5-7 كفاءة المحرّك (الآلة) (Engine Efficiency)

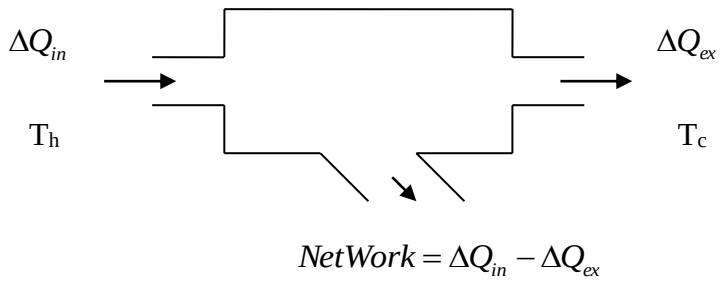
تعرّف كفاءة المحرّك بالمعادلة الآتية :

$$Efficiency(\%) = \frac{NetWorkDoneByEngine}{HeatInputToEngine} ...(6-7)$$

فإذا اعتبرنا أن محرّك يستخدم الوقود المحترق في تشغيله ورمزنا إلى الطاقة الحرارية الداخلة للمحرّك (ΔQ_{in}) ، وإلى الطاقة الحرارية الخارجة من المحرّك بالرمز (ΔQ_{out}) ففي هذه الحالة يكون صافي الشغل المبذول بواسطة المحرّك كما في المعادلة الآتية :

$$NetWorkDoneByEngine = \Delta Q_{in} - \Delta Q_{ex}$$

ويمثّل هذا الشغل تخطيطيا كما مبيّن في الشكل (7 – 7) :



شكل (7 – 7) : صافى الشغل المبذول بواسطة محرّك يستخدم الوقود المحترق فى تشغيله

ومن تعريف الكفاءة من المعادلة (7 – 6) نجد أن :

$$Efficiency(\%) = \frac{\Delta Q_{in} - \Delta Q_{ex}}{\Delta Q_{in}} = 1 - \frac{\Delta Q_{ex}}{\Delta Q_{in}} ...(7-7)$$

هنالك دورة تسمى بدورة كارنوت (Carnot Cycle) حيث تعتبر هذه الدورة أكفأ دورة ممكنة لآلة حرارية ، حيث أوضح كارنوت بأن النسبة بين ($\frac{\Delta Q_{ex}}{\Delta Q_{in}}$) تساوي النسبة بين درجتي الحرارة المقابلتين ($\frac{T_{ex}}{T_{in}}$) ، فالآلة التي تعمل بين مستودع ساخن (T_h) ومستودع بارد (T_c) تعطى كفأتها طبقا لدورة كارنوت كما في المعادلة الآتية :

$$Efficiency(\%) = 1 - \frac{T_{ex}}{T_{in}} = 1 - \frac{T_c}{T_h}.100...(8-7)$$

ملاحظة : يتم إستخدام درجات الحرارة بالكلفن في معادلة الكفاءة لدورة كارنوت .

مثال : إحسب أقصى كفاءة ممكنة لآلة حرارية تعمل بين درجتي الحرارة ($100^{\circ}C$) و ($400^{\circ}C$) ؟

الحل :

أقصى كفاءة ممكنة لآلة حرارية هي تلك الآلة التي تعمل وفقا لدورة كارنوت ، لذلك فإن كفأتها تعطى وفقا للمعادلة (7 – 8) وكالآتي :

$$Efficiency(\%) = 1 - \frac{T_C}{T_h}.100...(8-7)$$

$$Efficiency(\%) = 1 - \frac{373}{673} \Rightarrow Efficiency(\%) = 0.446 = 44.6\%$$

6-7 القانون الثاني للثرموداينمك والأنتروبي

(The Second Law of Thermodynamics and The Entropy)

يمكن تعريف القانون الثاني للثرموداينمك كالآتي :

1- تنساب الحرارة تلقائيا من الجسم الأسخن إلى الأبرد وليس العكس .

2- إذا تغيّر نظام ما تلقائيا فإنه يتغيّر بطريقة تزيد من الأنتروبي أو في أحسن الأحوال تجعلها ثابتة .

والأنتروبي (S) وهي تقلّب الحالة لنظام ما في حالة إتزان و تعرّف بدلالة سريان الحرارة ودرجة الحرارة المطلقة وينطبق على الأنظمة التي تعاني تغيّرا إنعكاسيا (وهو تغيّر يحدث بطريقتين متماثلتين في الإتجاهين الأمامي والخلفي) .

عندما تدخل كمية من الحرارة (ΔQ) في نظام عند درجة حرارة مطلقة (T) فإن التغيّر الناتج في الأنتروبي لهذا النظام هو :

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}...(9-7)$$

حيث أن (ΔS) هو التغيّر في الأنتروبي ووحدة قياسه هي (J/K) .

مثال : ما مقدار التغيّر في الأنتروبي عند إنصهار مكعب من الثلج كتلته ($20g$) في درجة ($0^\circ C$) ؟

الحل : -

من المعادلة (7 – 9) :

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T} ...(9-7)$$

بما أن الحرارة اللازمة لصهر غرام من الثلج هي ($80cal$) ، إذن :

$$\Delta Q = m.L_f = m.(80cal/g)$$

$$\Delta Q = (20g)(80cal/g)(4.184J/cal) \boxed{\Rightarrow \Delta Q = 6700J}$$

$$\Delta S = \frac{6700J}{273K} \boxed{\Rightarrow \Delta S = 24.5J/K}$$

ملاحظة :

$$\Delta Q = m.L_f = m.(80cal/g)$$

حيث (L_f) يمثل حرارة الإنصهار للماء عند $(0^\circ C)$.

$$\Delta Q = m.L_v = m.(540cal/g)$$

حيث (L_v) يمثل حرارة التبخير للماء عند $(100^\circ C)$.

مسائل السابع
الديناميكا الحرارية (Thermodynamics)
((7))

س1 : غـاز مثـالي يتمـدّد أديباتيكيـا إلـى ثلاثـة أضـعاف حجمـه الأصـلي وأثنـاء ذلـك يبـذل الغـاز شـغلا مقداره ($720J$) . إحسب :

1- كمية الحرارة التي تنساب من الغاز ؟

2- مقدار التغير في الطاقة الداخلية للغاز ؟

الإجابة: $\boxed{\Delta Q = 0}$ $\boxed{\Delta W = -720J}$

س2 : ضُغِط غاز مثالي تحت درجة حرارة ثابتة بواسطة آلة تبذل شغلا مقداره ($36J$) . ما مقدار الحرارة التي تنساب من الغاز أثناء عملية الإنضغاط ، إذا علمت أن ($1cal = 4.184J$)؟

الإجابة : $\boxed{\Delta Q = 8.6cal}$

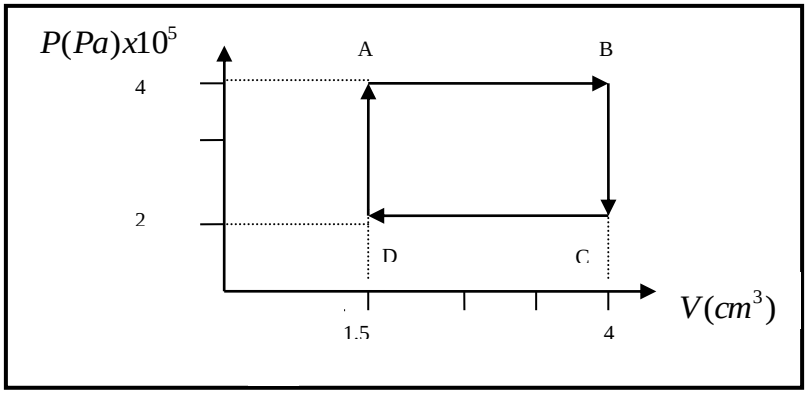
س3 : إحسب التغير في مقدار الأنتروبي عند تبخر ($5g$) من الماء كتلتـه فـي درجـة حـرارة ($100^{\circ}C$) ، إذا علمت أن حرارة التبخير للماء تساوي ($540cal/g$) وأن ($1cal = 4.184J$)؟

الإجابة : $\Delta S = 30.3J/K$

س4 : إحسب أقصى كفاءة ممكنة لآلة حرارية تعمل بين درجتي الحرارة ($200^{\circ}C$) و ($400^{\circ}C$)؟

الإجابة : 70.2%

س5 : يمثّل الشكل وصف لحالة غاز مثالي محصور في مكبس . إحسب مقدار الشغل المبذول في المسارات الآتية من الدورة : **1**- المسار (AB) . **2**- المسار (BC) . **3**- المسار (CD). **4**- المسار (DA) .



الإجابة : $0J$ $-5J$ $0J$ $1J$