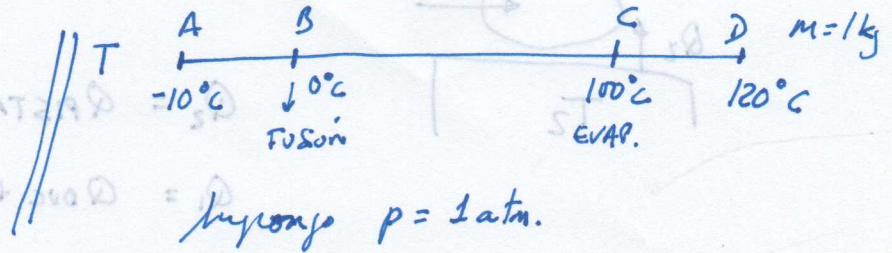


Circuito Fridge Bomba de Calor.

PB.1

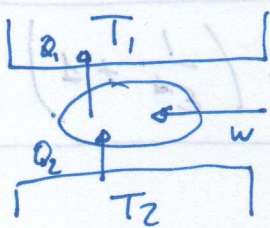
$$Q = Q_{AD} + Q_{FUS} + Q_{BC} + Q_{EVAP} + Q_{CD}$$



$$Q = m \cdot C_{H_2O} \cdot \Delta T + m \cdot Q_{LF} + m \cdot C_{AGUA} \cdot \Delta T + m \cdot Q_{LEV} + m \cdot C_{VAPOR} \cdot \Delta T =$$

$$= 1 \text{ kg} \cdot 0,5 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 10 \text{ K} + 1 \text{ kg} \cdot 80 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} + 1 \text{ kg} \cdot 1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 100 \text{ K} + 1 \text{ kg} \cdot 537 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} + 1 \text{ kg} \cdot 0,46 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 20 \text{ K} = 5 \text{ kcal} + 80 \text{ kcal} + 100 \text{ kcal} + 537 \text{ kcal} + 9,2 \text{ kcal} = 731,2 \text{ kcal}$$

PB.2



$$P_{Q_2} = 700 \text{ kJ/h} = 194,4 \text{ W}$$

$$T_2 = -10^\circ \text{C} = 263,15 \text{ K}$$

$$T_1 = 28^\circ \text{C} = 301,15 \text{ K}$$

a)

Como en el ciclo de Carnot hay reversibilidad... $\Delta S = 0 \Rightarrow$

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2} \Rightarrow \left[P_{Q_1} = P_{Q_2} \cdot \frac{T_1}{T_2} = 194,4 \text{ W} \cdot \frac{301,15 \text{ K}}{263,15 \text{ K}} = 222,52 \text{ W} \right]$$

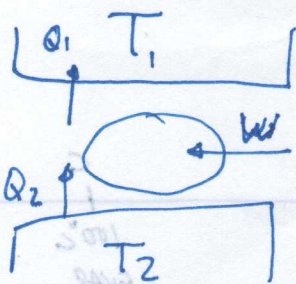
$$\left[P_{\bar{W}} = P_{Q_1} - P_{Q_2} = 222,52 \text{ W} - 194,4 \text{ W} = 28,12 \text{ W} \right]$$

b) $\epsilon = \frac{Q_2}{W} = \frac{P_{Q_2}}{P_{\bar{W}}} = \frac{194,4 \text{ W}}{28,12 \text{ W}} = 6,91$. Eficiencia de Carnot.

Como la real es el 60%, entonces $\epsilon^* = 0,6 \epsilon = \frac{P_{Q_2}}{P_{\bar{W}}} \Rightarrow$

$$\left[P_{\bar{W}} = \frac{P_{Q_2}}{0,6 \cdot \epsilon} = \frac{194,4 \text{ W}}{0,6 \cdot 6,91} = 46,87 \text{ W} \right]$$

PB3



$$T_2 = -4^{\circ}\text{C} = 269,15\text{K}$$

$$T_1 = 42^{\circ}\text{C} = 315,15\text{K}$$

$$Q_2 = Q_{\text{PISTA}}$$

$$Q_1 = Q_{\text{DVC}} + Q_{\text{PISCINA}}$$

$$\epsilon = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = 5,85 \rightarrow \text{Eficiencia máx. de Carnot.}$$

$\epsilon = \frac{Q_2}{W}$; pero como la máquina real realiza el doble de trabajo, la eficiencia real es $\epsilon^* = \frac{Q_2}{2W} = \frac{\epsilon}{2}$

$$\boxed{\epsilon^* = \epsilon/2 = 2,93} \text{ y además.}$$

$$\epsilon^* = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} = \frac{1}{Q_1/Q_2 - 1} \Rightarrow \boxed{Q_1 = Q_2 \cdot \left(\frac{1}{\epsilon^*} + 1 \right)}$$

$$Q_{\text{DUCHAS}} = Q_{\text{PISTA KIELO}} \left(\frac{1}{\epsilon^*} + 1 \right) - Q_{\text{PISCINA}} =$$

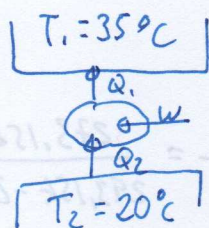
$$P_{\text{DUCHAS}} = P_{\text{PISTA KIELO}} \left(\frac{1}{\epsilon^*} + 1 \right) - P_{\text{PISCINA}} =$$

$$= 100\text{kW} \cdot \left(\frac{1}{2,93} + 1 \right) - 130\text{kW} = \boxed{4,13\text{kW}}$$

$$\frac{P_{\text{DUCHAS}}}{P_{\text{PISTA KIELO}}} = \frac{4,13\text{kW}}{100\text{kW}} = 0,0413$$

$$\boxed{P_{\text{DUCHAS}} = 4,13\text{kW}}$$

PB4

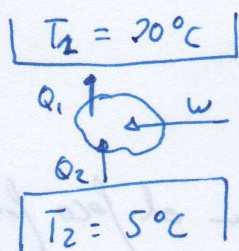


Verano, actúa como máquina frigorífica.
Extrae calor de la habitación y la cede al medio ambiente ($T_1 = 35^\circ\text{C}$).

$$T_1 = 35^\circ\text{C} = 308,15\text{K} \quad \text{y} \quad T_2 = 20^\circ\text{C} = 293,15\text{K}$$

$$\varepsilon = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{293,15\text{K}}{308,15\text{K} - 293,15\text{K}} = 19,54 \quad \text{eficiencia de la m. frigorífica.}$$

$$\varepsilon = \frac{Q_2}{W} \Rightarrow \left[Q_2 = \varepsilon \cdot W = 19,54 \cdot 1\text{kWh} \cdot \frac{1\text{h}}{1\text{h}} \cdot \frac{3600\text{s}}{1\text{h}} \cdot \frac{1\text{cal}}{4,19\text{J}} = 16.791,41\text{kcal} \right] \quad \text{Calor cedido al ambiente.}$$



En invierno actúa como bomba de calor, extrayendo calor del ambiente, para calentar la habitación. $T_1 = 20^\circ\text{C} = 293,15\text{K}$ $T_2 = 5^\circ\text{C} = 278,15\text{K}$

$$\varepsilon_{FR} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{278,15\text{K}}{293,15\text{K} - 278,15\text{K}} = 18,54.$$

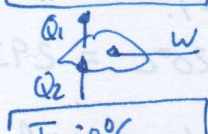
La eficiencia de la bomba de calor $\varepsilon_{BC} = 1 + \varepsilon_{FR} = \frac{Q_1}{W} \Rightarrow$

$$\left[Q_1 = (1 + \varepsilon_{FR}) \cdot W = (1 + 18,54) \cdot 1\text{kWh} = 19,54 \cdot 1\text{kWh} \right] \quad \text{¡lo mismo que antes!}$$

$$\left[Q_1 = 16.791,41\text{kcal} \right] \quad \text{Calor absorbido por la habitación.}$$

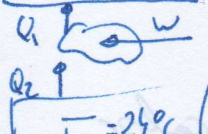
PBS

Invierno actúa como bomba de calor.

a) 
$$\left. \begin{array}{l} T_1 = 20^\circ\text{C} \\ T_2 = 0^\circ\text{C} = 273,15\text{K} \\ T_1 = 20^\circ\text{C} = 293,15\text{K} \end{array} \right\} \varepsilon_{FR} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{273,15\text{K}}{293,15\text{K} - 273,15\text{K}} = 13,65$$

Como es bomba de calor, su eficiencia como tal es $\boxed{\varepsilon_{BC} = \varepsilon_{FR} + 1 = 14,65}$

Verano, actúa como máquina frigorífica.


$$\left. \begin{array}{l} T_1 = 38^\circ\text{C} \\ T_1 = 38^\circ\text{C} = 311,15\text{K} \\ T_2 = 24^\circ\text{C} = 297,15\text{K} \end{array} \right\} \left[\varepsilon_{FR} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{297,15\text{K}}{311,15\text{K} - 297,15\text{K}} = 21,225 \right]$$

b) En verano, o en invierno, el calor intercambiado con el foco frío es Q_2

Verano.

$$\varepsilon^* = \varepsilon \cdot 0,6 = \frac{Q_2}{W}$$

$$\left[W = \frac{Q_2}{\varepsilon \cdot 0,6} = \frac{800 \text{ kcal/min}}{21,225 \cdot 0,6} = \right]$$

$$= 62,82 \frac{\text{kcal}}{\text{min}} \cdot \frac{1}{60\text{s}} \cdot \frac{4,19\text{J}}{1\text{kcal}} = \boxed{4,38 \text{ kW}}$$

Invierno $\xrightarrow{13,65}$ Eficiencia frigorífica.

$$\varepsilon_{FR}^* = \varepsilon_{FR} \cdot 0,6 = \frac{Q_2}{W}$$

$$W = \frac{Q_2}{0,6 \cdot \varepsilon_{FR}} = \frac{800 \text{ kcal/min}}{0,6 \cdot 13,65} = 97,68 \frac{\text{kcal}}{\text{min}}$$

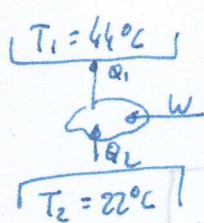
$$\left[W = 97,68 \text{ kcal/min} \cdot \frac{1}{60\text{s}} \cdot \frac{4,19\text{J}}{1\text{kcal}} = \boxed{6,82 \text{ kW}} \right]$$

(*)

(*) Este es el caso más desfavorable, en el que necesitamos gastar más para mantener las temperaturas.

PS6

Verano. Máquina Frigorífica.



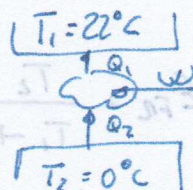
$$T_1 = 44^\circ\text{C} = 317,15\text{K}$$

$$T_2 = 22^\circ\text{C} = 295,15\text{K}$$

$$\epsilon_{FR} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{295,15\text{K}}{317,15\text{K} - 295,15\text{K}} = 13,41$$

! Misma eficiencia!

Invierno.



$$T_2 = 273,15\text{K}$$

$$T_1 = 295,15\text{K}$$

$$\epsilon_{FR} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{273,15\text{K}}{295,15\text{K} - 273,15\text{K}} = 12,41$$

Actúa como bomba de calor

$$\epsilon_{OC} = 1 + \epsilon_{FR} = 13,41$$

Verano.

$$W = \frac{Q_2}{\epsilon_{FR} \cdot 0,6} = \frac{700\text{ kcal/min}}{13,41 \cdot 0,6} = 87\text{ kcal/min}$$

$$W = 87\text{ kcal/min} \cdot \frac{1\text{h}}{60\text{s}} \cdot \frac{4,19\text{J}}{1\text{kcal}} = 6,07\text{ kW}$$

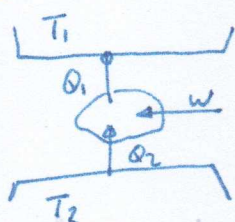
Invierno.

$$W = \frac{Q_2}{\epsilon_{FR} \cdot 0,6} = \frac{700\text{ kcal/min}}{12,41 \cdot 0,6} = 94,01\text{ kcal/min}$$

$$W = 94,01\text{ kcal/min} \cdot \frac{1\text{h}}{60\text{s}} \cdot \frac{4,19\text{J}}{1\text{kcal}} = 6,57\text{ kW}$$

Luego consume más en invierno.

PS7



$$Q_2 = 3500\text{ kJ/h} \text{ en realidad una potencia } P_{Q_2} = 3500\text{ kJ/h.}$$

$$\text{Potencia necesaria para accionar el ciclo } P = 1500\text{ kJ/h.}$$

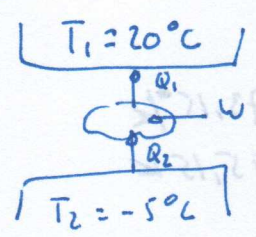
$$\epsilon = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2/t}{W/t} = \frac{P_{Q_2}}{P_W} = \frac{3500\text{ kJ/h}}{1500\text{ kJ/h}} = 2,33$$

$$\epsilon = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{(-10^\circ\text{C} + 273,15\text{K})}{(27^\circ\text{C} + 273,15\text{K}) - (-10^\circ\text{C} + 273,15\text{K})} = 7,11$$

2,91

$$2,91 = \frac{(5 + 273,15)\text{K}}{(5 + 273,15)\text{K} - (71 + 273,15)\text{K}} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = 3$$

PB8



$$T_1 = 20^\circ\text{C} = 293,15\text{ K}$$

$$T_2 = -5^\circ\text{C} = 268,15\text{ K}$$

$$\epsilon_{FE} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{268,15\text{ K}}{293,15\text{ K} - 268,15\text{ K}} = 10,726$$

$$\epsilon_{BC} = 1 + \epsilon_{FE} = 10,726 + 1 = 11,726$$

Eficiencia si sigue el ciclo de Carnot $\epsilon_{BC} = 11,726$

Si se suministra a la vivienda $Q_1 = 1,5 \cdot 10^6\text{ kJ}$ al día, el trabajo realizado por la máquina sería:

$$\epsilon_{BC} = \frac{Q_1}{W} \Rightarrow W = \frac{Q_1}{\epsilon_{BC}} = \frac{1,5 \cdot 10^6\text{ kJ}}{11,726} = 127,9 \cdot 10^3\text{ kJ}$$

$$W = 127,9 \cdot 10^3\text{ kJ} \cdot \frac{1\text{ Wh}}{3600\text{ s}} = 35,53\text{ kWh}$$

$$\text{Coste} = W \cdot \text{precio} = 35,53\text{ kWh} \cdot 0,1\text{ €/kWh} = 3,55\text{ € al día}$$

Si la máquina fuese un calefactor eléctrico, el trabajo de la misma se convertiría en el calor entregado ($W = 1,5 \cdot 10^6\text{ kJ}$)

$$W = 1,5 \cdot 10^6\text{ kJ} \cdot \frac{1\text{ Wh}}{3600\text{ s}} = 416,67\text{ kWh}$$

$$\text{Coste} = W \cdot \text{precio} = 41,67\text{ €/día}$$

PB9 La eficiencia es $\epsilon_{FE} = \frac{Q_2}{W} = \frac{13,95\text{ kW}}{1\text{ kW}} = 13,95$

$$Q_2 = 12000\text{ fr.} = 12 \cdot 10^3\text{ kcal} \cdot \frac{4,19\text{ J}}{1\text{ cal}} \cdot \frac{1\text{ Wh}}{3600\text{ s}} = 13,95\text{ kW}$$

Pero la eficiencia de Carnot.

$$\epsilon = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{(2 + 273,15)\text{ K}}{(24 + 273,15)\text{ K} - (2 + 273,15)\text{ K}} = 12,5$$

No puede ser, ya que la eficiencia nunca puede ser mayor que la de la máquina de Carnot.