الحرارة والشغل HEAT & WORK

الحرارة / كمية الحرارة Heat :

هي شكل من أشكال الطاقة تكتسب أو تفقد فهي كمية انتقالية وليست خاصية . يرمز للحرارة بـ q إذا كانت نوعية أو Q عندما تكون كلية وتعطى إشارة موجبة عندما تكتسب وسالبة عندما تفقد ووحداتها الجول J أو الكيلو جول kJ أو J/kg و kJ/kg للحرارة النوعية.

الشغل Work:

وهي مقدار الطاقة اللازمة لتحريك قوة مقدار مسافة ما ويرمز لها بالرمز w أو W وهي في نظام SI للوحدات النيوتن – متر Nm وهو الجول نفسه وتأخذ إشارة مثل الحرارة فهي موجبة عندما يقع الشغل على المنظومة (يتقلص حجمها) وهي سالبة عندما تبذل بواسطة المنظومة (تتمدد)

المكافئ المكانيكي للحرارة

Mechanical Equivalent of Heat

يقصد بالمكافي الميكانيكي للحرارة عدد الوحدات الحرارية التي يمكن الحصول عليها نظير بذل شغل ميكانيكي معين .

عند تقليب واحد كجم من الماء حتى ترتفع درجة حرارته درجة حرارته مقدار درجة حرارة مئوية واحدة فإنه يكون قد اكتسب حرارة مساوية للحرارة النوعية للماء وهي سعر حراري واحد (كالوري) Calorie يكتب اختصارًا Cal وبفرض أن العملية تمت بدون فقودات حرارية فإن كل الشغل المبذول قد تحول إلى حرارة وسيلاحظ أن الشغل الميكانيكي المبذول هو 4.18 J أي أن المكافئ لهذا الشغل الميكانيكي حراريًّا هو سعر حراري واحد

$$1\ \text{Cal} \equiv 4.18\ \text{J}\ ,\ 1\ \text{kcal} \equiv 4.18\ \text{kJ}$$

الشغل بدلالة الضغط والحجم

Work on P-v diagram

يتضح أن الشغل هو ناتج ضرب الضغط في الحجم لذا فعند رسم منحنى الضغط والحجم فإن المساحة أسفل المنحنى تدل على الشغل المبذول

$$W = f(P,V)$$

$$W = f(P)\, dv$$

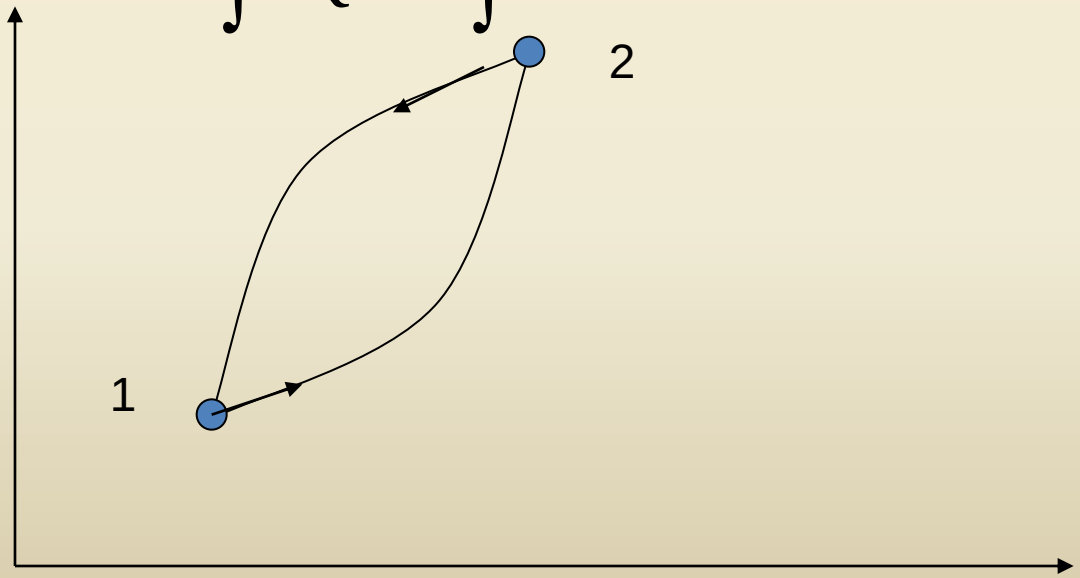
لأي اجراء بين نقطتين (1) و (2) يمكن أن يحسب الشغل من العلاقة :

$$W = \int_1^2 P dV$$

القانون الأول للديناميكا الحرارية

FIRST LAW OF THERMODYNAMICS

- ينص على أنه في أي منظومة ثيرموديناميكية تعمل بشكل دوري مغلق صافي الشغل المبذول يساوي صافي الحرارة المضافة . ويرمز له رياضيًّا بـ $\oint dQ = -\oint dW$



من نتائج القانون الأول

- توجد خاصية ثيرموديناميكية للمنظومات المغلقة يكون التغير في مقدارها مساويًا الفرق بين كميةالحرارة Q والشغل المبذول W في أي عملية (إجراء) هذه الخاصية هي ما يعرف بالطاقة الداخلية Internal Energy (U) أي ان:

$$\sum_{1}^{2} dQ + \sum_{1}^{2} dW = U_2 - U_1 = \Delta U$$

حيث Uهي الطاقة الداخلية وهي مقدار الطاقة التي تختزنها المادة نتيجة لحركة جزيئاتها ويرمز لها بالحرف U للطاقة الداخلية الكلية أو u للطاقة الداخلية النوعية

- الطاقة الداخلية للأنظمة المغلقة المعزولة حراريًّا تبقى ثابتة دون تغيير

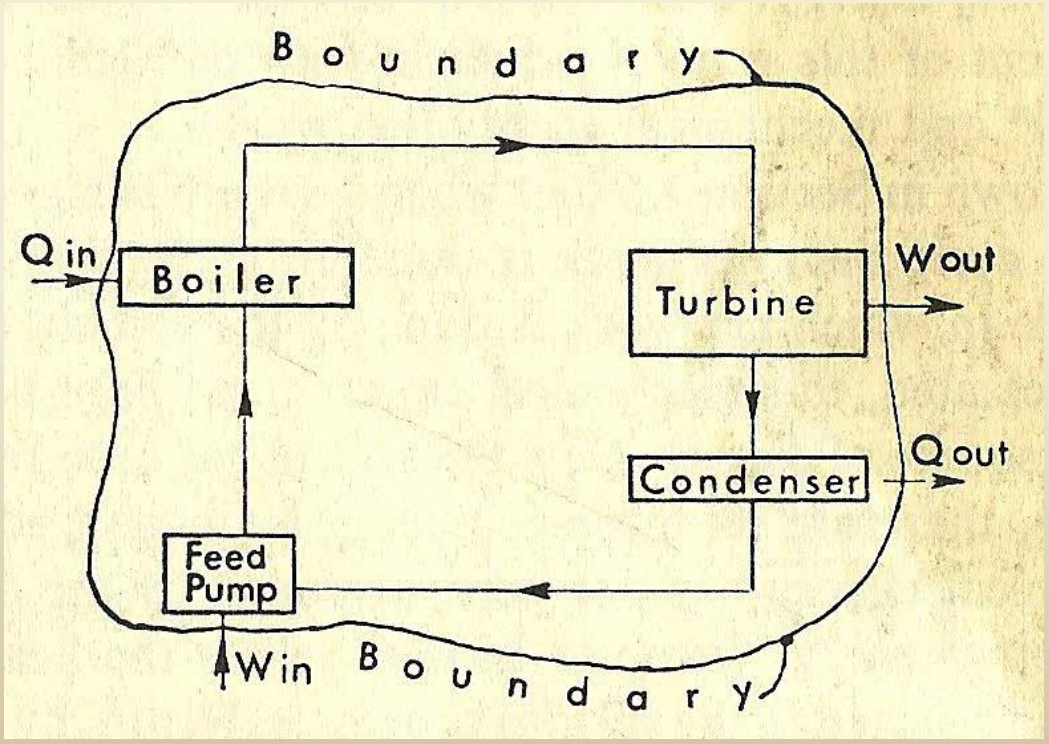
$$U_1 = U_2 = \text{constant}, \Delta U = \text{Zero}$$

- يستحيل تصميم ماكينة تعمل في شكل دوري مستمر لانتاج شغل دون أن تتبادل طاقة من الجوار

Example

مثال

In a certain steam plant the turbine develops 1000 kW. The heat supplied to the steam in the boiler is 2800 kJ/kg, the heat rejected by the system to cooling water in the condenser is 2100 kJ/kg and the feed pump work required to pump the condensate back into the boiler is 5 kW. Calculate the steam flow round the cycle in kg/s.



$$\sum dQ = 2800 - 2100 = 700 \text{ kJ/kg}$$

صافي الحرارة = q_{net} =

Let the steam flow be $\dot{m}$ kg/s

معدل سريان البخار = m =

$$\therefore \sum dQ = 700\,\dot{m} \text{ kJ/s}$$

صافي الحرارة الكلية = Q_{net} = $q_{net} \times m$

$$\sum dW = 1000 - 5 = 995 \text{ kW} = 995 \text{ kJ/s}$$

صافي الشغل = W_{net} =

Then in equation

من معادلة القانون الأول:

$$\sum dQ = \sum dW \quad \text{i.e.} \quad 700 \times \dot{m} = 995$$

بالتعويض نجد:

$$\therefore \dot{m} = \frac{995}{700} = 1{\cdot}421 \text{ kg/s}$$

إذن معدل سريان البخار = m =

Steam flow required = 1·421 kg/s

معدل سريان البخار المطلوب =

Example

مثال

In the compression stroke of an internal-combustion engine the heat rejected to the cooling water is 45 kJ/kg and the work input is 90 kJ/kg. Calculate the change in internal energy of the working fluid stating whether it is a gain or a loss.

الحرارة المطرودة = $Q = -45\ \text{kJ/kg}$

إشارة السالب لأن الحرارة مطرودة (−ve sign since heat is rejected).

الشغل المبذول = $W = -90\ \text{kJ/kg}$

إشارة السالب لأن الشغل واقع على المنظومة وليس مبذول بواسطتها

من علاقة القانون الأول للمنظومة المغلقة بين نقطتين: $Q = (u_2 - u_1) + W$

وبالتالي: $\therefore\ -45 = (u_2 - u_1) - 90$

إذن التغير في الطاقة الداخلية = $\therefore\ u_2 - u_1 = +90 - 45 = 45\ \text{kJ/kg}$

بما أن الاشارة موجبة إذن حدثت زيادة $\therefore$ Gain in internal energy $= 45\ \text{kJ/kg}$

Example مثال

In the cylinder of an air motor the compressed air has an internal energy of 420 kJ/kg at the beginning of the expansion and an internal energy of 200 kJ/kg after expansion. Calculate the heat flow to or from the cylinder when the work done by the air during the expansion is 100 kJ/kg.

Solution: **Given : u_1 = 420 kJ/kg, u_2 = 200 kJ/kg, W = 100 kJ/kg (-ve)**

المنظومة مغلقة ، من القانون الأول :

$$Q = (u_2 - u_1) + W$$

$$\therefore\ Q = (200 - 420) + 100 = -220 + 100 = -120 \text{ kJ/kg}$$

i.e. Heat rejected by the air = 120 kJ/kg

بما أن إشارة Q سالبة تكون الحرارة مفقودة من المنظومة

أي أن كمية الحرارة المفقودة = 120 kJ/kg

Tutorial Excesses تمارين متابعة (2)

2.1 In an air compressor the compression takes place at constant internal energy and 50 kJ of heat are rejected to the cooling water for every kg of air. Find the work required for the compression stroke per kg of air. (50 kJ/kg)

1.2. في ضاغط هواء يتم إجراي الانضغاط بثبات الطاقة الداخلية u ويتم طرد 50 kJ إلى ماء التبريد حول اسطوانة الضاغط لكل واحد كجم من الكتلة الهواء تضغط .
احسب الشغل المطلوب في شوط الضغط عن كل كجم من الهواء

{50 kJ/kgC}

2.2 In the compression stroke of a gas engine the work done on the gas by the piston is 70 kJ/kg and the heat rejected to the cooling water is 42 kJ/kg. Find the change of internal energy, stating whether it is a gain or a loss. (28 kJ/kg Gain.)

2.2. في شوط الضغط لماكينة ما كان الشغل الواقع على الغازات بواسطة المكبس مقداره 70 kJ/kg والحرارة المطرودة إلى ماء التبريد 42 kJ/kg. احسب التغير في الطاقة الداخلية موضحا ما إذا كانت كسب أم فقد

{28 kJ/kg كسب}

2.3 A mass of gas with an internal energy of 1500 kJ is contained in a cylinder which has perfect thermal insulation. The gas is allowed to expand behind a piston until its internal energy is 1400 kJ. Calculate the work done by the gas. If the expansion follows a law $pv^2 =$ constant, and the initial pressure and volume of the gas are 28 bar and 0·06 m³ respectively, calculate the final pressure and volume.

(100 kJ; 4·59 bar; 0·148 m³)

3.2. كتلة من غاز لها طاقة داخلية U_1 قدرها 1500 kJ داخل اسطوانة ذات عزل حراري كامل. سمح للغازات بالتمدد خلف مكبس حتى أصبحت الطاقة الداخلية U_2 = 1400 kJ. احسب الشغل المبذول بواسطة الغازات. إذا كان التمدد يتم وفق علاقة $pv^2 = C$ حيث C مقدار ثابت وكان الضغط والحجم الابتدائيين 28 bar و 0.06 m^3 على التوالي أحسب الضغط النهائي والحجم بعد إجراء التمدد.

{0.148 m^3 ، 4.59 bar ، 100 kJ}

2.4 The gases in the cylinder of an internal-combustion engine have an internal energy of 800 kJ/kg and a specific volume of 0·06 m^3/kg at the beginning of expansion. The expansion of the gases may be assumed to take place according to a reversible law $pv^{1·5} = \text{constant}$, from 55 bar to 1·4 bar. The internal energy after expansion is 230 kJ/kg. Calculate the heat rejected to the cylinder cooling water per kg of gases during the expansion stroke. (104 kJ/kg)

4.2. الطاقة الداخلية U_1 للغازات في محرك احتراق داخلي 800 kJ وحجمها النوعي 0.06 m^3/kg في بداية مشوار التمدد. بفرض أن التمدد يتم وفق علاقة $pv^{1.5} = C$ حيث C مقدار ثابت من ضغط ابتدائي P_1 = 55 bar ألى ضغط نهائي P_2 = 1.4 bar الطاقة الداخلية بنهاية إجراء التمدد U_2 = 230 kJ/kg أحسب كمية الحرارة Q التي يتم طردها إلى ماء التبريد حول الاسطوانة عن كل كجم من الغازات في مشوار التمدد. {104 kJ/kg}

2.5 A steam turbine receives a steam flow of 1·35 kg/s and delivers 500 kW. The heat loss from the casing is negligible.

(a) Find the change of enthalpy across the turbine when the velocities at entrance and exit and the difference in elevation at entrance and exit are negligible.

(b) Find the change of enthalpy across the turbine when the velocity at entrance is 60 m/s, the velocity at exit is 360 m/s, and the inlet pipe is 3 m above the exhaust pipe. (370 kJ/kg; 433 kJ/kg)

5.2. محطة توربينية بخارية تتلقى بخار ماء بمعدل 1.35 kg/s لانتاج 500 kW من الطاقة والحرارة المفقودة حول غلاف التوربين يمكن اهمالها. (أ) حسب التغير في المحتوى الحراري عبر التوربين بفرض أن فرق السرعة بين المدخل والمخرج وفرق الارتفاع بين فتحة المدخل والمخرج يمكن اهمالهما. (ب) حسب التغير للمحتوى الحراري عبر التوربين أيضا بفرض أن السرعة عند المدخل 60 m/s وعند المخرج 360 m/s وارتفاع فتحة المدخل أعلى بمقدار 3 m من المستوى عند المخرج.

{370 kJ/kg ،433 kJ/kg}