



Todos los tramos son Revs 1.7 reversibles y los procesos del ciclo son

$ab \rightarrow$ Compresión
 $bc \rightarrow$ explosión
 $cd \rightarrow$ expansión
 $da \rightarrow$ escape

En la se
refrigera
la mezcla

Además $\frac{C_p}{C_v} = \gamma$ y también $\frac{V_1}{V_2} = \kappa < 1$ etc.

En ab $\Delta S_{ab} = 0 \rightarrow Q_{ab} = 0$ (no calculamos ΔU_{ab} ni el trabajo W_{ab})

En bc $v = \text{cte}$ y el gas experimenta una compresión isocora ya que p aumenta a volumen constante.

Como v es cte $dv = 0$ y $dW = (c-p)dv = 0$; no se realiza trabajo

$$Q_{bc} = \Delta U_{bc} = \frac{nR}{\gamma-1} (T_c - T_b) > 0$$

ya que la isoterma que pasa por c tiene una temperatura mayor que la que pasa por b (ver las curvas verdes a trazos del diagrama.)

El cambio de entropía ΔS_{bc} se calcula empleando la fórmula

$$\Delta S_{bc} = nR \left[\frac{1}{\gamma-1} \ln \left(\frac{T_c}{T_b} \right) + \ln \left(\frac{V_c}{V_b} \right) \right] = \frac{nR}{\gamma-1} \ln \left(\frac{T_c}{T_b} \right) > 0$$

$\circ (V_c = V_b)$

En el proceso cd de nuevo $\Delta S_{cd} = 0$ y $Q_{cd} = 0$

Lo mismo que antes no calculamos ΔU_{cd} y tampoco W_{cd}

En el proceso da $V \equiv d_e$ y no se realiza trabajo pues $dW = (1-p) dV = 0$ y de nuevo,

$$\Delta U_{da} = Q_{da} = \frac{nR}{r-1} (T_a - T_d) < 0$$

y el sistema se enfría ($T_a < T_d$) pues la isotermia que pasa por a es de temperatura menor que la correspondiente al punto d. Por consiguiente $Q_{da} < 0$ y el sistema cede calor y calculamos la entropía igual que antes.

$$\Delta S_{da} = nR \left[\frac{1}{r-1} \ln \left(\frac{T_a}{T_d} \right) + \cancel{\ln \left(\frac{V_a}{V_d} \right)} \right] = \frac{nR}{r-1} \ln \left(\frac{T_a}{T_d} \right) < 0$$

Como el ciclo es reversible la variación de entropía total tiene que ser nula

$$\Delta S_{TOT} = \cancel{\Delta S_{ab}} + \Delta S_{bc} + \cancel{\Delta S_{cd}} + \Delta S_{da} = \Delta S_{bc} + \Delta S_{da} = 0$$

$$\Delta S_{bc} + \Delta S_{da} = \frac{nR}{r-1} \ln \left(\frac{T_c}{T_b} \right) + \frac{nR}{r-1} \ln \left(\frac{T_a}{T_d} \right) = 0$$

$$\text{luego } \frac{T_c}{T_b} = \frac{T_a}{T_d} = 1 \rightarrow \frac{T_a}{T_d} = \frac{T_b}{T_c} \quad [1]$$

hay una relación entre las temperaturas de los puntos del ciclo.

Para calcular el rendimiento aplicamos la fórmula

$$Q_{da} = \frac{nR}{r-1} (T_a - T_d) < 0$$

$$Q_{bc} = \frac{nR}{r-1} (T_c - T_b) > 0$$

$$\eta = 1 - \frac{|Q_{da}|}{Q_{bc}}$$

Sustituyendo resulta

$$\eta = 1 - \frac{(T_d - T_a)}{T_c - T_b} = 1 - \frac{T_d}{T_c} \times \frac{1 - \frac{T_a}{T_d}}{1 - \frac{T_b}{T_c}} \quad \text{par la relación [1]}$$

Queda $\eta = 1 - \frac{T_d}{T_c}$ y el cociente de temperaturas podemos expresarlo en función de los volúmenes si utilizamos la ecuación de los estados que conecta los estados d y c

$$T_c V_1^{r-1} = T_d V_2^{r-1} \rightarrow \frac{T_d}{T_c} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{r-1} = \kappa^{r-1}$$

con lo que el rendimiento queda

$$\eta = 1 - \kappa^{(r-1)}$$

y como la constante $\kappa = \frac{V_1}{V_2} < 1$ se tiene $\eta < 1$