكيميائية في المادة سواء أكانت في صورة :

(أ) ذرة مفردة .

(ب) جزئ سواء كان جزئ عنصر أو جزئ مركب .

(ج) جزيئات عديدة موجودة في نظام واحد مثل جزيئات الماء .

وسنتناول بشي من التفصيل دراسة الطاقة الكيميائية المختزنة في كل منها .

(أ) الطاقة الكيميائية في الذرة :

تتركـب ذرة أي عنصـر مـن نواة تحتوي على عدد من البروتونات الموجبة الشحنة وعدد من النـيوترونات المـتعادلة الشحنة – ويدور حول النواة عدد من الالكترونات السالبة الشحنة مساو لعدد البروتونات في النواة ، بحيث تكون الذرة متعادلة كهربيا .وتدور الالكترونات حول النواة في عـدد مـن الأغلفـة الالكترونـية أو مسـتويات الطاقة (الشكل) ويكون لأي إلكترون في أي من مستويات الطاقة نوعين من الطاقة :

1- طاقة الوضع :

وهـي طاقـة ارتباطه بالنواة نتيجة جذب النواة له وتتوقف على موضعه بالنسبة للنواة أي بعده عنها فكلما بعد الإلكترون عن النواة كانت طاقة وضعه أكبر والعكس صحيح .

2- طاقة حركة :

وتنشأ نتيجة حركة الإلكترون الدورانية حول النواة .

ومجموع هاتين الطاقتين يسمى بطاقة الإلكترون في المستوى (طاقة المستوى)

طاقة المستوى = طاقة حركة الإلكترون + طاقة وضعه.

وعلـى ذلك نجد أن لكل مستوى طاقة مختلفة عن غيره فكلما عد المستوى عن النواة كلما كانت طاقته أكبر.

(ب) الطاقة الكيميائية في الجزئ:

ذكـرنا أن الجـزيء عبارة عن ذرتين أو أكثر لعنصر واحد أو لعدة العناصر مرتبطة مع بعضها بـروابط كيميائية . وقد تكون الرابطة الكيميائية رابطة تساهمية أو أيونية أو غير ذلك (كما هو في فصل الروابط).

(ج) طاقة الربط بين الجزيئات :

من المعروف أن المادة توجد في أحد الحالات الثلاثة : الحالة الصلبة أو الحالة السائلة أو الحالة الغازية ، وترتبط جزيئات المادة في حالاتها الثلاثة بقوى جذب متفاوتة – حيث تكون قوى الجذب بيـن الجزيـئات فـي الحالة الصلبة أكبر مايمكن مما يعطي الجسم الصلب حالة الجمود والشكل المحـدد – وتكون قوى الجذب بين الجزيئات في الحالة السائلة ضعيفة مما يعطي الجزيئات حرية أكـبر فـي الحـركة فتأخذ مثلا شكل الإناء الذي توضع فيه . أما في الحالة الغازية فتكون قوى الجذب بين الجزيئات معدمة تقريبا ؛ لذا فهي تتحرك في جميع الاتجاهات وتنتشر في حجم متاح .

وتعرف قوى الجذب بين الجزيئات المادة بقوى جذب فاندرفال Vander valls وهي عبارة عن طاقـة وضع ؛ لذا فهي تعتمد على المسافة بين الجزيئات وعلى كتلتها .ومجموع الطاقات السابقة وهـي الطاقـة فـي الذرة (طاقة الالكترونات في أغلفة الذرة) وطاقة الجزيء (طاقة الروابط الكيميائـية) وطاقـة التجاذب بين الجزيئات . تمثل الطاقة المختزلة في المادة – وهو ما يسمى بالمحتوى الحراري للمادة .

قانون بقاء الطاقة : Law of Conservation of energy

"عند حدوث أي تغير في نظام معزول وجد أن كمية الطاقات قبل وبعد التغير تكون ثابتة "

ويعـرف الـنظام : بأنه أي جزء من الكون نختصه بدراسة معينة ويفصله عن باقي الكون حدود معينة وما عداه من خارج هذه الحدود يطلق عليه الوسط المحيط ، وقد يكون النظام غير معزول عن الوسط المحيط ، أي يكون هناك تبادل للطاقة بين النظام والوسط المحيط مثل ما يحدث عندما نجري تفاعل كيميائي في كأس مفتوح ، حيث يتم تبادل الطاقة بين وسط التفاعل من خلال جدران الكأس إلى الوسط المحيط . وقد يكون النظام معزولا عزلا تاما عن الوسط المحيط مثل تفاعل يتم فـي مسعر حراري معزول حيث لا يكون هناك أي تأثير من الوسط المحيط على النظام مثل انتقال المادة أو الطاقة منه أو إليه .

ويمكن التعبير أيضا عن قانون بقاء الطاقة بالصيغة الآتية :

"الطاقـة لا تفـنى ولا تستحدث من العدم ، ولكن لا يمكن تحويلها من صورة إلى أخرى" ويرتبط قـانون بقـاء الطاقـة ارتـباطا وثيقا بالقانون الأول للديناميكا الحرارية (يدرس علم الديناميكا الحـرارية الظواهر الحرارية المرتبطة بحركة الأجسام ، وينص القانون الأول للديناميكا الحرارية على الآتي :

" تظل الطاقة الكلية لأي جسم أو نظام معزول ثابتة ، بحيث إذا اختفت كمية معينة من احدى صور الطاقة نتجت كمية مكافئة لها تماما في صورة أخرى ".

التغيرات الحرارية المصاحبة للتفاعلات الكيميائية :

تصـاحب التفاعلات الكيميائية عادة تغيرات حرارية فبعض التفاعلات الكيميائية يلزم لحدوثها رفع درجـة الحرارة وبعض التفاعلات الآخرى ينطلق منها حراره عند حدوثها ويختص علم الكيمياء الحرارية بدراسة التغيرات الحرارية التي تصاحب التفاعلات الكيميائية وتقسم التفاعلات الكيميائية فـيما يـتعلق بالتغـيرات الحـرارية التي تصاحبها إلى تفاعلات طاردة للحرارة وتفاعلات ماصة للحرارة .

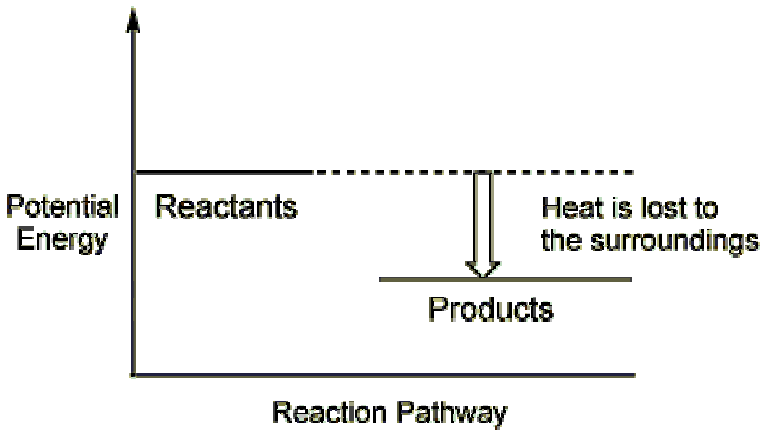
1- التفاعلات الطاردة للحرارة :

وهـي التفاعلات الكيميائية التي يصاحبها ظهور طاقة حرارية كناتج من نواتج التفاعل ، و مـن أمثلة هذه التفاعلات تكوين ثاني أكسيد الكربون من عناصره وهي الكربون والأكسجين وكذلك تكوين الماء من تفاعل غازي الهيدروجين والأكسجين .

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

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

في هذا النوع من التفاعلات تنتقل الطاقة الحرارية من التفاعل إلي المحيط الخارجي فترتفع درجة حرارته ، وهذا يدل على أن طاقة المواد الناتجة من التفاعل أقل من طاقة المواد المتفاعلة .



2- التفاعلات الماصة للحرارة :

وهـي التفاعلات الكيمائية التي يصحبها امتصاص طاقة حرارية ، , وبالتالى يكون هناك نقص فى الطاقة غالبا ما يتم تعويضه فى شكل حرارة. وغالبا ما يتم وصف التفاعلات الماصة للحرارة على أنهـا الـتفاعلات الـتى "تشعر بالبرد". والتفاعلات الماصة للحرارة هى عكس التفاعلات الطاردة للحرارة ,والتى ينبعث منها حرارة . ويتم تلخيص ذلك في المعادلة الكيميائية كالتالي :

المتفاعلات + طاقة ← النتواتج

ومـن أمثلة هذه التفاعلات تكوين ثاني كبريتيد الكربون من تفاعل الكبريت مع الكربون وتكوين غاز أكسيد النيتريك من تفاعل النيتروجين مع الأكسجين .

$$C_{(s)} + 2S_{(s)} + Heat \longrightarrow CS_{2(s)}$$

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

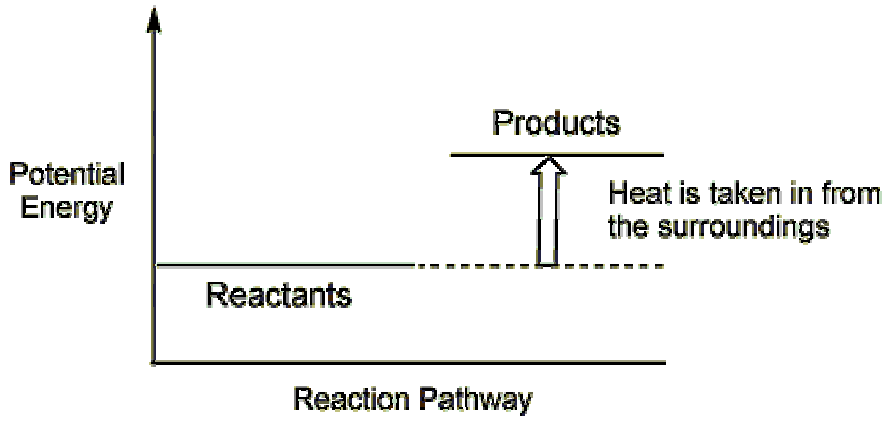
وكذلك تحلل الماء إلى الهيدروجين والأكسجين

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

وتفكك أكسيد الزئبق II في درجات الحرارة العالية.

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

في هذه التفاعلات تمتص الطاقة الحرارية من المحيط الخارجي فتنخفض درجة حرارته وهذ ا يدل على أن طاقة المواد الناتجة من التفاعل أكبر من طاقة المواد المتفاعلة .



وبالـرغم مـن أن عملـية تكسر الرابطة بين المتفاعلات فى أى عملية كيميائية تتطلب كمية مبدئية من الطاقة (طاقة التنشيط) ، فإنه فى حالة التفاعلات الماصة للحرارة فإن الطاقة تنطلق عندما تتكون الروابط لعمل المتفاعلات تكون أقل من الطاقة اللازمة لكسر الروابط فى النواتج. وعـندئذ يكـون لإلكـترونات الترابط فى النواتج طاقة أعلى من المتفاعلات .وغالبا ما تكون الطاقـة الحـرارية المحيطة بالمتفاعلات هى ما يسبب كسر هذه الروابط ,وعلى هذا فإنه عند إنتقال الطاقة الحرارية من ما يحيط بالمتفاعلات إليها يسبب ذلك برودة حول المتفاعلات ولكي يمكـن تفسـير ظاهرتي الطرد والامتصاص الحراري في التفاعلات الكيميائية لابد من دراسة المحتوى الحراري .

المحتوى الحراري (H) والتغير في المحتوى الحراري (ΔH) :

Heat Content & Change in Heat Content

يعرف المحتوى الحراري للمادة بأنه مجموع الطاقات (مقدار الطاقة) المختزنة في مول واحد من المادة .

وحيـث أن جزيئات المواد المختلفة تختلف في نوع الذرات أو عددها أو أنواع الروابط فيها ، فمن الطبيعي أن يختلف المحتوى الحراري للمركبات المختلفة . ومن غير الممكن عمليا قياس المحـتوى الحـراري للمركبات المختلفة ، ولكن ما يمكننا قياسه هو التغير الحادث للمحتوى

الحـراري (ΔH) أثـناء التغيرات المختلفة التي تطرأ على المادة وهذه التغيرات قد تكون فيزيائـية أو كيميائية وهي تحدث تحت ضغط ثابت وذلك لأن التفاعلات التي تتم داخل المختبر تجـري فـي العـادة فـي كؤوس أو دوارق أو أنابيب اختبار ، وهي مفتوحة ومعرضة للجو المحـيط ويكـون الضـغط مساويا تقريبا للضغط الجوي والتغير في المحتوى الحراري هو الحرارة المنطلقة أو الممتصة بواسطة التفاعل (النظام) و يساوي مجموع المحتوى الحراري للمواد الناتجة ومجموع المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة .

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

التغير في المحتوى الحراري = المحتوى الحراري للنواتج – المحتوى الحراري للمتفاعلات

قـيمة ΔH يمكـن أن تكون موجبة أو سالبة وهذا يعتمد على العملية نفسها فمثلا في التفاعلات الماصـة للحرارة يكون المجموع الجبري للمحتوى الحراري للمواد الناتجة من التفاعل أكبر من المـواد المـتفاعلة ، وتكـون قـيمة ΔH موجبة (أكبر من الصفر) بينما في التفاعلات الطاردة للحـرارة يكـون المجمـوع الجبري للمحتوى الحراري للمواد المتفاعلة أكبر منه للمواد الناتجة وتكون قيمة ΔH سالبة (أقل من الصفر).

وعـند قياس المحتوى الحراري للمركبات افترض أن المحتوى الحراري للمادة العنصرية يساوي صفرا .

وسنعرض هنا أمثلة توضح ما سبق :

مثال(1):

عـند احـتراق مول واحد من الكربون في كمية وافرة من الأكسجين لتكوين مول واحد من غاز ثنائي أكسيد الكربون تنطلق طاقة حرارية قدرها 393.5 كيلو جول .

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

فـإذا افترضنا أن المحتوى الحراري لكل من عنصري الكربون والأكسجين يساوي صفرا وانطلاق مـن التفاعل 393.5 كيلو جول . فذلك يعني أن المحتوى الحراري لثنائي أكسيد الكربون يقل عن الصفر بمقدار هذه الطاقة المنطلقة أي يساوي (393.5-) كيلو جول ويمكن توضيح هذه العلاقة بين المحتوى الحراري للمتفاعلات والنواتج والفرق بينهما بالتغير في المحتوى الحراري (ΔH) بمخطـط الطاقـة المبين في الشكل التالي وحيث أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث تبعا لقانون بقاء

الطاقـة . فيجـب أن يكـون مجموع طاقات النواتج يساوي مجموع طاقات المتفاعلات ، ويمكن توضيح ذلك بالمعادلة:

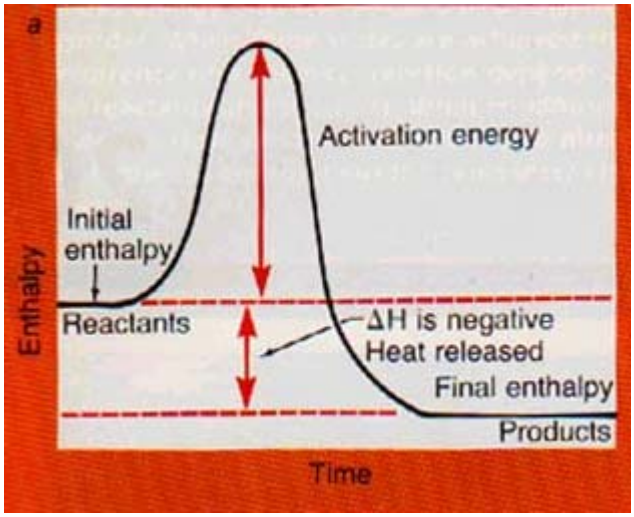
$$\Delta H = H_{products} - H_{reactants}$$

$$= H\,[(CO_{2(g)})] - [(C_{(graphite)}) + (O_{2(g)})] = 393.5\ kJ$$

ويمكن كتابة معادلة التفاعل بالصورة التالية :

$$C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}\ ,\ \Delta H = -393.5KJ$$

وتسـمى المعادلـة السـابقة معادلـة كيميائية حرارية وهي توضح العلاقة بين الكتل والمحتوى الحراري للمواد .



مخطط الطاقة لتفاعل طارد للحرارة

$C_{(graphite)}$	+	$O_{2(g)}$	→	$CO_{2(g)}$	+	393.5kJ
صفر	+	صفر		(-393.5)	+	393.5
صفر			=	صفر		
المتفاعلات				النواتج		

ويتضح أن المعادلة الكيميائية التي توضح التفاعل متزنة حراريا لأن مجموع حرارات المتفاعلات يسـاوي مجموع حرارات النواتج ، وحيث أن النظام الكلي يفقد طاقة حرارية إلى الوسط المحيط فـيكون مجمـوع المحتويات الحرارية للمواد الناتجة أقل من مجموع المحتويات الحرارية للمواد المـتفاعلة بمقـدار الطاقـة المنطلقة ويمكن التعبير عن هذا التغير في المحتوى الحراري (ΔH) بالتغير السالب ، ونكتب معادلة التفاعل كما يلي :

$$C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}\ ,\ \Delta H = -393.5KJ$$

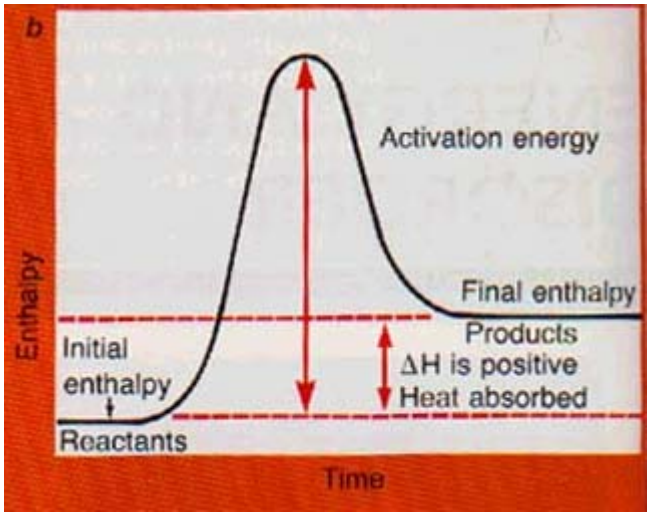
أمـا إذا كـان مجموع المحتويات الحرارية للمواد المتفاعلة أقل من مجموع المحتويات الحرارية للمواد الناتجة فيكن التفاعل ماص للحرارة .

مثال (2):

عندما يتفاعل مول من اليود مع مول من الهيدروجين لتكوين 2 مول من يوديد الهدروجين يمتص التفاعل طاقة مقدارها51.9 كيلو جول .

$$H_{2(g)} + I_{2\,(g)} \rightarrow 2HI_{(g)} + 52.9\,kJ$$

فإذا افترضنا أن المحتوى الحراري لعنصر اليود والهيدروجين يساوي صفر .وامتص التفاعل kJ 59.1 فمعنى ذلك أن المحتوى الحراري ليوديد الهيدروجين يزيد عن الصفر بهذا القدر من الطاقة الممتصة ويعبر عن هذا التغير في المحتوى الحراري (ΔH) بالتغير الموجب ويبين الشكل التاي العلاقة بين المحتوى الحراري للمتفاعلات والنواتج في التفاعلات الماصة للحرارة .



مخطط الطاقة لتفاعل ماص للحرارة

ويمكن التعبير عن هذا التفاعل بصورة اخرى :

$$H_2 + I_2 \rightarrow 2HI \quad , \quad \Delta H = 52.9\,kJ$$

أثر الحالة الفيزيائية في التغير الحراري :

يلاحـظ أن لحالـة الفيزيائية التي توجد عليها المواد المتفاعلة أو الناتجة من التفاعل تلعب دورا هامـا في التغير المصاحب للتفاعل الكيميائي – ويقصد بالحالة الفيزيائية للمادة الحالة التي توجد علـيها مـن حيـث الصلابة أو السيولة أو الغازية أو الشكل البلوري .....إلخ تحت الظروف

الطبيعية من الحرارة والضغط فمثلا الماء يوجد في صورة سائلة أو في صورة بخار ومن الطبيعي أن يكون هناك فرق بين الحالتين في المحتوى الحراري . كذلك قد تترتب ذرات نفس العنصر بعدد وترتيب هندسي في شكل بلوري معين يختلف عن عددها وترتيبها الهندسي في شكل بلوري آخر ، فـنجد أن ذرات عنصـر الكبريـت مـثل قد تترتب في شكل بلوري معيني أو في شكل بلوري منشوري . وكذلك ترتيب ذرات الكربون في الجرافيت يختلف عن ترتيبها في الماس .

الشكل البلوري للكبريت وشكل كلا من الماس والجرافيت

وعـند احتراق أي من الشكلين يختلف التغير في المحتوى الحراري المصاحب لتكوين ثاني أكسيد الكبريـت الناتج منهما ، لذا فعند كتابة المعادة الكيميائية الحرارية وهي توضح التغيرات الحرارية المصـاحبة للتفاعل الكيميائي لابد من كتابة الحالة الفيزيائية التي توجد عليها العناصر والمركبات المتفاعلات المتفاعلة والناتجة من التفاعل.

وتوضح ذلك المعادلة الآتية:

(أ) تفاعل الهيدروجين مع الأكسجين :

$$2H_{2\,(g)} + O_{2\,(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)} \quad , \quad \Delta H = -483.6kJ$$

$$2H_{2\,(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O(l) \quad , \quad \Delta H = -571.7kJ$$

(ب) تفاعل الكبريت مع الأكسجين:

$$S + O_{2\,(g)} \rightarrow SO_{2\,(g)} \quad , \quad \Delta H = -296.9KJ$$

منشوري

$$S + O_{2\,(g)} \rightarrow SO_{2\,(g)} \quad , \quad \Delta H = -268.9KJ$$

معيني

التغير في المحتوى الحراري أثناء التفاعلات الكيميائية :

تطرقـنا سابقا إلى أن بعض التفاعلات تكون مصحوبة بانطلاق أو انبعاث طاقة (تفاعلات طاردة للحـرارة) وبعضها الآخر يكون مصحوب بامتصاص حرارة (تفاعلات ماصة للحرارة) وعرفنا أن سبب ذلك هو الفرق في المحتوى الحراري بين المواد الناتجة والمواد المتفاعلة .

ولكن لماذا يوجد تغير في المحتوى الحراري أثناء التفاعل الكيميائي؟

وحتى نجيب على هذا السؤال لابد ان نعرف طبيعة التفاعل الكيميائي .

التفاعل الكيميائي :

يعرف التفاعل الكيميائي بأنه عبارة عن كسر الروابط الموجودة في جزيئات المواد المتفاعلة وتكوين روابط جديدة في المواد الناتجة من التفاعل .

فعـندما يـتحد جـزيء من غاز الهيدروجين (H_2) مع جزيء من غاز الكلور (Cl_2) لتكوين جزيئين من غاز كلوريد الهيدروجين (HCl) يحدث الآتي :

أولا : تنكسر الرابطة التساهمية في كل من جزيء H_2 (H-H) وجزيء Cl_2 (Cl-Cl) وتتحول الجزيـئات إلـى ذرات مفردة وهذه العملية تحتاج طاقة وذلك للتغلب على القوى الالكتروستاتيكية التـي تتمـثل في الرابطة الكيميائية التي تربط الذرتين معا في الجزيء وتسمى هذه الطاقة طاقة تفكـك (تكسـر) الـرابطة ، وهذا يعني أن كسر الرابطة تفاعل ماص للحرارة. وفي مثال اتحاد جـزيء الهيدروجين مع جزيء الكلور لتكوين جزيئين من غاز كلوريد الهيدروجين يحتاج كسر الـرابطة في جزيء الهيدروجين وتحويلها إلى ذرات كمية من الطاقة قدرها 436 كيلو جول لكل مول من جزيئات الهيدروجين ، أما في حالة الكلور فنحتاج إلى 242 كيلو جول لكسر الروابط في مول من جزيئات الكلور لتحويلها إلى ذرات .

$$H_{2\,(g)} \rightarrow 2H_{(g)} \quad , \quad \Delta H = 436kJ$$

$$Cl_{2(g)} \rightarrow 2Cl_{(g)} \quad , \quad \Delta H = 242kJ$$

ثانيا:

تـتكون روابط جديدة بين كل ذرة كلور وذرة هيدروجين ليتكون جزيئين من كلوريد الهيدروجين وتـنطلق عـن هـذا الاتحاد مقدار من الطاقة يساوي 863 كيلوجول أي أن عملية تكوين روابط جديدة تفاعل طارد للحرارة .

$$2H + 2Cl \rightarrow 2HCl \quad , \quad \Delta H = 863\ kJ$$

طاقة الربطة : " مقدار الطاقة اللازمة لكسر هذه الرابطة في مول واحد من المادة ".
وتعتبر طاقة الرابطة مقياسا لقوة الارتباط بين الذرات .

ويمكن حساب التغير في المحتوى الحراري كالآتي :

الطاقة اللازمة لتكسير الروابط = 436 + 242 = 678 كيلو جول .

(Cl- Cl) (H-H)

الطاقة المنطلقة عند تكوين مولين HCl من الذرات المفردة = - 678 كيلو جول

التغير في المحتوى الحراري (ΔH) = (- 863) + 678 = - 185 كيلو جول

$\Delta H = -185\ kJ$

أي أن الطاقة المنطلقة من تكوين مولين من HCl أكبر من الطاقة الممتصة لتكسير الروابط بين مول H_2 ومول من Cl_2 بمقدار 185 كيلو جول .

ويمثل التفاعل بالمعادلة التالية :

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)} \quad , \Delta H = -185\ kJ$$

ويكون التغير في المحتوى الحراري لمول واحد فقط من كلوريد الهيدروجين = $\frac{-185}{2}$

= -5 .92 كيلوجول

من المثال السابق يمكن استنتاج مايلي :

1- الرابطة التساهمية بين ذرتي الهيدروجين أقوى من الرابطة التساهمية بين ذرتي الكلور

2- الفـرق في المحتوى الحراري(ΔH) هوعبارة عن المجموع الجبري للطاقة المبذولة في كسر روابط المتفاعلات والطاقة المنطلقة عن تكوين روابط النواتج .

ويوضح الجدول التالي طاقة بعض الروابط التساهمية مقدرة بالكيلو سعر :

H – H	104	Cl – Cl	58	CH_3 – H	104
H – F	136	F – F	38	CH_3 – F	108
H – Cl	103	Br – Br	46	CH_3 – Cl	84
H – Br	88	I – I	36	CH_3 – I	56
H - I	71				

مثال:

بالاستعانة بقيم طاقة الروابط في الجدول السابق احسب ΔH للتفاعل التالي :

$$CH_3 + Cl_2 \rightarrow CH_3 - Cl + HCl$$

وهل التفاعل ماص أم طارد للحرارة ؟

الاجابة :

$$H_3C\text{-}H + Cl\text{-}Cl \rightarrow H_3C\text{-}Cl + H\text{-}Cl$$

104 58 84 103

162 187

يتضـح أن الطاقـة المنطلقة أثناء تكوين الروابط اكبر من الطاقة الممتصة أثناء كسر روابط المواد المتفاعلة .

∴ التفاعل طارد للطاقة ومقدار الطاقة المنطلقة = -187 + 162 = - 25 كيلو سعر

∴ ΔH = - 25 كيلو سعر (104.5 كيلو جول)

صور التغير في المحتوى الحراري (أنواع الحرارات):

هناك أشكال متعددة للتغير في المحتوى الحراري و سنتناول بالدراسة منها ما يلي :

1- حرارة الذوبان
2- حرارة التخفيف
3- حرارة التكوين
4- حرارة الاحتراق
5- حرارة التعادل
6- حرارة االترسيب
7- حرارة النشيط
8- حرارة التأين

أولا :التغيرات الحرارية المصاحبة للتغيرات الفيزيائية :

1- حرارة الذوبان :

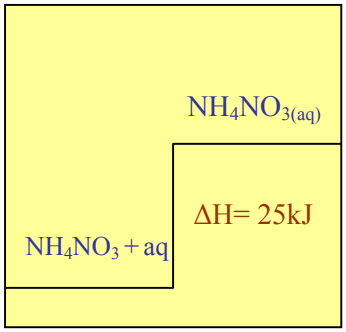
عـند اذابـة كمـية من الصودا الصلبة أو حمض الكبريتيك المركز في كأس به ماء نجد أن الذوبـان يكون مصحوبا بارتفاع في درجة الحرارة. بينما أذا اذبنا نترات الأمونيوم أو كلوريد الصـوديوم فـي كـأس أخر به ماء – نجد أن الذوبان يكون مصحوب بانخفاض في درجة الحرارة – أي أن عملية الذوبان غالبا ما تكون مصحوبة بتغير حراري وتعرف حرارة الذوبان بأنهـا " مقـدار التغير الحراري الناتج عن اذابة مول واحد من المذاب في كمية معلومة من المذيب " .

وإذا كان حجم المحلول الناتج لترا – يسمى التغير الحراري الحادث بحرارة الذوبان المولارية.

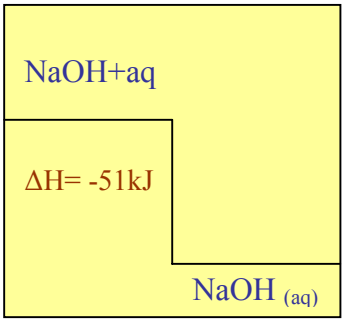
حرارة الذوبان المولارية : Molar Heat Solution

هي مقدار التغير الحراري الناتج عن إذابة مول واحد من المذاب لتكوين لتر من المحلول .

وإذا كـان المذيب المستخدم هو الماء تسمى عملية الذوبان بالإماهة Hydrationويبين الشكل التالـي مخطط ـي الطاقـة لنوعين من الذوبان أحدهما طارد والأخر ماص للحرارة . وهو ذوبان هيدروكسيد الصوديوم في الماء والآخر ماص للحرارة وهو نترات الأمونيوم في الماء .



ب – ذوبان ماص للحرارة



أ- ذوبان طارد للحرارة

$NH_4NO_{3(s)} + water_{(l)} \rightarrow NH_4NO_{3(aq)}$ $\Delta H = 25kJ$

$NaOH_{(s)} + water_{(l)}) \rightarrow NaOH_{(aq)}$ $\Delta H = -51kJ$

يلاحـظ أننا كتبنا في المعادلة ماء Water ولم نكتب H_2O لأن الأخير يعني مول واحد من الماء وهو ما لايحدث في عملية الذوبان .

- ما مصد ر حرارة الذوبان ؟

للاجابـة علـى ذلـك نتتبع خطوات ذوبان مادة صلبة ولتكن كلوريد الصوديوم في الماء – ومن المعـروف أن أيونات الصوديوم والكلور مترتبة في شكل هندسي معين يعرف بالشبكة البلورية ، ويتم ذلك على خطوتين :

أ- تتفكك أيونات الصوديوم وأيونات الكلور من الشبكة البلورية – أي كسر الروابط الأيونية وهـو مايحتاج إلى امتصاص طاقة للتغلب على قوى الجذب بين الأيونات – وتسمى طاقة الشبكة البلورية .

ب- ارتباط الأيونات المفككة بجزيئات الماء وهو ما يسمى بالاماهة ، وينطلق عن هذا الارتباط تسمى طاقة الاماهة وتتكون نتيجة لذلك الأيونات المماهة .

وتكون حرارة الذوبان هي المجموع لجبري لطاقة تميه الأيونات وطاقة الشبكة البلورية فإذا كانت طاقـة تميه الأيونات أكبر (وهو التغير الطارد للحرارة) – يكون الذوبان طاردا للحرارة – وإذا كانـت طاقـة تفكـك الشـبكة البلورية أكبر (وهو التغير الماص للحرارة) يكون الذوبان ماص للحرارة.

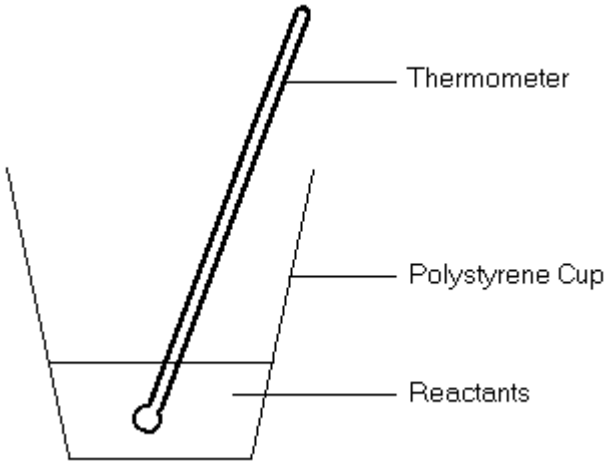
بعض الملاحظات الهامة التي يجب أخذها في الأعتبار عند إجراء تجارب الكيمياء الحرارية :

1- عندما يصاحب التفاعل الكيميائي تغيرا حراريا لإن حرارة كل من المواد المتفاعلة والاناء الذي يحتويها يتأثران بهذا التغير الحراري .

2- يمكـن إهمـال التغير الحراري الذي يحدث للإناء إذا أستخدمنا مسعر أو كوب من البولي سـتيرين (البلاستيك) وغلفناه بطبقة من القطن ووضعناه في كأس من الزجاج - وحيث أن التوصـيل الحـراري للبلاسـتيك صغيرا جدا – كما ان الحرارة النوعية لمادة البولي سـتيرين صـغيرة جدا – لذلك يعتبر كوب البلاستيك عازلا جيدا – وفي هذه الحالة يمكننا قصرالتغير الحراري على مكونات التفاعل دون الإناء مما يسهل حسابات كثيرة .

3- يمكن حساب كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة من التفاعل الكيميائي كما يلي :

كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة = كتلة المادة x حرارتها النوعية x فرق درجات الحرارة



وتقاس الكتلة بالجرام ، والحرارة النوعية جول / جرام . م ^{0} ، ودرجة الحرارة بالدرجة المئوية.

4- الحرارة النوعية للماء = 4.18 جول / جرام . م ^{0} - ويمكن إعتبار أن الحرارة النوعية للمحاليل المخففة هي نفسها الحرارة النوعية للماء . فالحرارة النوعية لمحلول مخفف من كبريتات النحاس = 4.18 جول / جرام . م ^{0} .

5- يمكن حساب كتلة السنتميتر المكعب من الماء تساوي 1جرام وكذلك المحاليل المخففة .

أمثلة محلولة :

مثال 1 :

عـند وضـع 1مول من حمض الكبريتيك في كمية من الماء أكمل حجم المحلول إالى cm^3 1000 مـن المـاء أرتفعـت درجـة حرارة المحلول بمقدار $17\ C^0$. احسب كمية الحرارة المنطلقة .

الحل:

كمية الحرارة المنطلقة = كتلة المادة x حرارتها النوعية x فرق درجات الحرارة

$$= 1000 \times 4.18 \times 17$$

$$= 71060 \text{ جول}$$

$$= 71.06 \text{ كيلو جول}$$

أي انـه عـند تخفيف حمض الكبريتيك المركز الى محلول تركيزه 1M (مول مذاب في لتر) تنطلق كمية من الحرارة تساوي 71.06 كيلوجول

تدريب:

عـند اذابـة مـول مـن نـترات الأمونـيوم فـي كمية من الماء وأكمل حجم المحلول الى $1000\ cm^3$ مـن الماء انخفضت درجة الحرارة بمقدار 6 درجات مئوية.احسب كمية الحرارة الممتصة .

الجواب:25.08 كيلوجول.

يمكن تمثيل ذوبان كل من كبريتات النحاس اللامائية (البيضاء) ($CuSO_4$) وكبريتات النحاس المتبارة أوالمائية(الزرقاء) $CuSO_4.5H_2O$ في الماء بالمعادلتين الحراريتين التاليتين:

$$CuSO_4 + water \rightarrow Cu^{2+} + SO_4^{2-} , \Delta H = -57\ kJ$$

$$CuSO_4.\ 5H_2O + water \rightarrow Cu^{2+} + SO_4^{2-} , \Delta H = +10\ kJ$$

يتضـح من المعادلتين أن ذوبان كبريتات النحاس اللامائية ذوبان طارد للحرارة ، بينما ذوبان كبريتات النحاس المائية ماص للحرارة ، وذلك لأن كبريتات النحاس اللامائية ترتبط بعدد كبير من جزيئات الماء أثناء مرحلة الاماهة فينطلق قدر كبيرمن الطاقة ويكون الذوبان الكلي طارد للحـرارة . أما كبريتات النحاس المائية فهي مرتبطة فعلا بخمس جزيئات ماء وعند مرحلة

الاماهـة ترتبط بعدد قليل من جزيئات الماء فينطلق قدر صغير من الطاقة في هذه المرحلة ، وتكون طاقة تفكك الأيونات (في الخطوة الأولى) الماصة للحرارة أكبر منها في خطوة الاماهة الطاردة للحرارة فيكون الذوبان الكلي ماص للحرارة .

2- حرارة التخفيف:

عـند اذابة مول من غاز كلوريد الهيدروجين في كميات مختلفة من الماء فان حرارة الذوبان تختلف باختلاف كمية المذيب كما هو موضح بالجدول الآتي :

رقم المحلول	تركيب المحلول	التغير الحراري
1	مول HCl + 10 مول من الماء	- 69.49
2	مول HCl +25 مول من الماء	- 72.27
3	مول HCl + 40 مول من الماء	- 73.02
4	مـول HCl + 200 مـول من الماء	- 74.2
5	مول HCl + ∞ مول من الماء	- 75.14

ملحوظة :

يسـمى التخفـيف في المحلول رقم (5) تخفيف لانهائي (∞) وهو عندما تكون كمية المذيب كبيرة جدا .

يلاحـظ أنـه عند اضافة كمية كبيرة من الماء إلى المحلول رقم (1) ليصل تركيبه إلى تركيب المحلول رقم (5) تنطلق كمية من الحرارة مقدارها = - 75.14 – (- 69.49) = - 5.56 كيلو جول

وتسـمى هـذه الحرارة المنطلقة بحرارة التخفيف . وقد يصاحب عملية التخفيف امتصاص حـرارة وعمومـا يمكـن تعريف حرارة التخفيف بأنها : مقدار التغير الحراري لكل مول من المذاب عند تخفيف المحلول من تركيز أعلى إلى تركيز آخر أقل .

وتتم حرارة التخفيف أيضا على خطوتين متعاكستين في الطاقة مثل حرارة الذوبان وهما :

أ – امتصـاص طاقة : لأن زيادة جزيئات الماء أثناء التخفيف تعمل على أبعاد أيونات المذاب عن بعضها في المحلول المركز .

ب – انطلاق طاقة : نتيجة ارتباط أيونات المذاب بعدد أكبر من جزيئات المذيب .

وتتوقف حرارة التخفيف على المجموع الجبري لهاتين الخطوتين .

ثانيا : التغيرات الحرارية المصاحبة للتغيرات الكيميائية :

وقبل دراسة أنواع أو صور التغيرات الحرارية المصاحبة للتغيرات الكيميائية يجب التعرف على مفهوم حرارة التفاعل :

حرارة التفاعل : Heat of reaction

تعرف حرارة التفاعل بأنها : "كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة اثناء التفاعل الكيميائي "

وكل تغير كيميائي يكون له حرارة تفاعل كما في التفاعلين التاليين :

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

$N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{(g)}$, $\Delta H = +180.6$kJ

وواضح من تعريف حرارة التفاعل أن التغير في المحتوى الحراري يساوي حرارة التفاعل (تحت ضغط ثابت) .

الظروف المعيارية للقياسات الحرارية :

عـند مقارنة تغيرات الطاقة فإنه من المهم تثبيت الظروف التي يحدث فيها التفاعل ، ويجب التأكد مـن أن هـذه الظـروف واحدة قبل وبعد التفاعل ، خصوصا درجة الحرارة والضغط . والظروف المعيارية أو القياسية لدرجة الحرارة هي $25\ C^o$ أو 298 كلفن أما بالنسبة للضغط فهو 1 ضغط جوي .

وحرارة التفاعل تقاس تحت هذه الظروف تسمى حرارة التفاعل القياسية ويرمز لها بالرمز ΔH^o ، كذلـك يجـب أن تكون المواد المشاركة في التفاعل في حالتها الفيزيائية الثابتة والتي تكون عليها في هذه الظروف (1ضغط جو و $25\ C^o$) .

(1) حرارة التكوين القياسية

تعـرف حرارة التكوين القياسية للمادة بأنها كمية الحرارة المنطلقة أو الممتصة عند تكوين مول واحد من المادة من عناصرها الأولية (الأساسية) في حالاتها القياسية ويرمز لها بالرمز ΔH^o_f (f الحرف الأول من كلمة formation)

فمثلا في التفاعل التالي :

$C_{(graphite)} + {}_2O \rightarrow CO_2$ $\Delta H^o = -393.5$ KJ

يتضـح من المعادلة أن مول واحد من غاز CO_2 تكون من أتحاد 1مول من الكربون الذي في صـورة جرافيت ، 1مول ن غازالأكسجين أي من أتحاد عناصره الأولية في الظروف القياسية أنطلقت كمية من الطاقة قدرها 393.5 كيلوجول .

حرارة التكوين القياسية (ΔH^o_f) لـ CO_2 = -393.5 كيلوجول/ مول.

مثال:

في التفاعل :

$$H_{2(g)} + F_{2(g)} \rightarrow 2HF \qquad \Delta H^o = -546\ KJ$$

نلاحظ إنطلاق قدرها 546 كيلوجول عند تكوين 2مول من غاز فلوريد الهيدروجين من عناصره الاولية في حالاتها القياسية .

أي أن حـرارة تكويـن مول واحد من غاز HF (ΔH^o_f) = $\frac{-546}{2}$ = -273 كيلوجول لكل مول

حـرارة تكويـن القاسية لأي عنصر في حالته الفيزيائية الثابته (تحت الظروف القياسية) تساوي صفرحيث لا يحدث أي تغير في المحتوى الحراري عند تكوين العنصر من نفسه .

$$C\ u_{(s)} \rightarrow C\ u_{(s)} \ , \ \Delta H^o = Zero$$

$$H_{2(g)} \rightarrow H_{2(g)} \ , \ \Delta H^o = Zero$$

بالنسـبة للعناصر التي تظهر فيها ظاهرة التآصل مثل الكربون (الماس ، والجرافيت) فانه يجب اختيار الصورة الأكثر ثباتا في ظروف الضغط والحرارة التي ذكرت وهي الجرافيت كحالة قياسية.

ونستطيع حساب حرارة التفاعل أو التغير في المحتوى الحراري من حرارة التكوين القياسية كذلك يمكن حساب حرارة التكوين القياسية من حرارة التفاعل ذلك باستخدام المعادلة التالية :

$$\Delta H^o = \Delta H^o_f \text{ (للمواد الناتجة)} - \Delta H^o_f \text{ (للمواد المتفاعلة)}$$

والجدول التالي يوضح قيم حرارة التكوين القياسية لبعض المواد :

المادة	حالـــتها الفيزيائية	حـــرارة التكويـــن القياســـية كيلوجول/مول	المادة	حالـــتها الفيزيائية	حـــرارة التكويـــن القياســـية كيلوجول/مول
H_2	غاز	صفر	H_2O	غاز	242-
C	(جرافيت)	صفر	H_2O	سائل	286 -
CO	غاز	110.5-	SO_2	غاز	297-
CO_2	غاز	393.5 -	H_2S	غاز	20.5 -
CH_4	غاز	75-	HF	غاز	273 -
C_6H_6	سائل	49	HCl	غاز	92 .3 -
CS_2	غاز	117	HCl	محلول	168 -
NH_3	غاز	46-	H_2SO_4	محلول	907.5 -
NO	غاز	90.3	HBr	غاز	36-
NO_2	غاز	33.2	HI	غاز	26
O_2	غاز	صفر			

مثال:

(1) حرارة التعادل : Heat of neutralization

يعرف الحمض بأنه المادة التي تعطي أيونات الهيدروجين عند ذوبانها في الماء .

$$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$$

يعرف القلوي بأنه المادة التي تعطي أيونات الهيدروكسيل عند ذوبانها في الماء.

$$NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$$

ويعـرف الـتعادل بأنـه اتحاد أيونات الهيدروجين الموجبة مع أيونات الهيدروكسيل السالبة لتكوين الماء المتعادل .

$$H^+ + Cl^- + Na^+ + OH^- \rightarrow NaCl + H_2O$$

أي أن

$$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$$

ومـن المعروف أن الأحماض القويةمـــثل حمـــض الهيدروكلوريك وحمض الكبريتيك وكذلك القلويات القوية مثل هيدروكسيد الصوديوم وهيدروكسيد البوتاسيوم تكون تامة التأين في المحاليل المائية .

وتعـرف حـرارة التعادل بأنها :" كمية الحرارة الناتجة من تكوين مول واحد من الماء عند تعادل حمض مع قاعدة بشرط أن تكون المحاليل مخففة " .

ولابد أن تكون المحاليل مخففة حتى تكون الحرارة المنطلقة (أثناء اضافة الحمض إلى القاعدة) هي نتيجة التعادل فقط وليس نتيجة التخفيف أيضا

ومـن المعـروف أن الأحماض القوية والقواعد القوية تتأين تأين تام في المحاليل المخففة وقد وجـد أن حـرارة التعادل بين الأحماض القوية والقواعد القوية تساوي قيمة ثابتة تقريبا وهي 57.3 كيلوجول / مول من الماء مهما اختلف نوع الحمض والقاعدة .

$$HCl_{(aq)} + KOH_{(aq)} \rightarrow KCl_{(aq} + H_2O_{(l)} \quad \Delta H^\circ = -57.3\ kJ$$

$$K\,OH_{(aq)} + H\,NO_{3\,(aq)} \rightarrow K\,NO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \quad , \Delta H = -57.3kJ$$

أ- تعادل الأحماض مع القواعد الضعيفة :

لوحـظ أنـه عند تعادل حمض مع قاعدة أحدهما أو كلاهما ضعيف أن حرارة التعادل تقل بمقدار 75.5 كيلوجول (الناتج عن التعادل حمض قوي مع قاعدة قوية).

مثال ذلك تعادل حمض الهيدروسيانيك مع الصودا الكاوية :

$$HCN_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow Na\,CN_{(aq)} + H_2O\ , \quad \Delta H = -10.45kJ$$

قاعدة قوية حمض ضعيف

$$HCl_{(aq)} + NH_4OH_{(aq)} \rightarrow NH_4\,Cl + H_2O\ , \quad \Delta H = -53.17kJ$$

قاعدة ضعيفة حمض قوي

$$HCN_{(aq)} + NH_4OH_{(aq)} \rightarrow NH_4\,CN + H_2O \ , \Delta H = -5.43kJ$$

قاعدة ضعيفة حمض ضعيف

ويـرجع نقص حرارة التفاعل في مثل هذه الحالات إلى أن جزءا من الحرارة الناتجة عن التعادل تستـهلك في تأين الحمض الضعيف أو القاعدة الضعيفة وتكون حرارة التعادل المقاسة عمليا هي المجموع الجبري لحرارة التعادل وحرارة التأين .

حرارة التعادل الفعلية = حرارة التعادل ($H^+ + OH^-$) + حرارة التأين

مثال :

إذا علمت أن حرارة تعادل الحمض القوي مع القاعدة القوية هي 57.5 كيلوجول / مول . احسب حـرارة تأيـن حمـض الهيدروسيانيك (حمض ضعيف) في حالة تعادله مع الصودا الكاوية – إذا علمت أن حرارة التعادل المقاسة عمليا لهما تساوي 10.45 كيلوجول / مول .

الحل:

حرارة تأين حمض الهيدروسيانيك

$$HCN \rightarrow H^+ + CN^- \quad , \Delta H = x$$

وحرارة تعادل الحمض مع الصودا الكاوية عمليا

$$HCN_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow Na\,CN_{(aq)} + H_2O \quad , \Delta H = -10.45kJ$$

و بما إنه حرارة تعادل الحمض القوي مع القاعدة القوية (تامي التأين)

$$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O \quad , \Delta H = -57.5kJ$$

وبما حرارة التعادل المقاسة عمليا = حرارة التعادل ($H^+ + OH^-$) + حرارة التأين

$$-10.45 = -57.5 + x$$

حرارة تأين حمض الهيدوسيانيك (x) = -57.5 + 10.45

= 47.05 كيلوجول

2- حرارة الترسيب : Heat of Precipitation

عند إضافة محلول كلوريد الصوديوم إلى محلول نترات الفضة يترسب كلوريد الفضة وتنطلق كمية من الحرارة .

$$AgNO_{3(aq)} + NaCl_{(aq)} \rightarrow AgCl_{(aq)} + NaNO_{3(aq)} \downarrow , \quad \Delta H = -53.6kJ$$

أي أنه إذا تفاعلت مادتان تذوبان في الماء ونتجت مادة لاتذوب بالماء فإنها تترسب وتنطلق كمية من الحرارة تعرف بحرارة الترسيب .

وتعـرف حرارة الترسيب : بأنها كمية الحرارة المنطلقة عند ترسيب مول واحد من المادة ترسيبا كاملا .

3- حرارة الاحتراق : Heat of Combustion

تعتـبر حـرارة الاحتراق من أهم أنواع حرارات التفاعل في الحياة العملية لانها تتخذ معيارا هاما لمقارنة أنواع الوقود المختلفة .

وتتم عملية الاحتراق عادة برفع درجة حرارة المادة إلى درجة اشتعالها في وجود كمية وافرة من الأكسجين أو الهواء – فتحترق المادة احتراقا تاما وتنطلق كميات مختلفة من الحرارة تتوقف على نوع المادة . فمثلا يحترق الجرافيت في وجود الأكسجين وينتج غاز ثاني أكسيد الكربون .

$$C_{(graphite)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \ , \Delta H = -393.7 \text{ kJ}$$

أي أنه عند احتراق مول من الجرافيت تنطلق حرارة مقدارها 393.7 كيلوجول ، كما يحترق مول من غاز الميثان في الأكسجين وتنطلق حرارة مقدارها 850 كيلوجول .

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} \ , \Delta H = -850 \text{ kJ}$$

ويحترق مول من الكحول الايثيلي وتنطلق حرارة مقدارها 1367 كيلوجول .

$$C_2H_5OH_{(g)} + 3O_2 \rightarrow 2\ CO_{2(g)} + 3H_2O_{(g)} \ , \Delta H = -1367 \text{ KJ}$$

وتعرف حرارة الاحتراق بأنها "كمية الحرارة المنطلقة عندما يحترق مول واحد من المادة في كمية وافرة من الأكسجين "

ويمكـن مقارنـة انواع الوقود المختلفة حسب القيمة السعرية لكل منهما وتعرف القيمة السعرية بانها كمية الحرارة الناتجة من احترق كمية معينةمن الوقود . وتختلف هذه الكمية المعينة حسب نوع الوقود .ففي مثل حالة الوقود الصلب مثل الفحم تؤخذ بالطن أو تؤخذ بالجرام في حالة المواد الغذائـية وفـي أنواع السائل مثل زيت البترول بالبرميل – وتؤخذ بالمتر المكعب في حالة الوقود الغازي مثل الغاز الطبيعي.

مثال :

حـرارة أحـتراق الميثان (CH_4) هي 850 جول / مول أوجد كمية الحرارة الناتجة من أحتراق 160 جرام منه إذا علمت أ نالكتل الذرية لكل من C = 12 وH = 1 ؟

الحل:

بما أن حرارة الإحتراق هي كمية الحرارة المنطلقة عند أحتراق 1مول من مادة أحتراقا كاملا .

إذا 1مول من الميثان (CH_4) = 12 + (4×1) = 16جرام

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

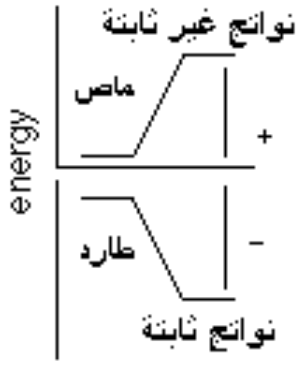
أي أن 16جرام من الميثان (1مول) ← 850 كيلوجول

إذا 160 جرام من الميثان ← ×

× = $\frac{160 \times 850}{16}$ = 8500 كيلو جول

علاقة حرارة التكوين بثبات المركبات حراريا :

تعتـبر حـرارة التكويـن القياسـية للمركبات من أهم العوامل التي تحدد مدى ثباتها تجاه التحال الحـراري ألـى عناصـره الأولية عند درجة حرارة الغرفة فعند أرتباط ذرات العناصر مع بعضها لتكويـن مركبات تنطلق طاقة تسمى طاقة تكوين الرابطة الكيميائية (قيمتها سالبة) وكلما زادت الطاقة المنطلقة زادت قوة الر ابطة الكيميائية أما المركبات التي تكون مصحوبة بأمتصاص طاقة عند تكوينها (أي أن قيمة حرارة تكوينها موجبة) فإنها تكون أقل ثباتا وعلى هذا الاساس يمكن القـول بـأن المركـبات الـناتجة من التفاعلات الكيميائية الطاردة للحرارة تكون أكثر ثباتا من المركـبات الناتجة من التفاعلات الكيميائية الماصة للحرارة وذلك بسبب ضعف الروابط الكيميائية بيـن الذرات في الجزيء وبما أن المركبات الثابتة هي المركبات التي تكون طاقتها أقل ما يمكن(وهـو مـا يحـدث في المركبات الناتجة من التفاعلات الطاردة) حيث تكون طاقتها أقل من طاقة المـتفاعلات بمقـدر الطاقة المنطلق وكلما زادت الطاقة المنطلقة كلما زاد ثبات المركب الكيميائي والعكس صحيح في حالة التفاعلات الكيميائية الماصة للحرارة .



مثال (1):

حرارة تكوين المركبات HF,HCl,HBr,HI هـي : 26 ، -36 ، -92 ، - 172 كـيلو جول على الترتيب ، رتب المركبات السابقة حسب ثباتها تجاه التحال االحراري .

الحل :

بما أن الحرارة المنطلقة من تكوين مول واحد (حرارة التكوين) تتبع التسلسل :

HI< HBr<HCl<HF

إذا فيكون HF اكثرها ثباتا ،HI أقلها ثباتا .

مثال (2):

إذا كانـت حرارة تكوين اكسيد الحديديك هي : -822 كيلوجول ، وحرارة تكوين اكسيد الألمونيوم هي :

-1669.8 كـيلوجول ، فلماذا يختزل الألومنيوم أكسيد الحديديك ولا يستخدم الحديد في اختزال أكسيد الألومنيوم .

الحل :

وبمـا أن التفاعل يسير في اتجاه تكوين المركب الأكثر ثباتا ، ويجب أن التفاعل يسير التفاعل في اتجاه تكوين أكسيد الألومنيوم .

حسب المعادلة :

$$2Al + Fe_2O_3 \rightarrow Al_2O_3 + Fe$$

(-822) (-1669.8)

التفاعلات التلقائية : Spontaneous Reactions

التفاعلات التلقائية هي تلك التفاعلات التي يمكن أن تحدث من تلقاء نفسها إذا أعطيت الوقت الكافـي لذلـك . بعض التفاعلات يكون سريعا جدا مثل الانفجارات , وبعضها بطيء جدا يحتاج لوقـت طويـل مثل تأكسد الورق حيث أن تفاعله مع الأكسجين في درجة حرارة الغرفة بطيء جـدا، ولكـن الاصـفرار التدريجي الذي نلاحظه على الورق يؤكد لنا أن عملية التأكسد تحدث تلقائيا . وهذه القابلية لحدوث التفاعل تسمى بتلقائية التفاعل .

إن معـرفة قابلـية التفاعل ما للحدوث بشكل تلقائي له أهمية كبيرة من الناحية العملية فإذا كان تفـاعل مـا تلقائـيا ولكـنه يحدث ببطء شديد فإن في هذه الحالة زيادة سرعته بتغيير الظرف التجريبية. كما سيتم ذكره في فصا الكيمياء الحركية .

هـناك عوامـل كثيرة تؤثر في عملية إتمام التفاعلات تلقائيا ، ومن اهم العوامل هذه العوامل في الـتفاعلا ت الحـرارية أن التفاعل يسير في اتجاه تقليل المحتوى الحراري للنظام . أي في اتجاه تكوين المواد ذات المحتوى الحراري الأقل حيث يكون التفاعل تلقائيا طاردا للحرارة بمعنى آخر :

- إذا كانـت قيمة التغير في المحتوى الحراري ΔH° للتفاعل باشارة سالبة فإن التفاعل يتم تلقائيا (طارد للحرارة)
- إذا كانت قيمة التغير في المحتوى الحراري ΔH° للتفاعل باشارة موجبة فإن التفاعل لا يتم تلقائيا (ماص للحرارة).

قواعد استخدام المعادلات الكيميائية الحرارية :

تعرفـنا سـابقا علـى مـا هي المعادلات الكيميائية ، وهذه بعض القواعد الهامة لاستخدام المعادلا ت الكيميائسية الحرارية :

أ – إذا ضربنا المعادلة في أي معامل فإن قيمة ΔH° تضرب في نفس المعامل .

فمثلا في التفاعل التالي :

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

فإذا اردنا كتابة المعادلة لمول واحد من الماء فعلينا ضربها ×2/1 كما يلي :

$$H_{2(g)} + \tfrac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} \quad , \ \Delta H^\circ = -286 \text{ kJ}$$

ب - عند عكس المعادلة فإننا نعكس أماكن المواد المتفاعلة والمواد الناتجة من التفاعل بينما تضرب قيمة ΔH × (-1) أي تبقى ثابتة ولكن بإشارة مخالفة .

فمثلا في تفاعل إحتراق الميثان CH_4

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \quad , \ \Delta H^\circ = -890.5 \text{ KJ}$$

فإذا عكسنا المعادلة نحصل على :

$$CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \ , \ \Delta H^\circ = 890 \text{ KJ}$$

ج- عـند كتابة المعادلة الحرارية يجب تحديد الحالة الفيزيائية لكل من المواد المافاعلة والناتجة لان هـذا يساعد في تحديد التغير الفعلي للمحتوى الحراري فمثلا في معادلة إحتراق الميثان إذا وضعنا الماء في الحالة الغازية بدلا من الحالة السائلة كمنتج كما يلي :

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} \quad , \ \Delta H^\circ = -802.5 \text{ KJ}$$

فان التغير في المحتوى الحراري سيكون -802.5 كيلوجول بدلا من -890.5 كيلو جول لان 88 كيلوجول ستلزم لتحويل 2 مول من الماء السائل الى بخار ماء

$$2H_2O_{(l)} \rightarrow 2H_2O_{(g} \qquad \Delta H^\circ = 88 \text{ kJ}$$

قانون هيس (المجموع الجبري الثابت للحرارة) : (Hess's Law)

تتم حسابات الكيمياء الحرارية على قانون المجموع الجبري الثابت للحرارة - الذي وضعه العالم الروسي هيس G.H. Hessعام 1840م – وينص على :

"قيمة التغير في المحتوى الحراري ΔH^O لأي تفاعل كيميائي قيمة ثابتة سواء تم التفاعل على خطوة واحدة أوعدة خطوات " وبكلام آخر : "تتوقف حرارة التفاعل الكيميائي على طبيعة المواد

المتفاعلة والمواد الناتجة من التفاعل وليس على الخطوات التي يتم فيها التفاعل ". أي أن التغير في المحتوى الحراري ΔH^O يعتمد على خواص المواد المتفاعلة والناتجة من التفاعل أي على الحالتين الابتدائية والنهائية (الانثالبي ΔH^O دالة حالة) ولا يتأثر بالطريق يسلكه التفاعل .

$\Delta H_{react} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \ldots\ldots$ (مع الأخذ في الحسبان لبعض الاعتبارات)

وتكمن أهمية قانون هيس في أنه يمكننا من حساب التغير في المحتوى الحراري لتفاعلات لا يمكن إجراؤها في المختبر لصعوبة اجرائها أو لكونها غير تلقائية أو لأنها تحدث ببط ء بالغ ، أو لأنها تعطي نواتج جانبية. فمثلا لا نستطيع أن نقيس بدقة حرارة الاحتراق بدقة حرارة احتراق الكـربون الـى غاز أول أكسيد الكربون لأن عملية الأكسدة لا يمكن أن تتوقف تماما عند مرحلة تكوين غاز أول أكسيد الكربون (CO) ولكن من الممكن أن نقيس بدقة حرارة الاحتراق القياسية للكـربون عند احتراقه مكونا ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وكذلك حرارة الاحتراق القياسية لغاز أول أكسيد الكربون (CO)عند احتراقه مكونا CO_2 .

وبالمعالجـة الجـبرية لمعـادلات يمكننا حساب حرارة الاحتراق القياسية للكربون لتكوين CO ، وبكلام آخر حرارة تكوين كما يتضح ذلك من المعادلات التالية :

$$2CO_{(g)} + O_{2\,(g)} \rightarrow 2CO_{2\,(g)} \qquad \Delta H^o = -566 \ \ kJ \qquad (أ)$$

$$C_{\,(graphite)} + O_{2\,(g)} \rightarrow \ CO_{2\,(g)} \qquad , \Delta H^o = -393.5kJ \qquad (ب)$$

إذا ضـربنا المعادلـة ب× 2 وعكسـنا (أ) ثم جمعنا المعادلتين الناتجتين سنحصل على المعادلة المطلوبة .

$$2C_{\,(graphite)} + 2O_{2\,(g)} \rightarrow \ 2C\diagup O_{2\,(g)} \,, \qquad ,\Delta H^o = -\ 787kJ$$

$$C\diagup O_{2\,(g)} \qquad \rightarrow \ 2CO_{(g)} \ + O_{2\,(g)} \qquad ,\Delta H^o = +566kJ$$

$$2C_{\,(graphite)} + O_{2\,(g)} \ \rightarrow \ 2CO_{(g)} \qquad ,\Delta H^{o\,*} = -221kJ$$

* لـم تكتـب وحدات ΔH^o بالكيلوجول / مول بل بالكيلوجول لأنه أحيانا ينتج أكثر من مول من الـتفاعل أو تعكـس المعادلة وعموما فإن ΔH^o تكون دائما مقابلة لعدد مولات التي توضحها المعادلة .

بالتالي فإن $\Delta H_f{}^o$ لأول أكسيد الكربون CO = 110.5 كيلوجول / مول .

مثال (1) :

استخدم المعطيات التالية لحساب ΔH^o من أجل تحويل الغرافيت إلى ألماس :

$C_{(graphite)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$,$\Delta H^o = -393.5\ kJ$ (أ)

$C_{(diamond)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$,$\Delta H^o = -395.4kJ$ (ب)

الحل :

لنحصل على المعادلة المطلوبة نعكس المعادلة ب ثم نجمع المعادلتين :

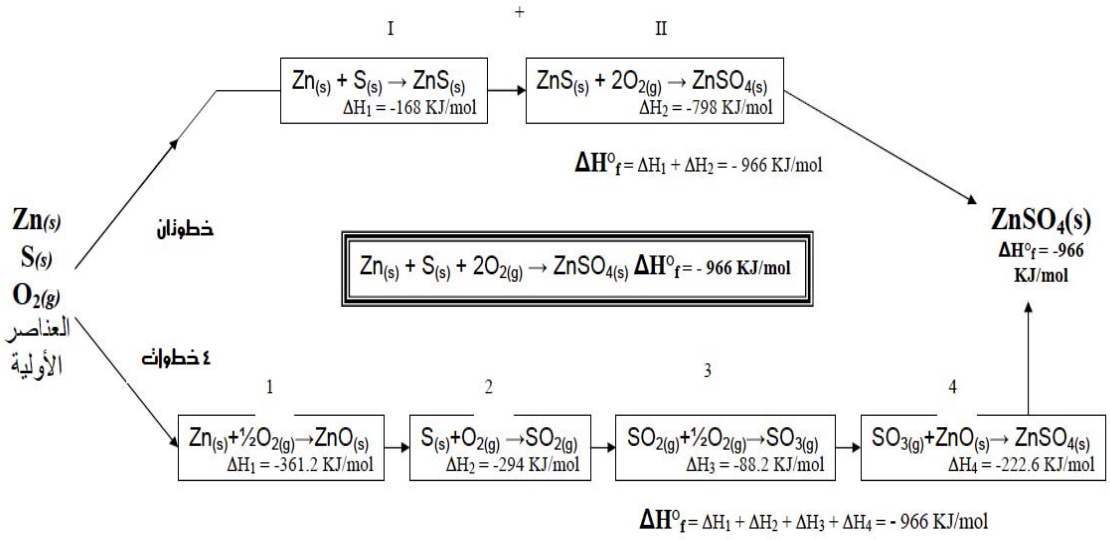
$C_{(graphite)} + O_{2(g)} \rightarrow C\diagup O_{2(g)}$ $\Delta H^o = -393.5\ kJ$

$CO_{2(g)} \rightarrow C_{(diamond)} + O_{2(g)}$ $\Delta H^o = +395.4kJ$

$C_{(graphite)} \rightarrow C_{(diamond)}$ $\Delta H^o = 1.9\ kJ$

مثال (2):

فـيما يلـي شكل يوضح حساب حرارة تكوين كبريتات الخارصين $ZnSO_4$ من عناصره الأولية ولكن باستخدام طريقتين لحساب حرارة تكوينه ← $\Delta H^o_f = -966kJ/mol$



و الشـكل السابق يوضح لنا أن قيمة التغير في المحتوى الحراري لأي تفاعل ثابتة مهما اختلفت طرق تحضير المركب أو تكوينه .

تمرين(1) :

احسب ΔH^o للتفاعل :

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

إذا علمت أن كل من الإيثيلين والإيثان والكربون والهيدروجين تحترق على الترتيب تبعا للمعادلات التالية :

أ- $C_2H_{4(g)} + 3O_{2\,(g)} \rightarrow 2CO_{2\,(g)} + 2H_2O_{(l)} + 1410kJ$

ب- $C_2H_{6(g)} + \frac{7}{2}O_{2\,(g)} \rightarrow 2CO_{2\,(} + 3H_2O_{(l)} + 1460kJ$

ج - $C_{\,(graphite)} + O_{2\,(g)} \rightarrow CO_{2\,(g)} + 393.5kJ$

د - $H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2\,(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} + 286\ kJ$

الجواب :

$C_2H_{4(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow C_2H_{6(g)} \qquad \Delta H^o = -236kJ$

تمرين(2) :

احسب حرارة التكوين القياسية لمركب ثاني كبريتيد الكربون من عناصره الأولية بالاستعانة بمعادلات الاحتراق التالية :

أ – $CS_{2\,(s)} + 3O_{2\,(g\,)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2SO_{2(g)} + 975\ kJ$

ب - $C_{\,(graphite)} + O_{2\,(g)} \rightarrow CO_{2\,(g)} + 393.5kJ$

ج - $S_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow SO_{2(g)} + 247\ kJ$

الجواب :

$C_{\,(graphite)} + 2S_{(s)} \rightarrow CS_{2\,(s)} \qquad \Delta H^o = +87.5kJ$

إجابة تمرين (1) :

للحصول على المعادلة المطلوبة نعكس المعادلة ب ، وجمع المعادلات كما يلي :

$C_2H_{4(g)} + 3/O_{2\,(g)} \rightarrow 2C/O_{2\,(g)} + 2H/_2O_{(l)}$, $\Delta H^o = -1410kJ$

$$2CO_{2\,(g)} + 3H_2O_{(l)} \rightarrow C_2H_{6(g)} + \frac{7}{2} O_{2\,(g)} \qquad \Delta H^o = +1460kJ$$

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

$$C_2H_{4(g)} + H_{2(g)} \rightarrow C_2H_{6(g)} \qquad \Delta H^o = -236kJ$$

إجابة تمرين (2) :

نعكس المعادلة أ ، ونضرب المعادلة ج × 2 ونجمع المعادلات الثلاث للحصول على المعادلة المطلوبة :

$$CO_{2(g)} + 2SO_{2(g)} \rightarrow CS_{2\,(s)} + 3O_{2\,(g)} \qquad \Delta H^o = +975\ kJ$$

$$C_{\,(graphite)} + O_{2\,(g)} \rightarrow CO_{2\,(g)} \qquad \Delta H^o = -393.5kJ$$

$$2S_{(s)} + 2O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{2(g)} \qquad \Delta H^o = -494\ kJ$$

$$C_{\,(graphite)} + 2S_{(s)} \rightarrow CS_{2\,(s)} \qquad \Delta H^o = +87.5kJ$$

كيمياء الكمادات الفورية كتطبيق على الكيمياء الحرارية:

يستخدم اللاعبون في مجالات الرياضة المختلفة كمادات باردة وأخرى ساخنة لمعالجة الإصابات الطفيفة التي يصابون بها في أثناء المباريات وذلك ضمن عملية الإسعافات الأولية . ومن أجل توفير مثل هذه الكمادات في كل زمان ومكان ، أمكن الاستفادة من البعض التفاعلات الكيميائية البسيطة والاستفادة من مفهوم يعرف (بحرارة الانحلال) لتحضير ما يسمى بالكمادات الجاهزة أو الكمادات الفورية ، وتتكون العبوة الجاهزة من كيس بلاستيكي يحتوي مادة كيميائية صلبة وجرابا صغيرا مليئا بالماء . وإذا ما قمنا بالضغط على الكيس البلاستيكي انفجر جراب الماء بداخله وانحلت به المادة الصلبة ويؤدي انحلال المادة الكيميائية الصلبة في الماء إلى ارتفاع أو انخفاض في درجة الحرارة ، وذلك بحسب نوع المادة الكيميائية . فإذا كانت عملية الانحلال من النوع الطارد للحرارة أدى ذلك إلى إلى ارتفاع حرارة المحلول ، وأما إذا كانت من النوع الماص للحرارة فإن ذلك يؤدي إلى انخفاض حرارة المحلول .

وفي العادة يستخدم كل من كلوريد الكالسيوم أو كبريتات الماغنيسيوم في الأكياس الساخنة أما الأكياس الباردة فيمكن الحصول عليها باستخدام نترات الأمونيوم ، ولقد دلت التجربة على إذابة

40 جـرام مـن كلوريد الكالسيوم (0.36 مول) في 100 مليلتر من الماء تسبب في رفع درجة حرارة الماء من 20 درجة سيليزية إلى 90 درجة سيليزية .

بالمـثل فـإن إذابة 30 جرام من نترات الأمونيوم (0.36 مول) في 10 مليلتر من الماء تخفف درجـة حـرارة الماء من 20 درجة سيليزية إلى الصفر . ونلاحظ أن مفعول كيس الكمادات باردا كـان أم ساخنا يستمر لمدة 20 دقيقة تقريبا وهكذا يمكن تصنيع الكمادة الفورية المطلوبة باختيار نوع المادة الصلبة وكمية المادة اللازمة .