

PROBLEMAS DE MÁQUINAS FRIGORÍFICA Y BOMBA DE CALOR

1. Todos los hipotéticos ciclos de refrigeración siguientes operan entre las temperaturas $T_1 = 300 \text{ K}$ y $T_2 = 250 \text{ K}$. ¿Cuál de ellos funciona reversiblemente? ¿Existe alguno que sea imposible? Razona las respuestas.
 - a. $Q_2 = 1.000 \text{ kJ}$; $W = 400 \text{ kJ}$. (Sol.: Posible)
 - b. $Q_2 = 2.000 \text{ kJ}$; $W = 2.200 \text{ kJ}$. (Sol.: Posible)
 - c. $Q_1 = 3.000 \text{ kJ}$; $W = 600 \text{ kJ}$. (Sol.: Posible)
 - d. $W = 400 \text{ kJ}$; $\epsilon = 6$. (Sol.: Imposible)

2. Un fluido frigorífico a baja temperatura circula a través de los conductos insertados en las paredes del compartimiento de un congelador. La temperatura del congelador es de $-5 \text{ }^\circ\text{C}$ y la del aire que rodea a la instalación es de $22 \text{ }^\circ\text{C}$. El flujo de calor desde el congelador al refrigerante es de 4.000 kJ/h invirtiéndose una potencia de 1.600 kJ/h para accionar el ciclo frigorífico. Determinar la eficiencia del frigorífico y compararla con la de un ciclo reversible que operara entre las mismas temperaturas. (Sol.: $\epsilon = 2,5$).

3. Mediante un circuito frigorífico se mantiene la temperatura de un congelador en -3°C , absorbiendo energía térmica de los alimentos situados en su interior a un ritmo de 1.000 kJ/h . El ciclo descarga energía al entorno, cuya temperatura es de $23 \text{ }^\circ\text{C}$. ¿Cuál es, expresada en vatios, la mínima potencia teórica necesaria para accionar el frigorífico? (Sol.: $26,74 \text{ w}$).

4. Una vivienda precisa $4 \cdot 10^5 \text{ kJ}$ por día para mantener la temperatura de 20°C , cuando la exterior ambiental es de 10°C . Hallar el trabajo mínimo teórico por día que es necesario realizar, si para suministrar esa energía se emplea una bomba de calor. (Sol.: $13.651,87 \text{ kJ}$).

5. a) ¿Cuál es la eficiencia de una máquina frigorífica de Carnot que extrae calor de un foco frío que se encuentra a -10°C y cede calor a otro foco que está 30°C ? b) ¿Cuántos Kwh de energía habría que suministrar a la máquina para extraer del foco de temperatura baja una cantidad de calor igual a la necesaria para fundir 200 kg de hielo? El calor latente de fusión del hielo es de 80 cal/g . c) ¿Cuál será el coste de esta energía, a $1,2 \text{ €}$ el kwh? (Sol.: $6,575$; $2,825 \text{ kwh}$; $3,39 \text{ €}$).

6. Un fluido refrigerante a baja temperatura circula a través de los conductos insertados en las paredes de un congelador, absorbiendo 3.500 kJ/h . La potencia necesaria para accionar el ciclo calorífico es de 1.500 kJ/h . La temperatura del congelador es de -10°C y la del aire que rodea a la instalación es de 27°C . Determinar la eficiencia del frigorífico. ¿Cuál sería la eficiencia si funcionase de forma reversible siguiendo un ciclo de Carnot? (Sol.: $2,33$; $7,108$).

7. Una bomba de calor funciona de manera reversible entre dos focos a temperaturas de 7°C y 27°C , y al ciclo se aportan 2 kwh de energía. Calcular:
- Cantidad de calor comunicada al foco caliente. (Sol.: 25.837,32 Kcal)
 - Cantidad de calor absorbida del foco frío. (Sol.: $1.008 \cdot 10^5$ J)
 - “Rendimiento” de la bomba, según que funcione como máquina frigorífica o calorífica. (Sol.: 14).
8. Un automóvil circula a la velocidad de 80 km/h, y se desea que en su interior se mantenga a la temperatura de 20°C , siendo la del ambiente exterior de 32°C . Para ello, la instalación de aire acondicionado del coche debe absorber 15.000 kJ/h por transferencia de calor. ¿Qué potencia adicional deberá desarrollar el motor para mantener el acondicionador de aire? Se supone un funcionamiento reversible de la instalación. (Sol.: 170,70 w).
9. Una máquina frigorífica absorbe 1.000 J del foco frío que se encuentra a 200 K. ¿Qué cantidad de calor cede al foco caliente que está a 300 K, sabiendo que su eficiencia es la mitad de la del correspondiente ciclo frigorífico de Carnot? (Sol.: 2.000 J)
10. Una bomba de calor de uso doméstico, accionada eléctricamente, debe suministrar $1,5 \cdot 10^6$ kJ diarios a una vivienda para mantener su temperatura a 20°C . Si la temperatura exterior es de -5°C y el precio de la energía eléctrica es de 1,2 €/kwh, determinar el coste mínimo diario de calefacción. Comparar el resultado obtenido con el de un sistema de calefacción eléctrica por medio de resistencias. (Sol.: 12.000 €)
11. Calcular el rendimiento máximo de una máquina de licuar aire, cuya fuente fría está a -195°C y el medioambiente a 25°C . Expresar el resultado en frigorías/kwh. Nota: 860 frigorías = 1 kwh. (Sol.: 0,3545)
12. Una máquina frigorífica trabaja entre un foco frío a -5°C y un foco caliente a 30°C . Determina:
- Eficiencia ideal de la máquina (Sol.:7,657)
 - Para conseguir una eficiencia igual a 9, ¿qué temperatura debe tener el foco caliente? (Sol.: $24,77^{\circ}\text{C}$)
 - Si se ajusta el circuito para conseguir una temperatura de -10°C , ¿cuál será la nueva eficiencia? (Sol.: 6,575)
13. Una máquina funciona según el ciclo reversible de Carnot entre dos focos a -3°C y 27°C y recibe desde el exterior una energía de 7.200 kJ. Calcula:
- Eficiencia de la máquina funcionando como máquina frigorífica (Sol.: 9)
 - Eficiencia de la máquina funcionando como bomba de calor. (Sol.: 10)
 - Energía Térmica entregada al foco caliente. (Sol.: 72.000 kJ)
 - Energía térmica absorbida desde el foco frío. (Sol.: 64.800 kJ)

14. Determina el calor que un bloque de hielo de 1 kg de masa a -10°C debe tomar de su entorno para conseguir 1 kg de vapor de agua a 120°C , suponiendo que todo el proceso se realiza a la presión atmosférica. Datos: (Sol.: 731,2 kcal)
- Calor específico del hielo: $C_h = 0,5 \text{ kcal/kg}\cdot\text{K}$
 - Calor latente de fusión del hielo: $C_{lf} = 80 \text{ kcal/kg}$
 - Calor específico del agua: $C_a = 1 \text{ kcal/kg}\cdot\text{K}$
 - Calor latente de vaporización del agua: $C_{lv} = 537 \text{ kcal/kg}$
 - Calor específico del vapor: $C_v = 0,46 \text{ kcal/kg}\cdot\text{K}$
15. Una nevera funciona según un Ciclo de Carnot, enfriando a una velocidad de 7.000 kJ/hora. La temperatura del interior es de -10°C . En el exterior hay una temperatura de 28°C . Se pide:
- a. ¿Qué potencia debe tener el motor de la nevera para conseguir esa temperatura? (Sol.: 280,94 w)
 - b. Si el rendimiento de la nevera fuera del 60% del rendimiento ideal de Carnot, ¿cuál debería ser entonces la potencia del motor? (Sol.: 468,24 w)
16. Un frigorífico trabaja entre -5°C y 35°C y tiene un rendimiento del 25% del ciclo ideal. Si la energía absorbida de la fuente fría es de 1.500 J, determina:
- a. El rendimiento del frigorífico. (Sol.: 1,675)
 - b. La energía cedida a la fuente caliente. (Sol.: 2.395,52 J)
 - c. El trabajo ejercido por el compresor sobre el sistema. (Sol.: 895,52 J)
17. Una máquina frigorífica trabaja entre dos focos de calor que están a -10°C y 25°C de temperatura. El rendimiento de la máquina es la cuarta parte del rendimiento del ciclo ideal de funcionamiento. Si la máquina cede a la fuente caliente 2.600 J. Calcula:
- a. El rendimiento del frigorífico. (Sol.: 1,87857)
 - b. Cuánta energía extrae del foco frío. (Sol.: 1.696,77 J)
 - c. El trabajo ejercido por el compresor sobre el sistema. (Sol.: 903,26 J)
18. Calcula la eficiencia de una máquina frigorífica de Carnot cuyo foco frío está a -10°C y el foco caliente a 30°C , ¿cuántos kwh de energía habrá que suministrar a la máquina para sacar del foco frío una cantidad de calor igual a la necesaria para fundir 200 kg de hielo. Calor latente de fusión del hielo $C = 80 \text{ cal/g}$. (Sol.: 6,575; 2,825 kwh)
19. Tenemos una máquina frigorífica cuyo rendimiento es la mitad del ciclo de Carnot, la cual funciona entre dos focos que están a unas temperaturas de 200 K y 350 K. Además sabemos que la máquina absorbe 1.200 J del foco frío. ¿Cuánto calor cede la máquina a la fuente caliente? (Sol.: 3.018,18 J)

20. En un complejo polideportivo se pretende conseguir un doble objetivo: mantener una pista de hielo a -4°C y obtener calor a 42°C para las duchas, calefacción y piscina climatizada. Para ello, se utiliza una máquina frigorífica que consume el doble de trabajo que consumiría una de Carnot trabajando en las mismas condiciones. Se conecta el foco frío a la pista de hielo, y el caliente a la piscina, duchas y calefacción. Si se extraen 100 kw de la pista de hielo y se entregan 130 kw a la piscina, determinar el calor entregado a las duchas y a la calefacción. (Sol.: $4,246\text{ kw}$)
21. Queremos mantener tanto en verano como en invierno un recinto a una temperatura constante de 20°C . Suponiendo que el promedio de temperaturas en verano es de 35°C y en invierno es de 5°C , calcula:
- La cantidad de calor absorbido en verano y cedido en invierno por cada kwh de energía consumida. (Sol.: $16.820,09\text{ kcal}$)
 - Dibuja un esquema de funcionamiento de la máquina en ambos casos.
22. Utilizando una bomba de calor se pretende conseguir una temperatura agradable en cualquier época del año, que en invierno será de 20°C aunque en el exterior sea de 0°C . En verano la temperatura media será de 24°C aunque en el exterior sea de 38°C . Calcula:
- La eficiencia en cada caso considerando la máquina ideal de Carnot. (Sol.: $14,65$; $21,21$)
 - Considerando ahora la eficiencia del 60% de la ideal de Carnot, calcula la potencia requerida por el motor del compresor para el caso más desfavorable, si se han de transferir 800 kcal/min desde el foco frío. (Sol.: $7.154,07\text{ w}$)
23. Se pretende conseguir una temperatura agradable de 22°C en el interior de un recinto, utilizando para ello una bomba reversible de calor. Teniendo en cuenta que la temperatura media en el exterior del recinto en invierno es de 0°C y en verano de 44°C , cuál será la eficiencia ideal de la máquina. Considerando ahora que el rendimiento de la máquina es del 60% de la máquina de Carnot, cuándo consumirá más energía del motor del compresor si la cantidad de calor que se quiere intercambiar con el foco frío, tanto en verano como en invierno, es de 700 kcal/min . (Sol.: $13,40$; $13,40$; En invierno)
24. Un motor térmico funciona según un ciclo reversible entre dos focos, absorbiendo 2.150 kcal del foco caliente por cada kwh de trabajo producido. Calcula la temperatura del foco frío cuando la temperatura del foco caliente es de 327°C . (Sol.: 87°C)
25. Una máquina frigorífica funciona, según el ciclo de Carnot, entre dos fuentes de calor, una a -13°C y la otra a 27°C . sabiendo que el compresor es de 200 w , calcula:
- Eficiencia de la máquina trabajando como frigorífico. (Sol.: $6,5$)
 - Eficiencia de la máquina trabajando como bomba de calor. (Sol.: $7,59$)
 - Suponiendo que funciona como frigorífico con una eficiencia igual a 3:
 - Calor que recibe el fluido refrigerante en una hora. (Sol.: $2.160.000\text{ J}$)
 - Calor que cede el fluido refrigerante en una hora. (Sol.: $2.880.000\text{ J}$).