

3
" UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO "

TERMODINAMICA

cuaderno de ejercicios



CUAD.EJER
TERMOD
47-A

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM.



907261

G.- 907261

...nería

Morales-Zaragoza

CUAD.EJER
TERMOTOD
47-A

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM.



907261

G.- 907261



FACULTAD DE INGENIERIA

Donado a la
DEP FI por
Ing. Robert H.
Morelos-Zaragoza

P R O L O G O

C O N T E N I D O

Este Cuaderno de Ejercicios corresponde al programa actual del curso de Termodinámica que se imparte en la Facultad de Ingeniería de la UNAM y tiene por objeto ayudar a los alumnos en el aprendizaje de la materia.

Al inicio se presenta una lista de objetivos, los cuales comunican al estudiante los propósitos del programa de cada capítulo.

Para mejorar este Cuaderno de Ejercicios de Termodinámica que indudablemente tiene defectos, agradeceremos las críticas y sugerencias que, en forma constructiva, nos hagan profesores y alumnos.

Participaron en la elaboración de este Cuaderno de Ejercicios

- Ing. José Luis Álvarez Ramírez
- Ing. Jorge Gómez Tagle Orbe
- Ing. Fernando Treviño Cavazos

FACULTAD DE INGENIERIA
COORDINACION DE MATERIAS PROPEDEUTICAS
SECCION DE FISICA

Abril de 1979

Este Cuaderno de Ejercicios está compuesto de problemas correspondientes a los temas de la materia siguiendo el orden del programa.

CAPITULO I Conceptos Fundamentales	Pág. 1
CAPITULO II Energía, Trabajo y Calor	Pág. 9
CAPITULO III Propiedades de las Sustancias Simples	Pág. 19
CAPITULO IV Primera Ley de la Termodinámica	Pág. 29
CAPITULO V Segunda Ley de la Termodinámica	Pág. 44

[Handwritten signature]

OBJETIVOS ESPECIFICOS DE TERMODINAMICA

55 Hrs.

CONCEPTOS FUNDAMENTALES

- 1.1.0 El alumno debe ser capaz de explicar qué es la Termodinámica (2) , (90)
- 1.2.0 Dado un problema de Termodinámica el alumno debe ser capaz de delimitar la frontera del sistema termodinámico adecuado para el análisis del problema. (3) , (90)
- 1.2.1 Dado un sistema termodinámico el alumno debe ser capaz de determinar si el sistema es aislado, cerrado o abierto. (3) , (30)
- 1.3.0 El alumno debe ser capaz de explicar los conceptos de propiedad(termodinámica) estado, fase, proceso y ciclo termodinámico. (2) , (60)
- 1.4.0 Dada una propiedad termodinámica el alumno debe ser capaz de determinar si ésta es extensiva ó intensiva. (3) , (15)
- 1.5.0 El alumno deberá ser capaz de explicar los conceptos de masa, fuerza, peso, densidad, peso específico, volumen específico y densidad relativa, con sus dimensiones y unidades . (2) , (15) .
- 1.6.0 El alumno debe ser capaz de explicar el concepto de temperatura es base a la energía cinética media molecular. (2) , (30)
- 1.7.0 El alumno debe ser capaz de explicar el concepto de calor como energía en transferencia debido a la diferencia de energía cinética media molecular de dos sistemas (diferencia de temperatura). (2) , (30)
- 1.8.0 El alumno debe ser capaz de explicar la ley cero de la termodinámica. (2) , (15)
- 1.9.0 El alumno debe ser capaz de explicar que la temperatura se mide por métodos indirectos, el funcionamiento de los termómetros de dilatación térmica y resistencia eléctrica, como se determinan las escalas termométricas Celsius y Kelvin . (2) , (60)
- 1.10.0 El alumno debe ser capaz de explicar el concepto de presión en función de la energía cinética media de las moléculas y del número de éstos en el sistema, para los gases. (2) , (60)

- 1.11.0 El alumno debe ser capaz de aplicar la ecuación para el cálculo de variación de la presión en un fluido en función de la profundidad (4P gh) en la solución de problemas de manómetros, barómetros, tanques hidroneumáticos y presión bajo superficies de líquidos. (3) , (90)
- 1.12.0 Dado un sistema termodinámico el alumno debe ser capaz de relacionar la presión barométrica, manométrica y absoluta. (3) , (60)
- 1.13.0 El alumno debe ser capaz de explicar el funcionamiento de los manómetros y del barómetro. (2) , (30) .
- 1.14.0 El alumno debe ser capaz de utilizar el Sistema Internacional de Unidades para cuantificar las propiedades y la energía en un sistema termodinámico, así como los factores de conversión correspondientes Los Sistemas Absoluto, Gravitacional y Técnico. (3) , (90)

47-A

FACULTAD DE INGENIERIA



907261

G1- 907261

Nivel taxonómico
Tiempo en minutos

EJERCICIOS DE TERMODINAMICA

CAPITULO I

I.1 Indique si los sistemas siguientes son abiertos o cerrados, especificando los límites del sistema.

- a) Una pelota, b) Un automóvil, c) Un sistema de acondicionamiento de aire de ventana, d) Un gas contenido en un cilindro.

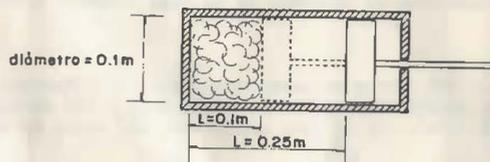
SOLUCION:

- a) Una pelota.- Sistema cerrado ya que no se establece transferencia de masa en ningún sentido a través de sus fronteras, entendiéndose por sus fronteras la configuración misma de la pelota.
- b) Un automóvil.- Sistema abierto porque hay transferencia de masa y energía a través de sus fronteras las cuales son la configuración misma del automóvil.
- c) Un sistema de acondicionamiento de aire de ventana.- Es un sistema abierto debido a que existe una transferencia de masa y energía a través de sus fronteras las que consideramos rodeando al sistema.
- d) Un gas contenido en un cilindro.- Sistema cerrado porque no hay transferencia de masa a través de sus fronteras que están constituidas por la configuración misma del cilindro.

I.2 Dé tres ejemplos de sistemas cerrados, tres de sistemas abiertos y tres de sistemas aislados. En cada uno de ellos indique sus fronteras y las formas de energía que intercambian con el medio ambiente.

I.3 En un conjunto cilindro émbolo de una máquina de combustión interna se encuentra encerrado un gas; cuando la posición del émbolo es como se muestra en la figura, su densidad es de 1 Kg/m^3 . Posteriormente el gas se comprime hasta que $L = 0.1 \text{ m}$; calcule:

- a) La masa del gas y su volumen específico para $L = 0.25 \text{ m}$
- b) El volumen específico y su densidad cuando $L = 0.10 \text{ m}$
- c) Si consideramos partido a la mitad el volumen del cilindro para formar dos sistemas cuál sería el volumen específico, densidad y masa de cada sistema, siendo $L = 0.10 \text{ m}$
- d) Diga de las propiedades anteriores cuáles son intensivas y cuáles extensivas y por qué.



SOLUCION:

$$a) \rho = \frac{m}{V} ; m = \frac{\pi d^2 L}{4} \rho$$

$$m = 1 \times 0.785 (0.1)^2 (0.25)$$

$$m = 1.962 \times 10^{-3} \text{ Kg}$$

$$v = \frac{1}{\rho} ; v = \frac{1}{1}$$

$$v = 1 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

$$b) v = \frac{V}{m} = \frac{\pi (0.1)^2 (0.1)}{4 \times 1.962 \times 10^{-3}}$$

$$v = 0.4 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

$$\rho = \frac{m}{v} = \frac{1}{0.4}$$

$$\rho = 2.5 \text{ Kg/m}^3$$

c) Para las condiciones señaladas, la masa de cada sistema, será:

$$m = \frac{1.962 \times 10^{-3}}{2} = 9.812 \times 10^{-4} \text{ Kg}$$

y la densidad de cada sistema:

$$\rho = \frac{m}{v} = \frac{9.812 \times 10^{-4} (4)}{\pi (0.1)^2 (0.1) (2)}$$

$$\rho = 2.5 \text{ Kg/m}^3$$

$$v = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{2.5}$$

Handwritten notes and calculations on the right side of the page, including the value 3.1415×10^{-3} .

$$v = 0.4 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

d) Las propiedades intensivas son independientes de la masa (ρ , v)

Las propiedades extensivas si dependen de la masa (volumen total y masa).

I.4 Un tanque de acero de 1 200 litros de capacidad, pesa 2 210 Newtons. -- Contiene 2/3 partes de aceite de densidad relativa 0.75 y 1/3 de agua de densidad igual a 1 000 Kg/m³. Si el peso específico del acero es de -- 77 000 N/m³, hállese:

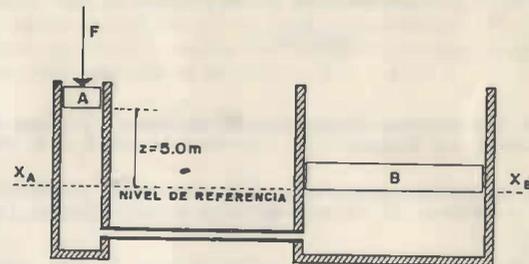
- El volumen del acero
- La densidad del aceite y su volumen específico
- El volumen específico del agua
- Peso total en Newtons del tanque, aceite y agua
- Especifique cuáles de las propiedades anteriores son intensivas y -- cuáles extensivas.

RESULTADO:

- $v_{\text{acero}} = 3 \times 10^{-2} \text{ m}^3$
- $\rho_{\text{aceite}} = 750 \text{ Kg/m}^3$; $v = 1.33 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{Kg}$
- $v_{\text{agua}} = 10^{-3} \text{ m}^3/\text{Kg}$
- Peso total: 12 020 N
- Propiedades intensivas (ρ , v) Propiedades extensivas (V , P_e)

I.5 Hallar el volumen y densidad de una piedra homogénea de forma irregular, cuyo peso es de 55 Newtons; si cuando se sumerge en un tanque de 4.00 m de sección transversal, el nivel del líquido contenido en el tanque sube 1 milímetro. $g = 9.80 \text{ m/seg}^2$

I.6 En la siguiente figura, las áreas del pistón A y del cilindro B son respectivamente de 40 y 4 000 cm² y B pesa 40 000 Newtons. Los depósitos y conductos de conexión están llenos de aceite de densidad relativa igual a 0.750. Calcular la fuerza F necesaria que hará mantener el equilibrio del sistema, si se desprecia el peso de A



SOLUCION:

Como X_A y X_B están al mismo nivel en la misma masa de líquido, tenemos que:

Presión en X_A = Presión en X_B

$$P_{at} + \frac{F}{A} + \rho g z = P_{at} + \frac{\text{Peso B}}{\text{Area B}}$$

$$\frac{F}{4 \times 10^{-3}} + 750 \times 9.81 \times 5 = \frac{40\ 000}{4\ 000 \times 10^{-4}}$$

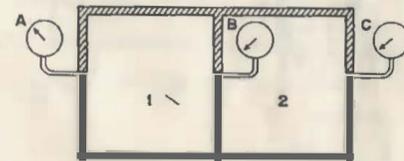
$$F = 4 \times 10^{-3} \cdot (10 \times 10^4 - 36,787.5)$$

$$F = 252.85 \text{ N}$$

I.7 Un tanque hidroneumático como el mostrado en la figura funciona con aire a presión para elevar el agua por la tubería de distribución. Si se desea que en el nivel 1 el agua salga con una presión de 1.47 bar.

- Cuál debe ser la presión que se ejerza sobre la superficie del agua.
- Qué presión se tendrá en el nivel 2 que está a 10 m.

I.8 El recipiente mostrado en la figura está dividido en dos partes: 1 y 2. El manómetro A indica 4 bar. El manómetro B que está dentro del compartimento 2, indica una lectura de 2 bar. Si la presión barométrica del lugar es igual a 1 bar, determínese la presión absoluta de los compartimentos 1 y 2 y la presión manométrica C.



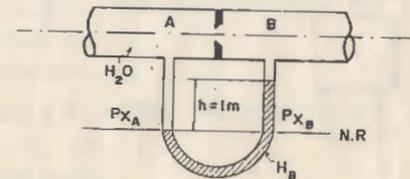
RESULTADO:

$$P_1 = 5 \text{ bar}$$

$$P_2 = 3 \text{ bar}$$

$$P_C = 2 \text{ bar}$$

I.9 La figura muestra una tubería que conduce agua. Hallar la diferencia de presiones ($P_A - P_B$) y determine la presión manométrica P_B si la presión absoluta en A es de 4.9 bar. La presión barométrica del lugar es 0.979 bar. La densidad del mercurio igual a $13\,600 \text{ Kg/m}^3$. La densidad del agua igual a $1\,000 \text{ Kg/m}^3$.



SOLUCION:

$$a) P_2 = P_1 + \rho g z$$

$$P_2 = 1.47 + \frac{1\,000 \times 9.81 \times 20}{10^5}$$

$$P_2 = 1.47 + 1.962$$

$$P_2 = 3.432 \text{ bar}$$

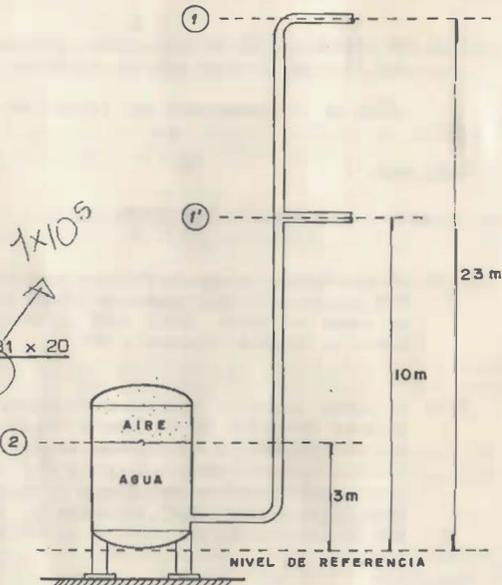
$$b) P_2 = P_1 + \rho g z$$

$$P_1 = P_2 - \rho g z$$

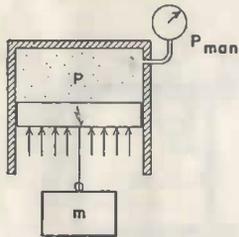
$$P_1 = 3.432 - \frac{1\,000 \times 9.81 \times 7}{10^5}$$

$$P_1 = 3.432 - 0.6867$$

$$P_1 = 2.7453 \text{ bar}$$



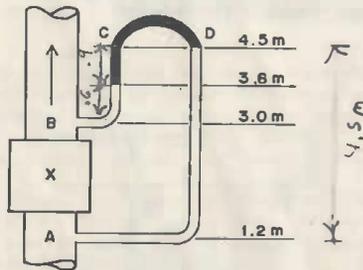
- I.10 Cuál será la lectura del manómetro del cilindro indicado, si la masa suspendida es de 50 Kg y la presión atmosférica 1.0 bar. El área del émbolo es de 200 cm^2 y su peso despreciable.



RESULTADO:

$$P_{\text{man}} \approx 0.245 \text{ bar}$$

- I.11 Se requiere medir la pérdida de carga a través del dispositivo X mediante un manómetro diferencial cuyo líquido manométrico tiene una densidad relativa de 0.750. El líquido que circula tiene una densidad relativa de 1.50. Hallar la caída de presión en metros de agua entre A y B a partir de la lectura manométrica en el aceite, mostrada en la figura.



RESULTADO:

2.25 m. de líquido

- I.12 Convierta las siguientes temperaturas a la escala Kelvin:

- a) -30°C
- b) -60°F
- c) 200°C
- d) 1800°K

- I.13 Un termómetro Fahrenheit y otro centígrado se sumergen en un líquido y ambos indican la misma lectura numérica.

¿Cuál es la temperatura del líquido en $^{\circ}\text{F}$ y en $^{\circ}\text{K}$?

RESULTADO:

$$R) T = -40^{\circ}\text{F}, \quad T = 233^{\circ}\text{K}$$

- I.14 Un termómetro de gas perfecto a presión constante aumentó su volumen en 60% con relación al volumen a 0°C al ponerlo en contacto con una pieza de acero caliente. ¿Cuál será la temperatura en $^{\circ}\text{C}$ si para 100°C el volumen es 36.6% el volumen a 0°C .

- I.15 Al probar aparatos eléctricos la temperatura promedio de una bobina de alambre conductor se obtiene a menudo midiendo la resistencia eléctrica del conductor. La resistencia de una bobina ambiente de 30°C fue de 1239Ω ; después de la prueba la resistencia fue de 1433Ω . La resistencia del conductor de cobre a la temperatura t en $^{\circ}\text{C}$ es $R = R_{20} [1 + 0.00393(T - 20)]$, en donde R_{20} es la resistencia a 20°C . Encuentre la temperatura promedio de la bobina después de la prueba.

SOLUCION:

$$R_{20} = \frac{1239}{[1 + 0.00393(30 - 20)]} = 1192.15$$

$$1433 = 1192.15 [1 + 0.00393(T) - (0.0786)]$$

$$1433 = 1192.15 + 4.685 T - 93.7$$

$$T = \frac{334.55}{4.665} = 71.4^{\circ}\text{C}$$

$$T = 71.4^{\circ}\text{C}$$

ENERGIA TRABAJO Y CALOR

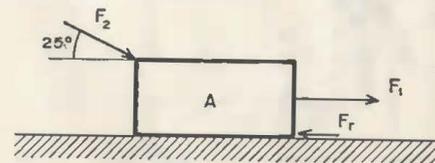
EJERCICIOS DE TERMODINAMICA

CAPITULO II

- 2.1.0.- El alumno debe ser capaz de explicar el concepto de energía como la habilidad latente ó aparente de los sistemas termodinámicos para producir cambios. (2), (15)
- 2.2.0.- El alumno debe ser capaz de explicar los conceptos de Energía Cinética, Energía Potencial, Energía Mecánica y Energía Interna. (2), (60)
- 2.3.0.- El alumno debe ser capaz de explicar el concepto de trabajo como energía en transferencia por la acción de fuerzas. (2), (30)
- 2.4.0.- Dado un sistema de fuerzas en una trayectoria, el alumno debe ser capaz de calcular el trabajo efectuado. (3), (30)
- 2.5.0.- Dado un sistema termodinámico el alumno debe ser capaz de calcular las energías cinética y potencial. (3), (30)
- 2.6.0.- Dado un sistema termodinámico el alumno debe ser capaz de calcular la potencia desarrollada por él mismo. (3), (30)
- 2.7.0.- El alumno debe ser capaz de deducir la relación entre calor transferido e incremento de temperatura en un sistema termodinámico. (3), (60)
- 2.8.0.- Dado un sistema termodinámico el alumno debe ser capaz de calcular el calor específico ó la temperatura de equilibrio ó la cantidad de calor transferido, ó la masa. (3), (30)
- 2.9.0.- El alumno debe aplicar la ecuación $E = mc \Delta T$ para el cálculo de energía transferida, masa, calor específico e incremento de temperaturas en problemas en donde se transfiere calor a un sistema termodinámico ó en donde cuerpos que inicialmente no están en equilibrio térmico lo alcanzan al ser puestos en contacto. (3), (60)
- 2.9.1.- El alumno debe de ser capaz de explicar el experimento de Joule para determinar el equivalente mecánico del calor. (2), (30)

II.1 El cuerpo "A" desliza sobre un plano horizontal sometido a la acción de 2 fuerzas y a la reacción de fricción. F_1 es de 250 N y F_2 es de 300 N, inclinada 25° . $F_{fric.}$ es de 120 N. Después de recorrer 6m calcular:

- a) El trabajo realizado por la fuerza F_1
- b) El trabajo realizado por la fuerza F_2
- c) El trabajo realizado por la fuerza de fricción

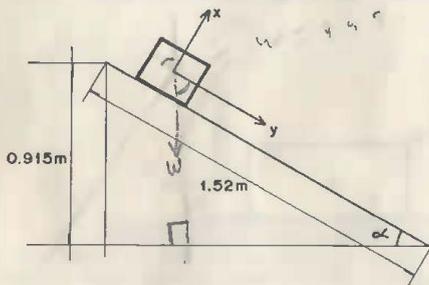


SOLUCION:

- a) $J = F \times d$
 $J = 250 \times 6$
 $J = 1500 \text{ Joules}$
- b) $J = F \cos \phi \times d ; \phi = 25^\circ$
 $J = 300 \cos 25^\circ \times 6$
 $J = 1631.35 \text{ Joules}$
- c) $J = F \cos \phi \times d ; \phi = 180^\circ$
 $J = 120 \cos 180^\circ \times 6$
 $J = -720 \text{ Joules}$

II.2 Un bloque de hielo de 445 N resbala sobre un plano inclinado de 1.52 m de largo y 0.915 m de alto. Una persona empuja el bloque hacia arriba, paralelamente al plano inclinado, de manera que el bloque desliza hacia abajo con velocidad constante. El coeficiente de rozamiento es 0.1, encontrar:

- La fuerza ejercida por la persona.
- El trabajo de la persona sobre el bloque.
- El trabajo de la gravedad sobre el bloque.
- El trabajo de la fuerza de fricción actuando entre el plano inclinado y el bloque.
- El trabajo de la fuerza resultante sobre el bloque.
- El cambio de energía cinética del bloque.



SOLUCION:

a) Si \bar{v} cte ; $a = 0$, y $F_x = 0$

$$F_{bx} - F_x - F_{hx} = 0$$

$$F_{bx} = 445 \cos(90^\circ - 37^\circ) = 445 (\cos 53^\circ) = 267.5 \text{ N}$$

$$F_x = N = 0.10 N = 0.10 \times 445 \cos 37^\circ = 35.5 \text{ N}$$

$$F_{hx} = F_{bx} - F_x = 267.5 - 35.5 = 232 \text{ N}$$

b) $J = F \cos \phi \times d$; $\phi = 180^\circ$

c) $J = F_h \times \cos 180^\circ \times 1.52 = -352 \text{ Joules}$

$$J = 407 \text{ Joules}$$

d) $J = F \cos \phi \times d$; $\phi = 180^\circ$

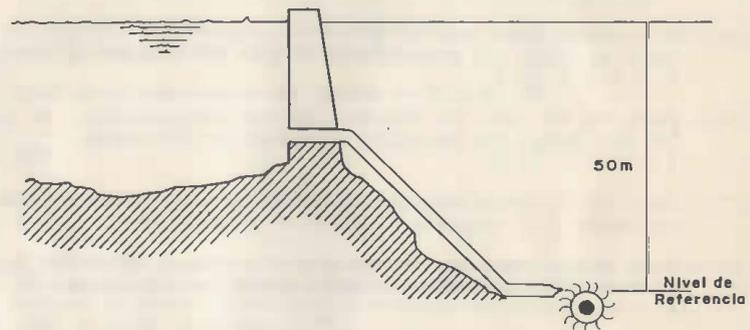
$$J = F_r \cos 180^\circ \times d = 35.5 \cos 180^\circ \times 1.52 = -54 \text{ Joules}$$

e) $F_{\text{resultante}} = 0$

f) No hay cambio de energía cinética

II.3 El agua almacenada en una presa tiene un desnivel de 50 m con respecto a una turbina hidráulica que maneja 500 Kg de agua, calcular:

- La energía potencial por Kg del agua en la presa
- La energía cinética del agua en el punto más bajo, si su velocidad es de 30 m/seg.
- El trabajo de la turbina si solo se aprovecha el 70% de la energía cinética del inciso b).



II.4 Una motobomba se emplea para extraer agua de una mina y elevarla a una altura de 45 m. La descarga con una velocidad de 9 m/seg y maneja 30 Kg. Hallar:

- La energía potencial en Joules.
- La energía cinética en Joules
- La energía total adquirida en Joules.

RESULTADO:

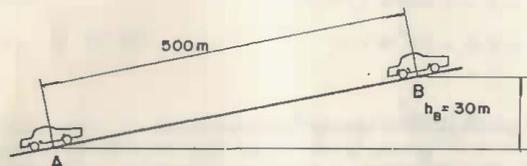
a) $E_p = 13.243 \text{ K Joules}$

b) $E_c = 1.215 \text{ K Joules}$

c) $E = 14.458 \text{ K Joules}$

II.5 Un automóvil de 2 000 Kg empieza a subir una cuesta a velocidad constante de 5 m/seg. La fuerza de fricción es constante durante el recorrido y es igual a 98 N. Hallar:

- El trabajo y la potencia desarrollada por el motor entre A y B
- El trabajo realizado por la fuerza conservativa debido a la gravedad
- El trabajo realizado por la fuerza no conservativa de fricción
- La energía mecánica total del automóvil en el punto B tomando como referencia el punto A



SOLUCION:

$$a) \sum J = \Delta E_c + \Delta E_p; J_{\text{motor}} + J_{\text{fricción}} = \Delta E_c + \Delta E_p$$

$$J_{\text{motor}} = \Delta E_c + \Delta E_p - J_{\text{fricción}}$$

$$J_{\text{motor}} = 0 + 2\,000 \times 9.8 \times 30 - (-98 \times 500)$$

$$J_{\text{motor}} = 588\,000 + 49\,000$$

$$J_{\text{motor}} = 637\,000 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$J_{\text{motor}} = \frac{637\,000 \times 5}{500} = 31\,850 \text{ Watts} \quad \times 6\,376 \text{ W}$$

$$J_{\text{motor}} = 31\,850 \text{ Watts}$$

$$b) J_{\text{conservativo}} = -\Delta E_p = -588\,000 \text{ N} \cdot \text{m}$$

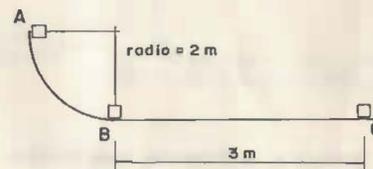
$$c) J_{\text{no conservativo}} = F_f \cos \phi \times d = -98 \times 500 = -49\,000 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$d) E = E_c + E_p$$

$$E = \frac{1}{2} \times (2\,000 \times 25) + 2\,000 \times 9.8 \times 30 = 613\,000 \text{ N} \cdot \text{m}$$

II.6 Un cuerpo de masa 1 Kg desliza sobre una pista circular. En A parte del reposo y en B tiene una velocidad de 3 m/seg. Hallar:

- El trabajo efectuado por la fuerza de rozamiento cuando el cuerpo pasa de A a B
- El ΔE_c , si la fuerza de rozamiento es nula, cuando el cuerpo pasa de A a B; y su velocidad en B.
- La fuerza de fricción sobre la superficie horizontal, si el cuerpo se detiene en el punto C y $V_B = 3 \text{ m/seg}$ y el trabajo efectuado por la fricción entre B y C.



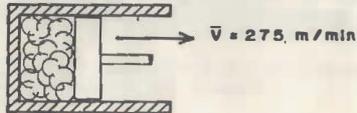
RESULTADO:

$$a) J_{\text{fricción}} = -15.1 \text{ Joules}$$

$$b) \Delta E_c = 19.6 \text{ Joules}; \bar{V}_B = 6.2 \text{ m/seg}$$

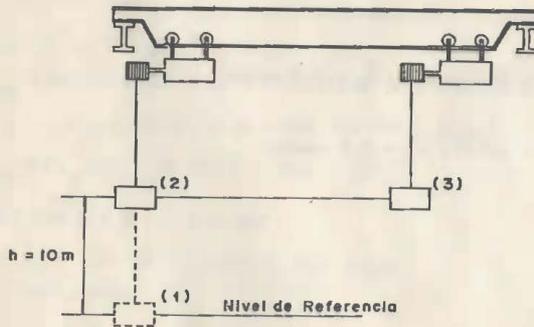
$$c) f_r = -1.5 \text{ N}; J_f = 4.5 \text{ Joules}$$

- II.7 El émbolo de una máquina de combustión interna se mueve con una velocidad de 275 m/min en un cierto momento cuando se expande el gas. Si la presión es de 8.2 bar y el diámetro del émbolo de 10.16 cm, determine la potencia que entrega el gas al émbolo.



- II.8 Calcular el trabajo y la potencia desarrollada por la grúa de la figura, en las condiciones siguientes:

- a) Para pasar del punto (1) al (2), si $h = 10$ m y $\vec{v}_1 = 0$.
 b) Para pasar del punto (2) al (3). Si $\vec{v}_2 = 0$ y $\vec{v}_3 = 1$ m/seg; y el tiempo de recorrido es 5 seg.



SOLUCION:

$$a) J = \Delta E_p$$

$$J = mgh = 5\,000 \times 9.8 \times 10 = 4.9 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\dot{J} = \frac{490\,000}{10} = 49\,000 \text{ Watts} = 4.9 \times 10^4 \text{ Watts}$$

$$b) J = \Delta E_c = \frac{1}{2} m (\vec{v}_3^2 - v_2^2)$$

$$J = \frac{1}{2} \times 5\,000 \times (1 - 0)$$

$$J = 2.5 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\dot{J} = \frac{2.5 \times 10^3}{5} = 5 \times 10^2 \text{ Watts}$$

$$\dot{J} = 5 \times 10^2 \text{ Watts}$$

- II.9 Un recipiente de vidrio cuya masa es 0.3 Kg, contiene 1 Kg de agua y, ambos se encuentran en equilibrio térmico a 10°C. Al agregar al recipiente 4 Kg de agua a 50°C, el equilibrio térmico del sistema agua recipiente se restablece a 41.62°C. Despreciando las pérdidas de calor, calcular el calor específico del vidrio.

RESULTADO:

$$c_v = 0.389 \text{ Joule/Kg}^\circ\text{C}$$

- II.10 Una muestra de cierta substancia a temperatura de 100°C se introduce dentro de un calorímetro que contiene 200 gr. de agua a la temperatura inicial de 20°C. El calorímetro es de cobre y su masa de 100 gr., siendo la temperatura final del calorímetro de 22°C. Calcular la masa de la substancia.

$$C_{H_2O} = 4.186 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}; \quad C_{\text{sust}} = 0.448 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}$$

$$C_c = 0.389 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}$$

II.11 Qué cantidad de calor se requiere para convertir 3 Kg de hielo a -10°C , en vapor, bajo la presión atmosférica.

$$C_{\text{hielo}} = 2093 \text{ Joule/Kg}^{\circ}\text{C}$$

$$C_{\text{agua}} = 4186 \text{ Joule/Kg}^{\circ}\text{C}$$

$$C_{\text{fhielo}} = 334880 \text{ Joule/Kg}$$

$$C_{\text{eagua}} = 2260440 \text{ Joule/Kg}$$

RESULTADO

$$Q_t = 9104550 \text{ Joules}$$

II.12 Para medir la temperatura de una masa de agua de 0.1 Kg se introduce un termómetro de 0.02 Kg con calor específico de 800 Joule/Kg $^{\circ}\text{K}$; el termómetro estaba inicialmente a la temperatura de 10°C y al ser introducido en el agua indica 36.2°C . ¿Cuál será la temperatura del agua antes de introducir el termómetro?

$$C_{\text{H}_2\text{O}} = 4186 \text{ Joule/Kg}^{\circ}\text{K}$$

SOLUCION:

$$\sum Q = 0$$

$$Q_{\text{agua}} + Q_{\text{termómetro}} = 0$$

$$\text{aplicando } Q = m C \Delta T$$

sustituyendo

$$0.1 (4186.0) (36.2 - T_1) + 0.02 (800) (36.2 - 10) = 0$$

despejando

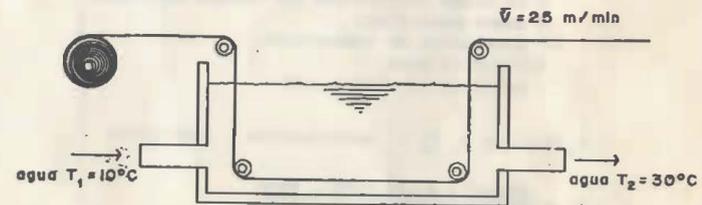
$$T_1 = 36.2 + \frac{0.02 (800) (36.2 - 10)}{418.6}$$

$$T_1 = 36.2 + \frac{419.2}{418.6}$$

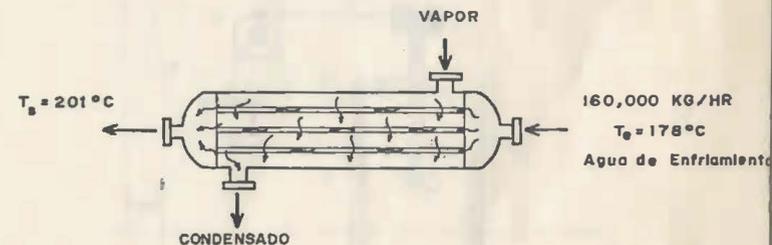
por lo tanto, la temperatura inicial del agua es:

$$T_1 = 37.2^{\circ}\text{C}$$

II.13 Un rollo de lámina de acero se pesa por un tanque de enfriamiento entrando a 90°C y saliendo a 50°C . La lámina pesa 4 Kg por metro lineal y pasa por el tanque con velocidad de 25 m/min. El agua fluye constantemente, entrando a 10°C y saliendo a 30°C . ¿Qué cantidad de agua se requiere para mantener estas condiciones; expresándola en Kg/min? Calor específico del acero $C_a = 460.54 \text{ KJ/Kg}^{\circ}\text{C}$



II.14 En un intercambiador de calor, que consiste en un haz de tubos, circulan $160,000 \text{ Kg/hr}$ de agua de enfriamiento que entra a 178°C y sale a 201°C . Por la parte externa de los tubos circula vapor el cual se condensa en el interior del intercambiador. La energía cedida por el vapor entre la entrada (A) y la salida (B) del intercambiador es 2294.36 KJ/Kg . Calor específico del agua $C_a = 4.186 \text{ KJ/kg}^{\circ}\text{C}$



SOLUCION:

$$\sum \dot{Q} = 0$$

$$\text{aplicando } \dot{Q}_1 = m C \Delta T \text{ y } \dot{Q}_2 = \dot{m} h_c$$

donde

\dot{Q} es calor transferido por unidad de tiempo

C calor específico

ΔT incremento de temperatura

\dot{m} flujo de masa

h_c entalpía de condensación

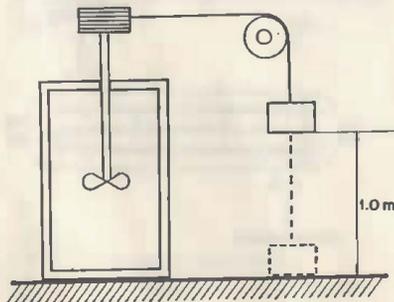
$$\dot{m}_a C \Delta T = \dot{m}_v h_c ; \text{ sustituyendo y despejando}$$

$$\dot{m}_v = \frac{160.000 \times 4.186 (20^\circ - 17^\circ)}{2 \times 294.36}$$

por lo que el vapor necesario para el calentamiento del agua es:

$$\dot{m}_v = 6,715.3 \text{ Kg/hr}$$

II.15 Cuál será la elevación de temperatura del agua utilizada en un experimento de Joule si la masa de 10 Kg baja 1 m. Considere $C_{H_2O} = 4.186 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}$ y 5 Kg de agua



PROPIEDADES DE LAS SUSTANCIAS SIMPLES

- 3.1.0.- El alumno debe ser capaz de explicar los conceptos de sustancia pura y sustancia simple compresible. (2) , (30)
- 3.2.0.- El alumno debe ser capaz de analizar la función de las sustancias simples compresibles como medio de transformar energía en un sistema termodinámico debido a sus cambios de estado. (4) , (30)
- 3.3.0.- Dados los diagramas de fase para una sustancia en los sistemas coordinados (t,v) y (p,v), el alumno debe ser capaz de representar gráficamente el cambio de estado de la sustancia desde la fase de sólido hasta la fase de vapor sobrecalentado. (3) (90)
- 3.4.0.- Dados los diagramas de fase para una sustancia en los sistemas coordinados (t,v) y (p,v) el alumno debe ser capaz de identificar las regiones de sólido, sólido líquido, líquido vapor húmedo, vapor sobrecalentado, la curva de saturación, el punto triple y el punto crítico. (3) , (60)
- 3.5.0.- El alumno debe ser capaz de calcular la temperatura de equilibrio ó el estado final de las sustancias ó los calores de transformación o las energías transferidas en sistemas termodinámicos en los que tiene lugar un cambio de fase. (3) , (60)
- 3.6.0.- El alumno debe ser capaz de explicar el postulado de estado. (2) , (15)
- 3.7.0.- El alumno debe ser capaz de describir los tres medios disponibles (tablas, gráficas, y ecuaciones de estado) para determinar las propiedades termodinámicas restantes de un estado, conociendo los valores de dos propiedades independientes de dicho estado. (Mótese que no se enseña el manejo de las tablas) (2) , (30)
- 3.8.0.- El alumno debe ser capaz de explicar las características del gas ideal, desde el punto de vista cinético molecular. (2) , (30)
- 3.9.0.- El alumno debe ser capaz de aplicar las leyes de Boyle, de Charles, Avogadro y Gay Lussac para los gases ideales. (3) , (90)
- 3.10.0.- El alumno debe ser capaz de explicar los conceptos de peso molecular (M) y mol. (2) , (15)
- 3.11.0.- El alumno debe ser capaz de calcular la constante particular de un gas dado, a partir de la constante universal conociendo su peso molecular. (3) , (30)

3.12.0.- El alumno debe ser capaz de aplicar las ecuaciones de estado de los gases ideales $PV = nRT$; $PV = nRT$, para encontrar -- una propiedad conociendo las restantes. (3) , (45)

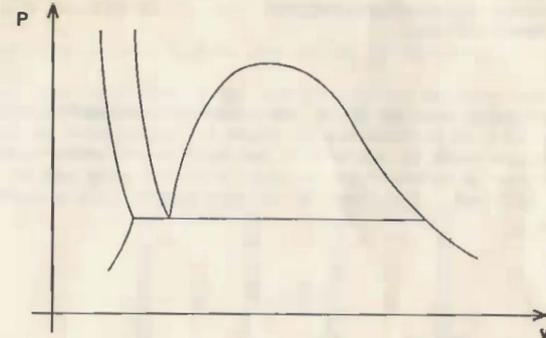
3.13.0.- Dado un cambio de estado en un sistema cerrado constituido -- por un gas ideal, el alumno debe ser capaz de calcular el -- valor de una de las propiedades del estado inicial y final -- conociendo las demás propiedades mediante la ecuación.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad (3) , (90)$$

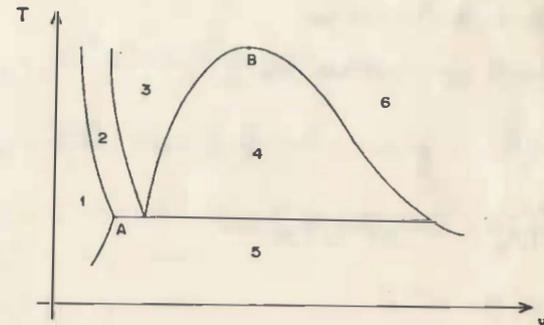
EJERCICIOS DE TERMODINAMICA

CAPITULO III

III.1 En la figura se muestra el diagrama P-V de una sustancia pura. Trace un -- proceso a temperatura constante, partiendo de la fase sólida hasta la fase gaseosa.



III.2 En la figura se muestra el diagrama T-V de una sustancia pura. Identific -- los puntos y regiones indicadas:



SOLUCION:

- 1.- Sólido
- 2.- Sólido-líquido
- 3.- Líquido
- 4.- Líquido-vapor
- 5.- Sólido-vapor
- 6.- Vapor
- A.- Punto de saturación sólido
- B.- Punto crítico.

III.3 Una burbuja de aire de 20 cm^3 de volumen se encuentra en el fondo de un lago de 40 m de profundidad en donde la temperatura es de 277°K , la burbuja se eleva hasta la superficie que está a una temperatura de 293°K . Considerar que la temperatura es igual a la del agua que la rodea y que $P_{\text{atm}} = 1.01 \text{ bar}$. Encontrar su volumen cuando está a punto de llegar a la superficie.

SOLUCION:

$$V_1 = 20 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$T_1 = 277^\circ\text{K}$$

$$P_1 = \rho gh = 1000 (9.81) 40$$

$$P_1 = 392400 \text{ N/m}^2 = 3.92 \text{ bar}$$

$$P_1 = 3.92 + 1.01 = 4.93 \text{ bar, abs.}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{T_1 P_2} = \frac{4.93 (20 \times 10^{-6}) 293}{277 \times 1.01}$$

$$V_2 = 103.26 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$V_2 = 103.26 \text{ cm}^3$$

III.4 Un sistema compuesto de dióxido de carbono a una temperatura de 477°K ocupa un volumen de 0.28 m^3 .

- a) Si el volumen aumenta hasta 1.15 m^3 mientras la presión es constante, hallar la temperatura final.
- b) Si el volumen inicial se mantiene constante y la presión se duplica. ¿Cuál será la temperatura final.

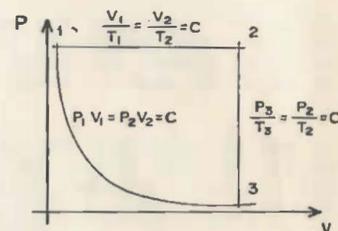
SOLUCION:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} ; \quad T_2 = \frac{V_2}{V_1} T_1$$

$$T_2 = \frac{1.15}{0.28} \times 477^\circ\text{K} = 1959.10^\circ\text{K}$$

$$\frac{P_2}{T_2} = \frac{P_1}{T_1} ; \quad T_2 = \frac{P_2}{P_1} T_1$$

$$T_2 = \frac{2}{1} \times 477 = 954^\circ\text{K}$$



III.5 El ciclo mostrado en la figura consta de tres procesos: isobárico (1-2) isócoro (2-3) e isoterma (3-1). El ciclo se efectúa con 0.5 Kg de aire $P_1 = 1 \text{ bar}$ y $V_1/V_2 = 1/10$; $T_1 = 300^\circ\text{K}$; $V_2 = 3 \text{ m}^3$.

Hallar: V_1 ; P_2 ; P_3 y V_3 ; T_2 y T_3

RESULTADO:

$$T_2 = 3000^\circ\text{K}; \quad V_1 = 0.3$$

$$P_1 = P_2; \quad V_2 = V_3$$

$$T_3 = 300^\circ\text{K}$$

III.6 Determinar la constante particular R y el número de moles " n " de los siguientes gases:

Hidrógeno H_2 ; $m = 1.36 \text{ Kg}$; $M = 2.01 \text{ Kg/Kgmol}$

Nitrógeno N_2 ; $m = 7.29 \text{ Kg}$; $M = 28.0 \text{ Kg/Kgmol}$

Oxígeno O_2 ; $m = 15.9 \text{ Kg}$; $M = 32.0 \text{ Kg/Kgmol}$

Helio He ; $m = 11.3 \text{ Kg}$; $M = 4.0 \text{ Kg/Kgmol}$

Neón Ne ; $m = 17.82 \text{ Kg}$; $M = 20.18 \text{ Kg/kgmol}$

$$\bar{R} = 8314 \text{ Joule/Kgmol}^\circ\text{K}$$

III.7 Un tanque que contiene 5 Kgmol de H_2 a 10 bars, man y 303°K tiene una válvula de seguridad que abre cuando la presión en el tanque alcanza un valor de 11 bars, man.

a) ¿Cuál es el volumen del tanque?

b) ¿A qué temperatura llegará el hidrógeno cuando se abra la válvula de seguridad?

$$P_{\text{atm}} = 1.01 \text{ bars}; \quad \bar{R} = 8314 \text{ Joule/Kgmol}^\circ\text{K}$$

$$P = \frac{R}{M}$$

$$R = \frac{P \cdot M}{n}$$

III.8 Los recipientes A y B de la figura contienen el mismo gas ideal con las siguientes características:

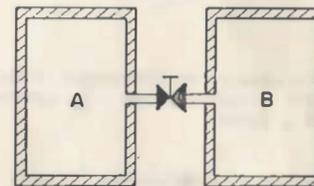
$$P_A = 0.75 \text{ bar}; \quad V_A = 0.5 \text{ m}^3; \quad T_A = 300^\circ\text{K}$$

$$P_B = 5.25 \text{ bar}; \quad V_B = 0.3 \text{ m}^3; \quad T_B = 300^\circ\text{K}$$

$$\bar{R} = 8314 \text{ Joule/Kgmol}^\circ\text{K}; \quad M = 40 \text{ Kg/Kgmol}$$

a) Calcule la masa de cada uno de los recipientes.

b) Calcule la presión final que alcanza el sistema cuando se abre la válvula de comunicación entre A y B. Suponga que no hay fricción.



SOLUCION:

$$a) \quad m_A = \frac{P_A V_A M}{\bar{R} T_A} = \frac{75 \times 10^3 (0.5) 40}{8314 (300)} = 0.6 \text{ Kg}$$

$$m_B = \frac{P_B V_B M}{\bar{R} T_B} = \frac{525 \times 10^3 (0.3) 40}{8314 (300)} = 2.52 \text{ Kg}$$

$$b) \quad m_F = m_A + m_B = 3.12 \text{ Kg}$$

$$V_F = V_A + V_B = 0.8 \text{ m}^3$$

$$T_F = T_A = T_B = 300^\circ\text{K}$$

$$P_F = \frac{m_F \bar{R} T_F}{M V_F} = \frac{3.12 (8314) (300)}{40 (0.8)}$$

$$P_F = 2.43 \text{ bar}$$

III.9 Una llanta de automóvil se infla a una presión de 2 bar manométrica y a una temperatura de 279°K. Después de rodar, la temperatura de la llanta sube a 310°K. Si el volumen de la llanta no cambia

- ¿Cuál será la presión que alcance el aire en su interior?
- Si se extrae el 10% de aire, ¿Cuál será la presión que tendrá en estas condiciones?

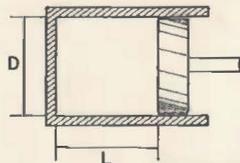
RESULTADO:

$$P_2 = 2.222 \text{ bar}$$

$$P_2 = 2.0 \text{ bar}$$

III.10 Un cilindro de una máquina de combustión interna de $D = 10 \text{ cm}$ y $L = 15 \text{ cm}$, admite aire a 303°K y 1.01 bar abs y lo comprime hasta que $L = 3 \text{ cm}$ llegando a la temperatura a 577°K

- ¿Qué cantidad de aire se admite en Kg-mol
- ¿Qué presión alcanzará cuando $L = 3 \text{ cm}$



RESULTADO:

$$a) \quad n = 4,723 \times 10^{-5} \text{ Kg-mol}$$

$$b) \quad 9.61 \text{ bars}$$

$$V_1 = \pi \frac{D^2}{4} L = 3.49 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \quad (0.0025 \text{ m}^2) (0.15 \text{ m}) = 0.000375 \text{ m}^3$$

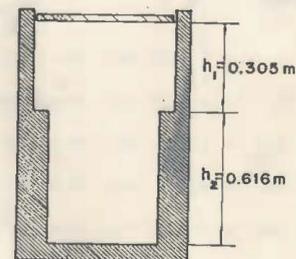
$$T_1 = 303 \text{ K}$$

$$P_1 = 1.01 \text{ bar}$$

$$PV = nRT$$

III.11 El aire contenido en un cilindro escalonado, cuyo émbolo no produce fricción se muestra en la figura. El área de la sección mayor es de 0.0093 m^2 , mientras que la sección menor es de 0.00697 m^2 . Con el émbolo en la posición indicada, el aire está a 3.45 bar y 700°K. Entonces el aire se enfría por transmisión de calor del medio exterior. $R_{\text{aire}} = 287 \text{ Joules/Kg}^\circ\text{K}$

- ¿Cuál es la temperatura del aire cuando el émbolo llega al escalón?
- Si el aire se enfría hasta alcanzar 294°K. ¿Cuál es la presión en este estado?



SOLUCION:

$$a) \quad V_1 = A_1 h_1 + A_2 h_2$$

$$V_1 = 0.0093 (0.305) + (0.00697) (0.61)$$

$$V_1 = 0.00283 + 0.00425$$

$$V_1 = 0.00708$$

$$V_2 = 0.00425$$

$$PV = m RT$$

$$m = \frac{PV}{RT} = \frac{345,000 (0.00708)}{287 (700)}$$

$$m = 0.0121 \text{ Kg}$$

$$PV = m RT$$

$$T = \frac{PV}{mR} = \frac{345,000 (0.00425)}{0.0121 \times 287}$$

$$T = 422.22^\circ\text{K}$$

$$b) P = \frac{mRT}{V} = \frac{0.0121 (287) (294)}{0.00425}$$

$$P = 240,229.13 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$P = 2.4 \text{ bar}$$

III.12 Un sistema consistente en 0.001 m^3 de helio a la presión de 2 bar y a la temperatura de 300°K se calienta hasta que la presión y el volumen se duplica, calcular:

a) La temperatura final

b) Cuántos gramos de helio hay, si el peso molecular

$$M = 4 \text{ gr/mol} \quad \text{y} \quad \bar{R} = 8,314 \text{ Joule/Kgmol}^\circ\text{K}$$

Handwritten notes:
 $P_1 V_1 = P_2 V_2$
 $2 \times 0.001 = 4 \times V_2$
 $V_2 = 0.0005 \text{ m}^3$
 $T_2 = 1200^\circ\text{K}$

III.13 Se tiene un gas a una presión de 0.5 bar, abs y 298°K , que ocupa un volumen de 0.3 m^3

a) Si aumentamos el volumen a 1 m^3 y se lleva la temperatura a 773°K . ¿Cuál será la presión final?

b) Si se disminuye la temperatura a 593°K , la presión vuelve a ser la inicial. ¿Cuál será el volumen final?

RESULTADO:

$$P_2 = 0.389 \text{ bar}$$

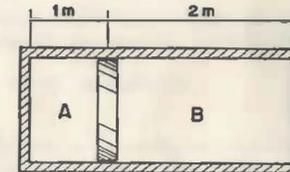
$$V_2 = 0.597 \text{ m}^3$$

III.14 En un generador de vapor los gases producto de la combustión están a $1,1 \text{ bar}$ y 381°K y 1.1 bar , abs. Después de utilizarlos en un precalentador se enfrían hasta 433°K , descargándose a la atmósfera. La presión atmosférica es 1.01 bar . Hallar la relación de los volúmenes de los gases.

RESULTADO:

$$\frac{V_2}{V_1} = 3.45$$

III.15 En un cilindro hay dos gases A y B separados por una pared adiabática de espesor despreciable. Inicialmente se tienen las siguientes propiedades: $T_{AI} = 300^\circ\text{K}$, $P_{AI} = 1 \text{ bar}$, $T_{BI} = 320^\circ\text{K}$, cuando el émbolo se encuentra como en la figura. ¿Cuál será la posición final del émbolo y la presión final de los dos gases.



SOLUCION:

$$T_{A2} = 400^\circ\text{K} \quad ; \quad P_{AI} = P_{BI} = 1 \text{ bar}$$

$$T_{B2} = 520^\circ\text{K}$$

$$X_{A1} = 1 \text{ m}$$

$$X_{B1} = 2 \text{ m}$$

$$\frac{1 \times 1 \times A_p}{300} = \frac{P_f \times A_2}{400} \quad A_p$$

$$\frac{1 \times 2 \times A_p}{320} = \frac{P_f \times B_2}{520} \quad A_p$$

$$P_f = \frac{400}{300} X_{A2}$$

$$P_f = \frac{520}{320} \times 2 \times X_{B2}$$

$$X_{A2} + X_{B2} = 3$$

$$x_{A2} = 3 - x_{B2}$$

$$\frac{400}{300} (3 - x_{B2}) = \frac{520}{320} \times 2 x_{B2}$$

$$4 - 1.33 x_{B2} = 3.25 x_{B2}$$

$$4 = (3.25 + 1.33) x_{B2}$$

$$4 = 4.58 x_{B2}$$

$$x_B = \frac{4}{4.58} = 0.873 \text{ m}$$

$$x_A = 3 - 0.873 = 2.127 \text{ m}$$

$$P_f = \frac{400}{300} 2.127 = 2.836 \text{ bars}$$

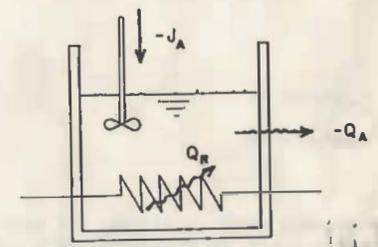
PRIMERA LEY DE LA TERMODINAMICA

- 4.1.0.- El alumno debe ser capaz de explicar la ley de la conservación de la energía. (2), (30)
- 4.2.0.- En base a la ley de conservación de la energía y a los conceptos de calor y trabajo como energía en transferencia aplicados a un sistema termodinámico, el alumno debe ser capaz de establecer la ecuación. $\Delta E = Q - W$ (4), (30)
- 4.3.0.- Dado un sistema termodinámico constituido por sustancias en fase sólida y/o líquida el alumno debe ser capaz de efectuar el balance de energía del sistema. (3), (60)
- 4.4.0.- El alumno debe ser capaz de explicar esquemáticamente el funcionamiento de las máquinas térmicas que operan en los ciclos Otto, Diesel y Bryton. (2), (45)
- 4.5.0.- El alumno debe ser capaz de explicar el proceso para establecer las ecuaciones para el cálculo de calor y trabajo transferido e incrementos de energía interna en sistemas termodinámicos constituido por un gas ideal en el que se efectúa algún proceso de los siguientes tipos: Isométrico, Isobárico, Isotérmico, Adiabático y Politrópico. (2), (90)
- 4.6.0.- Dado un sistema termodinámico constituido por un gas ideal en el que se efectúa uno de los procesos isométrico, isobárico, isotérmico, adiabático o politrópico el alumno debe ser capaz de calcular Q , W y ΔU . (3), (180)
- 4.7.0.- Dado un sistema termodinámico cerrado constituido por un gas ideal que cambia de un estado inicial a un estado final en el que se conocen dos de las propiedades (P,V,T) para uno de los estados, una de ellas para el otro estado y el proceso mediante el cual se efectúa el cambio de estado, el alumno debe ser capaz de determinar las propiedades restantes para los dos estados. (3), (45)
- 4.8.0.- Dados los procesos que definen un ciclo efectuado por un sistema constituido por un gas ideal y los valores del número mínimo requerido de propiedades en los estados comunes a dos procesos, el alumno debe ser capaz de determinar los valores de las propiedades restantes en cada uno de los estados. (3), (30)
- 4.9.0.- Dado un sistema termodinámico constituido por un gas ideal el cual efectúa un ciclo, el alumno debe ser capaz de determinar el trabajo neto, el calor suministrado, el calor rechazado y la eficiencia para el ciclo. (3), (90)

- 4.10.0.- En base al principio de la conservación de la energía el alumno debe ser capaz de establecer la ecuación $\sum Q = \sum W$ para un ciclo termodinámico. (4) , (30)
- 4.11.0.- Dado un ciclo termodinámico y conocido el número mínimo necesario de los valores de incrementos de energía interna, calor y trabajo transferidos en los procesos que lo integran, el alumno debe ser capaz de calcular los valores restantes de estas variables. (3) , (30)
- 4.12.0.- El alumno debe ser capaz de explicar que condiciones debe satisfacer un sistema termodinámico abierto para ser considerado de Estado Estable y Flujo Estable. (2) , (30)
- 4.13.0.- El alumno debe ser capaz de establecer la ecuación de continuidad (balance de masa) para un sistema termodinámico -abierto de Estado Estable y Flujo Estable. (3) , (15)
- 4.14.0.- El alumno debe ser capaz de establecer la ecuación de balance de energía, para un sistema termodinámico abierto de estado estable y flujo estable. (3) , (30)
- 4.15.0.- Dado un sistema termodinámico abierto en régimen de estado estable y flujo estable el alumno debe ser capaz de aplicar las ecuaciones de continuidad y de balance de energía para su análisis. (3) , (180)

EJERCICIOS DE TERMODINAMICA
CAPITULO IV

- IV.1 Una licuadora contiene 2 Kg de agua; aumentando la temperatura del agua en virtud del movimiento de las aspas en 50°C. Si la transferencia de energía calorífica al medio ambiente es de 18 KJ. Hallar:
- a) El trabajo desarrollado por las aspas
b) La variación de energía interna que sufre el agua
- $C_{H_2O} = 4.186 \text{ Joule/Kg}^\circ\text{C}$
- IV.2 Un tanque abierto a la atmósfera contiene agua y mediante una resistencia eléctrica se le transmiten 1 450 KJ de energía en forma de trabajo provocando un aumento de temperatura, después de 20 minutos. La energía internadel agua aumenta 1 250 KJ. Se usa un agitador, para circular el agua, que desarrolla una potencia de 0.5 KW. Si no hay evaporación, determinar el calor transmitido del tanque al aire que lo rodea.



SOLUCION:

$U = Q - J$

$\{U\}_{fina} + \{U\}_{H_2O} + \{Q\} = \Delta U$

$1250[KJ] - (1450[KJ] + 600[KJ]) = \{Q\}$

$-800[KJ] = \{Q\}$

$\{U\}_{fina} = \{0\}$
 $\{U\}_{H_2O} = 118600[KJ]$
 $\{Q\} = 118600[KJ]$
 $\{U\}_{fina} + \{U\}_{H_2O} = \Delta U$

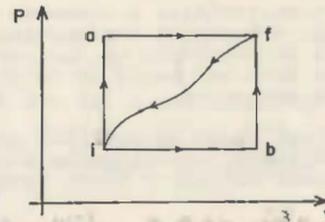
$\{U\}_{fina} = \{0\}$
 $\{U\}_{H_2O} = \{U\}_{H_2O}$
 $\{Q\} = -800[KJ]$

IV.3 Una reacción química lenta se lleva a cabo en un fluido a presión constante de 1.035 bars. El fluido está rodeado por un aislamiento térmico perfecto, durante la reacción, la cual comienza en el estado 1 y termina en el estado 2. Cuando el fluido pasa del estado 2 al estado 3, no hay aislamiento térmico y se tiene un flujo de calor de 105.5 K Joules al ambiente. Los siguientes datos corresponden al fluido para los estados 1, 2 y 3.

Estado	V (m ³)
1	2.832 × 10 ⁻³
2	2.832 × 10 ⁻¹
3	5.663 × 10 ⁻²

para el fluido del sistema determinar:

La energía interna en los estados 2 y 3 si la energía interna en 1 es cero.



RESULTADO:

$$U_2 = -29.018 \text{ KJ}$$

$$U_3 = -111.038 \text{ KJ}$$

IV.4 Cuando se hace pasar un sistema del estado i al estado f, siguiendo la trayectoria i,a,f, se encuentra que Q = 209.3 KJ y J = 83.72 KJ. Si siguiendo la trayectoria i,b,f; Q = 150.7 KJ

- ¿Cuánto vale J si se sigue la trayectoria i b f?
- Si J = -54.42 KJ, para la trayectoria curva de regreso f i, ¿Cuánto vale Q para esa trayectoria?
- Tómese U_i = 41.86 KJ. ¿Cuánto vale U_f?
- Si U_b = 92.1 KJ. ¿Cuánto vale Q para el proceso i b?, ¿Para el proceso b f?

RESULTADO

- J = 25.12 KJ
- Q = -71.16 KJ
- U_f = 167.44 KJ
- Para i, b; Q = 75.26 KJ
Para b, f; Q = 75.34 KJ

Checkar el postulado

$$\Delta U \text{ calculado por trayectoria i-a-f}$$

$$Q_1 = 209.3 \text{ KJ}$$

$$J_1 = 83.72 \text{ KJ}$$

$$\Delta U_1 = 209.3 - 83.72 = 125.58 \text{ KJ}$$

$$\Delta U_2 = \Delta U_1 \text{ por el postulado}$$

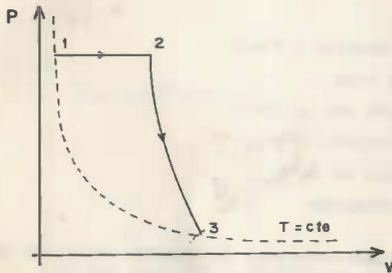
$$125.58 = 150.7 - J_2 \Rightarrow J_2 = 25.12 \text{ KJ}$$

$$U_f = \Delta U_1 = 125.58 \text{ KJ}$$

IV.5 Dos moles-gramo de oxígeno se encuentran inicialmente a la temperatura de 27°C y ocupan un volumen de 20 dm^3 . Se expande el gas primero a presión constante hasta duplicar su volumen y después adiabáticamente hasta recobrar su temperatura inicial.

$$C_p = 0.029\text{ KJ/gr mol}^{\circ}\text{K} ; K = 1.4 ; \bar{R} = 8.3143\text{ Joules/Kg mol}^{\circ}\text{K}$$

- ¿Cuál es el volumen final?
- ¿Cuál es el incremento de energía interna total?
- ¿Cuál es el calor total suministrado?
- ¿Cuál es el trabajo total realizado por el gas?

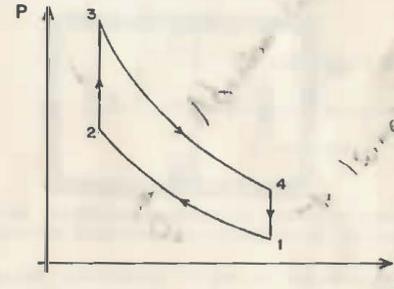


IV.6 Un motor de combustión interna funciona con un ciclo de Otto reversible, como se muestra en la figura. Trabaja con 8 gr de una mezcla de aire combustible, (se le suministran 1 900 Joules en cada ciclo) con una relación de compresión $r_c = V_1/V_2 = 8$. La mezcla tiene en la entrada una $P_1 = 1\text{ bar}$ y $T_1 = 27^{\circ}\text{C}$.

$$C_{v\text{ mezcla}} = 718.15\text{ J/Kg}^{\circ}\text{K} \quad R_{\text{mezcla}} = 286.45\text{ J/Kg}^{\circ}\text{K}$$

Calcule:

- P , V y T en cada estado (1, 2, 3 y 4) y llene la tabla correspondiente.
- El calor, trabajo y cambio de energía interna en cada proceso, llene la otra tabla.
- La eficiencia del ciclo
- Si el motor trabaja a 3 600 RPM y efectúa dos revoluciones cada ciclo ¿Cuál será la potencia del motor?

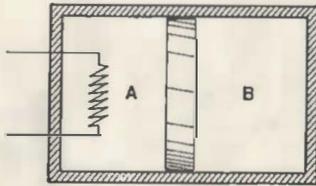


IV.7 Un cilindro rígido contiene un pistón flotante que puede moverse libremente sin rozamiento dentro del cilindro. Inicialmente divide al cilindro por la mitad y a cada lado del pistón el cilindro contiene 1 Kg mol del mismo gas ideal a 277°K y 1 bar.

Se instala sobre el lado A del cilindro un calentador eléctrico como se muestra en la figura. Se le hace pasar corriente de modo que aumente lentamente la temperatura del lado A hasta 444°K y del lado B la presión $P_{B2} = 1.36$ bar. Si el cilindro y el pistón son aislantes perfectos de calor y su capacidad calorífica es despreciable, calcular la cantidad de calor suministrado al sistema por el calentador.

$$C_V = 12,558 \text{ Joules/Kg mol}^\circ\text{K} \quad C_P = 20,930 \text{ Joules/Kg mol}^\circ\text{K}$$

$$K = 0.67$$



SOLUCION

$$Q = U + J; \quad J = 0$$

$$Q = U$$

$$Q = n_A U_A + n U_B; \quad n_A = n_B = 1$$

$$Q = C_V T_A + C_V T_B$$

$$\frac{T_{B2}}{T_{B1}} = \frac{P_{B2}}{P_{B1}} \frac{K-1}{K}$$

$$T_{B2} = \frac{1.36}{1}^{0.40} (277)$$

$$T_{B2} = 313.25$$

$$Q = 12,558 (444 - 277) + 313.25 - 277)$$

$$Q = 2,552,413 \text{ Joules}$$

$$Q = 2,527.925 \text{ KJ}$$

IV.8 Dos Kg de oxígeno se compriman politrópicamente según la relación $PV^n = C$; $n = 1.3$

$$P_1 = 200 \text{ bar}; \quad T_1 = 300^\circ\text{K}$$

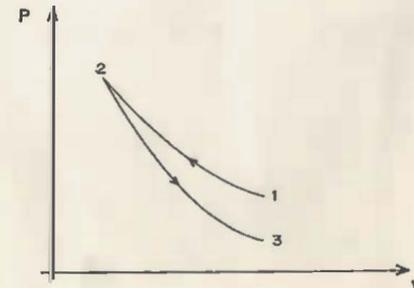
$$P_2 = 1400 \text{ bar}; \quad C_P = 8.919 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{K}; \quad C_V = 0.659 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{K}$$

Hallar:

- El volumen inicial y final
- Temperatura final
- Trabajo hecho por el gas
- Cambio de energía interna
- Transferencia de calor
- Cambio de entalpía

Después del proceso anterior, el oxígeno sufre una expansión desde el estado 2 hasta una presión $P_3 = 150$ bar, hallar:

- Temperatura T_3
- El cambio de entalpía
- El cambio de energía interna
- El trabajo hecho por el gas



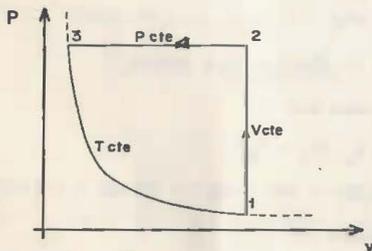
IV.9 Un ciclo trabaja con 0.681 Kg de oxígeno y consiste de los siguientes procesos reversibles: 1-2 a volumen cte., 2-3 a Presión cte., 3-1 expansión isotérmica. Si $P_1 = 1.0 \text{ bar}$, $T_1 = 300^\circ\text{K}$ y la relación de expansión isotérmica es $r = V_1/V_3 = 6$

- Trácese esquemáticamente el ciclo en el plano P-V designando todos los estados y procesos.
- Determine P_2 , V_2 y T_2 ; P_3 , V_3 y T_3
- Determine el trabajo realizado en el ciclo y el calor total transferido.

$$C_p = 0.91 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{K}; \quad C_v = 0.65 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{K}; \quad R = 0.26 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{K}$$

RESULTADO:

a)



$$b) \quad P_2 = 6.0 \text{ bar}; \quad V_2 = 0.531 \text{ m}^3; \quad T_2 = 1799.3^\circ\text{K}$$

$$P_3 = 6.0 \text{ bar}; \quad V_3 = 0.0885 \text{ m}^3; \quad T_3 = 300^\circ\text{K}$$

$$c) \quad Q_T = -170.42 \text{ KJ}; \quad J_T = 170.42 \text{ KJ}$$

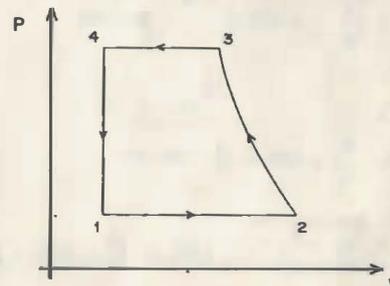
IV.10 Una máquina funciona según el ciclo mostrado en el diagrama P-V. En el proceso politrópico 2-3 $n = 1.3$ si:

$$P_1 = 1 \text{ bar}; \quad V_1 = 0.2 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$V_2 = 5 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$P_3 = 8 \text{ bar}$$

- Hallar el trabajo total realizado por el ciclo
- La potencia desarrollada si se efectúa un ciclo por segundo



IV.11 Un gramo de nitrógeno realiza un ciclo termodinámico ideal siguiendo los siguientes procesos, en un cilindro cerrado por un pistón.

- 1-2 expansión adiabática en que el volumen se duplica
- 2-3 compresión a presión constante en que el volumen vuelve a su valor inicial
- 3-1 compresión a volumen constante para regresar a condiciones iniciales.

El nitrógeno se encuentra inicialmente a 423°K y 5×10^5 de presión. $R = 257 \text{ Joules/Kg}^\circ\text{K}$. $C_v = 741 \text{ Joules/Kg}^\circ\text{K}$. $C_p = 1038 \text{ Joules/Kg}^\circ\text{K}$
Hallar:

- La P, V y T en cada uno de los estados comunes a dos procesos.
- El trabajo efectuado en cada uno de los procesos y el trabajo total del ciclo.
- La transferencia de calor en cada uno de los procesos y el calor neto entregado al ciclo.
- El cambio de energía interna en cada uno de los procesos
- El cambio de entalpía en cada uno de los procesos

SOLUCION:

a) $V_1 = \frac{mRT_1}{P_1} = \frac{(0.001) 297 \times 423}{5 \times 10^5} = 2.48 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ *esta es la V1 = 0.000251 m³*

$V_2 = 2 V_1 = 4.96 \times 10^{-4} \text{ m}^3 = 0.000503$

$P_2 = P_1 \frac{V_1^{1.4}}{V_2^{1.4}} = 5 \times 10^5 \frac{1}{2^{1.4}} = 1.92 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ *→ 1.89 bar*

$T_2 = T_1 \frac{V_1^{1.4-1}}{V_2^{1.4-1}} = 423 \frac{1}{2^{0.4}} = 320.6^\circ\text{K}$

como

$P_2 = P_3$

$T_3 = T_2 \frac{V_3}{V_2} = 320.6 \frac{1}{2} = 160.3^\circ\text{K}$

b) Para el proceso 1-2

$1^J_2 = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1 - K} = \frac{1.92 \times 10^5 \times 4.96 \times 10^{-4} - 5 \times 10^5 \times 2.48 \times 10^{-4}}{-0.4} = 71.92 \text{ Joules}$

Para el proceso 2-3

$2^J_3 = \frac{3}{2} P dV = P_2 (V_3 - V_2) = 1.92 \times 10^5 (2.48 - 4.96) \times 10^{-4}$

$2^J_3 = -47.6 \text{ Joules}$

Para el proceso 3-1

No se realiza trabajo pues $V_3 = V_1$

El trabajo total será:

$J_{\text{total}} = 1^J_2 + 2^J_3 + 3^J_1 = 71.92 - 47.6 + 0 = 24.32 \text{ Joules}$

c) En el proceso 1-2

$1^Q_2 = 0$, puesto que el proceso es adiabático

En el proceso 2-3

$2^Q_3 = m C_p (T_3 - T_2) = 0.001 \times 1038 (160.3 - 320.6) = -416.4 \text{ Joules}$

En el proceso 3-1

$3^Q_1 = m C_v (T_1 - T_3) = 0.001 \times 741 (423 - 160.3) = 194.8 \text{ Joules}$

El calor neto entregado

$Q_{\text{neto}} = 1^Q_2 + 2^Q_3 + 3^Q_1 = 28.4 \text{ Joules}$

$Q_{\text{neto}} = 0 - 166.4 + 194.8 = 28.4 \text{ Joules}$

que como era de esperarse, este calor es igual al trabajo neto entregado al ciclo, con signo cambiado, ésto es: en un ciclo completo $dQ = dW$

d) Para el proceso 1-2

Por definición en un proceso adiabático reversible no hay transferencia de energía calorífica en ningún sentido, la transformación de calor es cero. Así

$1^Q_2 = U_2 - U_1 + 1^J_2$

$U_2 - U_1 = -1^J_2$

$U_2 - U_1 = -(-47.6) = 47.6 \text{ Joules}$

Para el proceso 2-3

$U_3 - U_2 = m C_v (T_3 - T_2)$

$U_3 - U_2 = 0.001 \times 741 (160.3 - 320.6) = -118.78 \text{ Joules}$

Para el proceso 3-1

$3^Q_1 = (U_3 - U_1) + 3^J_1$

$3^Q_1 = U_3 - U_1 = 194.8 \text{ Joules}$

e) Para el proceso 1-2

$H_2 - H_1 = m C_p (T_2 - T_1) = 0.001 \times 1038 (320.6 - 423) = -106.29 \text{ Joules}$

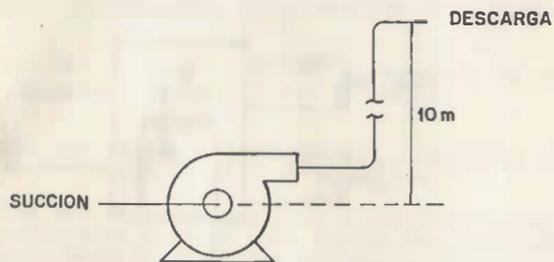
Para el proceso 2-3

$H_3 - H_2 = m C_p (T_3 - T_2) = 0.001 \times 1038 (160.3 - 320.6) = -166.4 \text{ Joules}$

Para el proceso 3-1

$H_1 - H_3 = m C_p (T_1 - T_3) = 0.001 \times 1038 (423 - 160.3) = 268.73 \text{ Joules}$

- IV.12 Se desean bombear 20 000 dm³/hr de aceite combustible a una caldera. La densidad relativa del aceite es 0.8 y la presión de succión es de 0.15 bar (man), mientras que en la descarga es de 2.0 bar (man). La descarga del aceite se encuentra a 10 m por encima de la succión. El diámetro del tubo de succión es de 0.25 m y el de la descarga es de 0.15 m. La presión barométrica del lugar de instalación es de 0.95 bar y el proceso de bombeo se considera adiabático. Estime la potencia requerida por la bomba.



SOLUCION:

$$Q - J = (U_2 - U_1) + (P_2 V_2 - P_1 V_1) + \frac{1}{2} (\bar{V}_2^2 - \bar{V}_1^2) + g (Z_2 - Z_1) \quad \text{m}$$

$$V = \frac{20\,000 \times 10^{-3}}{3\,600} = 0.00556 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$\bar{V}_1 = \frac{0.00556 \times 4}{0.2^2} = 0.11 \text{ m/seg}$$

$$\bar{V}_2 = \frac{0.00556 \times 4}{0.1^2} = 0.315 \text{ m/seg}$$

$$m = \frac{AV}{V} = AV = V \times$$

$$m = 0.00556 \times 0.8 \times 10^3 = 4.44 \text{ Kg/seg.}$$

$$J = \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \frac{1}{2} (\bar{V}_2^2 - \bar{V}_1^2) + g (Z_2 - Z_1) \quad \text{m}$$

Sustituyendo valores

$$J = \frac{(2.95 - 1.11) \cdot 10^5}{0.8 \times 10^3} + \frac{0.315^2 - 0.11^2}{2} + 9.8 \times 10 \times 4.44 = 1463 \text{ Joules/seg}$$

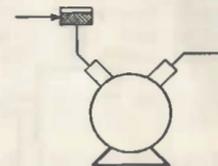
$$J = 1026.75 + 0.143 + 435.12 = 1462.06 \text{ Joules/seg}$$

$$J = 1.462 \text{ KW}$$

- IV.13 Un compresor recibe aire a 1.0132 bar y 293°K y lo descarga a una tubería de diámetro interior de 1 cm. La velocidad del aire a la descarga es de 7m/seg y su presión es de 3.54 bar y la temperatura 419°K. Suponiendo que la compresión es adiabática y la velocidad del aire a la entrada es muy baja. Calcúlese el trabajo entregado al compresor.

$$R = 287 \text{ Joules/Kg}^\circ\text{K}$$

$$C_p = 1.004 \text{ Joules/Kg}^\circ\text{K}$$



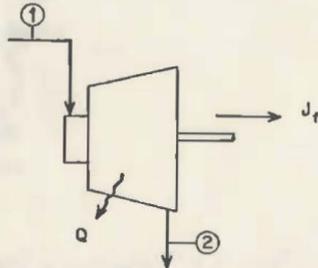
IV.14 Se suministra vapor a 13.79 bars a una turbina de 76.4 KW que opera a carga completa con $U_1 = 2711 \text{ KJ/Kg}$, $v_1 = 0.1659 \text{ m}^3/\text{Kg}_m$, $\bar{V}_1 = 121 \text{ m/s}$. El escape es a 0.069 bars con $v_2 = 2155 \text{ KJ/Kg}_m$, $v_2 = 18.36 \text{ m}^3/\text{Kg}_m$ y $\bar{V}_2 = 335 \text{ m/s}$. La pérdida de calor en la turbina es de 23.3 KJ/Kg_m .

El cambio de energía potencial es despreciable. Determinar:

- El trabajo por Kg_m de vapor
- El flujo en Kg/hr

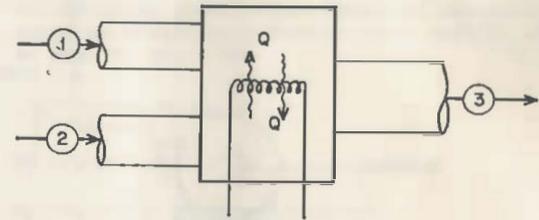
RESULTADO

- 586 KJ/Kg_m
- 469.35 Kg/hr



IV.15 Dos corrientes de aire independientes, entran en un tubo combinador y se mezclan en una sola corriente de salida. La corriente 1 entra con $\bar{V}_1 = 30 \text{ m/seg}$, $T_1 = 32^\circ\text{C}$, $m_2 = 2.5 \text{ Kg/seg}$, y la otra con $\bar{V}_2 = 60 \text{ m/seg}$, $T_2 = 49^\circ\text{C}$ y $m_1 = 3.6 \text{ Kg/seg}$, y la mezcla sale con $\bar{V}_3 = 15 \text{ m/seg}$. Durante el paso se transmiten 20.5 KJoules por cada kilogramo de aire; la caída de presión es despreciable y $J = 0$. Determinar la temperatura de la corriente de aire a la salida.

$$C_p = 1.00 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{K}; \quad E_p = 0$$



SOLUCION:

$$m_1 + m_2 = m_3 \quad m_3 = 2.5 + 3.6 = 6.1 \text{ Kg/seg}$$

$$\text{aplicando } Q \quad (m_1 + m_2) \left(h_1 + \frac{\bar{V}_1^2}{2} \right) + m_2 \left(h_2 + \frac{\bar{V}_2^2}{2} \right) = m_3 \left(h_3 + \frac{\bar{V}_3^2}{2} \right)$$

ahora, tomando como referencia 0°C

$$h_1 = (1.00) (32) = 32.14 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_2 = (1.00) (49) = 49.22 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_3 = (1.00) (t_3) = 1.00 \text{ KJ/Kg}$$

sustituyendo

$$6.1 (20.5) + 2.5 \left(32.14 + \frac{(30)^2}{10^3 \times 2} \right) + 3.6 \left(49.22 + \frac{(60)^2}{10^3 \times 2} \right) = 6.1$$

$$1.0 t_3 + \frac{(15)^2}{10^3 \times 2}$$

donde t_3 es la temperatura buscada, despejando:

$$t_3 = \frac{125.05 + 81.47 + 183.6 - 0.686}{6.1 (1.006)}$$

$$t_3 = 63.84^\circ\text{C}$$

SEGUNDA LEY DE LA TERMODINAMICA.

- 5.1.0.- El alumno debe ser capaz de explicar la 2a. ley de la termodinámica como:
- Restricción a la la. ley de la termodinámica.
 - Restricción a la dirección de los procesos.
 - Tendencia de la energía a degradarse. (2), (90)

5.2.0.- El alumno debe ser capaz de explicar el concepto de depósito térmico, máquina térmica y bomba de calor. (2), (30)

5.3.0.- El alumno debe ser capaz de explicar los enunciados de Clausius y de Kolvín Planck. (2), (30)

5.4.0.- El alumno debe ser capaz de explicar los conceptos de eficiencia y coeficiente térmico como índice de funcionamiento de las máquinas térmicas y de las bombas de calor. (2), (30)

5.5.0.- El alumno debe ser capaz de calcular la eficiencia de las máquinas térmicas y el coeficiente térmico de la bomba de calor. (3), (45)

5.6.0.- El alumno debe ser capaz de explicar los conceptos de reversibilidad e irreversibilidad de los procesos. (2), (15)

5.7.0.- El alumno debe ser capaz de explicar qué

- La fricción
- La expansión incontrolada
- Transferencia de calor con una diferencia infinita de temperaturas.
- La mezcla de gases;

son causas de irreversibilidad (2), (15)

5.8.0.- El alumno debe ser capaz de explicar el teorema de Carnot. (2), (30)

5.9.0.- El alumno debe ser capaz de explicar el ciclo de Carnot. (2), (60)

10.0.- El alumno debe ser capaz de demostrar que para un ciclo de Carnot la eficiencia es: $\eta = 1 - \frac{T_B}{T_A}$

o el coeficiente es: $\beta = \frac{1}{\frac{T_A}{T_B} - 1}$ (4), (45)

5.11.0.- Dados los depósitos de calor entre los cuales se efectúan ciclos termodinámicos el alumno debe ser capaz de explicar que la eficiencia o el coeficiente térmico del ciclo de Carnot son los máximos posibles. (3), (15)

5.12.0.- Dado el esquema de una máquina térmica o bomba de calor y conocidos los valores de un número suficiente de las siguientes variables:

- Temperatura de los depósitos térmicos
- Energías transferidas
- Eficiencia o coeficiente térmico máximo
- Eficiencia o coeficiente térmico real

el alumno debe ser capaz de calcular los valores de las variables restantes. (3), (60)

5.13.0.- El alumno debe ser capaz de explicar el concepto de entropía como propiedad. (2), (45)

5.14.0.- El alumno debe ser capaz de enunciar la desigualdad de Clausius. (1), (10)

5.15.0.- El alumno debe ser capaz de comprobar que la desigualdad de Clausius $\frac{dQ}{t}$ se cumple para ciclos reversibles e irreversibles. (3), (45)

5.16.0.- El alumno debe ser capaz de definir la variación de la entropía en un proceso termodinámico como $ds = \frac{dQ}{t}$ (1), (30)

5.17.0.- El alumno debe ser capaz de establecer las ecuaciones de estado para cuantificar el cambio de entropía en un proceso con gas ideal a partir de $ds = \frac{dQ}{t}$ (3), (45)

5.18.0.- El alumno debe ser capaz de representar en un diagrama (T y los ciclos de Carnot Otto Diesel y Bryton. (3), (30)

5.19.0.- El alumno debe ser capaz de calcular el cambio de entropía en procesos con gases ideales a partir de las ecuaciones:

$$S_2 - S_1 = C_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1}$$

$$S_2 - S_1 = C_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{v_2}{v_1}$$

(3), (60)

5.20.0.- El alumno debe ser capaz de cuantificar la energía aprovechada y rechazada en un ciclo termodinámico, en función de la entropía. (3), (30)

5.21.0. El alumno debe ser capaz de cuantificar la energía disponible y no disponible de un sistema termodinámico a partir de cambio de entropía. (3), (45)

EJERCICIOS DE TERMODINAMICA

CAPITULO V

- V.1 La cantidad de energía que se suministra a una máquina térmica es 20,000 - Joules. Si esta máquina solo utiliza 10,000 Joules. ¿Cuál será la eficiencia de esta máquina?
- V.2 El motor de un refrigerador tiene una potencia de 200 Watts. El coeficiente de refrigeración es 9. ¿Cuál es la cantidad de calor que se puede extraer del congelador en 10 min.?
- V.3 Si la eficiencia térmica de una máquina de Carnot es igual a 1/5, calcule el coeficiente térmico de esta máquina al operar como refrigerador y como calentador.

SOLUCION:

$$\eta = 1 - \frac{T_b}{T_a} ; \text{ o sea } \frac{1}{5} = 1 - \frac{T_b}{T_a}$$

$$\frac{T_b}{T_a} = \frac{4}{5} \text{ ó } T_b = \frac{4}{5} T_a$$

como refrigerador β valdrá, tomando en cuenta la relación anterior

$$\beta = \frac{T_b}{T_a - T_b} = \frac{4T_a}{5(T_a - \frac{4}{5}T_a)} = \frac{4T_a}{T_a} = 4$$

$$\beta = 4$$

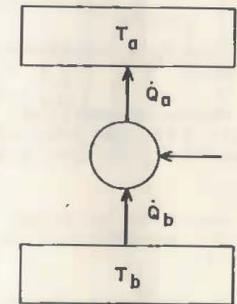
y como calentador:

$$\beta = \frac{T_a}{T_a - T_b} = \frac{T_a}{(T_a - \frac{4}{5}T_a)} = \frac{5T_a}{T_a} = 5$$

$$\beta = 5$$

- V.4 Se requiere calentar una casa utilizando, para tal efecto, una bomba térmica que trabaja en un ciclo Carnot. La temperatura dentro de la casa deberá mantenerse a 21.1°C. La transferencia de energía hacia el depósito caliente es de 35.16 KW, mientras se le entregan a la bomba 2.23 KW. La energía que se extrae del depósito frío es procedente de un lago.

- Calcular el coeficiente térmico de la máquina.
- Calcular la temperatura del lago.
- Si la máquina real funciona con un coeficiente 50% menor, calcule la potencia requerida para que la máquina trabaje en las mismas condiciones.

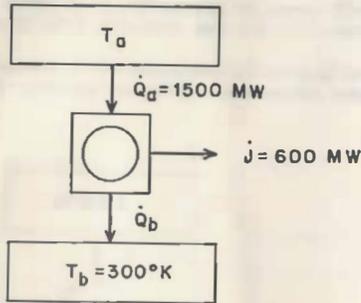


RESULTADO:

- $\beta = 15.76$
- $T_b = 275.1^\circ\text{K}$
- $j_{\text{real}} = 4.46 \text{ KW}$

V.5 En un ciclo reversible de una planta nuclear el depósito caliente es un reactor nuclear y el depósito frío es el mar que se encuentra a 300°K . Hallar:

- La temperatura del reactor para producir 600 MW de energía eléctrica, si desde el reactor se transfieren 1 500 MW de energía calorífica.
- La cantidad de energía calorífica que se transfiere al mar.



RESULTADO:

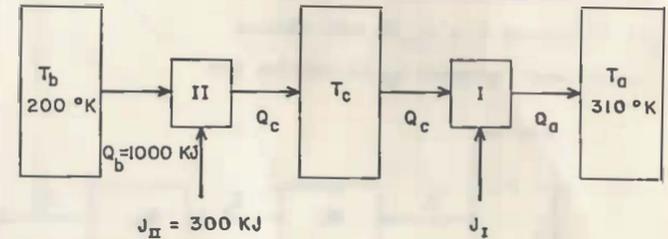
- $T_a = 500^{\circ}\text{K}$
- $\dot{Q}_b = 900 \text{ MW}$



FACULTAD DE INGENIERIA

G-907261

V.6 En el refrigerador reversible de dos etapas de la figura se requiere calcular la temperatura (T_c) del depósito de energía intermedio y el trabajo entregado al refrigerador I.



SOLUCION:

El coeficiente β , para todo el refrigerador reversible, vale:

$$\beta = \frac{T_b}{T_a - T_b} = \frac{200}{310 - 200} = \frac{200}{110}$$

$$\beta = 1.82$$

El trabajo total, vale

$$J_T = \frac{Q_b}{\beta} = \frac{1000}{1.82}$$

$$J_T = 550 \text{ kJ}$$

$$J_I = 550 - 300 = 250$$

$$J_I = 250 \text{ kJ}$$

$$\beta_I = \frac{Q_c}{J_I} = \frac{1300}{250}$$

$$\beta_I = 5.2$$

$$5.2 = \frac{T_c}{310 - T_c}$$

$$(310 - T_c) 5.2 = T_c$$

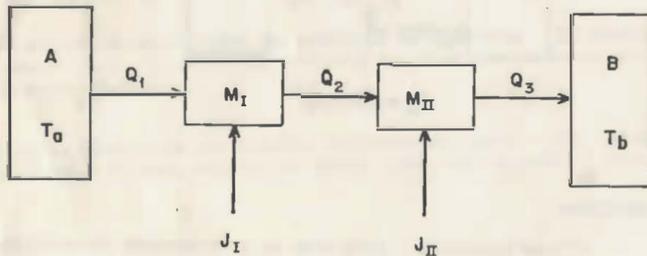
$$6.2 T_c = 5.2 \times 310$$

$$T_c = \frac{5.2 \times 310}{6.2}$$

$$T_c = 260^{\circ}\text{K}$$

V.7 Utilizando un depósito caliente A y un depósito frío B para las dos máquinas térmicas reversibles que se muestran en la figura y teniendo $Q_1 = 250$ Joules; $T_a = 650^\circ\text{K}$; $T_b = 330^\circ\text{K}$ y, además considerando las eficiencias térmicas iguales. Calcular:

- La temperatura a la cual M_{II} recibe el calor
- El trabajo J_I y J_{II} de cada máquina
- El calor rechazado Q_3 al depósito frío

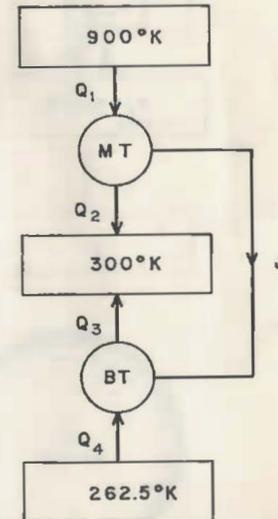


RESULTADO:

- $T_b = 466.7^\circ\text{K}$
- $J_I = 73.22$ Joules
 $J_{II} = 51.78$ Joules
- $Q_3 = 125$ Joules

V.8 Un sistema esta compuesto por un motor térmico y una bomba térmica Carnot, como se muestra en la figura. La energía que necesita la bomba es suministrada por el motor térmico. Calcular:

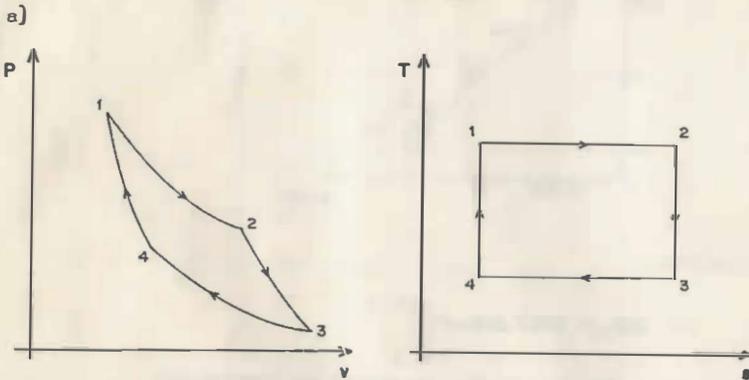
- La máxima eficiencia, si el motor opera entre depósitos de energía que están a 900°K y 300°K
- La eficiencia térmica del motor, si recibe $10\ 000$ Joules del depósito caliente y rechaza $5\ 000$ Joules al depósito frío.
- El coeficiente de operación de la bomba térmica, si trabajando como refrigerador retira del depósito frío $35\ 000$ Joules.
- El coeficiente de operación de la bomba térmica, si trabajando como calentador rechaza al depósito caliente $40\ 000$ Joules.



v.9 Dados los diagramas siguientes en el Plano Presión-Volumen

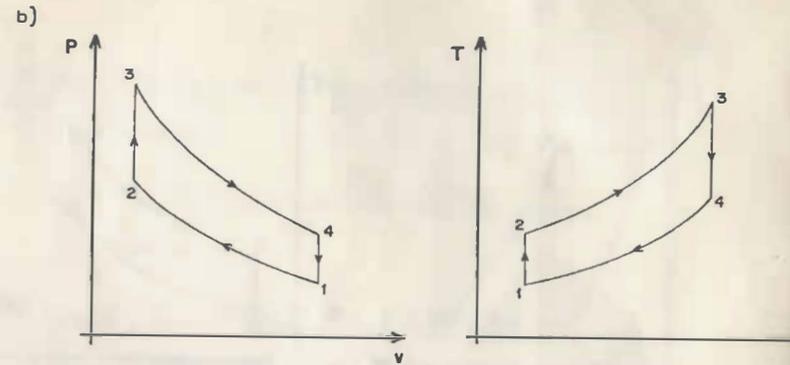
- a) Ciclo Carnot
- b) Ciclo Otto
- c) Ciclo Diesel
- d) Ciclo Brayton; dibujar el diagrama correspondiente en el plano Temperatura-Entropía.

SOLUCION:



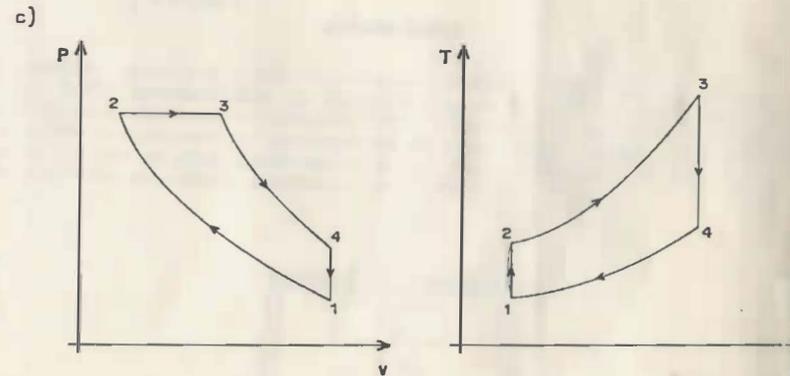
Proceso 1-2 ; isotermico
 Proceso 2-3 ; adiabático
 Proceso 3-4 ; isotermico
 Proceso 4-1 ; adiabático

CICLO CARNOT



Proceso 1-2 ; adiabático
 Proceso 2-3 ; isométrico
 Proceso 3-4 ; adiabático
 Proceso 4-1 ; isométrico

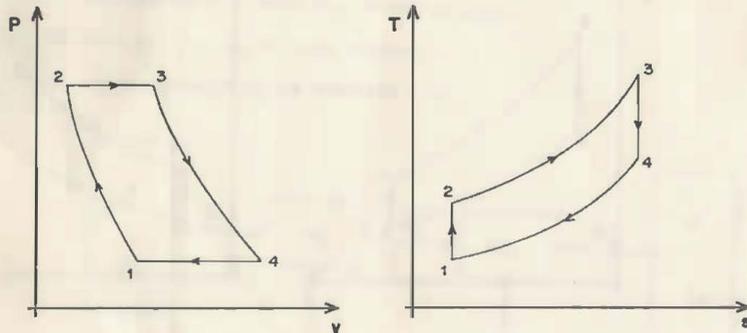
CICLO OTTO



Proceso 1-2 ; adiabático
 Proceso 2-3 ; isobárico
 Proceso 3-4 ; adiabático
 Proceso 4-1 ; isométrico

CICLO DIESEL

d)

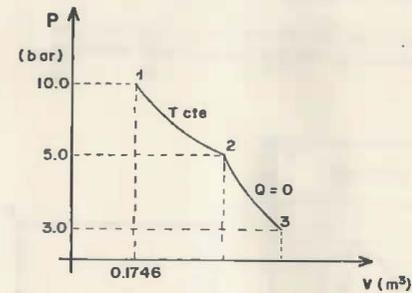


Proceso 1-2 ; **adiabático**
 Proceso 2-3 ; **isobárico**
 Proceso 3-4 ; **adiabático**
 Proceso 4-1 ; **isobárico**

CICLO BRAYTON

V.10 Se afectan los procesos mostrados en la figura; con 1 Kg de aire.
 $R = 291 \text{ Joule/Kg}^\circ\text{K}$; $C_v = 727.5 \text{ Joule/Kg}^\circ\text{K}$.

- Calcular el cambio total de entropía del estado 1 al 3.
- Si el calor real suministrado de estado 1 al estado 2 es de 80 KJ. ¿Cómo será este proceso, reversible o irreversible?



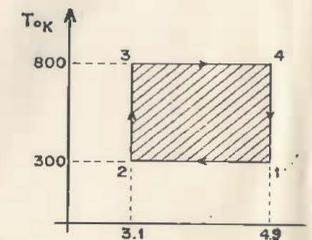
RESULTADO:

- $\Delta S_{1-2} = 201.7 \text{ Joule}/^\circ\text{K}$
- $\therefore 201.7 > 133.33$ y el proceso es irreversible

V.11 Un ciclo ideal de Carnot opera con 0.01 Kg. de aire entre dos depósitos de calor a las temperaturas $T_a = 800^\circ\text{K}$ y $T_b = 300^\circ\text{K}$; la relación entre volúmenes es $V_1/V_2 = V_4/V_3 = 2$.

- Calcule el cambio de entropía para los procesos 1-2, 2-3, 3-4, 4-1.
- Dibuje el diagrama T-S para el ciclo, considerando $S_1 = 4.9 \text{ Joule}/^\circ\text{K}$
- Calcule el calor suministrado, calor rechazado y el trabajo neto por ciclo.
- Calcule la eficiencia del ciclo

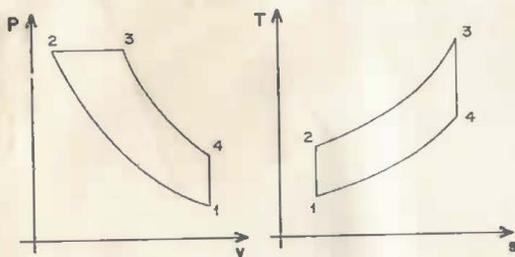
$$R_{\text{aire}} = 0.287 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{K}$$



v.12 En las figuras se muestran los procesos de un ciclo diesel y las propiedades de cada estado en la tabla adjunta. Si el ciclo opera con 0.0023 Kg de aire:

- Calcular el cambio de entropía en cada proceso.
- El cambio de entropía del ciclo.
- La cantidad de calor suministrado y calor rechazado.
- El trabajo neto del ciclo.
- La eficiencia del ciclo.

$$C_p = 1.004 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{K} ; C_v = 0.717 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{K}$$



SOLUCION:

a) $\Delta S_{1-2} = 0$; por ser proceso adiabático reversible

$$\Delta S_{2-3} = m C_p L_n \frac{T_3}{T_2} - m R L_n \frac{P_3}{P_2} = 0.0023 (1.004) (L_n \frac{2515}{807}) - 0$$

$$\Delta S_{2-3} = 0.0026 \text{ KJ/}^\circ\text{K}$$

$\Delta S_{3-4} = 0$; por ser proceso adiabático reversible

$$\Delta S_{4-1} = m C_v L_n \frac{T_1}{T_4} + m R L_n \frac{V_1}{V_4} = 0.0023 (0.717) (L_n \frac{300}{1472}) + 0$$

$$\Delta S_{4-1} = -0.0026 \text{ KJ/}^\circ\text{K}$$

$$b) \Delta S_{\text{ciclo}} = \Delta S_{1-2} + \Delta S_{2-3} + \Delta S_{3-4} + \Delta S_{4-1}$$

$$\therefore \Delta S_{\text{ciclo}} = 0.0026 - 0.0026 = 0$$

$$c) 2^{Q_3} = m C_p (T_3 - T_2) = 0.0023 (1.004) (2515 - 807)$$

$$2^{Q_3} = 3.943 \text{ KJ}$$

$$4^{Q_1} = m C_v (T_1 - T_4) = 0.0023 (0.717) (300 - 1472)$$

$$4^{Q_1} = 1.933 \text{ KJ}$$

$$d) J_{\text{neto}} = |Q_{\text{sum}}| - |Q_{\text{rech}}| = |2^{Q_3}| - |4^{Q_1}|$$

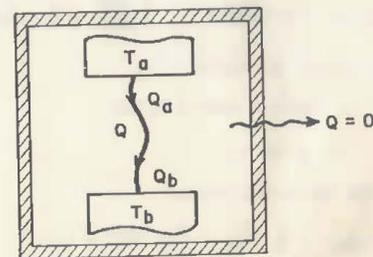
$$J_{\text{neto}} = 3.943 - 1.933 = 2.01 \text{ KJ}$$

$$e) \eta = \frac{J}{Q_{\text{sum}}} = \frac{J_{\text{neto}}}{2^{Q_3}}$$

$$\eta = \frac{2.01}{3.943} = 0.5098$$

$$\eta = 50.98 \%$$

v.13 Un depósito caliente a 1 000°K se pone en contacto térmico con un depósito frío a 500°K, produciéndose una transferencia de 1 000 KJ de calor desde el depósito caliente hasta el depósito frío. Calcúlese el cambio de entropía del universo producido por este proceso de intercambio térmico. Supóngase que el proceso en ambos depósitos de energía es isotérmico. En conjunto los dos depósitos de energía constituyen un sistema adiabático.



V.14 Cuál será la energía disponible por unidad de masa del vapor producido en una caldera si el agua vaporiza a 204°C y su calor de transformación es - 1 921 KJ/Kg. Considérese la temperatura del ambiente igual a 27°C.

RESULTADO:

$$J_{\text{disp.}} = 712 \text{ KJ}$$

V.15 Cuál será la energía aprovechable y no aprovechable de una máquina térmica que trabaja con 1 Kg de CO_2 y que recibe calor en un proceso a presión - - constante.

$T_1 = 1\ 000^\circ\text{K}$ y $T_2 = 1\ 200^\circ\text{K}$. El depósito de energía frío es un lago que se encuentra a 290°K

$$C_p = 0.846 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{K}$$

$$R = 0.189 \text{ KJ/Kgm}^\circ\text{K}$$

$$J_{\text{máx}} = Q - T_0 (S_2 - S_1)$$

$$Q = m C_p (T_2 - T_1)$$

$$Q = 1 \times 0.846 (1\ 200 - 1\ 000) = 169.2 \text{ KJ}$$

$$Q = 169.2 \text{ KJ}$$

$$\Delta S_{1-2} = m C_p \ln \frac{T_2}{T_1} - m R \ln \frac{P_1}{P_2}$$

$$\Delta S_{1-2} = 1 \times 0.8466 \ln \frac{1\ 200}{1\ 000} + 0 = 0.154$$

$$\Delta S_{1-2} = 0.154 \text{ KJ/}^\circ\text{K}$$

$$J_{\text{máx}} = 169.2 - 290 \times 0.154$$

$$J_{\text{máx}} = 124.54 \text{ KJ}$$

Energía no aprovechable

$$Q - J_{\text{máx.}} = T_0 (S_2 - S_1) = 290 \times 0.154$$

$$Q - J_{\text{máx}} = 45.53 \text{ KJ}$$

ERIA

de Bibliotecas