Termodinamica – 1

- Una macchina di Carnot lavora tra le temperature T_1=373°K e T_2=273°K; la sorgente fredda è un blocco di ghiaccio. Calcolare il lavoro L prodotto dalla macchina quando si fondono 5kg di ghiaccio (Calore latente di fusione dell'acqua L_f=334 kJ/kg)
- La quantità di calore necessaria per far fondere la 5 kg di ghiaccio viene ceduta dalla macchina, ovviamente, alla sorgente a temperatura T_2 ed è pari a:

$$|Q_2| = m \cdot L_f = 1670 \text{ kJ}$$

Il rendimento di una macchina di Carnot vale:

$$\eta = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow Q_1 = |Q_2| \cdot \frac{T_1}{T_2}$$

Il lavoro sul ciclo è pari a

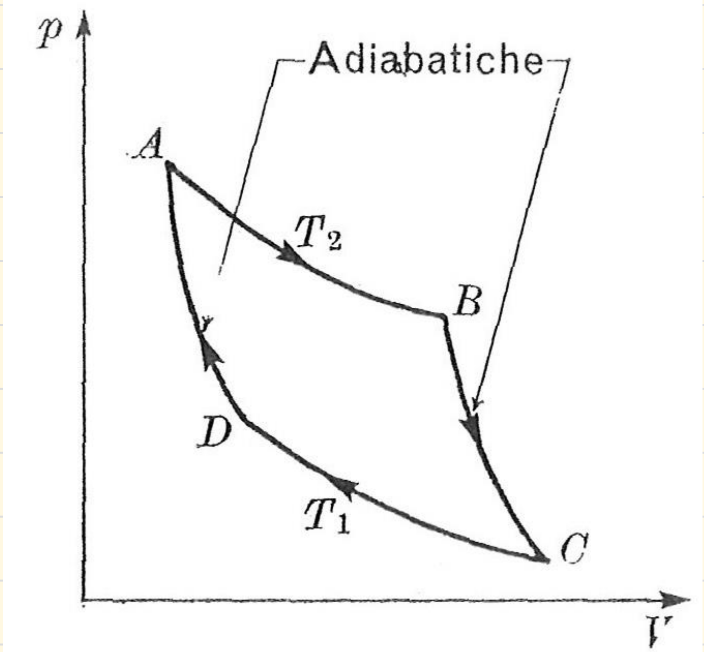
$$L = L_1 - L_2 = Q_1 - |Q_2| = |Q_2| \cdot \frac{T_1}{T_2} - |Q_2| = |Q_2| \left(\frac{T_1}{T_2} - 1 \right) = 611{,}72 \text{ kJ}$$

Termodinamica – 2

- In un ciclo di Carnot le temperature delle sorgenti di calore sono T_1=300°K e T_2=400°K; nell'espansione isoterma la quantità di calore scambiata dal gas è Q=2000 J. Calcolare il lavoro fornito al gas nella compressione isoterma.
- Considerando che oltre l'espansione isoterma e la compressione isoterma vi sono, in un ciclo di Carnot, un compressione adiabatica ed un'espansione adiabatica (senza scambi di calore) per determinare il lavoro nell'isoterma a temperatura T_1 si procede come segue

Termodinamica – 2

- Consideriamo il seguente ciclo di Carnot



- Il calore assorbito durante la fase di espansione isoterma a temperatura T_2 (uguale per il I Principio della Termodinamica - Variazione nulla di energia interna - al lavoro compiuto L_2) è dato da

$$Q_2 = L_2 = nRT_2 \cdot \log\left(\frac{V_B}{V_A}\right)$$

Termodinamica – 2

- Il calore ceduto durante la fase di compressione isoterma a temperatura T_1 (uguale per il I Principio della Termodinamica - Variazione nulla di energia interna - al lavoro necessario L_1) è dato da

$$Q_1 = L_1 = nRT_1 \cdot \log\left(\frac{V_D}{V_C}\right)$$

- Dall'equazione di Poisson per le trasformazioni adiabatiche (PV^{γ}=costante) (trasformata utilizzando l'equazione di stato dei gas scritta nella forma p=nRT/V che, quindi, diventa $TV^{(\gamma-1)}$=costante), per le due trasformazioni adiabatiche del ciclo si può scrivere:

$$T_2 V_B^{\gamma-1} = T_1 V_C^{\gamma-1} \quad \text{(espansione adiabatica)}$$

$$T_2 V_A^{\gamma-1} = T_1 V_D^{\gamma-1} \quad \text{(compressione adiabatica)}$$

Termodinamica – 2

- Partendo dall'equazione (precedentemente riportata) del lavoro fornito durante la fase di compressione isoterma, effettuando le sostituzioni opportune tenendo presenti le equazioni di Poisson nella forma precedentemente riportata e sfruttando le proprietà dei logaritmi si ha:

$$L_1 = nRT_1 \cdot \log\left(\frac{V_D}{V_C}\right) = \frac{nRT_1}{\gamma - 1} \cdot (\gamma - 1) \cdot \log\left(\frac{V_D}{V_C}\right) = \frac{nRT_1}{\gamma - 1} \cdot \log\left(\frac{V_D^{\gamma-1}}{V_C^{\gamma-1}}\right) =$$

$$\frac{nRT_1}{\gamma - 1} \cdot \log\left(\frac{\frac{T_2}{T_1} \cdot V_A^{\gamma-1}}{\frac{T_2}{T_1} \cdot V_B^{\gamma-1}}\right) = \frac{nRT_1}{\gamma - 1} \cdot \log\left(\frac{V_A^{\gamma-1}}{V_B^{\gamma-1}}\right) = \frac{nRT_1}{\gamma - 1} \cdot (\gamma - 1) \cdot \log\left(\frac{V_A}{V_B}\right) =$$

$$nRT_1 \cdot \log\left(\frac{V_A}{V_B}\right) \Rightarrow$$

$$L_1 = -nRT_1 \cdot \log\left(\frac{V_B}{V_A}\right)$$

Termodinamica – 2

- Facendo il rapporto tra L_1 espresso in termini di V_B e V_A appena calcolato e L_2=Q_2 precedentemente riportato si ha:

$$\frac{L_1}{\underbrace{L_2}_{Q_2}} = \frac{L_1}{Q_2} = \frac{-nRT_1 \cdot \log\left(\frac{V_B}{V_A}\right)}{nRT_2 \cdot \log\left(\frac{V_B}{V_A}\right)} = \frac{-T_1}{T_2} \Rightarrow$$

$$L_1 = -Q_2 \cdot \frac{T_1}{T_2}$$

- Per cui il lavoro fornito al gas durante la compressione isoterma sarà proporzionale a quello compiuto dal gas stesso durante l'espansione isoterma secondo il fattore di proporzionalità $-T_1/T_2$, per cui il lavoro richiesto è pari a:

  $L=-QT_1/T_2=1500$ J

Termodinamica – 3

- Un inventore sostiene di aver inventato cinque motori, ciascuno operante tra i serbatoi termici a 400°K e 300°K. Per ogni ciclo, i dati di ogni motore sono i seguenti:

  1) Q_a=200 J, Q_c=-175 J, W=40 J

  2) Q_a=200 J, Q_c=-150 J, W=50 J

  3) Q_a=600 J, Q_c=-200 J, W=400 J

  4) Q_a=100 J, Q_c=-90 J, W=10 J

  5) Q_a=500 J, Q_c=-200 J, W=400 J

  Quale dei due principi della termodinamica viene violato (eventualmente entrambi) per ciascuno

  Se nessun principi della termodinamica viene violato per ciascuno dire se è reversibile

Termodinamica – 3

- Per il primo principio della termodinamica, trattandosi di ciclo, la variazione di energia interna deve essere nulla per cui deve risultare:

$$\Delta U = Q - W_{if} = 0$$

- Per il secondo principio della termodinamica il rendimento non può essere superiore a quello della macchina di Carnot operante tra le stesse temperatura

$$\eta_c = 1 - T_2/T_1 = 0.25$$

- Affinché il ciclo possa essere ritenuto reversibile il suo rendimento $\eta = W/Q$ deve essere uguale a quello della macchina di Carnot operante tra le stesse temperature

Termodinamica – 3

1) Violato I
2) Rispettato I, rispettato II, reversibile
3) Rispettato I, violato il secondo
4) Rispettato I, rispettato II, non reversibile
5) Violato I