الاسم : ..... الصف الحادي عشر /.....

سلسلة مذكرات

أينشتاين الخليج

في

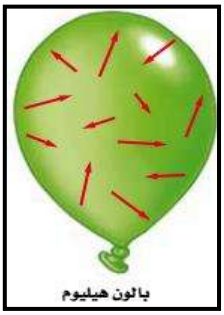
الفيزياء

درجة الحرارة والطاقة الحرارية

الديناميكا الحرارية : " هي دراسة تحولات الحرارة إلى أشكال أخرى للطاقة "

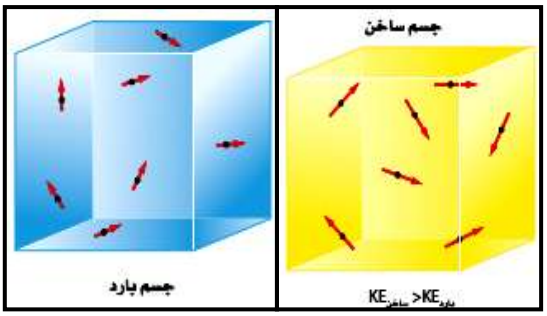
بدأت دراستها في القرن الثامن عشر عند صناعة المحركات البخارية التي استخدمت في تشغيل القطارات والمصانع ومضخات المياه في مناجم الفحم .

الطاقة الحرارية



١- الجزيئات الموجودة في غاز ما لها طاقات حركية خطية ودورانية ، وقد يكون لها طاقة وضع خلال اهتزازها بين مواضع محددة ، وعندما تصطدم تلك الجزيئات مع بعضها ومع جدران الوعاء الذي يحتويها تنتقل الطاقة فيما بينها .

الطاقة الحرارية : " هي الطاقة الكلية للجزيئات "



٢- يرتبط متوسط الطاقة لكل جزئ بدرجة حرارة الغاز ، فعند تعريض بالون مملوء بغاز الهيليوم لأشعة الشمس يزداد حجمه قليلاً ، لأن طاقة أشعة الشمس تجعل ذرات الغاز تتحرك بسرعة أكبر فتصطدم بجدار البالون بمعدّل أكبر فتزداد القوة المؤثرة على جدار البالون فيتمدد المطاط ، وبالتالي يزداد حجم البالون .

٣- ذرات المواد الصلبة لا تتحرك بحرية مثل الغازات ، وتكون حركتها في صورة ارتدادات مختلفة الشدة إلى الأمام وإلى الخلف كما لو كانت مرتبطة معاً بنوابض ، ويكون لكل ذرة بعض الطاقة الحركية ، وطاقة الوضع ، والطاقة الحرارية الكلية في المادة الصلبة = متوسط طاقتي الوضع والحركة لكل ذرة × عدد ذرات المادة (N).

الطاقة الحرارية ودرجة الحرارة

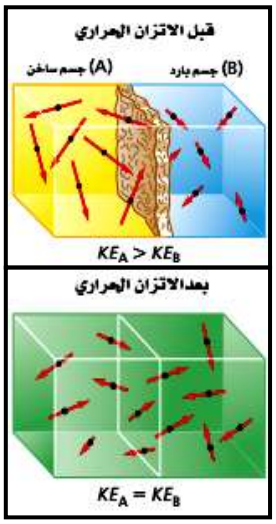
١- للجسم الساخن طاقة حرارية أكبر من الجسم البارد المشابه له ، وبالرغم من أن جميع الجزيئات داخل الجسم لا تمتلك كمية الطاقة نفسها وتتفاوت قيم الطاقة للجزيئات على مدى واسع ، إلا أن متوسط طاقة جزيئات الجسم الساخن تكون أكبر من متوسط طاقة جزيئات الجسم البارد .

٢- تعتمد درجة حرارة الجسم على متوسط الطاقة الحركية لجزيئات الجسم ، ولا تعتمد على عدد الذرات في الجسم ، لأن متوسط الطاقة الحركية للجزيئات تساوي الطاقة الحركية الكلية للجسم مقسومة على عدد جزيئات الجسم ، لذا تتناسب الطاقة الحرارية للجسم مع عدد الجزيئات فيه ، في حين أن درجة الحرارة لا تعتمد على عدد الجزيئات في الجسم .

تعليلات هامة

يزداد حجم بالون مملوء بالغاز عند ارتفاع درجة حرارته	لأن طاقة حركة جزيئات الغاز تزداد ، فتتحرك بسرعة أكبر ، فتصطدم بجدار البالون بمعدّل أكبر ، فتزداد القوة المؤثرة على جدار البالون فيتمدد
انكماش بالون مملوء بالغاز عند انخفاض درجة حرارته بالرغم من احتواؤه على نفس عدد الجزيئات	لأن خفض درجة الحرارة يُبطئ من حركة جزيئات الغاز ، فيقل معدّل اصطدام الجزيئات بجدران البالون ، فيقل الزخم الذي تنقله الجزيئات لجدران البالون فينكمش
تساوي جسمين مختلفين في الكتلة من نفس المادة في درجة الحرارة بالرغم من احتواء الجسم ذو الكتلة الأكبر على طاقة حركية أكبر	لأن درجة حرارة الجسم تعتمد على متوسط الطاقة الحركية لجزيئات الجسم ، ومتوسط الطاقة الحركية للجزيئات تساوي الطاقة الحركية الكلية للجسم مقسومة على عدد جزيئات الجسم ، فالجسم ذو الطاقة الحركية الأكبر يحتوي أيضاً على عدد أكبر من الجزيئات فيتساوى متوسط الطاقة الحركية للجزيئات في الجسمين

الاتزان والقياس الحراري



١- عند قياس درجة حرارة جسم ساخن مقارنةً بمقياس الحرارة ، فإن جزيئات الجسم تمتلك طاقة حرارية أكبر ، وتتحرك بسرعة أكبر من جزيئات الأنبوب الزجاجي لمقياس الحرارة ، وعندما تصطدم الجزيئات المتحركة بسرعة أكبر في الجسم بالجزيئات المتحركة بسرعة أقل في الأنبوب الزجاجي ، تنتقل الطاقة من الجسم إلى الزجاج عن طريق عملية " التوصيل الحراري " .

التوصيل الحراري : " هو انتقال الطاقة الحركية عندما تتصادم الجزيئات بعضها ببعض في أثناء تلامسها "

٢- أثناء اكتساب جزيئات الزجاج المزيد من الطاقة فإنها تبدأ في إرجاع بعض الطاقة إلى جزيئات الجسم ، وعندما تتساوى درجتا حرارة الجسم ومقياس الحرارة ، يتساوى معدّل انتقال الحرارة من الجسم إلى الزجاج والعكس ، ويُقال أن الجسم ومقياس الحرارة وصلا إلى حالة " الاتزان الحراري " .

حالة الاتزان الحراري : " هي الحالة التي يتساوى عندها معدّل انتقال الطاقة بين جسمين ، ويكون لكلا الجسمين درجة الحرارة نفسها "

٣- يعتمد عمل مقياس الحرارة على خاصية معينة ، مثل الحجم ، والذي يتغير بتغير درجة الحرارة ، ويحتوي العديد من مقاييس الحرارة على كحول ملون يتمدد عندما يسخن ، ويرتفع داخل أنبوب ضيق ، وبزيادة درجة حرارة الكحول يزداد حجمه فيزداد ارتفاعه في الأنبوب ، مشيراً إلى درجة حرارة أعلى .

٤- في مقاييس الحرارة السائلة البلورية ، تُستخدم مجموعة من السوائل البلورية المختلفة ، بحيث تترتب بلورات الجزيئات لكل نوع عند درجة حرارة محددة ، مما يؤدي إلى تغير لون البلورة ، فتشير إلى درجة الحرارة من خلال اللون .

٥- المقاييس الحرارية الطبية ، والمستخدمة في محركات المركبات تستخدم دوائر إلكترونية حساسة تقيس درجات الحرارة بسرعة .

مقياسا درجة الحرارة (السلسيوس والكلفن)

١- يعتمد مقياس سلسيوس على خصائص الماء ، حيث اختار نقطة تجمد الماء النقي لتكون **0 ºC** ، ونقطة غليان الماء النقطي عند مستوى سطح البحر لتكون **100 ºC** .

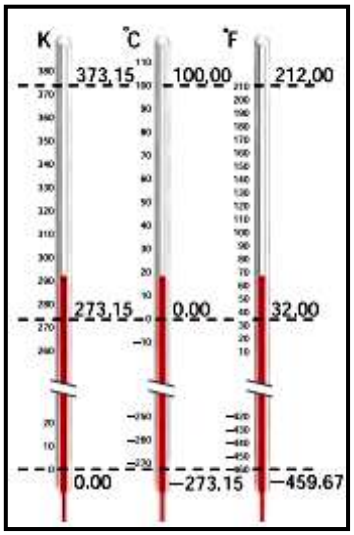
٢- يوجد في الكون مدى واسع لدرجات الحرارة ، ولا يبدو أن هناك حداً أعلى لدرجات الحرارة حيث تصل درجة الحرارة داخل الشمس إلى **1.5×10^7 ºC** على الأقل ، ولكن يوجد حد أدنى لدرجات الحرارة وهي الدرجة التي يتقلص عندها حجم غاز مثالي مثل الهيليوم ليُصبح حجمه مساوياً حجم ذرات الهيليوم فقط ، أي تتلاشى الفراغات بين الذرات ، وتفقد ذرات الغاز طاقتها الحرارية كاملة ، ولا يمكن تخفيض درجة الحرارة إلى أقل من ذلك ، وتعرف هذه الدرجة بـ " الصفر المطلق " ، وتساوي **- 273.15 ºC** .

درجة الصفر المطلق : " هي درجة الحرارة التي تتلاشى عندها الفراغات بين ذرات الغاز المثالي ، ليُصبح الحجم الذي يشغله الغاز مساوياً لحجم جزيئات الغاز ، وتساوي **- 273.15 ºC** "

٣- مقياس سلسيوس مفيد في القياسات اليومية لدرجة الحرارة ، ولكن غير عملي في المسائل العلمية والهندسية ، لأنه يحتوي على درجات حرارة سالبة ، مما يوحي بأن للجزئ طاقة حركية سالبة ، وهذا غير ممكن لأن الطاقة الحركية دائماً موجبة ، لذلك يُستخدم مقياس كلفن الذي يبدأ من الصفر المطلق .

مقارنة بين مقاييس الحرارة الثلاث (الكلفن والسلسيوس والفهرنهايت)

وجه المقارنة	الكلفن (K)	السلسيوس (C)	الفهرنهايت (F)
الصفر المطلق	**0 ºK**	**- 273.15 ºC**	**- 459.67 ºF**
نقطة تجمد الماء	**273.15 ºK**	**0 ºC**	**32 ºF**
نقطة غليان الماء	**373.15 ºK**	**100 ºC**	**212 ºF**
العلاقة	$T_K = T_C + 273.15$	$T_C = T_K - 273.15$	$T_F = (T_C \times 1.8) + 32$ $T_C = (T_F - 32) / 1.8$



ملاحظات هامة :

يتم الوصول إلى درجات حرارة منخفضة جداً من خلال جعل الغازات سائلة ، فمثلاً يُصبح الهيليوم سائل عند درجة **4 ºK** أو **- 269 ºC** ، ويمكن أيضاً الوصول إلى درجات حرارة منخفضة باستخدام خصائص معينة للمواد الصلبة ، ونظائر الهيليوم ، والذرات ، والليزر .

س / علل : مقياس سلسيوس غير عملي في المسائل العلمية والهندسية .

ج : لأنه يحتوي على درجات حرارة سالبة ، مما يوحي بأن للجزئ طاقة حركية سالبة ، وهذا غير ممكن لأن الطاقة الحركية دائماً موجبة .

س / علل : الدرجة على تدريج سلسيوس تعادل الدرجة على تدريج كلفن .

ج : لأن الفرق بين درجة تجمد الماء وغليانه على كلا التدريجين متساوية وتساوي **100** درجة .

الحرارة وتدفق الطاقة الحرارية

الحرارة : " هي الطاقة المنتقلة بين جسمين متلامسين ، وتنتقل من الجسم الساخن إلى الجسم البارد "

تُقاس كمية الحرارة (**Q**) بوحدة الجول ، وإذا فقد الجسم حرارة تكون قيمة **Q** سالبة ، وإذا امتص الجسم حرارة تكون قيمة **Q** موجبة .

تنتقل الحرارة بإحدى ثلاث طرق هي : ١- التوصيل ٢- الحمل ٣- الإشعاع .

مقارنة بين طرق انتقال الحرارة

وجه المقارنة	طريقة التوصيل	طريقة الحمل	طريقة الإشعاع
التعريف	هي انتقال الطاقة الحرارية عندما تتصادم الجزيئات بعضها ببعض أثناء تلامسها	هي انتقال الطاقة الحرارية من خلال حركة مائع بسبب اختلاف درجة الحرارة	هي انتقال الطاقة الحرارية بواسطة الموجات الكهرومغناطيسية
أمثلة	- انتقال الحرارة خلال جزيئات قضيب فلزي عند ملامسة أحد طرفيه جزيئات الغاز للهب . - تسخين الماء في قاع إناء ملامس للهب .	- ارتفاع الماء الساخن في قاع إناء لأعلى ونزول الماء البارد لأسفل . - الاضطراب الجوي بسبب الحمل الحراري لغازات الغلاف الجوي كما في العواصف الرعدية . - تغيرات الطقس بسبب ظاهرة الحمل الحراري للتيارات المائية في المحيطات .	- تسخين الشمس للأرض من على بُعد **150** مليون كيلومتر . - انتقال الحرارة من مدفأة.

التدفئة بالبخار

يتم تدفئة المباني بالبخار من خلال تبخير الماء في مرجل أسفل البناية ، فيتدفق البخار الساخن داخل أنابيب معزولة حاملاً معه الحرارة ليصل إلى كل غرفة في المبنى ، ويتكاثف البخار داخل مشعاع حراري إلى ماء ، ثم يتدفق عائداً عبر الأنابيب إلى المرجل ليُعاد تبخيره .
ومن سلبيات نظام التدفئة بالبخار أنه يتطلب مراجل وأنابيب ذات تكلفة مرتفعة لتستطيع نقل البخار المضغوط .

السعة الحرارية النوعية

السعة الحرارية النوعية لمادة : " هي كمية الطاقة التي يجب أن تكتسبها المادة لترتفع درجة حرارة وحدة الكتل (**1 kg**) من هذه المادة درجة سليزية واحدة "

ويرمز للسعة الحرارية النوعية بالرمز (C) ، وتقاس بوحدة ($\mathbf{J / kg . {}^{o}k}$) .

س / ما معنى : السعة الحرارية النوعية للحديد = 450 J / kg . k .

ج : أي أن : كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة **1 kg** من الحديد درجة كلفنية واحدة = **450 J** .

العوامل التي تتوقف عليها كمية الحرارة المكتسبة أو المفقودة

١- كتلة الجسم : والتناسب طردي . ٢- السعة الحرارية النوعية لمادة الجسم : والتناسب طردي .

٣- مقدار التغير في درجة حرارة الجسم : والتناسب طردي .

كمية الحرارية المكتسبة أو المفقودة : " هي ما يساوي حاصل ضرب كتلة الجسم في سعته الحرارية النوعية ، وفي الفرق بين درجتي حرارته النهائية والابتدائية "

$$Q = mC\Delta T = mC\,(T_f - T_i)$$

ملاحظات هامة :

١- للماء السائل سعة حرارية نوعية مرتفعة مقارنة بالمواد الأخرى .

٢- نظراً لأن التدريج الواحد بمقياس كلفن يعادل تدريجاً واحداً بمقياس سلسيوس ، لذلك يمكن حساب ΔT بوحدة الكلفن أو السلسيوس .

السعة الحرارية النوعية للموادّ الشائعة

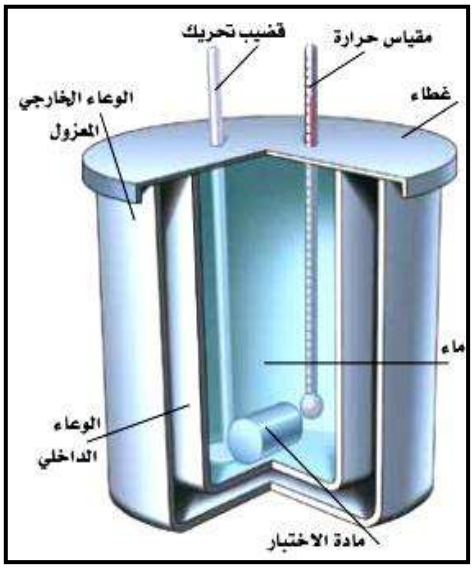
المادة	السعة الحرارية النوعية (J/ kg. K)	المادة	السعة الحرارية النوعية (J/ kg. K)
الألومنيوم	897	الرصاص	130
النحاس الأصفر	376	الميثانول	2450
الكربون	710	الفضة	235
النحاس	385	بخار الماء	2020
الزجاج	840	الماء	4180
الجليد	2060	الخارصين	388
الحديد	450		

تعليلات هامة

ترتفع درجة حرارة الرمال عند شاطئ البحر في يوم مشمس بشكل أكبر من الماء بالرغم من تعرضهما لنفس الطاقة الحرارية بنفس الزمن	لأن السعة الحرارية النوعية للرمل أقل من الماء فيسخن الرمل بشكل أكبر من الماء
تصنع أواني الطبخ غالباً من الألومنيوم	لأن السعة الحرارية النوعية للألومنيوم صغيرة نسبياً فتوصل الحرارة بشكل جيد فينضج الطعام سريعاً
تحتفظ الأواني المصنوعة من الفخار بالحرارة بشكل أكبر من الأواني المعدنية	لأن السعة الحرارية النوعية للفخار كبيرة فلا توصل الحرارة بصورة جيدة فتفقد حرارتها ببطء عكس المعدن
عند شرب شاي حار بملعقة بلاستيك لن تحرق لسانك مثل وضع الشاي الحار عليه مباشرةً	لأن السعة الحرارية النوعية للبلاستيك أقل من الشاي ، فلا تنقل الكثير من الحرارة إلى لسانك
يكون بلاط الحمام في الشتاء أبرد من باقي غرفة الحمام الدافئة	لأن السعة الحرارية النوعية للبلاط صغيرة فيوصل الحرارة بكفاءة عالية أكثر من معظم المواد
الأواني المصنوعة من الألومنيوم السميك أفضل في الطبخ من أواني الألومنيوم الرقيق	لأن الألومنيوم السميك يوصل الحرارة بشكل أفضل فلا تتشكل فيه بقع أسخن مما حولها
في الدول القريبة من القطب الشمالي يتجمد الماء على الجسور قبل تجمد سطح الطريق	لتعرض الجانب السفلي للجسر لهواء بارد ، فيبرد الجسر بسرعة ، فيتجمد الماء على سطحه العلوي

قياس السعة الحرارية النوعية باستخدام المسعر

المسعر البسيط : " هو أداة تُستخدم لقياس التغير في الطاقة الحرارية ، ويكون معزولاً بحيث يكون انتقال الطاقة من وإلى المحيط الخارجي أقل ما يمكن "



استخدامات المسعر الحراري :

١- قياس التغير في الطاقة الحرارية . ٢- قياس التفاعلات الكيميائية .

٣- قياس محتوى الطاقة في الأطعمة .

خطوات استخدام المسعر في قياس الطاقة الحرارية :

١- توضع كتلة معلومة من مادة مسخنة عند درجة حرارة عالية داخل المسعر الذي يحتوي على كتلة معلومة من الماء البارد ، وتكون درجة حرارة الماء معلومة أيضاً .

٢- بعد انتقال الحرارة من المادة إلى الماء البارد ، يُحسب التغير في الطاقة الحرارية للمادة من خلال الزيادة في درجة حرارة الماء .

فكرة عمل المسعر الحراري :

١- تعتمد فكرة عمل المسعر على مبدأ حفظ الطاقة في النظام المغلق والمعزول ، بحيث إذا ازدادت طاقة جزء معين من النظام ، فإن طاقة جزء آخر يجب أن تنقص بالمقدار نفسه .

حفظ الطاقة : " تكون الطاقة الحرارية في النظام المغلق والمعزول للجسم **A** مضافاً إليها الطاقة الحرارية للجسم **B** مقداراً ثابتاً "

$$E_A + E_B = \text{ثابت}$$

٢- نفترض أن النظام مكون من قالبين معدنيين **A** و **B** مختلفين في درجة الحرارة ، فعند تلامسهما تنتقل الحرارة من القالب الأسخن فتنخفض درجة حرارته وتكون ΔT سالبة وبالتالي يكون التغير في طاقته سالب ، بينما ترتفع درجة حرارة القالب الأبرد وتكون ΔT موجبة وبالتالي يكون التغير في طاقته موجب ، ويستمر انتقال الحرارة حتى يُصبح القالبان في حالة اتزان حراري عندما تتساوى درجتا حرارتهما النهائية ، ويكون التغير الكلي في طاقة النظام تساوي صفر : $\Delta E_A + \Delta E_B = 0$

أي أن :

$$m_A C_A \Delta T_A + m_B C_B \Delta T_B = 0$$

وبالتعويض من العلاقة : $\Delta T = T_f - T_i$ نجد أن :

$$m_A C_A (T_f - T_A) + m_B C_B (T_f - T_B) = 0$$

وبفك الأقواس :

$$m_A C_A T_f - m_A C_A T_A + m_B C_B T_f - m_B C_B T_B = 0$$

ومنها :

$$T_f (m_A C_A + m_B C_B) = m_A C_A T_A + m_B C_B T_B$$

$$T_f = \frac{m_A C_A T_A + m_B C_B T_B}{m_A C_A + m_B C_B}$$

أقسام الحيوانات حسب درجات حرارة أجسامها

١- ذوات الدم البارد : وتشمل معظم الحيوانات . ٢- ذوات الدم الحار .

مقارنة بين أنواع الحيوانات حسب درجات حرارتها

وجه المقارنة	ذوات الدم البارد	ذوات الدم الحار
التعريف	هي التي تتغير درجة حرارة أجسامها تبعاً للبيئة المحيطة بها	هي التي تكون درجات حرارة أجسامها مستقرة بغض النظر عن درجة حرارة البيئة المحيطة بها
تنظيم درجة حرارتها	تنظم درجة حرارة جسمها من خلال تنظيم انتقال الحرارة بواسطة الاختباء تحت صخرة أو في شق ، فتنخفض درجة حرارة جسمها	تنظم درجة حرارة جسمها داخلياً من خلال زيادة أو تقليل مستوى عمليات الأيض
أمثلة	السحالي - العقارب	الإنسان (درجة حرارته **37 °C**)

تمارين على درجة الحرارة والطاقة الحرارية

١- حول درجات الحرارة الآتية من مقياس كلفن إلى مقياس سلسيوس :

(أ) – **115 °k** .

.....

(ب)- **150 °k** .

.....

(ج)- **300 °k** .

.....

(د) - **402 °k** .

.....

٢- حول درجات الحرارة الآتية من مقياس سلسيوس إلى مقياس كلفن ومقياس فهرنهايت :

(أ) – درجة حرارة الغرفة .

.....

.....

.....

(ب)- درجة حرارة جسم الإنسان .

.....

.....

.....

٣- سُخنت مقلاة من الحديد الصلب كتلتها **5.1 kg** على موقد ، فارتفعت درجة حرارتها من **295 °k** إلى **450 °k** ، فإذا كانت السعة الحرارية النوعية للحديد تساوي **450 J / kg . k** ، فاحسب كمية الحرارة التي اكتسبتها المقلاة .

3.6×10^5 J

.....
.....
.....

٤- عند فتح صنبور ماء ساخن ، فإن أنابيب المياه تسخن ، احسب كمية الحرارة التي يكتسبها أنبوب ماء نحاسي كتلته **2.3 kg** ، عندما ترتفع درجة حرارته من **20 °C** إلى **353 °k** ، علماً بأن السعة الحرارية النوعية للنحاس تساوي **385 J / kg . k** .

53.13×10^3 J

.....
.....
.....

٥- يحتوي نظام التبريد لسيارة على **20 L** من الماء ، فإذا علمت أن كتلة اللتر الواحد من الماء تعادل **1 kg** ، والسعة الحرارية النوعية للماء تساوي **4180 J / kg . k** ، فأجب عما يأتي :

(أ) – احسب مقدار التغير في درجة حرارة الماء ، إذا اشتغل المحرك حتى اكتسب **836 KJ** من الحرارة .

10 °k

.....
.....
.....
.....

(ب) – إذا كان الفصل شتاءاً ، ونظام التبريد في السيارة مملوءاً بالميثانول ذي الكثافة **0.8 g / cm^3** ، والسعة الحرارية النوعية للميثانول **2450 J / kg . k** فاحسب مقدار الزيادة في درجة حرارة الميثانول إذا اكتسب **836 KJ** من الحرارة .

21.33 °k

.....
.....
.....
.....
.....
.....

(ج) – أيهما يُعد مبردا أفضل الماء أم الميثانول ؟ فسر إجابتك .

.....
.....

٦- يمتص قالب من المعدن كتلته **500 g** كمية من الحرارة مقدارها **5016 J** عندما تتغير درجة حرارته من **20 °C** إلى **30 °C** ، احسب السعة الحرارية النوعية للمعدن .

1003.2 J / kg . k

.....
.....
.....
.....

– حل المسائل التالية :

أولاً– تم تسخين قطعة ألمنيوم كتلتها ($0.050\ kg$) ثم ألقيت في وعاء يحوي ($0.15\ kg$) من المـــــــاء بالدرجة ($21^{\circ}C$) فوصلت درجة الحرارة النهائية إلى ($25^{\circ}C$) . أوجد درجة الحرارة الابتدائية لقطعة الألمنيوم ؟

$$C_{PAl}m_{Al}\Delta T_{Al} + C_{Pw}m_w\Delta T_w = 0.0$$

$$899 \times 0.050 \times (25 - T_{iAl}) + 4186 \times 0.15 \times (25 - 21) = 0.0$$

$$\Longrightarrow T_{iAl} = 81^{\circ}C$$

ثانياً– إناء كتلته ($0.75\ kg$) ودرجة حرارته ($36.5^{\circ}C$) يوضع في ($1.25\ kg$) من الماء عند ($20^{\circ}C$) فأصبحت درجة الحرارة النهائية ($24.4^{\circ}C$) . احسب السعة الحرارية النوعية للإناء ؟

$$C_{Px}m_x\Delta T_x + C_{Pw}m_w\Delta T_w = 0.0$$

$$C_{Px} \times 0.75 \times (24.4 - 36.5) + 4186 \times 1.25 \times (24.4 - 20) = 0.0$$

$$\Longrightarrow C_{Px} = 2537\ J/kg^{\circ}{}_C$$

ثالثاً– قطعة فضة كتلتها ($0.0255\ kg$) سخنت إلى درجة حرارة ($84^{\circ}C$) ثم ألقيت في مسعر يحوي ماء كتلته ($0.05\ kg$) ودرجة حرارته ($24^{\circ}C$) فإذا كان المسعر غير معزول بشكل كامل مما أدى لتسرب ($140\ J$) من الطاقة إلى الفضاء المجاور قبل الوصول إلى درجة الحرارة النهائية . أوجد درجة الحرارة النهائية ؟

$$C_{PAg}m_{Ag}\Delta T_{Ag} + C_{Pw}m_w\Delta T_w = 0.0$$

$$[234 \times 0.0255 \times (T_f - 84) - 140] + 4186 \times 0.05 \times (T_f - 24) = 0.0$$

$$\Longrightarrow T_f = 26.3^{\circ}C$$

– أجب عن جميع الأسئلة التالية :

1– لماذا يترك الطبيب ميزان الحرارة فترة من الزمن داخل فم المريض قبل أن يقرأ درجة الحرارة ؟

حتى يحدث اتزان حراري وتصبح درجة حرارة المقياس مساوية لدرجة حرارة المريض

2– لماذا عند رج وتحريك إناء من الماء بشكل قوي ترتفع الطاقة الداخلية للماء والإناء ؟

لأن الشغل المبذول يتحول إلى حرارة

3– استخدم التفسير المجهري لدرجة الحرارة والحرارة لشرح تسخين يديك بالنفخ فيهما ؟

يكون لجزيئات الهواء المنفوخ متوسط طاقة حركة أكبر من الهواء المحيط بيدي لذلك تنتقل الحرارة إلى يدي وتؤدي إلى رفع درجة حرارتها

4– استخدم التفسير المجهري لدرجة الحرارة والحرارة لشرح النفخ بالحساء لتبريده ؟

يكون لجزيئات الحساء متوسط طاقة حركة أكبر من جزيئات الهواء المنفوخ على سطحه لذلك تنتقل الحرارة من الحساء إلى الهواء الأبرد فتنخفض درجة حرارة الحساء

س– لماذا يكون في الصيف الهواء حول بركة السباحة حارا بينما الماء في البركة باردا ؟

لأن السعة الحرارية النوعية للماء أكبر من السعة الحرارية النوعية للهواء

- اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات التالية وضع أمامها إشارة (√) :

1- إن انتقال الحرارة من جسم لآخر يتوقف على :

■ **درجة حرارة كل منهما** ❑ الحرارة النوعية لكل منهما ❑ كتلة كل منهما ❑ شكل كل منهما

2- تصل الأجسام المتلاصقة فيزيائياً إلى حالة الاتزان الحراري عندما :

❑ تكتسب جميعها نفس كمية الحرارة ❑ تفقد جميعها نفس كمية الحرارة

■ **يصبح لها جميعاً نفس درجة الحرارة النهائية** ❑ تكون جميعها من نفس نوع المادة

3- مادة درجة حرارتها ($0.0^{\circ}\,F$) فتكون درجة حرارتها بالمقياس السيليزي :

❑ $0.0^{\circ}\,C$ ■ $\mathbf{-18^{\circ}\,C}$ ❑ $-32^{\circ}\,C$ ❑ $32^{\circ}\,C$

4- إحدى الوحدات التالية لا تقيس الحرارة :

❑ J ■ $\boldsymbol{W}$ ❑ Btu ❑ Cal

5- يتساوى التدريجان السيليزي والفهرنهايتي عند درجة حرارة :

❑ 40° ❑ 20° ❑ -20° ■ $\mathbf{-40^{\circ}}$

6- واحد مما يلي يتناسب طردياً مع طاقة حركة جزيئات المادة :

■ **درجة الحرارة** ❑ الاتزان الحراري ❑ الطاقة الجذبية ❑ الطاقة المرونية

- اختر الإجابة الصحيحة من بين الإجابات التالية وضع أمامها إشارة (√) :

1- كتلتان متساويتان من النحاس والألمنيوم زودتا بنفس الكمية من الحرارة فإذا كانت السعة الحرارية النوعية للألمنيوم أكبر من السعة الحرارية النوعية للنحاس فإن الارتفاع في درجة حرارة الألمنيوم :

❑ أكبر من الارتفاع في النحاس ■ **أصغر من الارتفاع في النحاس** ❑ يساوي الارتفاع في النحاس ❑ لا يوجد علاقة

2- يتميز الماء بأن له سعة حرارية نوعية مرتفعة لذلك :

❑ ترتفع درجة حرارة الماء بسرعة وتنخفض بسرعة ■ **ترتفع درجة حرارة الماء ببطء وتنخفض ببطء**

❑ ترتفع درجة حرارة الماء ببطء وتنخفض بسرعة ❑ ترتفع درجة حرارة الماء بسرعة وتنخفض ببطء

3- مكعبان ($A\,,B$) من النحاس كتلة كل منهما ($m_A = 100\ g\ ,\ m_B = 200\ g$) زودا بنفس الكمية من الطاقة الحرارية . فإذا ارتفعت درجة حرارة المكعب (A) بمقدار ($10^{\circ}\,C$) فإن درجة حرارة (B) ترتفع بمقدار :

■ $\mathbf{5^{\circ}\,C}$ ❑ $10^{\circ}\,C$ ❑ $20^{\circ}\,C$ ❑ $40^{\circ}\,C$

4- جسمان من مادة واحدة كتلة الأول مثلي كتلة الثاني فتكون السعة الحرارية النوعية للجسم الأول مساوية :

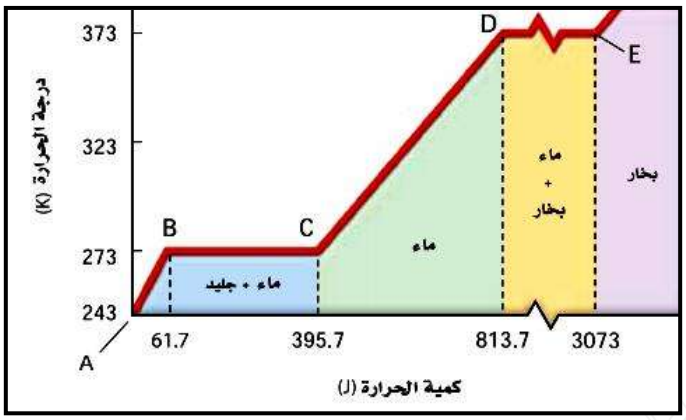
❑ نصف السعة الحرارية النوعية للجسم الثاني ■ **السعة الحرارية النوعية للجسم الثاني**

❑ مثلي السعة الحرارية النوعية للجسم الثاني ❑ أربعة أمثال السعة الحرارية النوعية للجسم الثاني

تغيرات حالة المادة
وقوانين الديناميكا الحرارية

١- أكثر حالات المادة شيوعاً هي الصلبة ، والسائلة ، والغازية . حيث تتغير حالة المادة الصلبة إلى السائلة عندما تكتسب كمية من الطاقة الحرارية ، حيث تزداد حركة جزيئاتها فتزداد درجة حرارتها ، وتصبح غازاً عند درجة حرارة أعلى .

٢- يمثل الشكل المقابل تمثيلاً بيانياً لتغيرات حالة المادة عند تزويد **1 g** من الجليد عند درجة **243 °K** بطاقة حرارية ، فترتفع درجة حرارته بين النقطتين **A , B** ليصل إلى درجة الانصهار **273 °K** ، وفي تلك الأثناء تتحرك الجزيئات بسرعة للتغلب على القوى التي تعمل على تثبيت الجزيئات ، وتُصبح الجزيئات حرة على نحو كافٍ لتنزلق مبتعدة عن بعضها البعض .



درجة الانصهار :

" هي درجة الحرارة التي تتحول عندها المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة "

٣- أثناء انصهار المادة تعمل الطاقة الحرارية المكتسبة كلها على التغلب على القوى التي تربط الجزيئات بعضها ببعض في الحالة الصلبة ، ولكنها لا تؤدي إلى زيادة طاقة حركة الجزيئات ، وبالتالي تظل درجة حرارة المادة ثابتة حتى تتحول بالكامل إلى الحالة السائلة ، كما بين النقطتين **B , C** ، وتسمى الطاقة الحرارية اللازمة لذلك بـ :

الحرارة الكامنة للانصهار (H_f) : " هي كمية الطاقة الحرارية اللازمة لتحول **1 Kg** من المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة دون تغير في درجة حرارتها "

وبالتالي كمية الحرارة اللازمة لصهر كتلة ما تساوي مقدار تلك الكتلة ، مضروبة في الحرارة الكامنة لانصهار مادتها .

$$Q = m\ H_f$$

٤- عندما تنصهر المادة الصلبة تماماً تتلاشى القوى التي تثبت الجزيئات في الحالة الصلبة ، ويؤدي اكتساب المزيد من الطاقة الحرارية إلى زيادة طاقة حركة الجزيئات ، وارتفاع درجة حرارة السائل بين النقطتين **C , D** ليصل إلى درجة الغليان **373 °K** .

درجة الغليان : " هي درجة الحرارة التي تتحول عندها المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية "

٥- عند درجة الغليان ، تعمل الطاقة الحرارية المكتسبة على تباعد الجزيئات لتتغير حالة المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية دون زيادة في درجة حرارتها بين النقطتين **D , E** ، وتسمى كمية الحرارة اللازمة لذلك بـ :

الحرارة الكامنة للتبخر (H_v) : " هي كمية الطاقة الحرارية اللازمة لتحول **1 Kg** من المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية دون تغير في درجة حرارتها "

وبالتالي كمية الحرارة اللازمة لتبخير سائل ما تساوي مقدار كتلة السائل ، مضروبة في الحرارة الكامنة لتبخير مادته .

$$Q = m H_v$$

٦- بعد تحول المادة كلياً إلى غاز ، فإن أي زيادة في الطاقة الحرارية تزيد من حركة الجزيئات ، وترفع درجة الحرارة أعلى من النقطة **E** ، فيسخن بخار الماء عند درجات حرارة أعلى من **373 °K** .

ملاحظات هامة :

١- يمثل الخط الأفقي بين النقطتين **B , C** الحرارة الكامنة للانصهار ، كما يمثل الخط الأفقي بين النقطتين **D , E** الحرارة الكامنة للتبخر .

٢- يمثل ميل الخط بين النقطتين **A , B** مقلوب السعة الحرارية النوعية للجليد ، كما يمثل ميل الخط بين النقطتين **C , D** مقلوب السعة الحرارية النوعية للماء ، ويمثل ميل الخط بعد النقطة **E** مقلوب السعة الحرارية النوعية للبخار ، ويدل ميل الخطوط الثلاث على أن للماء سعة حرارية نوعية أكبر من الجليد والبخار .

الحرارة الكامنه للانصهار والتبخر لبعض المواد الشائعة

المادة	الحرارة الكامنة للانصهار H_f (J/kg)	الحرارة الكامنة للتبخر H_v (J/kg)
النحاس	2.05×10^5	5.07×10^6
الزئبق	1.15×10^4	2.72×10^5
الذهب	6.30×10^4	1.64×10^6
الميثانول	1.09×10^5	8.78×10^5
الحديد	2.66×10^5	6.29×10^6
الفضة	1.04×10^5	2.36×10^6
الرصاص	2.04×10^4	8.64×10^5
الماء (الجليد)	3.34×10^5	2.26×10^6

٣- عندما يتجمد الماء يفقد كمية من حرارته تساوي $Q = - m H_f$ ، وعندما يتكاثف بخار إلى سائل ، فإنه يفقد كمية من الحرارة تساوي $Q = - m H_v$.

س / ما معنى : الحرارة الكامنة لانصهار الجليد = 3.34×10^5 J / kg .

ج : أي أن : كمية الطاقة اللازمة لصهر **1 kg** من الجليد دون تغير في درجة الحرارة = 3.34×10^5 J .

س / ما معنى : الحرارة الكامنة لتبخر الماء = 2.26×10^6 J / kg .

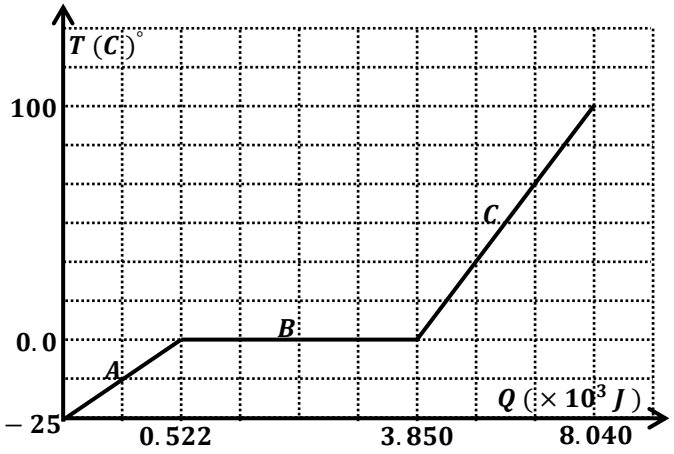
ج : أي أن : كمية الطاقة اللازمة لتبخر **1 kg** من الماء دون تغير في درجة الحرارة = 2.26×10^6 J .

تعليلات هامة

عند طهو اللحم في ماء يغلي لا ينضج أسرع عند غلي الماء بشده عن غلي الماء بهدوء	لأن الماء في الحالتين يكون له نفس درجة الحرارة وهي درجة الغليان **100 °C**
يشعر الشخص ببرودة السوائل سريعة التبخر مثل الأسيتون والميثانول على الجلد	لأنهما يمتصان من الجلد الحرارة اللازمة لتبخرهما
يبقى الماء في قربة محاطة بقماش رطب بارداً أكثر من حالة عدم وجود القماش	لأنه عند تبخر الماء داخل القماش يمتص طاقة حرارية تتناسب مع حرارة انصهاره فتبرد القربة
الحروق الناتجة عن بخار الماء أشد من الحروق الناتجة عن ماء يغلي	لأن درجة حرارة البخار قد تكون أعلى من درجة غليان الماء (**100 °C**)
عدم تغير درجة حرارة جسم أثناء تسخينه	لأن الحرارة تعمل على انصهار أو تبخر الجسم فتُستهلك في تباعد جزيئات الجسم دون تغير في طاقتها الحركية

تمارين على تغيرات حالة المادة

أولاً- تم تزويد ($10\ g$) من الجليد عند الدرجة ($-25^{\circ}C$) بكميات من الطاقة الحرارية فتغيرت درجة الحرارة كما في منحنى التسخين التالي :



1- حدد من الرسم حالة المادة خلال المراحل الثلاث ؟

المرحلة (A) **صلبة** المرحلة (B) **صلبة + سائلة** المرحلة (C) **سائلة**

2- ما هي درجة انصهار الجليد ؟ ($\mathbf{0.0^{\circ}C}$)

3- احسب السعة الحرارية النوعية للجليد والسعة الحرارية النوعية للماء ؟

$$C_{Pi} = \frac{Q}{m\Delta T} = \frac{(0.522-0.0)\times 10^3}{10\times 10^{-3}\times(0.0+25)} = 2088\ J/kg^{\circ}C$$

$$C_{Pw} = \frac{Q}{m\Delta T} = \frac{(8.040-3.850)\times 10^3}{10\times 10^{-3}\times(100-0.0)} = 4.19\times 10^3\ J/kg^{\circ}C$$

4- احسب الحرارة الكامنة لانصهار الجليد ؟

$$Q = m H_f \Longrightarrow (3.850-0.522)\times 10^3 = 10\times 10^{-3}\ L_f$$

$$\Longrightarrow L_f = 332800\ J/kg$$

5- احسب من المنحنى كمية الطاقة المتبادلة كحرارة خلال كل من المرحلتين (A) و (B) ؟

خلال المرحلة (A) : $Q_A = (0.522-0.0)\times 10^3 = 522\ J$

خلال المرحلة (B) : $Q_B = (3.850-0.522)\times 10^3 = 3328\ J$

6- فسر سبب ثبات درجة الحرارة خلال المرحلة (B) ؟

تستفيد المادة من الحرارة المكتسبة في تكسير الروابط وتحويل المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة

اعتبر : السعة الحرارية النوعية للماء = $4180\ J / kg\ .\ K$

السعة الحرارية النوعية للجليد = $2060\ J / kg\ .\ K$

السعة الحرارية النوعية للبخار = $2020\ J / kg\ .\ K$

الحرارة الكامنة لانصهار الجليد = $3.34 \times 10^5\ J / kg$

الحرارة الكامنة لتبخر الماء = $2.26 \times 10^6\ J / kg$

ثانياً- احسب الطاقة الحرارية اللازمة لتحويل ($0.042\ kg$) من الجليد عند درجة ($-11^\circ C$) إلى بخار ماء عند الدرجة ($111^\circ C$) ؟

بخار ماء $\mathbf{111}$ ← بخار ماء $\mathbf{100}$ ← ماء $\mathbf{100}$ ← ماء $\mathbf{0.0}$ ← جليد $\mathbf{0.0}$ ← جليد $\mathbf{-11}$

$$Q_{tot} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

$$Q_{tot} = (C_P m \Delta T) + (m H_f) + (C_P m \Delta T) + (m H_v) + (C_P m \Delta T)$$

$$Q_{tot} = (2.09 \times 10^3 \times 0.042 \times 11) + (0.042 \times 3.33 \times 10^5) +$$

$$(4186 \times 0.042 \times 100) + (0.042 \times 2.26 \times 10^6) + (2.01 \times 10^3 \times 0.042 \times 11)$$

$$\Longrightarrow Q_{tot} = 3.1 \times 10^5\ J$$

ثالثاً- ما الطاقة التي يجب أن يفقدها ($1\ kg$) من غاز النيتروجين درجة حرارته ($77.35^\circ K$) لتحويله بكامله إلى سائل علماً بأن درجة غليان النيتروجين السائل ($77.35^\circ K$) ؟

$$Q_{\text{سائل}} \rightarrow Q_{\text{بدرجة الغليان}}$$

$$Q = mL_v = 1.0 \times 2.01 \times 10^5 = 2.01 \times 10^5\ J$$

رابعاً- ما الطاقة اللازمة لصهر (1000) علبة من الألمنيوم بشكل تام من أجل تدويرها إذا كانت كتلة كل علبة منها ($0.014\ kg$) على افتراض أن درجة الحرارة الابتدائية ($26.4^\circ C$) ؟

$$Q_{24.6} \rightarrow Q_{\text{بدرجة الانصهار}} \rightarrow Q_{\text{منصهر}}$$

$$Q = C_{Al} m \Delta T + mL_f$$

$$Q = 8.99 \times 10^2 \times 0.014 \times 1000 \times (660.4 - 24.6) + (0.014 \times 1000 \times 3.97 \times 10^5)$$

$$\Longrightarrow Q = 1.35 \times 10^7\ J$$

خامساً– مكعب ثلج كتلته ($0.011\ kg$) و درجة حرارته ($0.0^{\circ}C$) أضيف إلى ($0.45\ kg$) من حســـــاء عند الدرجة ($80^{\circ}C$) فإذا افترضنا أن السعة الحرارية النوعية للحساء تساوي السعة الحرارية النوعية للماء . احســـب درجة الحرارة النهائية للحساء بعد انصهار الثلج بأكمله ؟

$$(\text{جليد } \mathbf{0.0} \rightarrow \text{ماء } \mathbf{0.0} \rightarrow \text{ماء } \boldsymbol{T_f}) + \boldsymbol{Q}_{\text{حساء}} = \mathbf{0}$$

$$\boldsymbol{mL_f} + \boldsymbol{C_{Pw} m_w \Delta T_w} + \boldsymbol{C_{P_{\text{حساء}}} m_{\text{حساء}} \Delta T_{\text{حساء}}} = \mathbf{0.0}$$

$$\mathbf{0.011 \times 3.33 \times 10^5 + 4186 \times 0.011 \times (T_f - 0.0) + 4186 \times 0.45 \times (T_f - 80) = 0.0}$$

$$\Longrightarrow \boldsymbol{T_f = 76.2^{\circ}C}$$

سادساً– قالب كتلته ($25\ kg$) صُب من الألمنيوم المنصهر عند درجة حرارة ($660.4^{\circ}C$) تمت العملية في غرفة تحتوي على ($130\ kg$) من الهواء عند درجة حرارة ($25^{\circ}C$) . ما درجة حرارة الهواء النهائية بعد تجمد الألمنيوم على افتراض أن السعة الحرارية النوعية للهواء ($1 \times 10^3 J/kg^{\circ}{}_C$) ؟

$$\boldsymbol{mL_f} + \boldsymbol{C_{PAl} m_{Al} \Delta T_{Al}} + \boldsymbol{C_{P_{\text{هواء}}} m_{\text{هواء}} \Delta T_{\text{هواء}}} = \mathbf{0.0}$$

$$\mathbf{25 \times 3.97 \times 10^5 \times 8.99 \times 10^2 \times 25 \times (T_f - 660.4) + 1 \times 10^3 \times 130 \times (T_f - 25) = 0.0}$$

$$\Longrightarrow \boldsymbol{T_f = 53.6^{\circ}C}$$

سابعاً : تحتوي أكبر البحيرات العظمى في كندا على حوالي ($1.2 \times 10^{16}\ kg$) من الماء . إذا كانت درجة حرارة البحيرة ($12^{\circ}C$) . أوجد الطاقة الحرارية اللازم إزالتها لكي تتجمد البحيرة بكاملها على درجة حرارة ($0.0^{\circ}C$) ؟

$$\boldsymbol{Q_{tot}} = (\boldsymbol{C_P m \Delta T}) + (\boldsymbol{mL_f})$$

$$\boldsymbol{Q_{tot}} = \mathbf{4181 \times 1.2 \times 10^{16} \times (12 - 0.0) + (1.2 \times 10^{16} \times 3.33 \times 10^5)}$$

$$\boldsymbol{Q_{tot} = 4.6 \times 10^{21}\ J}$$

القانون الأول للديناميكا الحرارية

١- يمكن تسخين مسمار بإضافة حرارة إليه وذلك بوضعه فوق لهب ، أو ببذل شغل عليه وذلك بطرقه بمطرقة ، كما أن المسمار أيضاً يبذل شغل على المطرقة ، ويكون الشغل المبذول بفعل المسمار على المطرقة مساوياً سالب الشغل الذي تبذله المطرقة على المسمار .

القانون الأول للديناميكا الحرارية :

" التغير في الطاقة الحرارية لجسم ما (ΔU) ، يساوي كمية الحرارة المضافة إلى لجسم (Q) ، مطروحاً منه الشغل الذي يبذله الجسم (W) "

$$\Delta U = Q - W$$

٢- تتضمن الديناميكا الحرارية دراسة التغيرات في الخصائص الحرارية للمادة ، ويعد القانون الأول للديناميكا الحرارية صياغة أخرى لقانون حفظ الطاقة .

قانون حفظ الطاقة : " الطاقة لا تفنى ولا تستحدث ، ولكن تتغير من شكل إلى آخر "

٣- من الأمثلة الأخرى على تغير كمية الطاقة الحرارية في نظام ما ، المضخة الهوائية اليدوية المستخدمة في نفخ إطار الدراجة الهوائية ، فعندما يقوم شخص بضغط المضخة ، فإن الهواء واسطوانة المضخة يسخنان ، حيث تتحول الطاقة الميكانيكية في المكبس المتحرك إلى طاقة حرارية للغاز .

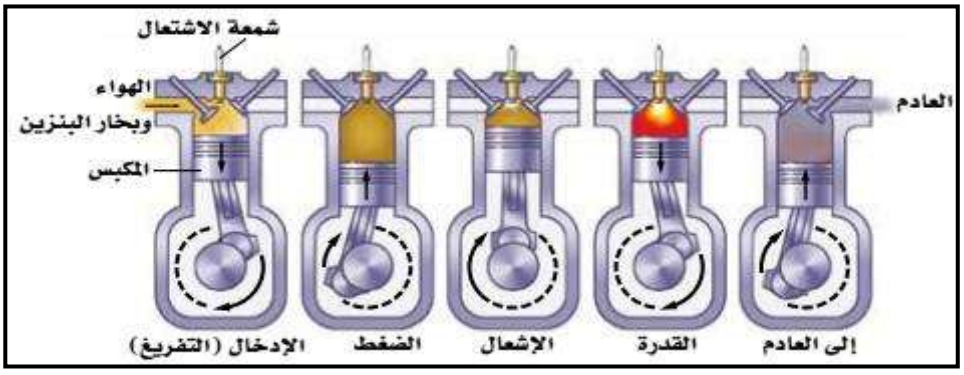
٤- يمكن تحول الضوء والطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية ، فضوء الشمس يعمل على تدفئة الأرض من بُعد أكثر من **150** مليون كيلومتر ، كما تحول المحمصة الطاقة الكهربائية إلى حرارة عندما تحمص الخبز .

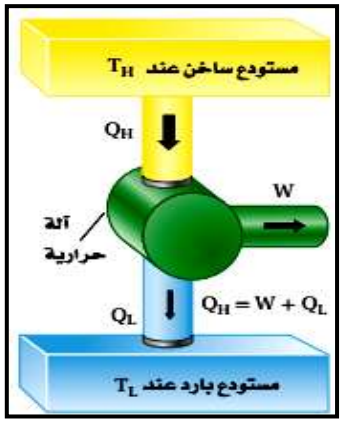
الآلات الحرارية

١- عندما تفرك يديك إحداهما بالأخرى تشعر بالدفء نتيجة تحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة حرارية ، وتحدث هذه العملية بسهولة ويسر ، أما العملية العكسية ، وهي تحول الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية ، فتكون أكثر صعوبة ، وتتم باستخدام الآلات الحرارية .

الآلة الحرارية : " هي أداة ذات قدرة على تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية بصورة مستمرة "

٢- تتطلب الآلة الحرارية مصدراً ذا درجة حرارة مرتفعة تُمتص منه الحرارة ، ومستقبلاً ذا درجة حرارة منخفضة يمتص الحرارة ويُسمى المصرف (المستودع البارد) ، كما يحتاج إلى طريقة لتحويل الطاقة الحرارية إلى شُغل ، مثل محرك الاحتراق الداخلي الموضح بالشكل التالي .





٣- في محرك الاحتراق الداخلي يشتعل بخار البنزين المخلوط بالهواء لإنتاج شُعلة ذات درجة حرارة مرتفعة ، وتتدفق الحرارة (Q_H) من اللهب إلى الهواء الموجود في الاسطوانة ، ثم يتمدد الهواء ويدفع المكبس محولاً الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية من خلال أربعة أشواط ، وللحصول على طاقة ميكانيكية مستمرة ، فإن المحرك يجب أن يعود إلى وضعه الابتدائي ، حيث يطرد الهواء الحار ، ويحل محله هواء جديد ، ويعود المكبس إلى أعلى الاسطوانة ، وتتكرر هذه الدورة عدة مرات كل دقيقة ، فتتحول الطاقة الحرارية من احتراق البنزين إلى طاقة ميكانيكية ، لذا تتحرك السيارة .

٤- لا تتحول جميع الطاقة الحرارية الناتجة عن الاشتعال في محرك السيارة إلى طاقة ميكانيكية ، فعندما يشتعل المحرك تصبح الغازات الناتجة في العادم وأجزاء المحرك ساخنة ، وينقل العادم الحرارة إلى الهواء الخارجي الملامس له ، كما تنتقل الحرارة من المحرك إلى المشعاع ، فيمر الهواء الخارجي خلال المشعاع ، فترتفع درجة حرارة الهواء أيضاً .

٥- تسمى الطاقة المنتقلة إلى خارج محرك المركبة بالحرارة الضائعة (Q_L) ، وهي الحرارة غير المتحولة إلى شغل ، فعندما يعمل المحرك بصورة دائمة فإن الطاقة الداخلية للمحرك لا تتغير $\Delta U = 0 = Q - W$ ، وكمية الحرارة التي تدخل المحرك $Q = Q_H - Q_L$ ، لذا يكون الشغل الذي يبذله المحرك $W = Q_H - Q_L$ ، وتولد جميع الآلات الحرارية طاقة حرارية ضائعة (مفقودة) ، لذا لا يوجد آلة مثالية تحول الطاقة كلها إلى شغل أو حركة نافعة .

الكفاءة " هي النسبة بين الشغل الذي تبذله الآلة ، وكمية الحرارة الداخلة (W / Q_H) "

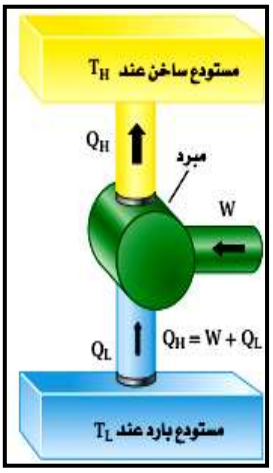
تعمل بعض المحركات بالطاقة الشمسية ، فتُجمع الحرارة القادمة في صورة أمواج كهرومغناطيسية في المجمعات الشمسية عند درجة حرارة عالية فتزداد الطاقة الداخلية للمجمعات ، ثم تنتقل الطاقة في صورة حرارة للمحرك الذي يحولها إلى شُغل نافع وحرارة مفقودة .

تعليلات هامة

عندما تفرك يديك إحداهما بالأخرى تشعر بالدفء	نتيجة تحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة حرارية
لا يوجد آلة حرارية مثالية تصل كفاءتها **100%**	لأن الطاقة الحرارية لا تتحول بالكامل إلى شغل ، ويُفقد منها جزء إلى الهواء الخارجي

المبردات (الثلاجات)

" هي آلة تعمل على انتزاع الطاقة الحرارية من الجسم الأبرد ، وإضافتها إلى الجسم الأسخن ببذل شُغل معين "



١- تنقل آلة التبريد الحرارة باستخدام شُغل ميكانيكي ، حيث تعمل الطاقة الكهربائية على تشغيل محرك ، فيبذل المحرك شُغلاً على الغاز فيضغطه .

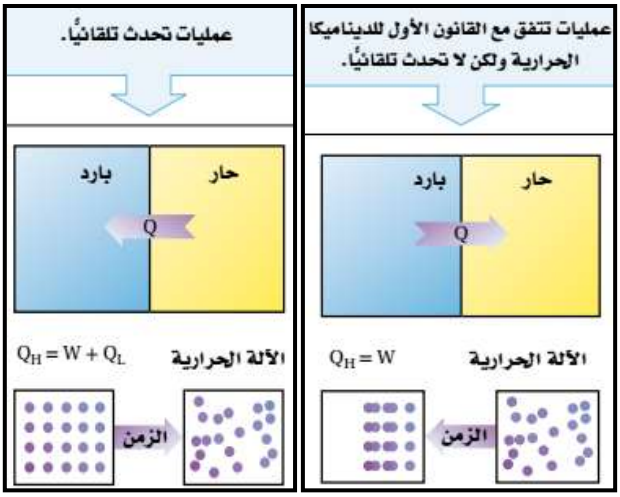
٢- يعبر الغاز الذي ينقل الحرارة من داخل المبرد (الثلاجة) بواسطة الضاغط إلى ملفات التكثيف الموجودة خلف المبرد ، حيث يبرد متحولاً إلى سائل ، وتنتقل الطاقة الحرارية المفقودة بسبب إسالة الغاز إلى الهواء الموجود في الغرفة ، ثم يعود السائل إلى داخل المبرد فيتبخر بعد أن يمتص الطاقة الحرارية من المبرد ، ثم ينتقل بعد ذلك إلى الضاغط ، وتتكرر هذه العملية ، ويكون التغير الكلي في الطاقة الحرارية للغاز يساوي صفر .

٣- استناداً إلى القانون الأول للديناميكا الحرارية ، فإن مجموع الطاقة المأخوذة من محتويات المبرد ، والشغل المبذول بفعل المحرك يساوي الحرارة المنبعثة ، كما هو موضح بالشكل السابق .

المضخة الحرارية

هي عبارة عن مبرد يعمل في اتجاهين ، حيث تنتزع المضخة في الصيف الحرارة من المنزل فيبرد ، أما في الشتاء فتُنتزع الحرارة من الهواء البارد في الخارج وتنقلها إلى داخل المنزل لتدفئته ، وفي الحالتين يتطلب ذلك طاقة ميكانيكية لنقل الحرارة من الجسم الأبرد إلى الجسم الأسخن .

القانون الثاني للديناميكا الحرارية



١- بعض العمليات تتفق مع القانون الأول للديناميكا الحرارية ، ولكن لم تُشاهد وهي تحدث تلقائياً ، فمثلاً لا يحظر القانون الأول للديناميكا الحرارية تدفق الحرارة من الجسم البارد إلى الجسم الساخن ، ومع ذلك لم يحدث أن أصبحت الأجسام الساخنة أكثر سخونة عند وضعها ملامسة لأجسام باردة ، ولو تُصبح الأجسام الباردة أكثر برودة عند ملامستها لأجسام ساخنة .

٢- إذا حولت الآلات الحرارية الطاقة الحرارية بشكل كامل إلى طاقة ميكانيكية دون أي حرارة مفقودة فإن القانون الأول للديناميكا الحرارية يكون قد تحقق ، إلا أن الحرارة الضائعة تتولد دائماً ، ولا تُشاهد جزيئات الغاز الموزعة عشوائياً تُرتب نفسها تلقائياً في أنماط معينة .

الإنتروبي : " هو قياس لعدم الانتظام (الفوضى) في النظام"

٣- عندما تسقط كرة بيسبول بفعل الجاذبية الأرضية ، يكون لها طاقة وضع وطاقة حركية تؤديان إلى إنجاز شغل ، إلا أنه عندما تسقط الكرة خلال الهواء تصطدم بالعديد من جزيئات الهواء التي تمتص بعضاً من طاقة الكرة ، وهذا يؤدي إلى تحرك جزيئات الهواء في اتجاهات وسرعات عشوائية ،حيث تؤدي الطاقة المكتسبة من الكرة إلى زيادة الفوضى بين الجزيئات ، وكلما كان مدى سرعة الجزيئات أكبر كان عدم الانتظام (الفوضى أو الإنتروبي) أكبر ، ومن المستبعد حدوث العملية العكسية ، أي عودة جزيئات الهواء إلى وضعها السابق مانحة طاقاتها للكرة ومسببة ارتفاعها عن سطح الأرض .

٤- عند إضافة حرارة إلى الجسم فإن الإنتروبي يزداد ، وإذا انتُزعت حرارة من الجسم فإن الإنتروبي ينقص ، أما إذا بذل الجسم شغلاً دون أن تتغير درجة حرارته فإن الإنتروبي لا يتغير ما دام الاحتكاك مهملاً ، ويُقاس التغير في الإنتروبي ΔS بوحدة J / K .

التغير في الإنتروبي : " هو ما يساوي مقدار الحرارة المضافة إلى الجسم ، مقسومة على درجة حرارة الجسم بالكلفن "

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

القانون الثاني للديناميكا الحرارية : " العمليات الطبيعية تجري في اتجاه المحافظة على الإنتروبي الكلي للكون أو زيادته "

أي أن الأشياء كلها ستصبح أكثر عشوائية ، وأقل انتظاماً مالم يُتخذ إجراء معين يحافظ على انتظامها وترتيبها .

٥- من أمثلة القانون الثاني للديناميكا الحرارية ، الاختلاط التلقائي لصبغة الطعام بالماء .

٦- عند وضع قضيب حديد ساخن (متوسط سرعة حركة جزيئاته كبيرة جداً) ، في كأس ماء بارد (متوسط سرعة حركة جزيئاته أقل) ، فإن متوسط الطاقة الحركية للجزيئات في الحديد والماء تصبح متماثلة عند الوصول لحالة الاتزان الحراري ، فيزداد عدد الجزيئات ذات الحركة العشوائية ، وتكون الحالة النهائية أقل ترتيباً (الإنتروبي أكبر) من الحالة الابتدائية .

مخالفات القانون الثاني للديناميكا الحرارية :

بعض الأحداث اليومية تحدث تلقائياً في اتجاه واحد ، ولكن الأحداث نفسها لا تحدث تلقائياً بشكل معكوس رغم أنها تتفق مع القانون الأول للديناميكا الحرارية ، ولكنها في نفس الوقت تُخالف القانون الثاني للديناميكا الحرارية ، مثل :

١- يمكن تسخين ملعقة معدنية من أحد طرفيها فتُصبح ساخنة بأكملها بانتظام ، ولكن لا يحدث لملعقة مستقرة على طاولة أن يُصبح أحد طرفيها ساخناً ومحمراً ، والطرف الآخر متجمداً وبارداً .

٢- عندما تقفز في بركة سباحة ستدفع جزيئات الماء بعيداً ، ولكن جزيئات الماء لن تقذفك تلقائياً إلى منصة الغطس .

ملاحظات هامة :

١- يقدم القانون الثاني للديناميكا الحرارية وزيادة الإنتروبي معنى جديد لأزمة الطاقة ، والمشاكل الناجمة عن الاستخدام المستمر للوقود الأحفوري ، مثل الغاز الطبيعي والنفط ، فعند استخدام الغاز الطبيعي لتدفئة المنزل لا تُستهلك الطاقة التي في الغاز ، ولكن تتحول الطاقة الكيميائية الكامنة في جزيئات الغاز إلى طاقة حرارية في اللهب ، والتي تنتقل إلى الهواء داخل المنزل ، ولا تفنى الطاقة حتى لو تسرب الهواء الدافئ إلى الخارج ، فالطاقة لم تُستهلك ، أما الإنتروبي فقد ازداد .

٢- عندما تُصبح مادة أكثر سخونة ، يزداد متوسط الطاقة الحركية للجزيئات داخل المادة ، وتُصبح الحركة العشوائية للهواء الدافئ غير منتظمة ، واحتمال عودة الترتيب الكيميائي للجزيئات معدومة ، لذا يُستخدم الإنتروبي بوصفه مقياساً لعدم توافر طاقة مفيدة ، فالطاقة في الهواء الدافئ في المنزل غير متوافرة لتنجز شغلاً ميكانيكياً أو لتنتقل الحرارة إلى أجسام أخرى ، كما هو الحال بالنسبة لجزيئات الغاز الأصلية ، ويكون نقص الطاقة القابلة للاستخدام عبارة عن فائض في الإنتروبي .

تمارين على قوانين الديناميكا الحرارية

– **حفظ الطاقة :** الطاقة بشكل عام محفوظة أي :

$$\Delta PE + \Delta KE + \Delta U = 0$$

– **حل المسائل التالية :**

أولاً– يدفع عامل مخرز كتلته ($0.5\ kg$) في وتد خشبي مســـــــتخدماً مطرقة كتلتها ($2.5\ kg$) تطرق المطرقة المخرز بسرعة ($65\ m/s$) فإذا تحول ثلث طاقة حركة المطرقة إلى طاقة داخلية للمطرقة والمخرز فكم يكون الارتفاع في تلك الطاقة الداخلية ؟

$$\Delta U = \frac{1}{3} KE = \frac{1}{3} \times \frac{1}{2} m\vartheta^2 = \frac{1}{3} \times \frac{1}{2} \times 2.5 \times (\ 65\ )^2 = 1.76 \times 10^3\ J$$

ثانياً– ينزلق قالب من الثلج كتلته ($2.5\ kg$) ودرجة حرارته ($0.0^{\circ}C$) بسرعة ابتدائية ($5.7\ m/s$) على أرض مستوية فإذا احتجنا إلى ($3.3 \times 10^5\ J$) لصهر ($1\ kg$) من الثلج فما كتلة الثلج المنصهر على افتراض أن كل طاقة حركة الثلج الابتدائية قد تحولت إلى طاقة داخلية للثلج ؟

$$\Delta U = KE = \frac{1}{2} m\vartheta^2 = mL_f$$

$$\frac{1}{2} \times 2.5 \times (\ 5.7\ )^2 = m \times 3.3 \times 10^5 \Longrightarrow m = 1.23 \times 10^{-4}\ kg$$

ثالثاً– تسقط كرة كتلتها ($0.2\ kg$) من ارتفاع ($15\ m$) على أرض صلبة وترتد إلى ارتفاع ($12\ m$) . ما مقدار الطاقة الميكانيكية التي تتحول إلى طاقة داخلية نتيجة التصادم بين الكرة والأرض ؟

$$15 - 12 = 3\ m$$

$$15\ m \rightarrow 3\ m$$

$$100\ m \rightarrow x$$

$$\Longrightarrow x = 20\ \%$$

$$\Longrightarrow \Delta U = \frac{20}{100} PE = \frac{20}{100} mgh = \frac{20}{100} \times 0.2 \times 9.81 \times 15 = 5.89\ J$$

– **علاقة الشغل المبذول بالضغط وتغير الحجم :**

$$W = Fd = PAd = P \times \Delta V = P \times (\ V_f - V_i\ )$$

1– إذا كان ($\Delta V = 0.0$) لا يوجد بذل شغل من الغاز أو عليه

2– إذا كان ($\Delta V > 0.0$) يوجد شغل مبذول **من الغاز**

3– إذا كان ($\Delta V < 0.0$) يوجد شغل مبذول **على الغاز**

ملاحظة هامة : المساحة المحصورة تحت منحنى (الحجم – الضغط) تمثل مقدار الشغل المبذول