



TERMODINÁMICA

Departamento de Física
Carreras: *Ing. Industrial y Mecánica*

Trabajo Práctico N° 6: **SEGUNDO PRINCIPIO**

1) Una máquina térmica que impulsa una embarcación produce 1165 kJ/kg de trabajo mientras descarta 700 kJ/kg de calor.

- ¿Cuál es el rendimiento térmico?
- En ausencia total de fricción y de otras irreversibilidades ¿puede una máquina térmica tener un rendimiento del 100%? Explique.

R: a) 0.62

2) Una planta termoeléctrica de 600 MW, ubicada cerca de un río, tiene un rendimiento térmico máximo de 40 %. Determine la tasa de transferencia térmica al agua del río. ¿La tasa real de transferencia será de mayor o menor que este valor? ¿Por qué?

3) Un refrigerador de alimentos debe dar un efecto de enfriamiento de 15000 kJ/h con un rechazo de calor de 22000 kJ/h.

- Calcular el coeficiente de operación de este refrigerador.
- ¿Es correcto que el COP sea mayor que uno? ¿Es posible que sea menor que 1?

R: a) 2.14

4) Para refrescar una habitación se emplea un aparato de aire acondicionado con un coeficiente de desempeño o eficiencia (COP) de 4. El exterior se encuentra a 34°C mientras que el interior del despacho se mantiene a 24°C. El despacho, que está vacío, tiene una ventana de vidrio por la cual entra calor desde el exterior. Si el calor que entra por la ventana en la unidad de tiempo es 4224 W, determinar:

- El trabajo por segundo (potencia) que debe realizar el aparato para mantener la temperatura interior.
- El calor descargado al exterior.

R: a) 1056 W, b) 5280 W.

5) Comúnmente se recomienda dejar enfriar a temperatura ambiente los alimentos calientes antes de introducirlos al refrigerador, para ahorrar energía. A pesar de esta recomendación de sentido común, una persona sigue cocinando dos veces a la semana una gran cacerola de estofado y metiendo la cacerola al refrigerador cuando aún está caliente, pensando que el dinero ahorrado probablemente es muy poco. Pero dice que se puede convencer si se le demuestra que el ahorro es significativo. La masa promedio de la cacerola y su contenido es de 5kg. La temperatura promedio de la cocina es 20 °C, la temperatura promedio del alimento es 95 °C cuando se quita de la cocina. El espacio refrigerado se mantiene a 3 °C, y el calor específico promedio del alimento y la cacerola se puede tomar como 3.9 kJ/kg °C. Si el refrigerador tiene un coeficiente de operación de 1.2 y el costo de la electricidad es \$ 0.62 por kWh, determinar cuánto ahorrará esta persona por año esperando que el alimento se enfríe a la temperatura ambiente antes de ponerlo en el refrigerador.



6) En una planta frigorífica de Carnot, se mantienen alimentos a $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el interior de la cámara frigorífica. Esos mismos alimentos se los quiere congelar a una temperatura de $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Si la temperatura del medio ambiente es de $27\text{ }^{\circ}\text{C}$, se quiere evaluar el aumento porcentual de la potencia consumida para congelar los alimentos respecto a la potencia consumida para mantenerlos a $2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Suponer que las potencias frigoríficas para ambos casos son iguales ($Q_F = Q_{F'}$).

R: 89 %.

7) Una bomba de calor de Carnot tiene un COP de 1.6 y una fuente caliente a una temperatura de 300 K.

- Calcular la temperatura de la fuente fría.
- Determinar la tasa de transferencia de calor a la fuente caliente cuando se suministra a la bomba de calor una potencia de 1.5 kW.
- Un experimentador afirma que se puede aumentar la eficiencia, aumentando la temperatura de la fuente al doble de la calculada en el inciso a). ¿ Es esta una afirmación razonable? ¿ Por qué?

R: a) 112.5 K, b) 2.4 kW

8) Un calentador eléctrico de agua típico (una resistencia) tiene una eficiencia de 90 por ciento y su operación cuesta \$390 por año, a un costo unitario de electricidad de \$ 0.08/ kWh . Un calentador de agua operado por una bomba de calor tiene un COP de 2.2, pero su instalación cuesta \$ 800 más que la resistencia. Determine en cuántos años pagará su instalación este último, por la energía que ahorra.



9) Un gas ideal diatómico ($c_v = 5/2.R$) recorre el siguiente ciclo: partiendo del el estado de coordenadas, $V = 4\text{ L}$, $P = 4\text{ atm}$, $T = 600\text{ K}$, se dilata isotérmicamente hasta duplicar su volumen. Después se comprime a presión constante hasta su volumen inicial. Finalmente se calienta a volumen constante hasta que alcanza la presión original. Calcule:

- Calor recibido por el ciclo.
- Calor rechazado por el ciclo.
- Rendimiento térmico.

R: a) 3.15 kJ, b) -2.84 kJ , c) 10%.

10) Una masa de 113 g de aire, describe un ciclo conformado por las siguientes transformaciones:

- 1-2: Compresión adiabática, con relación de compresión $r = 5$.
- 2-3: Isotérmica.
- 3-1: Isobárica.

Si $P_1 = 1\text{ bar}$ y $T_1 = 338\text{ K}$, calcular:

- Calor recibido por el ciclo.
- Calor rechazado por el ciclo.
- Rendimiento térmico.

R: a) 11.09 kcal, b) -8.17 kcal , c) 0.26.

11) Una máquina térmica (MT) de Carnot recibe 800 kJ/min en forma de calor de una fuente de $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ y libera calor hacia la atmósfera que se halla a $27\text{ }^{\circ}\text{C}$. Toda la potencia generada por la MT se emplea para accionar una máquina frigorífica (MF) que extrae calor del interior de la cámara frigorífica, en cuyo interior debe mantenerse la

temperatura en un valor constante de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. El calor rechazado por la MF también es recibido por la atmósfera. Hallar:

- El flujo calórico máximo que se puede extraer de la cámara frigorífica.
- El calor total absorbido por la atmósfera.

R: a) 4986 kJ/min, b) 5785 kJ/min.

12) Una máquina térmica opera entre dos depósitos a 800 y $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. La mitad de la potencia desarrollada por la máquina térmica se usa para operar una bomba de calor de Carnot que quita calor del entorno frío a $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y lo transfiere a una casa que se mantiene a $22\text{ }^{\circ}\text{C}$. Si la casa pierde calor a razón de 62000 kJ/h, determinar:

- El COP de la bomba de calor.
- La tasa mínima de suministro de calor a la máquina térmica, necesaria para mantener la casa a $22\text{ }^{\circ}\text{C}$.

R: a) 14.75, b) 11564.74 kJ/h

13) Un inventor afirma haber fabricado una máquina térmica que recibe 750 kJ de calor de una fuente térmica de 400 K, produce un trabajo neto de 250 kJ y libera 500 kJ de calor hacia la atmósfera que se halla a 300 K.

¿Es razonable esta afirmación?

- Desde el punto de vista del Primer Principio.
- Desde el punto de vista del Segundo Principio.

14) Dos MT de Carnot A y B, trabajan en serie entre dos fuentes térmicas, $T_C = 555\text{ K}$ y $T_F = 222\text{ K}$.

Si $Q_{CA} = 423\text{ kJ}$ y teniendo ambas máquinas igual rendimiento térmico, calcular:

- La temperatura a la cual el calor es cedido por A recibido por B.
- Los trabajos netos de cada máquina.
- El calor Q_{FB} .
- Representar este ciclo combinado en el plano P-v.

R: a) 351 K, b) $W_A = 155.3\text{ kJ}$, $W_B = 98.2\text{ kJ}$, c) 169 kJ.

15) Dos cuerpos A y B de igual capacidad calorífica ($C_A = C_B$) se hallan inicialmente a las temperaturas T_{A1} y T_{B1} , siendo $T_{A1} > T_{B1}$.

Si ambos cuerpos se utilizan como fuentes térmica de una MT ideal, demostrar:

a) La máquina dejará de operar cuando los cuerpos alcancen una temperatura final de equilibrio:

$$T_{eq.} = T_{A2} = T_{B2} = (T_{A1} \cdot T_{B1})^{0.5}$$

b) El trabajo total obtenido es $W = C (T_{A1} + T_{B1} - 2 T_{eq.})$

16) Cierta MT ideal opera teniendo como fuente caliente 10 kg de un metal, inicialmente a $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ y como fuente fría a 3 kg de hielo a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y 1 atm. Se desea calcular la temperatura que alcanzará el metal cuando el hielo se funda totalmente convirtiéndose en agua líquida a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y el trabajo que dicha máquina produce.

Datos: $c_{metal} = 0.164\text{ kcal/kg.K}$, $\lambda_{fusión} = 80\text{ kcal/kg}$.

R: 333.2 K, 149.9 kcal.

17) Se utiliza una bomba de calor de Carnot con el objeto de transferir calor de un cuerpo sólido frío a otro caliente.

Inicialmente ambos sólidos se hallan en equilibrio térmico de 273 K. Al finalizar la operación de la bomba, el cuerpo frío alcanza una temperatura de 200 K. Si la capacidad calorífica de ambos cuerpos es $C = 4.184 \text{ kJ/K}$, calcular:

- a) Temperatura final del cuerpo caliente.
- b) El trabajo suministrado a la bomba de calor.

R: a) 372.6 K, b) -111.3 kJ.

18) Un kg de agua desarrolla un ciclo térmico de Carnot dentro de la curva campana, entre las presiones de 15 bar y 1 bar.

En la expansión isotérmica, el agua se vaporiza totalmente pasando de líquido saturado a vapor saturado. Calcular:

- a) El rendimiento térmico.
- b) Calor cedido por el ciclo, en kJ.
- c) Trabajo neto, en kJ.