

1. Calcule el rendimiento de una máquina térmica que realice el ciclo de Otto.
2. El sistema constituido por n moles de un gas ideal está encerrado en un cilindro cuyo volumen se puede hacer variar gracias a un émbolo. Inicialmente el sistema se halla en el estado A , (V_A, T_A) y evoluciona según un ciclo de Carnot con temperatura del foco caliente igual a T_B . (a) Calcule el rendimiento si $T_A = T_B - dT$, (b) Haga uso del resultado anterior para demostrar que la energía interna de la radiación térmica, o gas de fotones, es $U = aVT^4$, teniendo en cuenta que su presión viene dada por $pV = \frac{1}{3}U$. Admitir que U/V sólo es función de la temperatura.
3. Cierta máquina real opera entre 700°C y 90°C con un rendimiento que es el 25% del rendimiento teórico. Determine la potencia mecánica que produce si cede 10 kW a la fuente fría.
4. Dos máquinas reversibles comparten la misma fuente de temperatura T_1 . Una de ellas usa una fuente fría con $T_2 = 0.73T_1$, mientras que la fuente fría de la segunda máquina tiene $T'_2 = 0.9T_1$. Determine la relación de los calores por ciclo que toman ambas máquinas de la fuente caliente para producir el mismo trabajo por ciclo.
5. Diga si una máquina térmica frigorífica, que para absorber 12 J de una fuente térmica a 10°C y ceder 36 J a una fuente térmica de 30°C necesita 24 J, es reversible.
6. Una máquina térmica trabaja intercambiando calor con dos fuentes térmicas a temperaturas constantes de 500 K y 250 K. Si el trabajo realizado por la máquina térmica es de 20 kJ, acotar el calor intercambiado con la fuente de baja temperatura para que la máquina sea irreversible.
7. Una máquina frigorífica reversible absorbe 10^3 cal de una fuente térmica a $T_2 = 273$ K y cede calor a dos fuentes térmicas $T_1 = 297$ K y $T'_1 = 294$ K. Si la eficiencia de la máquina es de 12 y los calores intercambiados por las fuentes T_1 y T'_1 son Q_1 y Q'_1 , respectivamente, determine el trabajo realizado sobre el sistema y los calores Q_1 y Q'_1 .
8. Una bomba de calor reversible funciona entre dos masas M_1 y M_2 de 1 kg de agua, ambas inicialmente a 50°C . Cuando la masa M_2 adquiere una temperatura de 40°C . Determine (a) la temperatura que adquiere la masa M_1 y (b) el trabajo suministrado a la bomba de calor.
9. Una máquina térmica funciona entre dos cuerpos rígidos idénticos de capacidades caloríficas C con temperaturas iniciales de $T_{1i} = 600$ K y $T_{2i} = 300$ K hasta que no es posible la obtención de trabajo. Acotar la temperatura final de ambos cuerpos y determine la cantidad máxima de trabajo que se puede obtener.
10. Un motor de un buque funciona según un ciclo de Carnot ideal que extrae calor del agua del mar a 18°C y cede una parte a un depósito de hielo seco (CO_2) a -78°C . Si el motor debe desarrollar 8×10^3 CV, ¿cuánto hielo seco se suministra durante la marcha de un día? El calor de sublimación del hielo seco es $L = 137$ cal/g.
11. Demuestre que la relación funcional $f(x, y) = f(x, z)f(z, y)$ tiene como única familia de soluciones $f(x, y) = F(x)/F(y)$, siendo $F(x)$ una función arbitraria.

12. Una máquina térmica reversible opera entre tres fuentes, $T_1 > T_2 > T_3$, tomando calores Q_1 y Q_2 de las dos primeras en cada ciclo. Determine la expresión de su rendimiento.
13. Un sistema realiza un ciclo reversible intercambiando calor con tres focos de temperaturas, 0°C , 100°C y 200°C . Al primero le cede 10^3 J por ciclo y al segundo $2 \times 10^3\text{ J}$ por ciclo. ¿Cuál será el intercambio de calor con el tercer foco?
14. Una máquina reversible trabaja entre dos fuentes térmicas desconocidas. Se sabe que para producir el trabajo $W = \text{kJ}$ cede a la fuente fría $Q_2 = 1.85\text{ kJ}$. Calcule la temperatura de las fuentes sabiendo que su diferencia de temperaturas es $\Delta T = 200\text{ K}$.
15. Encontrar directamente la expresión para la variación de la entropía de un gas ideal al pasar de las coordenadas (p_1, T_1) a (p_2, T_2) . Para ello usar la expresión $dQ = C_p dT + h dp$ y que $h = -V$ para un gas ideal. Comparar con la expresión $S(N, V, T)$ obtenida en teoría.
16. Calcule la variación de entropía que tiene lugar en el proceso

$$\text{H}_2\text{O} (\text{líqu.}, 273\text{ K}, 1\text{ atm}) \longrightarrow \text{H}_2\text{O} (\text{gas}, 473\text{ K}, 3\text{ atm}).$$
 Admita que el agua líquida tiene una densidad constante y una capacidad calorífica de 75.3 J/(K mol) , el vapor se comporta como un gas ideal de capacidad calorífica $C_p = 36.86 - 7.9 \cdot 10^{-3}T + 9.2 \cdot 10^{-6}T^2$ en unidades del sistema internacional, y el calor molar de vaporación es 40292 J/mol .
17. Un gas ideal monoatómico ocupa un recipiente cilíndrico cerrado mediante un émbolo de peso despreciable y que puede moverse sin fricción de sección $S = 1000\text{ cm}^2$, siendo la presión externa en todo momento 1 atm . Las paredes del cilindro son diatérmicas y están en contacto con un baño térmico. El gas que inicialmente ocupa 60 l y está a 300 K , describe un ciclo formado por los siguientes procesos irreversibles: (1-2) Manteniendo el contacto con el baño térmico a 300 K se deposita una masa de $M = 100\text{ kg}$ sobre el émbolo de manera que el gas se comprime hasta un nuevo estado de equilibrio de volumen V_2 . (2-3) Manteniendo la masa sobre el émbolo se enfría el baño a 200 K de manera que el gas se comprime hasta un volumen V_3 . (3-4) Se retira la masa M provocando una expansión del gas hasta un volumen V_4 . (4-1) El gas vuelve al estado inicial de equilibrio al sustituir el baño de 200 K por el de 300 K . Determine: (a) Los volúmenes V_2, V_3, V_4 , (b) La variación de la energía interna del gas en cada uno de los procesos, (c) El trabajo neto que hace el gas durante todo el ciclo y la energía intercambiada (en forma de calor) con cada uno de los baños térmicos, (d) La variación de entropía del universo en un ciclo. ¿Contradice el resultado el segundo principio de la Termodinámica?
18. Un mol de gas ideal se encuentra en un depósito cilíndrico encerrado por un émbolo de peso despreciable que puede desplazarse sin fricción. Inicialmente el gas ocupa un volumen $V_1 = 1\text{ l}$ y se encuentra a la temperatura T_1 . Sin cambiar la temperatura se expande reversiblemente (disminuyendo la presión) hasta duplicar su volumen y realizando un trabajo de $W(1 \rightarrow 2) = 3.457, 9\text{ J}$. A continuación, se mantiene constante la presión y se pone el sistema en contacto con un baño térmico a temperatura T_3 , baño al que cede $Q(2 \rightarrow 3) = 11.224, 6\text{ J}$ de energía interna en forma de calor. Manteniendo la temperatura, se comprime el gas reversiblemente hasta el estado 4 con una presión igual a la del estado inicial. Finalmente, manteniendo la presión constante, el gas se pone en contacto con un baño térmico de temperatura T_1 , cerrándose el ciclo de manera que $W_{\text{ciclo}} = 0.5Q(1 \rightarrow 2)$. Determine: (a) Las temperaturas T_1 y T_3 y el calor intercambiado en los procesos $3 \rightarrow 4$ y $4 \rightarrow 1$, (b) La variación de entropía del universo en un ciclo, (c) Los calores molares a presión y volumen constante del gas, (e) El trabajo de expansión del gas en el proceso $4 \rightarrow 1$.

19. Un mol de un gas ideal monoatómico recorre, en el sentido inverso a las agujas del reloj, un ciclo formado por una transformación adiabática reversible que termina en el estado de equilibrio dado por $T_2 = 500 \text{ K}$ y $V_2 = 23 \text{ dm}^3$, una isócora reversible y una isoterma, también reversible, que acaba en el estado de equilibrio con $T_3 = 300 \text{ K}$ y $V_3 = 26 \text{ dm}^3$. Halle el incremento de entropía que provoca cada ciclo en el universo.
20. Un gas ideal a temperatura T_a y ocupando un volumen V_1 se pone en contacto con un foco térmico a esa misma temperatura y sufre una expansión isoterma hasta un volumen V_2 , durante la que absorbe un calor Q del foco. A continuación sufre una expansión adiabática reversible hasta un volumen V_3 y una temperatura T_b , que es igual a la de otro foco térmico más frío, $T_b < T_a$ con el que se pone en contacto, sufriendo entonces una compresión isoterma hasta un volumen V_4 que es tal que la misma cantidad de calor inicial Q es ahora cedida al segundo foco. El resultado es el trasvase mediante un proceso reversible de una cantidad de calor Q del primer foco al segundo. Representar este proceso en un diagrama (p, V) . Calcule en función de V_1, T_a, T_b, Q los volúmenes V_2, V_3, V_4 . Usando la fórmula de la entropía de un gas ideal, calcule la variación de entropía del gas al pasar de (V_1, T_a) a (V_4, T_b) . Al ser todos los procesos reversibles, calcule la variación de entropía de los focos térmicos y demostrar que coincide con la fórmula conocida vista en clase. Calcule también el trabajo hecho por el gas.
21. Calcule la variación de entropía de un gas ideal ($\gamma = 7/5$) al triplica su temperatura y su volumen por dos caminos diferentes.
22. Se comprime reversiblemente un mol de gas ideal monoatómico desde una presión p_0 hasta p_1 a temperatura constante T_0 para, a continuación, expandirlo adiabática y reversiblemente hasta la presión p_0 . Se repite la operación N veces. (a) Calcule la variación de entropía en tras la N -ésima operación ΔS_N y (b) la temperatura T_N y la variación de energía interna ΔU_N .
23. Dos muestras de un mol de gas ideal monoatómico inicialmente a la misma temperatura T y presión p se comprimen hasta los volúmenes se reducen a la mitad, en un caso isotérmicamente y en el otro adiabáticamente. (a) ¿En qué muestra la presión final es mayor? (b) Admitiendo que los procesos son reversibles, calcule la variación de entropía del gas y del entorno.
24. Un mol de gas ideal diatómico realiza un proceso adiabático irreversible desde el estado $p_1 = 100 \text{ kPa}$ y $v_1 = 27.3 \text{ dm}^3/\text{mol}$ hasta el estado $p_2 = 200 \text{ kPa}$ y $v_2 = 24,7 \text{ dm}^3/\text{mol}$, ambos de equilibrio. Halle el incremento de entropía del sistema.
25. Un cilindro vertical de sección $S = 100 \text{ cm}^2$ está cerrado por medio de un émbolo horizontal de masa despreciable, móvil y sin rozamiento. Una masa $m = 1 \text{ g}$ de helio (gas perfecto monoatómico de masa molar $M = 4 \text{ g}$) está inicialmente encerrada en el cilindro, en las condiciones $T_0 = 300 \text{ K}$ y $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$. Se consideran dos situaciones distintas, (A) y (B). En la situación (A) se consideran las paredes y el émbolo impermeables al calor (adiabáticos). En este caso, se aplica sobre el émbolo bruscamente una sobrecarga de 10^3 N . El gas alcanza un nuevo estado de equilibrio (p_1, V_1, T_1) . (A1) Calcule la razón de compresión $x = p_1/p_0$, (A2) Expresar V_1/V_0 y T_1/T_0 en función de x y el coeficiente γ , (A3) Calcule la temperatura final T_1 del gas y la altura h_1 del émbolo medida respecto del fondo del recipiente. ¿Cuál sería esa altura si la carga se hubiera aplicado de forma progresiva hasta que su hubiera alcanzado la presión p_1 ?, (A4) Calcule en función de p y T la entropía del gas. Obtenga la variación de entropía ΔS_1 de la transformación, (A5) Se quita de golpe la carga de 10^3 N lo que provoca una expansión del gas hasta que alcanza el estado de equilibrio (p_0, V_2, T_2) . A continuación se devuelve el gas al estado de equilibrio inicial, por medio de una transformación isóbara irreversible, usando una

fuelle de calor a la temperatura T_0 . Determine V_2 y T_2 en funci3n de V_1 , T_1 , x y γ . Calcule la cantidad de calor puesta en juego a lo largo de la transformaci3n is3bara, as3 como las variaciones de entrop3a en la expansi3n y en la transformaci3n is3bara.

En la situaci3n (B) la paredes del cilindro son permeables al calor, estando 3stas ba3adas por un l3quido de temperatura constante $T_0 = 300$ K. El gas est3 en condiciones (p_0, V_0, T_0) . Se aplica de golpe la carga de 10^3 N y el gas alcanza el estado (p_1, V_1', T_0) . (B1) Calcule la altura h_1' del 3mbolo, el trabajo W_i realizado por el gas a lo largo de esta compresi3n y la variaci3n de entrop3a del universo. (B2) Se aplica ahora la sobrecarga progresivamente hasta que se alcanza la presi3n p_1 . Demostrara que la altura alcanzada por el 3mbolo es la misma. Calcule el trabajo W_r realizado por el gas. Relacione $W_i - W_r$ con la variaci3n de entrop3a del universo.

26. Calcule el incremento de entrop3a de un gas de ecuaci3n $p(v - b) = RT$, con $b = 0.5$ dm³/mol, al comprimirlo isot3rmicamente desde el volumen 26 dm³/mol hasta 22 dm³/mol.
27. Un mol de un gas de van der Waals se encuentra en equilibrio a $T_1 = 0^\circ\text{C}$ y $v_1 = 2b$. Si el gas se expande adiab3tica y reversiblemente hasta $v_2 = 3b$, determine la temperatura final de equilibrio. Tome $c_V = 1.5R$.
28. Halle el incremento de entrop3a molar de un gas al realizar un proceso finito $(T_0, v_0) \rightarrow (T, v)$. El gas tiene calor espec3fico constante y su ecuaci3n de estado es $pv/(RT) = 1 + a/v$.
29. Un sistema est3 formado por 100 g de hielo a 1 atm y 0°C . El sistema se pone en contacto con un medio ambiente a 1 atm y 20°C . Sabiendo que el calor de fusi3n del hielo vale 80 cal/g y el calor espec3fico del agua es 1 cal/(gK), determinar los incrementos de entrop3a que experimentan el sistema y el universo entre el estado inicial y final de equilibrio mutuo.
30. Una masa de mercurio a 0°C y 100 atm se expande reversible y adiab3ticamente hasta 1 atm. H3llese la variaci3n de temperatura del mercurio ($\alpha = 1.81 \cdot 10^{-4} \text{C}^{-1}$, $C_p = 0.033$ cal/g y $\rho = 13.6$ g/cm³).
31. Un s3lido cumple la ecuaci3n de estado $v = v_0(1 - kp)$ donde $v_0 = 15$ cm³/g. Encontrar el incremento de entrop3a de 500 g de s3lido cuando se comprime isot3rmicamente desde el estado de 1 atm hasta 400 atm, sabiendo que el coeficiente de dilataci3n vale $\alpha = 6.23 \cdot 10^{-5} \text{K}^{-1}$.
32. Un hilo de acero de 1 m de longitud est3 fijo por su extremo superior y del otro se cuelga reversiblemente una masa de 100 kg. Calcule el calor que hilo debe absorber o ceder para mantener su temperatura constante a 25°C . El hilo es perfectamente el3stico y su coeficiente de dilataci3n lineal a tensi3n constante es $12 \cdot 10^{-6} \text{C}^{-1}$.
33. Un sistema realiza un ciclo compuesto por dos l3neas isobaras y dos l3neas is3coras. (a) Calcule los calores intercambiados en los cuatro procesos, (b) Calcule $\int \frac{dQ}{T}$ para cada proceso.
34. Para mantener la temperatura media de un edificio en $T = 18^\circ\text{C}$, su sistema frigor3fico se ve obligado a extraer de su interior 100 cal/s, mientras consume 1 kW de potencia. Determinar el incremento de entrop3a por segundo que sufre el universo debido al acondicionamiento del edificio sabiendo que el ambiente externo se encuentra a $T_0 = 35^\circ\text{C}$.
35. Un vaso contiene 150 g de agua l3quida en equilibrio t3rmico con el ambiente a 1 atm y 20°C . En cierto instante se le a3aden 100 g de agua a $T = 0^\circ\text{C}$ y se deja evolucionar en contacto con el medio ambiente hasta que alcanza de nuevo el equilibrio con 3l. Determine el incremento de entrop3a del agua y del universo. Acepte que el vaso carece de masas y que el calor espec3fico del agua es $c = 1$ cal/(gK).