

Chapter 9 : Thermal energy

الأفكار الرئيسية في الدرس

أولاً : الفرق بين الطاقة الحرارية ودرجة الحرارة :

The difference between thermal energy and temperature

* تسمى **الطاقة الكلية للجزيئات بالطاقة الحرارية** .

Thermal Energy : is the **sum** of the particles energy .

تعتمد **درجة حرارة** جسم ما على **متوسط طاقة حركة الجسيمات** المكونة له ، حيث يكون متوسط طاقة حركة الجسيمات للجسم الساخن أكبر منها في الجسم البارد .

Temperature depends only on the **average kinetic energy of the particles** in the object . It does not depend on the number of particles .

ثانياً : الاتزان الحراري Thermal equilibrium

Thermal equilibrium : a state in which the **rates of thermal energy transfer between two objects are equal** , and the objects are at the **same temperature** .

الاتزان الحراري : الحالة التي **يتساوى** عندها **معدل انتقال الطاقة الحرارية بين جسمين** ، وبالتالي **تتساوى درجة حرارتهما** .

ثالثاً : الصفر المطلق Absolute zero

Temperatures do not appear to have an upper limit , while there can be **no temperature less than** ($- 273.15^{\circ} \text{C}$) . We call this temperature **Absolute zero** . At this temperature **no heat energy remains in a substance** , and the atoms become **motionless** .

درجة الحرارة ليس لها حد أعلى ، بينما لا يمكن الوصول لدرجة حرارة أقل من ($- 273.15^{\circ} \text{C}$) وتسمى هذه الدرجة **بالصفر المطلق** . عند هذه الدرجة لا يتبقى أي طاقة حرارية عند المادة ، وتصبح الذرات عديمة الحركة .

رابعاً : مقاييس درجة الحرارة Temperature scales

Boiling Point of Water	373K	100°C	212°F
Freezing Point of Water	273 K	0 °C	32 °F
Absolute Zero	0K	-273 °C	-460°F
	K	°C	°F

علاقة عامة للتحويل بين مقاييس الحرارة

$$\frac{K - 273}{100} = \frac{C - 0}{100} = \frac{F - 32}{180}$$

للتحويل بين K و C فقط

$$C = K - 273$$

$$K = C + 273$$

خامسا : انتقال الحرارة Heat transfer

Conduction : It may takes place in all states of matter , when particles in contact transfer energy to their neighbors .

التوصيل : من الممكن أن تحدث في جميع حالات المادة (الصلبة والسائلة والغازية) عندما تنقل الجسيمات الطاقة الحرارية إلى الجسيمات المجاورة لها .

Convection : It takes place just in fluids (liquids and gases) . Warmer molecules (less dense) floats to the top , while colder molecules (more dense) sinks to the bottom .

الحمل : يحدث فقط في الموائع (السوائل والغازات) . الجسيمات الأكثر حرارة (أقل كثافة) تصعد لأعلى ، بينما الجسيمات الأكثر برودة (أكبر كثافة) تهبط لأسفل .

Radiation : Doesn't depend on the presence of matter . The transfer of energy by electromagnetic waves , it occurs through the vacuum of space , as an example when Sun warming Earth .

الإشعاع : لا يحتاج لوسط مادي . يحدث انتقال الحرارة عبر الموجات الكهرومغناطيسية ، حيث تنتقل عبر الفراغ ، كمثال على ذلك تدفئة الأرض بواسطة أشعة الشمس .

سادسا : الحرارة النوعية Specific heat (C)

The **amount of energy** that must be added to a unit mass of the material to **raise** its temperature by **one temperature unit** . Its units in SI system is (**J / Kg . K**) or **J Kg⁻¹ K⁻¹** كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة الكتلة من المادة درجة واحدة . وتقاس الحرارة النوعية في النظام الدولي لوحدات القياس بوحدة (J / Kg . K)

ماذا نعني بقولنا أن الحرارة النوعية للنحاس تساوي **385 J / Kg . K**

What we mean when we say that the specific heat of copper is **385 J / kg . K**

أن كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة **1 كيلو غرام** من النحاس **درجة واحدة** كلفن هي **385 جول** .

The amount of heat required to **raise** the **temperature** of **1 kg** of copper **1 K°** is **385 J**

Low specific heat means that the substance **cool quickly** and **heat up quickly**

المواد التي لها حرارة نوعية **منخفضة** **تبرد بسرعة** و **تسخن بسرعة** وينطبق العكس على الحرارة النوعية المرتفعة .

Low specific heat substances can be used as **conductors**

من الممكن استخدام المواد **منخفضة الحرارة النوعية** **كموصلات حرارية** لأنها تسخن بسرعة وتبرد بسرعة .

سابعا : حساب كمية الحرارة (Q) Measuring heat

To measure the **heat transferred or absorbed** by an object we use the following relation :

لحساب كمية الحرارة التي يكتسبها أو يفقدها جسم ما نستخدم العلاقة التالية :

كمية الحرارة = الكتلة × الحرارة النوعية × التغير في درجة الحرارة $Q = m C \Delta T$

Q : measured in **J** , **m** : measured in **kg** , **C** : measured in **J / kg K** , **ΔT** measured in **K**

لحساب الكتلة $m = Q / C \Delta T$

لحساب الحرارة النوعية $C = Q / m \Delta T$

لحساب التغير في درجة الحرارة $\Delta T = Q / m C$

أشكال أخرى للعلاقة

ثامنا : المسعر الحراري وحساب الحرارة النوعية Calorimeter and measuring specific heat

The operation of a calorimeter depends on the **conservation of energy** in an isolated closed system .

تعتمد فكرة المسعر الحراري على مبدأ حفظ الطاقة في نظام معزول ومغلق

Heat energy transferred from the test substance equal the heat absorbed by water .

كمية الحرارة التي تفقدها مادة الاختبار تساوي كمية الحرارة التي يكتسبها الماء

$$Q_1 = - Q_2 \text{ or } (m_A C_A \Delta T_A = - m_B C_B \Delta T_B)$$

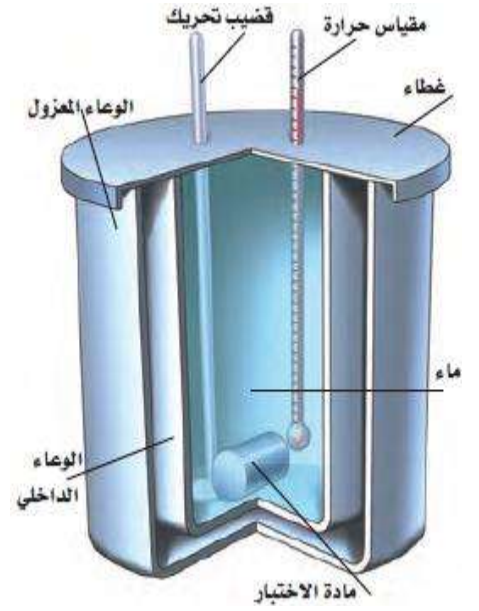
$$m_A C_A (T_f - T_A) = - m_B C_B (T_f - T_B)$$

لحساب الحرارة النوعية للمادة المجهولة :

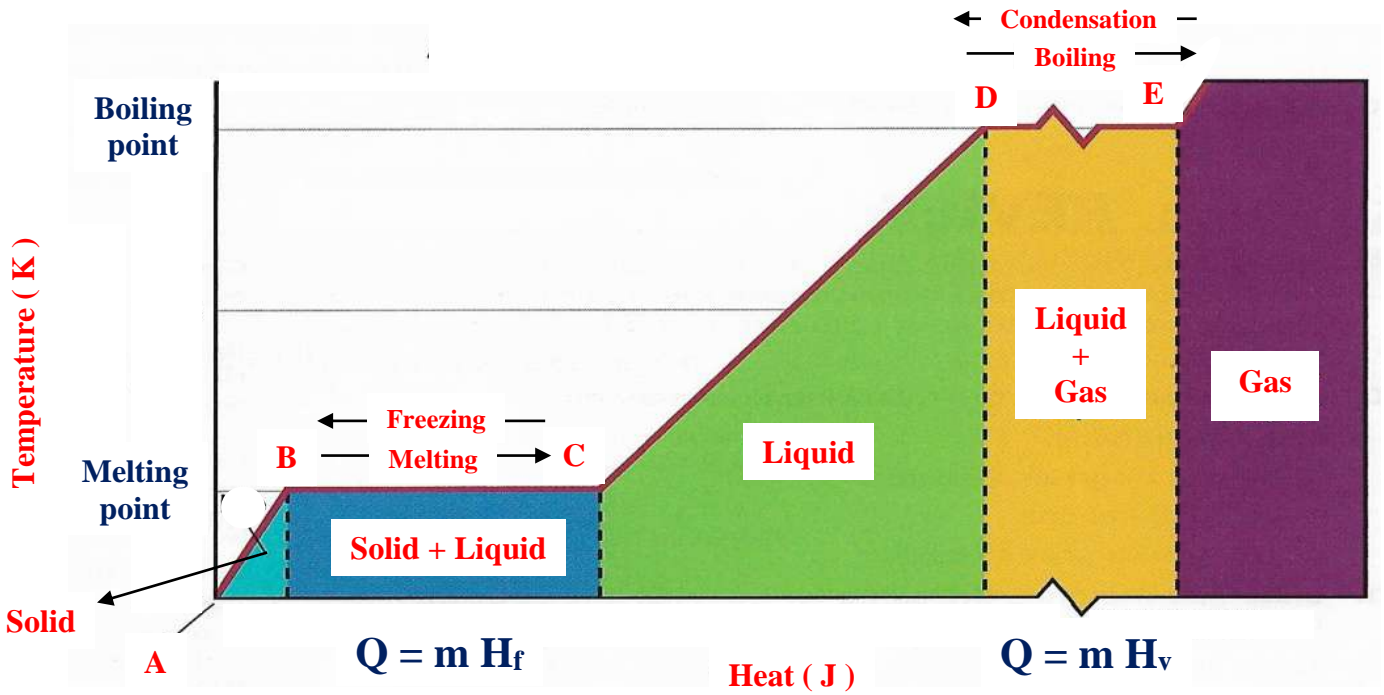
$$C_A = - m_B C_B (T_f - T_B) / m_A (T_f - T_A)$$

ولحساب درجة الحرارة النهائية للمزيج عند الاتزان الحراري :

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



تاسعا : تغيرات الحالة Changes of state



Heat of fusion (H_f) : The amount of thermal energy needed to melt (1 kg) of a substance
 الحرارة الكامنة للانصهار : كمية الحرارة اللازمة لتحويل 1 kg من المادة الصلبة إلى حالتها اسائلة عند نقطة انصهارها .

During melting , the temperature stays at melting point without change until the substance melted completely .

خلال الانصهار تثبت درجة الحرارة عند درجة الانصهار حتى يتم انصهار المادة كليا .

Heat of fusion : $Q = m \times H_f$ كمية الحرارة اللازمة للانصهار = الكتلة \times الحرارة الكامنة للانصهار

Or $H_f = Q / m$ Its measuring units J / kg

Heat of vaporization (H_v) : The amount of thermal energy needed to vaporize (1 kg) of a liquid .

الحرارة الكامنة للتبخير : كمية الحرارة اللازمة لتحويل 1 kg من المادة السائلة إلى حالتها الغازية عند نقطة غليانها .

During vaporization , the temperature stays at boiling point without change until the liquid vaporized completely .

خلال التبخر تثبت درجة الحرارة عند درجة الغليان حتى يتم تبخر المادة كليا .

Heat required to vaporize a liquid : الحرارة اللازمة لتبخير سائل

Heat of vaporization : $Q = m \times H_v$ كمية الحرارة اللازمة للتبخير = الكتلة \times الحرارة الكامنة للتبخير

Or $H_v = Q / m$ Its measuring units **J / kg**

Question : How much Heat needed to melt **1.5 kg** snow at **0.0° C** then heat it to **70.0° C** . ($H_f = 3.34 \times 10^5 \text{ J / kg}$) ($C = 4180 \text{ J / kg} \cdot \text{K}$)

$$Q = Q_1 + Q_2$$

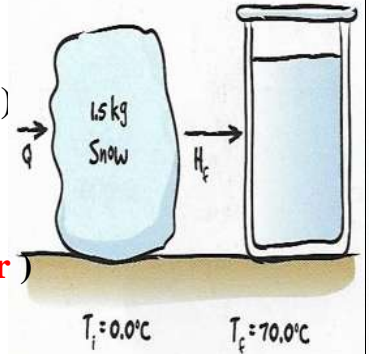
Q1 : Heat for melting : To change ice to water (**0.0° ice** to **0.0° water**)

$$Q_1 (\text{Heat of fusion}) = m H_f = 1.5 \times 3.34 \times 10^5 = 5.01 \times 10^5 \text{ J}$$

Q2 : Heat required to increase temperature from 0.0° water to 70.0° water

$$Q_2 = m C \Delta T = 1.5 \times 4180 \times (70.0 - 0.0) = 4.389 \times 10^5 \text{ J}$$

$$Q = 5.01 \times 10^5 + 4.389 \times 10^5 = 9.4 \times 10^5 \text{ J}$$



ملاحظة : لم نقم بتحويل درجة الحرارة من (C) إلى (K) لأن الفرق في درجة الحرارة هو نفسه = 70

عاشرا : الديناميكا الحرارية (القانون الأول) (Thermodynamics (First law))

Thermodynamics : The study of how thermal energy is transformed into other forms of energy .
الديناميكا الحرارية : هي العلم الذي يدرس تحول الطاقة الحرارية لأشكال أخرى من الطاقة .

You can raise the temperature of an object by **heating** or by **doing work on it** .

يمكن رفع درجة حرارة جسم بالتسخين أو ببذل شغل على هذا الجسم .

First law of thermodynamics : The change in thermal energy (ΔU) of an object is equal to the heat (Q) that is added to the object minus the work (W) done by the object .

القانون الأول في الديناميكا الحرارية : التغير في الطاقة الحرارية (ΔU) لجسم ما يساوي كمية الحرارة (Q) المضافة إلى الجسم مطروحا منها الشغل (W) الذي يبذله الجسم .

$$\text{وبالرموز } (\Delta U = Q - W)$$

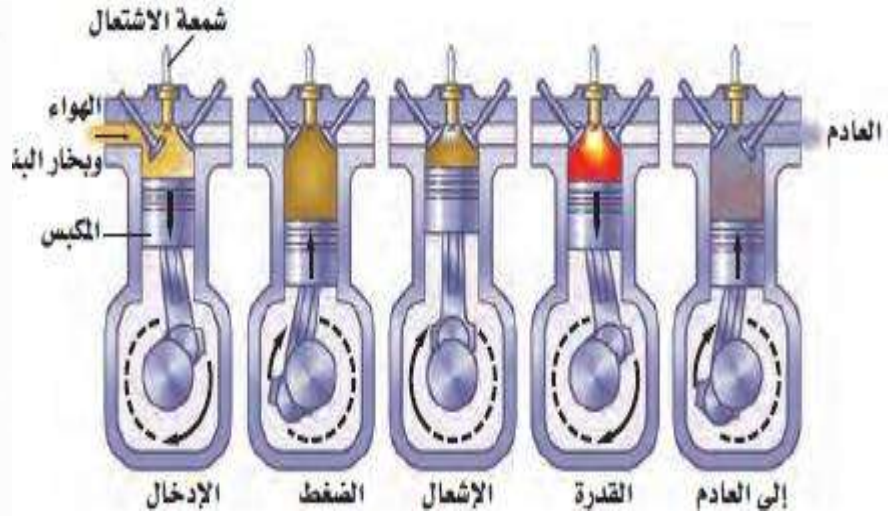
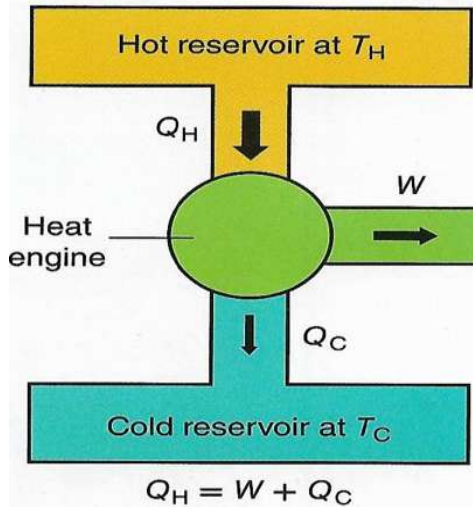
The first law of thermodynamics is merely a restatement of the **law of conservation** of energy , which states that energy is neither created nor destroyed , but can be changed into other forms .

يعد القانون الأول في الديناميكا الحرارية صياغة أخرى **لقانون حفظ الطاقة** ، الذي ينص على أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث وإنما تتحول من شكل إلى آخر .

المحرك الحراري : يعد المحرك الحراري أداة ذات قدرة على تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية بصورة مستمرة.

Heat engine : A device that is able to continuously convert thermal energy to mechanical energy .

Energy Diagram of a Heat Engine



يوضح الشكل أعلاه محرك حراري وهو محرك الاحتراق الداخلي في السيارة ، حيث يشتعل فيه بخار البنزين المخلوط بالهواء لإنتاج شعلة ذات درجة حرارة مرتفعة ، حيث تتدفق الحرارة (Q_H) من اللهب إلى الهواء الموجود في الأسطوانة ثم يتمدد الهواء ويدفع المكبس محولا بذلك الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية . 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 الأسطوانة . وتكرر هذه العملية عدة مرات في الدقيقة الواحدة حيث تتحول الطاقة الحرارية الناتجة من احتراق البنزين إلى طاقة ميكانيكية تحرك السيارة .

لا تتحول جميع الطاقة الناتجة عن عملية الاحتراق إلى طاقة ميكانيكية حيث يقوم العادم (Exhaust) بالتخلص من الغازات الساخنة إلى الهواء الخارجي الملامس له فترتفع درجة حرارته . كما تنتقل الحرارة من المحرك إلى المشعاع (Radiator) مما يرفع حرارته أيضا .

تسمى الطاقة المنتقلة إلى خارج المحرك والتي لا يستفاد منها (غير المتحولة إلى شغل) بالحرارة الضائعة (Q_C) .

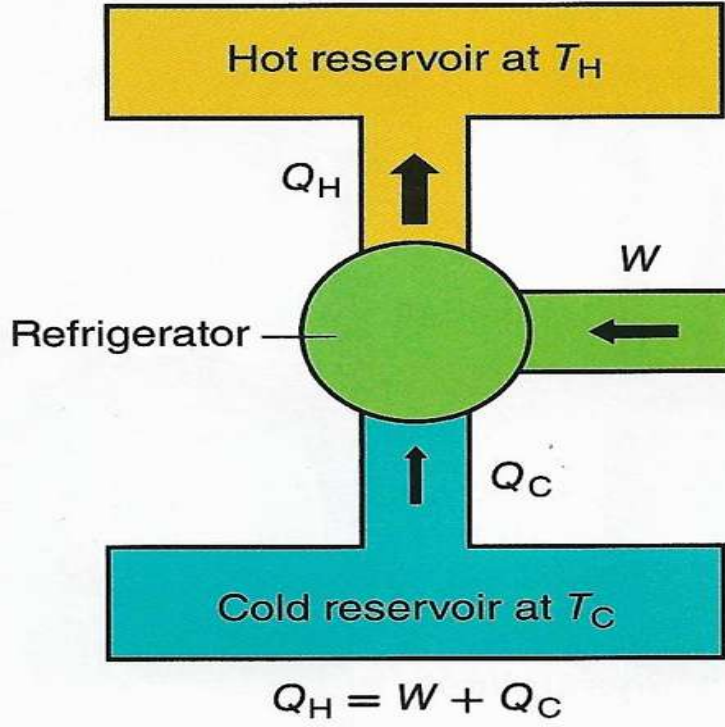
عندما يعمل المحرك بصورة دائمة فإن الطاقة الداخلية للمحرك لا تتغير ($\Delta U = 0 = Q - W$) ومحصلة كمية الحرارة التي تدخل المحرك هي ($Q = Q_H - Q_C$) لذا يكون الشغل الذي يبذله المحرك هو ($W = Q_H - Q_C$) . وينتج عن جميع المحركات الحرارية حرارة ضائعة ، لذا لا يوجد محرك يحول الطاقة كلها إلى شغل أو حركة نافعة .

الكفاءة : يتحدث المهندسون وبائعو السيارات عن كفاءة استهلاك الوقود في محركات المركبات حيث يشيرون إلى كمية الحرارة الداخلة Q_H التي تتحول إلى شغل نافع W . ويعبر عن الكفاءة الفعلية للمحرك بالنسبة W / Q_H ومن الممكن أن تساوي الكفاءة مئة في المئة إذا تحولت الحرارة كلها إلى شغل بفعل المحرك . ولكن بسبب وجود حرارة مفقودة دائما ، لا تصل كفاءة أغلب المحركات (حتى إن كانت ذات كفاءة عالية) إلى مئة في المئة .

المبردات (الثلجات) : تتدفق الحرارة تلقائيا من الجسم الساخن إلى الجسم البارد . وعلى الرغم من ذلك فإنه يمكن انتزاع الطاقة من الجسم الأبرد وإضافتها إلى الجسم الأسخن ببذل شغل معين . ويعد المبرد مثالا على الآلة التي تحقق هذا الانتقال باستخدام شغل ميكانيكي ، حيث تعمل الطاقة الكهربائية على تشغيل محرك فيبذل المحرك شغلا على الغاز فيضغطه .

يعبر الغاز الذي ينقل الحرارة من داخل المبرد (الثلجة) عن طريق الضاغط إلى ملفات التكثيف الموجودة خارج المبرد (خلف الثلجة) حيث يبرد متحولا إلى سائل ، وتنتقل الطاقة الحرارية المفقودة بسبب إسالة الغاز إلى الهواء الموجود في الغرفة ثم يعود السائل إلى داخل الثلجة فيتبخر بعد أن يمتص الطاقة الحرارية مما يحيط به (أي من داخل الثلجة) ، ثم ينتقل بعد ذلك إلى الضاغط ، وتكرر هذه العملية ، ويكون التغير الكلي في الطاقة الحرارية للغاز يساوي صفرا ، لذا واستنادا إلى القانون الأول في الديناميكا الحرارية فإن مجموع الطاقة المأخوذة من محتويات المبرد والشغل المبذول بفعل المحرك يساوي الحرارة المنبعثة كما يبين الشكل التالي :

Energy Diagram of a Refrigerator



المضخات الحرارية: المضخات الحرارية هي جهاز تبريد يعمل في اتجاهين . في الصيف تقوم المضخة بالتخلص من الطاقة الحرارية في المنزل وتبرده . وفي الشتاء تقوم باكتساب الطاقة الحرارية من الهواء الخارجي وتحوله إلى هواء أكثر دفئا داخل المنزل . في كلتا الحالتين فإن الطاقة الميكانيكية مطلوبة لنقل الطاقة الحرارية من جسم بارد إلى جسم دافئ .