FACULTAD DE INGENIERIA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ROGELIO GONZALEZ OROPEZA
FELIX NUÑEZ OROZCO

PROBLEMAS DE TERMODINAMICA

DIVISION DE CIENCIAS BASICAS
DEPARTAMENTO DE FISICA

BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

47-C
PROB. DE TERMO.

G-903765

903765

PROLOGO

G-603732

El nivel de conocimiento que se necesita en la ingeniería es más profundo que la simple memorización de algunos conceptos y definiciones. El ingeniero debe ser conciente que se esperan de él respuestas y soluciones tangibles y exactas y no la expresión de ideas abstractas.

Se puede afirmar sin exageración que el trabajo del ingeniero consiste en la solución de problemas de muy diversa índole. Un buen ingeniero es el que llega a las mejores respuestas en un mínimo de tiempo y mediante el consumo de un mínimo de recursos.

La optimación es por tanto una característica de la profesión. Para alcanzarla se debe contar con inteligencia, experiencia y habilidad. Estas virtudes, si bien algunas son innatas, se pueden ir desarrollando a lo largo de los estudios profesionales.

Justamente para ayudar en el desarrollo de estas características se ha elaborado este compendio de ejercicios de Termodinámica.

Una persona puede considerar que posee ciertos conocimientos, pero no puede estar plenamente segura sino hasta que los emplea para resolver alguna situación problemática.

Cuando se pretende solucionar un problema resulta que afloran dudas o se descubre que los conocimientos no eran tan firmes y profundos como se había pensado.

Por ello, una parte fundamental en la formación del ingeniero consiste en que éste aprenda a resolver problemas. Entre mayor sea el número de ejercicios resueltos, mayor será la habilidad que se adquiera y por tanto, se tendrá más confianza en el manejo de los conceptos utilizados.

Р-Р03335
Благов

En el presente cuaderno se ofrece un gran número de problemas que ilustran los conceptos que se desarrollan en el curso. De hecho, aparecen más problemas de los que se espera que un alumno resuelva durante el semestre.

Los problemas abarcan una gran variedad de aspectos y su grado de dificultad varía desde los más simples hasta los que requieren de una comprensión cabal de los conceptos.

Sin embargo, el grado de dificultad nunca rebasa el que se espera de una escuela profesional.

La mejor manera de emplear este compendio es que el profesor seleccione un conjunto de problemas de cada tema y los encargue a sus alumnos. Dependiendo del desarrollo del curso, el profesor puede encontrar la variedad de problemas que ilustren los aspectos más variados del temario, desde los que requieren un gran esfuerzo de cálculo y un análisis conceptual profundo, hasta los que son simples de calcular pero delicados en el planteamiento.

Se presenta al final de la obra la respuesta de todos los problemas. Algunas veces aparece la solución detallada o una serie de indicaciones que conduzcan a la respuesta correcta.

Esto tiene la finalidad de ir desarrollando la confianza del estudiante en sí mismo. Si un alumno encuentra que sus respuestas coinciden consistentemente con las que se ofrecen en el cuaderno, puede reafirmar sus conceptos y su habilidad y por lo tanto aseverar que las respuestas que encuentra son correctas.

Desde luego que la confianza en los planteamientos se alcanza muy lentamente, pero se espera que si el estudiante trabaja metódicamente con este cuaderno para el final del curso se alcanzará esta meta.

Los autores confían en que esta obra sea de utilidad para todos los usuarios y expresan su deseo de conocer la opinión de alumnos y profesores con la finalidad de mejorar los aspectos que así lo ameriten o para reconocer (y corregir) las fallas que se encuentren en esta obra.

También queremos agradecer a los señores Joel y Ernesto Mota Lozano, por su apoyo eficaz en la revisión de este material. Asimismo, a las señoritas Angela Martínez Aldana y Ma. Alejandra Trejo Sotelo por la mecanografía del mismo.

Rogelio González Oropeza
Félix Núñez Orozco

México, D. F., septiembre de 1986

INDICE

		Págs.
Capítulo I.	Conceptos Fundamentales	
	Enunciados	01
	Respuestas	74
Capítulo II.	Propiedades de las Sustancias	
	Enunciados	20
	Respuestas	80
Capítulo III.	Primera Ley de la Termodinámica	
	Enunciados	37
	Respuestas	92
Capítulo IV.	Balances Energéticos en Sistemas Termodinámicos	
	Enunciados	44
	Respuestas	95
Capítulo V.	Segunda Ley de la Termodinámica	
	Enunciados	54
	Respuestas	102
Capítulo VI.	Ciclos Termodinámicos	
	Enunciados	63
	Respuestas	107

C A P I T U L O I

1. Haga un esquema de cada uno de los elementos que se describen a continuación y escoja una frontera perfectamente definida que le permita identificar al sistema. Clasifique al sistema como abierto o cerrado según corresponda y describa brevemente su funcionamiento:
a) El acumulador de un automóvil; (b) un cohete que vuela impulsado por un combustible líquido; (c) una planta de energía eléctrica, compuesta por una caldera, una turbina, un condensador, una bomba y un generador eléctrico; (d) el sistema de calentamiento de un edificio; (e) un refrigerador; (f) un motor que funciona con gasolina; (g) un motor que funciona con diesel.

2. Clasifique a los sistemas que siguen como abiertos, cerrados o aislados según sea conveniente: (i) el gas que se expande en un cilindro provisto con un émbolo; (ii) la caldera de una locomotora de vapor; (iii) la locomotora de vapor; (iv) un cohete; (v) la "turbina" de un avión; (vi) el avión de propulsión "a chorro"; (vii) un vaso de Dewar (vaso termo) lleno de chocolate caliente; (viii) el sol; (ix) el universo en su totalidad; (x) la bomba que eleva agua desde una cisterna hasta un tanque elevado.

3. Supóngase un sistema aislado formado por dos subsistemas separados por una pared. ¿En qué condiciones se establece el equilibrio entre los dos subsistemas si la pared que los separa es: (a) rígida e inmóvil, diatérmica e impermeable; (b) rígida y móvil, diatérmica e impermeable; (c) rígida e inmóvil, adiabática e impermeable; (d) rígida e inmóvil, diatérmica y permeable; (e) rígida y móvil, diatérmica y permeable?

4. Clasifique a la velocidad, la presión, el volumen, la energía cinética, la densidad, la masa, la temperatura, un área y a la resistencia eléctrica como intensivas o extensivas ¿Cuáles son propiedades de la sustancia? ¿Se pueden clasificar como magnitudes escalares o vectoriales? Si se puede, hágalo.

5. Escriba las dimensiones y las unidades en el S.I. de todas las magnitudes precedentes.

6. Calcule la densidad promedio de un planeta cuyo radio es 71.4×10^6 (m)

si la aceleración gravitacional en su superficie es $25.89(m/s^2)$. Calcule también su densidad relativa.

7. Un tanque de $200(dm^3)$ se llena con dos líquidos distintos, cuyas densidades son $1750(kg/m^3)$ y $780(kg/m^3)$; se observa que la densidad resultante es $950(kg/m^3)$ (a) calcule la cantidad (en kg y en dm^3) que se tiene en cada fluido. (b) calcule el peso de la mezcla.

8.- Un tanque de paredes rígidas de 250 dm^3 contiene un líquido disperso en un gas. El 10% del volumen del tanque lo ocupa el líquido, el cual tiene una densidad relativa de 0.8. Si el gas es mil veces menos denso que el líquido, calcule: i) la masa total en el tanque, ii) la densidad promedio del contenido del tanque.

9.- Demuestre que: $\frac{d\rho}{\rho} = -\frac{dv}{v} = \frac{d\gamma}{\gamma}$ donde ρ = densidad, v = volumen específico, γ = peso específico

10. Un fluido compresible tiene una densidad que se expresa según: $\rho = \rho_0(1-\alpha z^2)$ donde $\rho_0 = 4.682 \times 10^{-3}(kg/m^3)$, $\alpha = 1.6146 \times 10^{-3}/(m^2)$ y z se mide verticalmente hacia arriba. El fluido se encuentra en un cilindro vertical, con una base de $950(cm^2)$ y un eje que se extiende desde 1.5(m) hasta 40(m). Calcule: (i) la masa y la densidad promedio del contenido del tanque.

11. Suponga que el termómetro no ha sido inventado. ¿Cómo podría clasificar a 3 cubos (de sustancias diferentes) en "tibio", "frío" y "caliente"?

12. Un termómetro se puede hacer midiendo la expansión lineal de mercurio en un tubo sellado. El 0 se toma en el punto de fusión de hielo y el 100 en el punto de ebullición del agua (en ambos casos a 101.325(kPa)). El intervalo de longitudes se divide en 100 partes iguales, y a cada una se le llama un "grado". Una sustancia distinta (por ejemplo alcohol) puede servir para el mismo propósito. Para comparar las lecturas de los dos termómetros se decide sumergirlos en un líquido que se puede enfriar o calentar a voluntad. Se encuentra que existe una relación entre los cambios en la longitud de las

columnas de los termómetros según:

$$\Delta L_{Hg} = C\ (\Delta L_{Etoh})$$

¿Cuál será la lectura en el termómetro de alcohol cuando el de mercurio indica 25(°)?

13. En 1968 se definió una escala de temperatura llamada la "escala práctica internacional". Su finalidad es el facilitar la calibración de los termómetros científicos e industriales. En la lista que sigue se mencionan algunos de los puntos de referencia:

	(°C)
Punto triple del hidrógeno	-259.34
Punto triple del oxígeno	-218.79
Punto de ebullición del oxígeno	-182.96
Punto triple del agua	0.01
Punto de ebullición del agua	100.00
Punto de fusión del cinc	419.58
Punto de fusión del antimonio	630.75
Punto de fusión de la plata	961.93
Punto de fusión del oro	1064.43

Convierta las temperaturas precedentes en: (a) °F; (b) °R; (c) K.

14. Un termómetro de gas a volumen constante indica una sobrepresión de 84(cm) de Hg a 0.00(°C) y una sobrepresión de 97(cm) de Hg a 100(°C). ¿Que presión indicará cuando su temperatura sea la del punto de fusión normal del azufre? ≈ 444.6°C

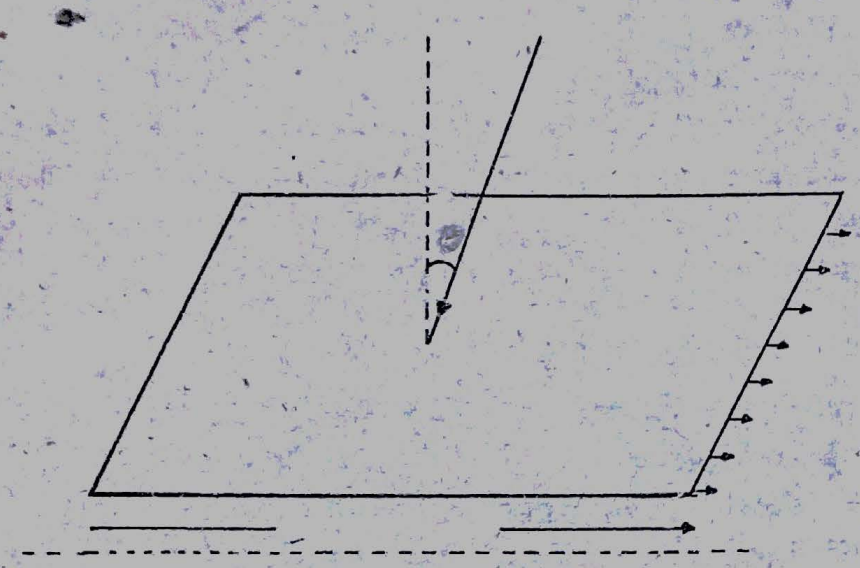
15. ¿Existe una condición en la que un termómetro graduado en (°C) tenga la misma lectura que uno graduado en (°R)? ¿Cuál es el sentido físico de este estado?

16. Encuentre el estado en el cual un termómetro graduado en (K) indica un valor que es el triple del valor que señala uno graduado en (°C).

17. Suponga que existe una escala lineal de temperatura (°U) que se define de modo que los puntos de fusión y de ebullición del agua a 101.325(kPa) son -300 y -175, respectivamente. ¿A cuántos (°U) corresponden: (a) 451(°F); (b) 36.5(°C); (c) 478.15(K)?

Scanned by CamScanner

18. Se necesita una fuerza de 45(kN) para sujetar una superficie de 0.45(m^2) contra un fluido. (a) ¿Cuál es la presión promedio que ejerce el fluido? (b) ¿Cuál es el esfuerzo cortante en la superficie?



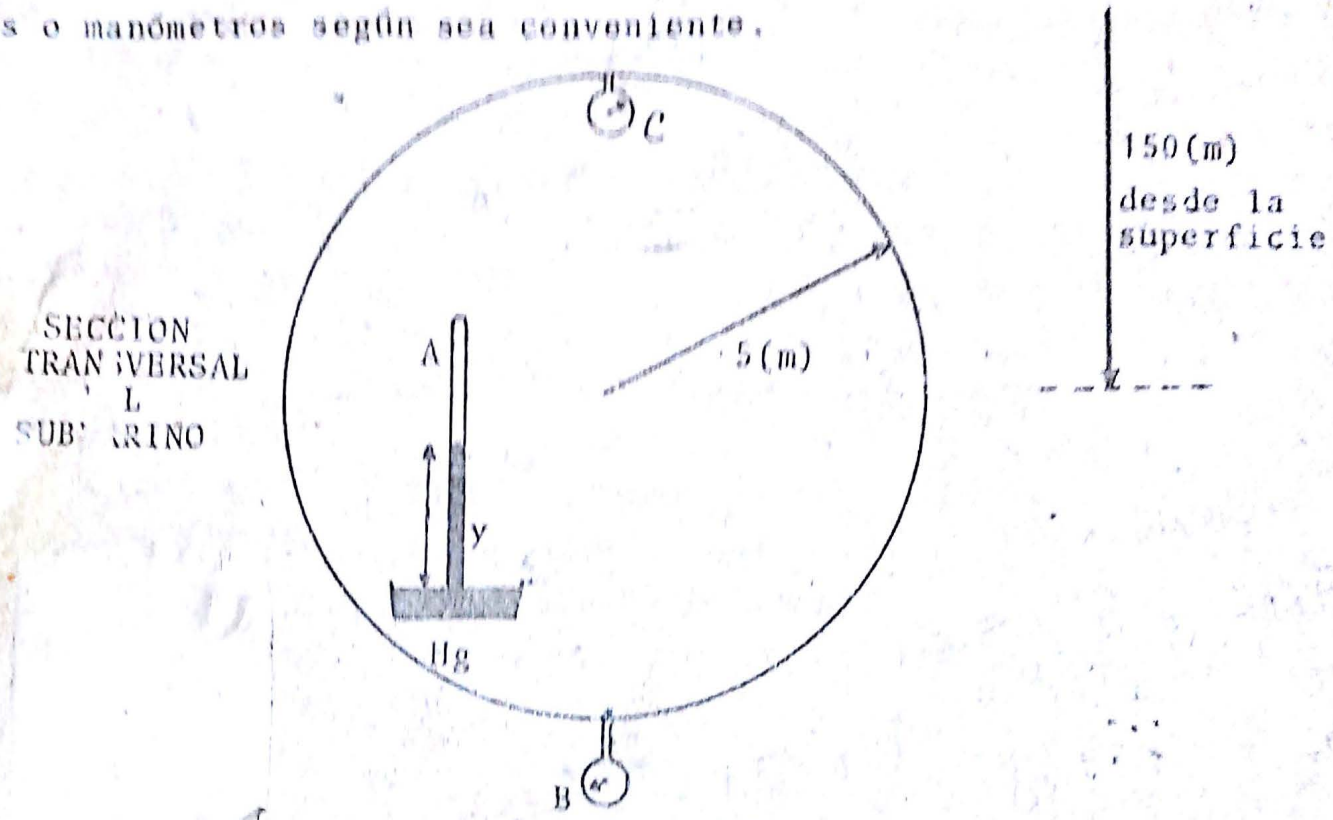
19. El manómetro diferencial de agua que se encuentra en la pared lateral de un tanque indica una diferencia de niveles de 295(mm) por debajo de la atmosférica. Si el barómetro señala una lectura de 750(mm) de Hg, ¿cual es la presión absoluta en el tanque?

20. Un cilindro vertical contiene un gas, el cual se mantiene en el interior mediante un émbolo que se desliza sin fricción. El émbolo es de 50(kg) con un diámetro de 17.85(cm). Si el ambiente está a 78(kPa ¿cúal es la presión absoluta del gas?

21. Se desea diseñar el sistema de elevadores para un negocio de lavado y engrasado de automóviles. Se dispone de un compresor que puede entregar el aire a 700(kPa) manométricos y se necesita elevar vehículos de hasta cuatro toneladas. Se espera que, a causa de una imperfección en la construcción mecánica, exista una fuerza de fricción de 978(N) entre el cilindro y el émbolo del elevador. (a) ¿Cuál es el diámetro que se necesita para garantizar el servicio de elevación de los automóviles? (b) ¿Qué presión manométrica se debe tener en el cilindro del elevador para hacer descender uniformemente un Renault Mirage de 850(kg)?

Scanned by CamScanner

22. Cuando un submarino se encuentra en la superficie del mar se llena con aire a 98.3(kPa) y luego se cierra herméticamente para sumergirse hasta 150(m). Si las densidades del agua marina y del mercurio son 1041(kg/m³) y 13595.1(kg/m³), respectivamente, y la aceleración gravitacional es 9.81(m/s²), (i) calcule las lecturas de los aparatos A, B y C. (ii) Clasifique a A, B y C como vacuómetros, barómetros o manómetros según sea conveniente.

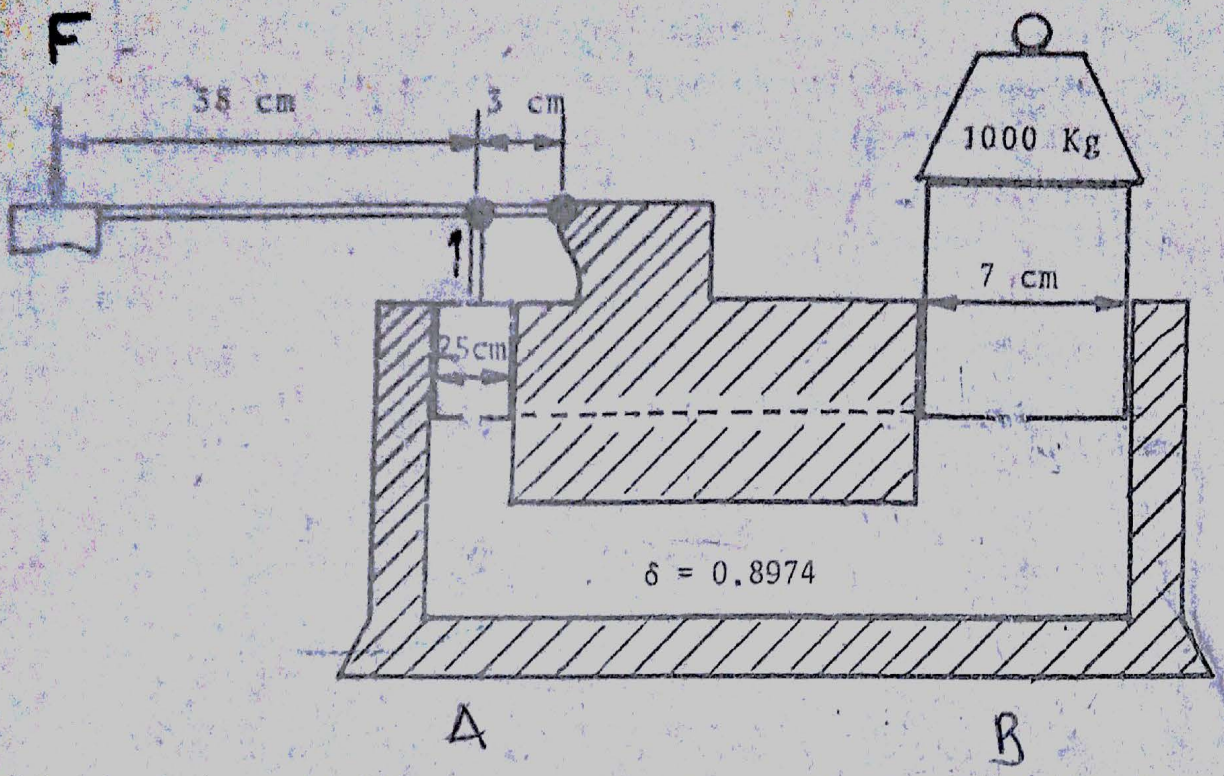


23. Se necesita erigir una estructura de plástico para proteger a los espectadores que asisten a una exposición en la explanada de la C.U. La estructura tendrá la forma de un medio cilindro circular recto, con un diámetro de 30(m) y una longitud de 60(m). Para sostener la estructura se emplean unos ventiladores capaces de mantener una presión manométrica de 10(mm) de agua. Si el material que se usa para la estructura tiene un espesor constante, ¿cuál es el valor máximo de la densidad superficial (masa/área) que puede tener el material?

El gato hidráulico contiene un líquido especial de $\delta = 0.8974$. El pistón de la izquierda es de 400(g) y el de la derecha de 950(g). ¿Qué fuerza F se necesita ejercer en el mango para equilibrar la masa de 1000(kg)?

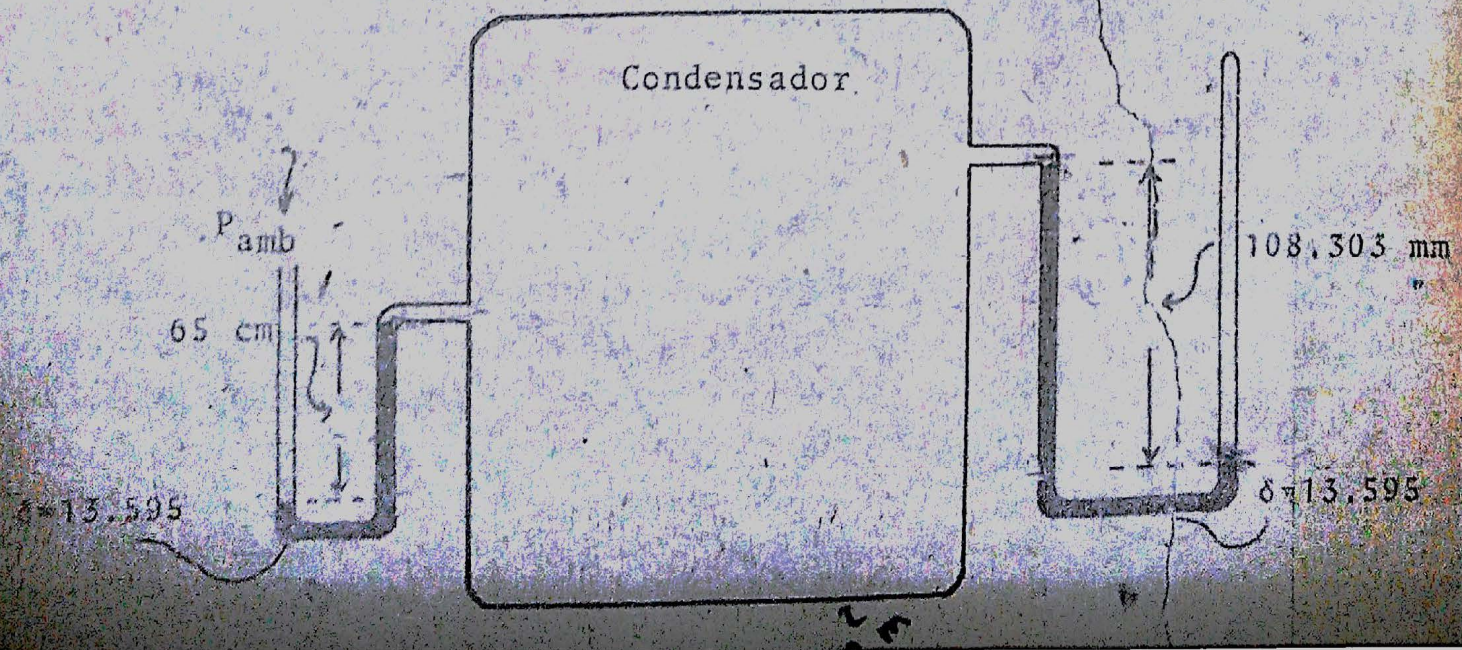
Scanned by CamScanner

F



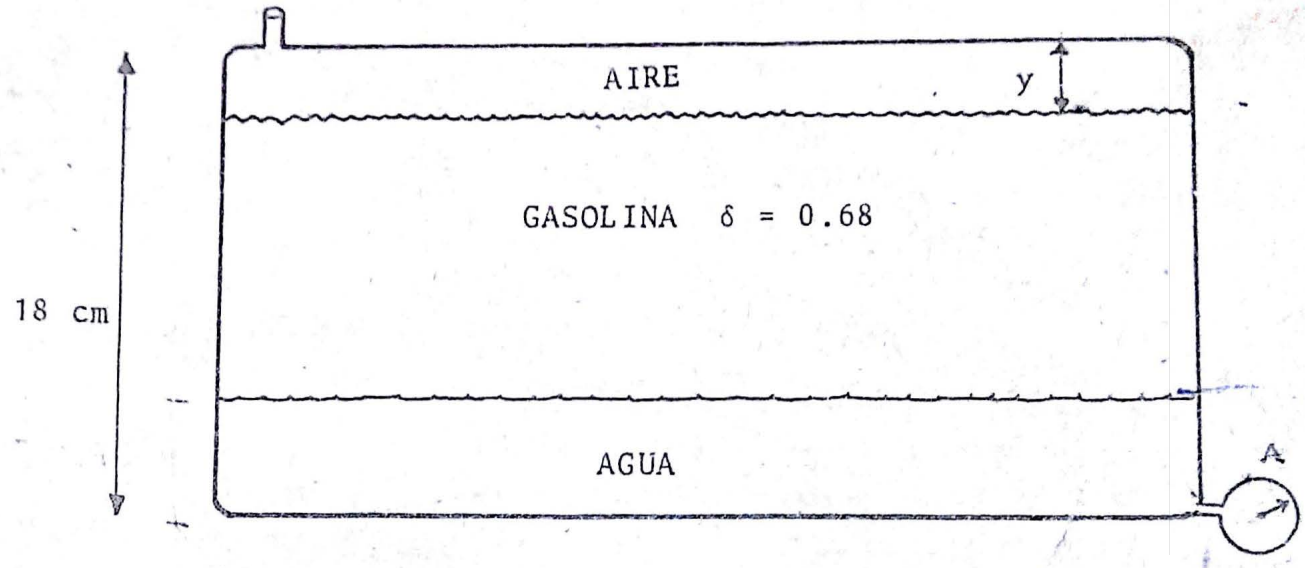
25. Un tanque vertical de 3(m) de altura contiene 1.5(m) agua de mar (δ = 1,08). Una capa de 90(cm) de aceite (δ = 0.8) flota encima del agua. Calcule la altura que se necesita para que una columna de agua salada ejerza la misma presión en el fondo del tanque. ¿Podría contener el tanque el aceite necesario para que se ejerciera la misma presión en el fondo del tanque?

(b) ¿Cuál es la presión ambiente de la localidad geográfica donde se encuentra el condensador?

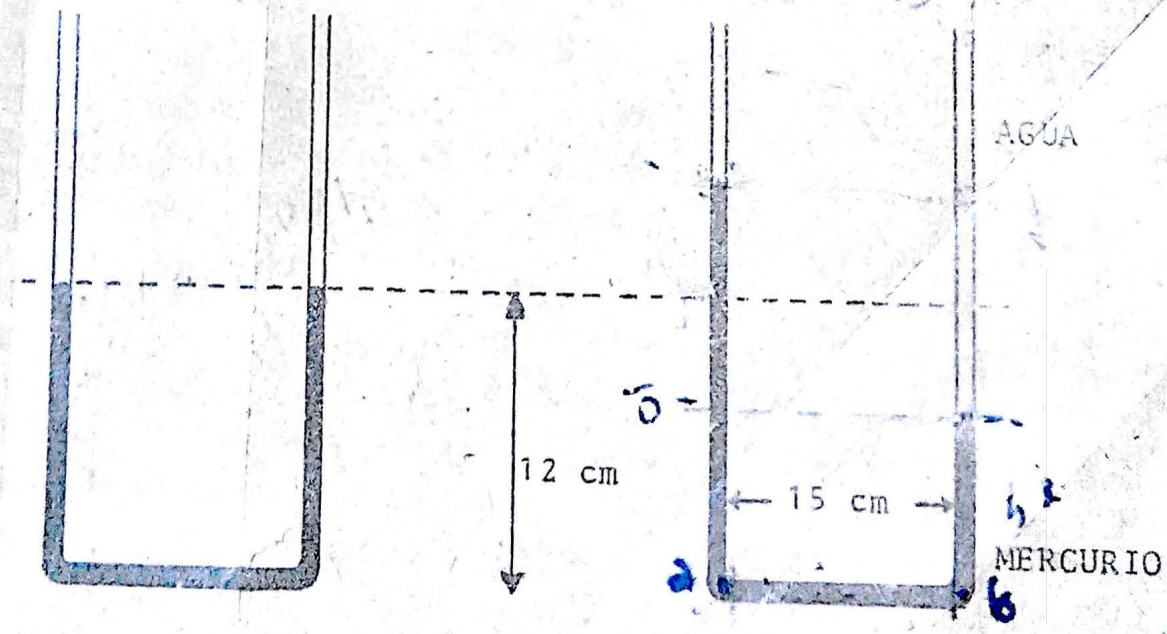


Scanned by CamScanner

27. La lectura del medidor de gasolina de un automóvil es proporcional a la presión manométrica en el fondo del tanque. Un tanque de 18(cm) de profundidad (70(cm) de ancho x 48(cm) de largo) contiene accidentalmente 17(dm^3) de agua. (a) Si en estas condiciones el medidor indica "lleno" ¿Cuánta gasolina contiene? (b) ¿Cuál es el valor "y" que ocupa el aire? (c) ¿Cuál es la lectura del manómetro A?



28. El diámetro interior del tubo es 1(cm) y el fluido es mercurio. ¿Cuál será la altura en cada rama del manómetro cuando se viertan 10(cm^3) de agua en el lado derecho?



Scanned by CamScanner

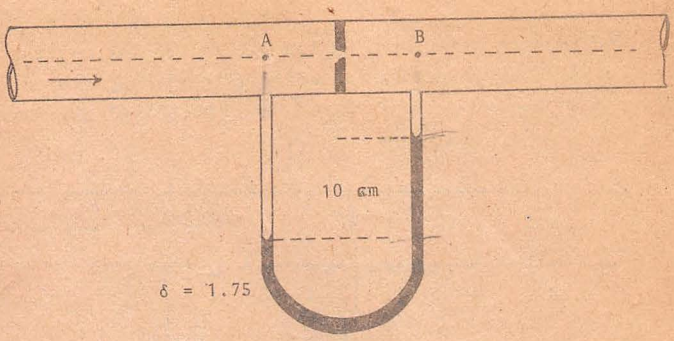
29. En un tanque vertical cilíndrico que se halla abierto en la parte superior se encuentran 2.5(m) de agua. En la pared lateral, a una altura de 0.7(m) por encima del fondo, se conecta un manómetro en forma de U que contiene mercurio. El nivel de equilibrio del manómetro se encuentra 20 (cm) por debajo de la conexión con el tanque. Calcule la distancia entre los niveles del mercurio en cada rama del manómetro. Al conectar el manómetro al tanque se permite que se escape el aire de la rama de conexión

30. Un tanque cilíndrico cerrado de 3(m) de altura contiene inicialmente aire a la presión ambiente y 2.5 (m) de agua. En la superficie lateral, a 0.7(m) por encima del fondo, se conecta un manómetro en forma de U que contiene mercurio. El nivel de equilibrio del manómetro se encuentra 20 (cm) por debajo de la conexión con el tanque. Al conectar el manómetro al tanque se permite que se escape todo el aire de la rama de conexión. Si se permite que el agua salga lentamente por una válvula en el fondo del tanque hasta que se alcance el equilibrio, calcule (a) la distancia entre los niveles del mercurio en cada rama del manómetro; (b) ¿Puede calcularse la presión del aire que queda en el tanque? Si es así, calcúlela; (c) ¿Puede conocerse la elevación del agua que queda en el tanque? Si es así, encuéntrela.

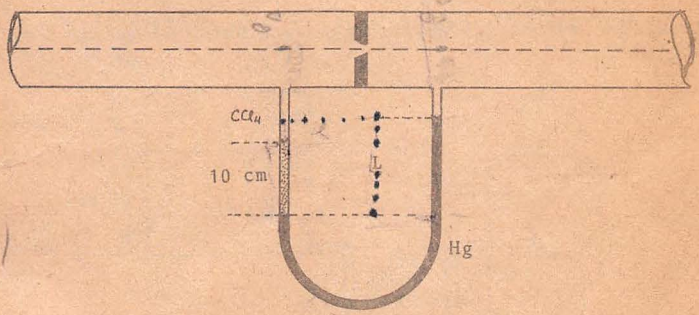
31. Cuando se vierte un fluido en un tubo en U y ambas ramas se encuentran abiertas al ambiente, se observa que el nivel en cada rama es igual. A este nivel se le conoce como el nivel del equilibrio. Si se conecta la rama izquierda a un tanque que tiene un gas a 80 (kPa) y el fluido del manómetro es mercurio, calcule: (i) la diferencia en el nivel del mercurio en cada rama; (ii) la altura del mercurio en la rama derecha si se mide desde el nivel de equilibrio. Responda a las preguntas (i) y (ii) si el diámetro de la rama derecha es la mitad del diámetro de la rama izquierda. La presión del lugar es 101.325 kPa.

Por el tubo circula tetracloruro de carbono (δ= 1.595) cuando la diferencia en los niveles del fluido manométrico (δ= 1.75) es 10(cm). ¿Cuál es la diferencia entre las presiones absolutas de los puntos A y B?

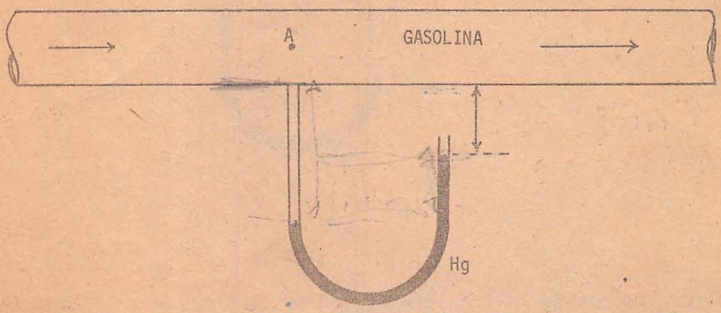
Scanned by CamScanner



33. En la rama de la izquierda se tienen 10(cm) de tetracloruro de carbono. La lectura del aparato corresponde a la diferencia entre los niveles de las columnas de mercurio. Calcule: (a) la lectura cuando no hay caída d presión en la tubería (el ducto contiene agua pero no hay flujo); (b) l diferencia de presiones en el tubo cuando el nivel del mercurio es igua en las dos ramas; (c) la diferencia de presiones en el ducto cuando la lectura es 20(cm).

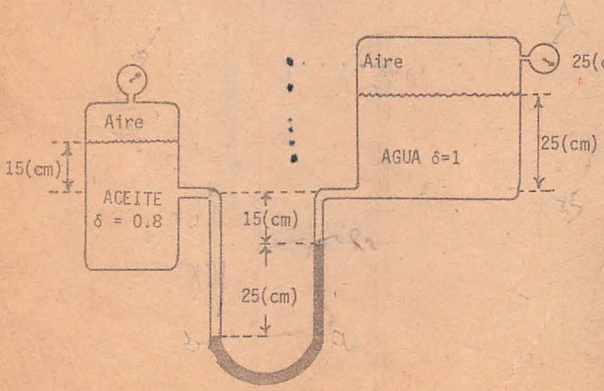


34. Por el tubo circula gasolina ($\delta = 0.72$). Cuando la presión manométrica de A es 200(kPa) la diferencia en los niveles de las columnas de mercurio es 1.62(m) ¿Qué distancia hay entre la parte superior de la columna de mercurio de la derecha y la pared del tubo por el que fluye la gasolina?

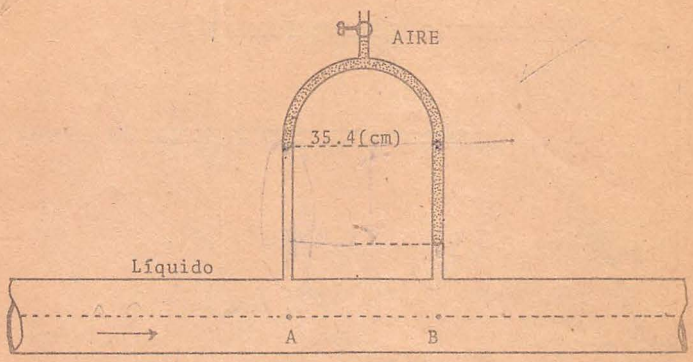


35. La diferencia de niveles entre las columnas de mercurio cuando la presión en A es la ambiente es la "lectura de equilibrio". Si para el aparato del problema precedente se tiene una lectura de equilibrio de 7.5(cm) y una lectura de operación (con la gasolina fluyendo) de 1.75(m), calcule: (i) la presión absoluta en A; (ii) la distancia que hay entre la parte superior de la columna de mercurio de la derecha y la pared del tubo por el que fluye la gasolina.

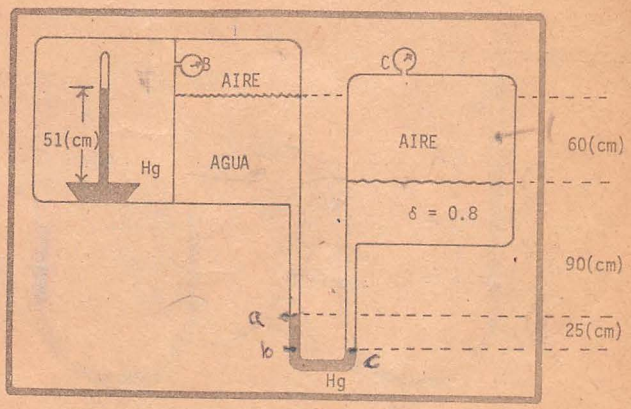
Calcule la lectura del aparato que está en el tanque de aceite



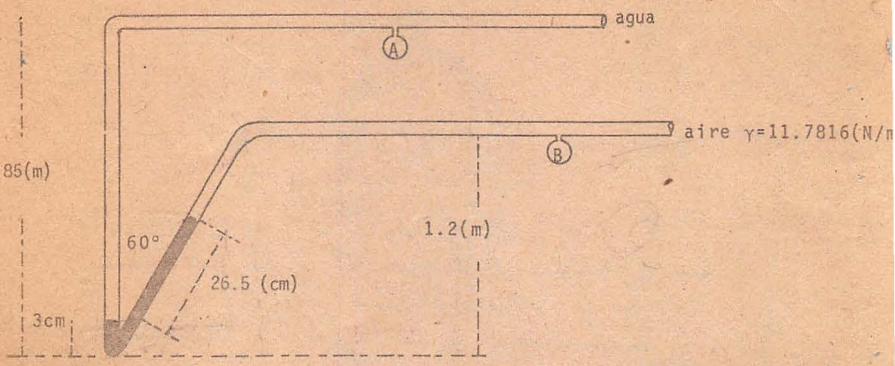
37. Calcule la diferencia de presiones absolutas entre los puntos A y B si el fluido que fluye a 25(°C) es: (i) agua ; (ii) benceno.



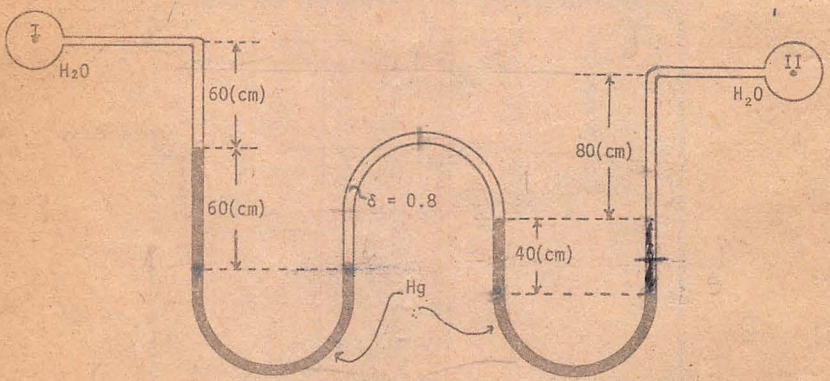
38. ¿Puede calcularse la lectura del aparato C? Si es así, hágalo. Si no, calcule todo lo que le sea posible acerca de la presión del aire en el tanque C. La lectura del aparato B es 35(kPa)man.



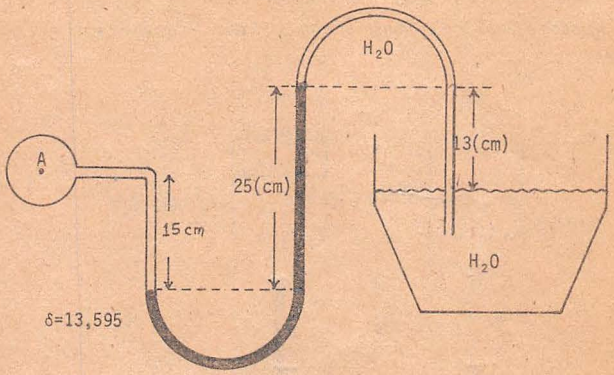
39. Calcule $P_A - P_B$



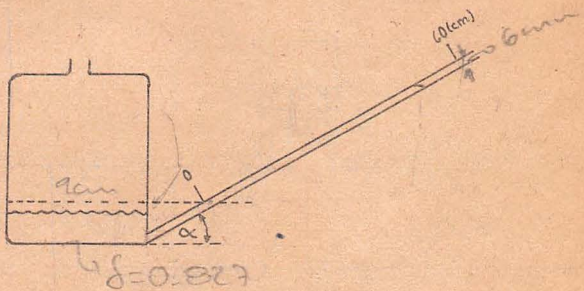
40. Calcule la diferencia de presiones entre los puntos I y II.



41. Calcule la presión absoluta en el punto A.

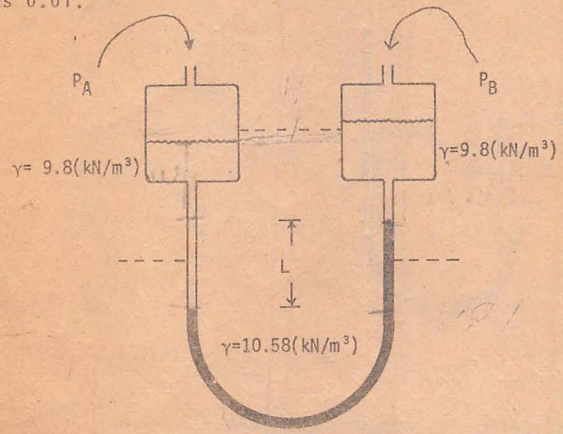


42. Los manómetros inclinados se emplean para medir diferencias de presiones muy pequeñas. El del dibujo tiene un recipiente de 9(cm) de diámetro y una rama de lectura de 6(mm) de diámetro, el fluido manométrico tiene $\delta = 0.827$ y el ángulo es $\alpha = 28(°)$. La longitud de la rama (a partir del origen 0) es 60(cm) y su extremo está abierto al ambiente. ¿Cuál es la presión máxima P_A que se puede medir con este aparato?



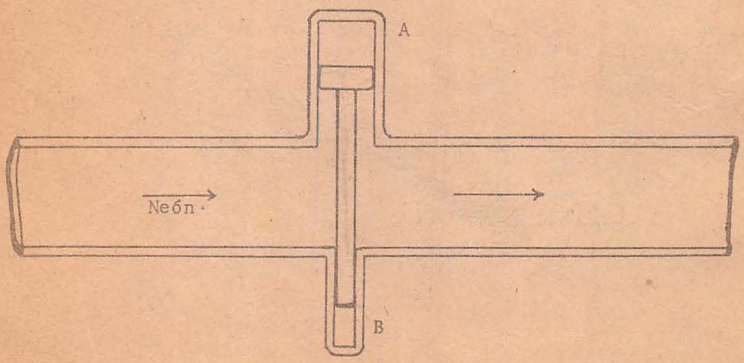
43

Esta clase de manómetros se emplea para medir con exactitud diferencias de presiones que son muy pequeñas. Calcule la lectura del aparato L cuando $P_A - P_B = 9$(mm) de agua. Los recipientes son cilindros circulares rectos; el área transversal del tubo entre el área transversal de cada recipiente es 0.01.



44

Un cierto gas se encuentra encerrado en los cilindros A(D_A= 10(cm)) y B(d_B= 3(cm)). El neón ejerce 95(kPa), mientras que el gas ejerce 300 (kPa) en A y 3.4 (MPa) en B. ¿Cuál es la masa del émbolo que cierra los cilindros A y B?



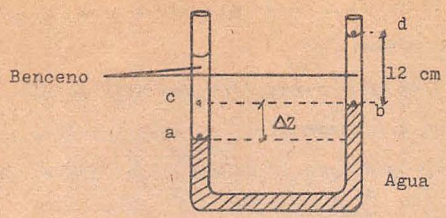
- 45) Indique la frontera de cada sistema y clasifíquelo como: abierto, cerrado o aislado.
(a) un automóvil en movimiento; (b) una olla de presión con agua hirviendo; (c) un ser humano; (d) un río; (e) el planeta tierra y su atmósfera; (f) un compresor de aire; (g) una cafetera y (h) un termo.

- 46) Clasifique a las variables siguientes como intensivas o extensivas, según corresponda. Señale las razones que lo conduzcan a esta clasificación en cada caso.
(a) color; (b) índice de refracción; (c) presión; (d) forma; (e) tensión superficial; (f) volumen; (g) olor; (h) peso; (i) masa; (j) densidad y (k) fuerza.

- 47) El querosén tiene una densidad relativa de 0.81 ¿cuál es la altura de una columna de querosén en el D.F. ($g = 9.78\ m/s^2$) que represente una presión de 2000 Pa?

- 48) En un cierto día en que el barómetro indica una altura de 74 cm. de mercurio ($\rho = 13595\ kg/m^3$), la lectura de un vacuómetro es 0.11 bares. ¿cuál es la presión absoluta que corresponde a esta lectura?

- 49) El agua ($\delta = 1.00$) es prácticamente inmiscible con el benceno ($\delta = 0.879$). Si la lectura en el manómetro es $\Delta Z = 37$ cm ¿cuál es la diferencia de presiones entre los puntos a y b? ¿Entre los puntos a y c? ¿Entre los puntos b y c? ¿Entre los puntos c y d? y ¿Entre los puntos a y d?

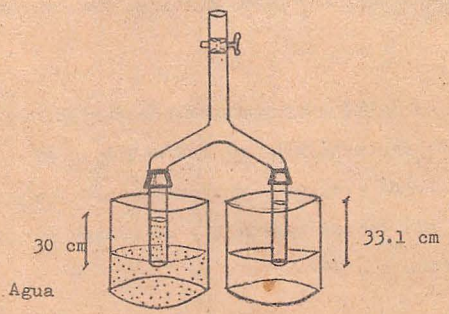


50) Una de las ramas de un tubo Y invertido se coloca en un líquido de densidad desconocida mientras que la otra rama se coloca en agua.

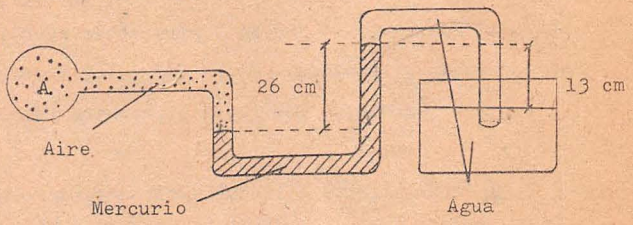
Se succiona una parte del aire contenido en el tubo, hasta que el líquido desconocido se eleva a una altura de 33.1 cm sobre el nivel que alcanza en el recipiente y el agua alcanza una altura de 30 cm por encima del nivel en su recipiente.

a) ¿Cuál es la densidad del líquido desconocido ?

b) ¿Es posible conocer el valor de la presión del aire que queda atrapado dentro del tubo en Y sin necesidad de conocer la presión ambiental ?



51) El dispositivo de la figura se encuentra a 20°C. Calcule la presión absoluta en el punto A. A esta temperatura el mercurio y el agua tienen densidades relativas de 13.595 y 1.00 respectivamente, la presión ambiental es 1.01325 bar .



52) Cuando Celsius propuso su escala, sugirió que los valores arbitrarios para la fusión del hielo y la ebullición del agua fueran 100°C' y 0°C' respectivamente (lo inverso de lo que se acepta hoy en día). Exprese las temperaturas siguientes en °C'.
(a) normal del ser humano, (b) promedio en la superficie del sol, (c) del cero absoluto y (d) promedio en C.U.

53) Un termómetro de resistencia eléctrica está formado por un alambre de platino, cuya resistencia es una función conocida de la temperatura. Se puede suponer además que la resistencia del termómetro varía linealmente con la temperatura. Si se sabe que en el punto de ebullición del azufre (444.6 °C) y de fusión del oro (1063.0 °C) la resistencia del termómetro es 24.82 y 33.60 Ohms respectivamente.
a) Encuentre la ecuación que relaciona a la temperatura con la re-

sistencia (T=f(r)). ¿Cuántas constantes desconocidas aparecen?

b) Calcule la temperatura de un sistema para el cual la resistencia del termómetro es 33.1 Ohms.

c) Encuentre la ecuación que relaciona a la temperatura absoluta con la resistencia.

54) Escriba Q(+) y W(+) para el calor y el trabajo que se transmitan hacia el sistema y Q(-) y W(-) para estas magnitudes que se transmitan desde el sistema. Si no hay calor o trabajo escriba Q(0) o W(0). Considere los casos siguientes (el sistema aparece subrayado):

a) El aire de una llanta a la que está conectada una bomba de mano. La bomba se acciona enviando aire al interior de la llanta. Suponga que la bomba, la manguera de conexión y la llanta son adiabáticos.

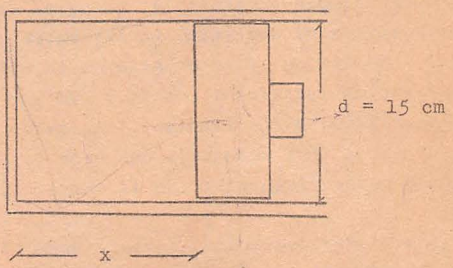
b) El agua líquida y su vapor encerrados en un recipiente metálico de paredes rígidas. El recipiente se coloca en una estufa, produciéndose un aumento en la presión y en la temperatura de su contenido.

c) El sistema en (b) hace que explote el recipiente metálico y se disperse en una atmósfera fría.

d) El líquido en un tanque aislado. El líquido llega al reposo luego de un estado inicial de agitación turbulenta.

55) Una cierta cantidad de gas ejerce una presión uniforme de 1.35 bar (manométricos) sobre un pistón de 25.5 cm de diámetro, haciendo que se desplaze 15 cm. ¿Cuál es el trabajo que realiza el gas ?. En un barómetro se lee una columna de 29.92 pulgadas de mercurio (1 pulgada es igual a 2.54 cm).

— 56) El pistón de la figura tiene un diámetro de 15 cm y un peso de 35.6 N. Cuando se encuentra a una distancia x=26 cm, la presión en el gas atrapado en el cilindro es 1.01325 bar . Si la presión es inversamente proporcional al volumen, calcule el trabajo que se requiere para situar el pistón en x=6.5 cm. Considere que el pistón se mueve sin fricción.



— 57) Una cantimplora tiene una masa de 500 g y una capacidad calorífica despreciable. En su interior se encuentran 750 g de agua y 100 g de hielo a 0°C. Esta cantimplora se deja caer desde un globo aerostático hacia la tierra.

Luego de la caída se encuentra que la temperatura de la cantimplora y su contenido es 298.15 K. Si durante el impacto no se comunica energía al suelo, ¿Cuál era la velocidad de la cantimplora un instante antes de su aterrizaje ?

El calor específico del agua es 4.1868 J/gK. Se sabe que cuando se funde un gramo de hielo se desprenden 335.0 J

TEMA II

PROPIEDADES DE LAS SUSTANCIAS

1. En un cilindro que cuenta con un émbolo se comprime una sustancia simple compresible desde 105(kPa) y 15(dm^3) hasta 420 (kPa), según una trayectoria dada por $P = a V + b$, en donde $a = -37(MPa/m^3)$. ¿Cuánto trabajo hace o recibe el sistema durante el proceso? Represente el proceso en un diagrama con las coordenadas adecuadas.

2. En un cilindro que cuenta con un émbolo que se desliza sin fricción se encuentra una sustancia simple compresible. La pared exterior del émbolo se encuentra en contacto con el ambiente. La sustancia se encuentra inicialmente a 1.4 (MPa) y 30 litros y se expande hasta 60(dm^3). Se sabe que el émbolo tiene una sección transversal de 14.0 (dm^2) y que el proceso cuasiestático sigue la relación $P V^2 =$ constante. Calcule: (a) el trabajo que hace o recibe la sustancia, (b) el trabajo que hace o recibe la atmósfera y (c) el trabajo neto que entrega o recibe la sustancia.

3. Un fluido compresible pasa cuasiestáticamente desde 140 (kPa) y 170(dm^3) hasta 85 litros. El proceso se efectúa en un cilindro que dispone de un émbolo que se mueve sin fricción y puede seguir cualquiera de las trayectorias que siguen: (i) $P \sqrt{V}$ = constante; (ii) $P V$ = constante; (iii) $P V \ln(V)$ = constante. (a) ¿Cuál de las trayectorias posibles requiere del trabajo menor? (b) ¿Cuál requiere del trabajo mayor? Compruebe su respuesta gráficamente. (c) Calcule el trabajo necesario en cada una de las trayectorias.

4. Una sustancia simple compresible se encuentra a 415 (kPa) en un cilindro que tiene un émbolo que se mueve sin fricción. El émbolo se encuentra detenido desde el exterior mediante un mecanismo adecuado (un resorte o un amortiguador). En un proceso cuasiestático se hace que el fluido vaya de 5.5 litros a 22 litros. Calcule el trabajo que hace o recibe el sistema en cada uno de los casos que siguen: (a) la fuerza que se opone al émbolo es directamente proporcional al volumen del sistema; (b) la fuerza que se opone al émbolo es directamente proporcional a la raíz cuadrada del volumen del sistema.

5. Un fluido compresible se encuentra originalmente a 140(kPa) y 150 litros, pasando a 30 litros a lo largo de un proceso que se puede describir analíticamente según $PV^{1.2}$ = constante. Calcule la presión final y el trabajo que hace o recibe la sustancia.

6. Señale la fase que se especifica con cada par de propiedades que siguen (que refieren al freón -22): (a) 5(°C) , 345 (kPa); (b) 16(°C), 0.7803 (cm^3/g); (c) 27(°C), 1101 (kPa);(d) ¿Está perfectamente determinado el estado intensivo en cada uno de los casos precedentes?

7. Dos tanques contienen una misma sustancia y se encuentran a la misma presión, pero el tanque A tiene una masa m_A y una calidad x_A, mientrasque el tanque B tiene una masa m_B y una calidad x_B. Si se mezcla isobáricamente el contenido de los tanques, de tal manera que el volumen resultante sea igual al volumen de A más el volumen de B, ¿Cuál será la calidad resultante (en función de m_A, m_B, x_A y x_B)? Dibuje el proceso en un diagrama (v,P).

8. Una cierta cantidad de agua a 1.375 (MPa) tiene una humedad del 90% ¿Qué porcentaje del volumen de la mezcla corresponde al líquido?

9. Un tanque de acero de 285 (dm^3) tiene 135 (kg) de freón-12. Si la presión en el tanque es 1.12 (MPa), ¿cuál es la calidad de la mezcla?. ¿Qué ocurre con la presión y con la calidad cuando se hace variar la temperatura del del tanque? Represente esta situación en un diagrama (v, P).

10. Complete la tabla que sigue, que contiene valores de propiedades del agua.

	t(°C)	P(kPa)	x(%)	v(cm^3/g)	h(J/g)	u(J/g)
a	229.28			72.5413		
b	371.11	2757.89				
c	115.56				2326.04	
ch		3447.37		43.6996		
d	93.33	6894.73				
e		5515.79			3112.24	
f		1103.16	90			
g	176.67			208.8840		
h	93.33				2093.44	
i	204.44				872.0	
j		40.0				2611.26
k				7634.2		677.75

11. Obtenga el valor de la presión y de la densidad y calcule el volumen de 1 (kg) de amoniaco a 32(°C) y una calidad de 0.85.

12. Complete la tabla que sigue, que contiene valores de propiedades del freón 12

	t(°C)	P(kPa)	x(%)	v(cm³/g)	h(J/g)	u(J/g
a		1241.05		13.9100		
b	37.78					191.5
c		620.53			124.68	
ch		551.58			195.39	
d		1103.16		0.8116		
e	60.0	689.47				
f	-12.22		70			
g	43.33					77.1
h		482.63			209.55	
i	48.89			0.8222		
j		965.26				174.6

13. Un tanque cerrado contiene agua y su vapor en equilibrio a 143(°C). El nivel del líquido por encima del fondo es 8.4(m) (a) Calcule las presiones que se miden en la tapa y en el fondo del tanque. ¿Está su resultado en oposición a la definición de un estado de equilibrio?

14. Un cilindro que tiene un émbolo contiene bióxido de azufre, el cual sufre un proceso cuasiestático. Los valores de las propiedades se presentan a continuación:

P(k Pa)	v(dm³/kg)
345	124.86
276	149.83
207	187.28
138	268.44
69	474.45

a) Calcule el trabajo que hace el bióxido de azufre.
b) El trabajo neto que se entrega al exterior, si el émbolo está en contacto con la atmósfera y corre sin fricción.
c) El trabajo neto que se entrega al exterior si el émbolo está en contacto con la atmósfera y la fuerza de fricción es proporcional a 0.2 P.

15. Indique en cada uno de los estados que siguen si se trata de líquido subenfriado, de vapor y agua en equilibrio o de vapor sobrecalentado:

(i) 124(°C) y 153 (kPa)
(ii) 0.365 (MPa) y 0.43 (m^3/kg)
(iii) 163(°C) y 0.29 (m^3/kg)
(iv) 217(kPa) y 119(°C)
(v) 303(°C) y 0.01(m^3/kg)
(vi) 5.7(kPa) y 34(°C)
(vii) 54 (kPa) y 3.076 (m^3/kg)
(viii) 326(°C) y 0.013(m^3/kg)
(ix) 155(°C) y 1.096 x 10^{-3}(m^3/kg)
(x) 874.14(°C) y 22.09(MPa)

16. Encuentre los volúmenes específicos que corresponden a los estados que se especifican:

a) bióxido de carbono con una humedad del 94% a -18(°C)
b) amoniaco a 30(°C) con una calidad del 75%
c) oxígeno a 107(k) con una humedad del 28%
d) freón 12 a 55(°C) con una humedad del 85%
e) nitrógeno a 90(K) con una calidad del 40%
f) agua a 77 (kPa) con una humedad del 87%
g) freón-12 a 220 (kPa) y 37(°C)
h) amoniaco a 48 (kPa) y -43(°C)
i) agua a 13 (MPa) y 248(°C)
j) bióxido de carbono a 3 (MPa) y 30(°C)

17. Un tanque de acero contiene 0.272 (kg) de vapor de agua saturado y seco a 156(°C). El tanque se calienta hasta 93.5(°C). (a) Haga un esquema del proceso en un diagrama (v, P). (b) ¿Qué porcentaje del volumen final le corresponde al líquido? (c) ¿Cuál es la masa del líquido en el estado final?

18. Un tanque de acrílico transparente de 15 (dm^3) contiene 10(kg) de una mezcla de agua y vapor a 30(°C) ¿Qué ocurre con el nivel del líquido si el tanque se calienta cuasiestáticamente? ¿Asciende o desciende? Respalde su respuesta con un esquema en un diagrama (v, P).

19. Se extrae isotérmica y lentamente freón-12 de un tanque cilíndrico de 25(cm de diámetro, hasta que el nivel disminuye en 18(cm). Si el proceso ocurre a 20(°C) ¿cuánto freón se ha extraído?

20. En una planta criogénica se tiene un tanque de acero inoxidable a 200 litro que contiene 200(kg) de oxígeno a -183.15(°C). Calcule: (a) el porcentaje en masa del líquido; (b) el porcentaje en volumen del líquido.

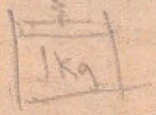
21. Un tubo de vidrio herméticamente sellado contiene amoniaco gaseoso a 40(°C). Aunque es imposible medir directamente la presión del gas, se cree que se puede conocer su valor enfriando el tubo, ya que se observa que a 6(°C) se forman unas gotitas en la pared interior del tubo. ¿Cuánto es la presión del amoniaco a 40(°C)?

22. Un kilogramo de amoniaco se encuentra en un cilindro que tiene un émbolo que se desliza sin fricción. En un proceso se comprime el amoniaco cuasiestática e isotérmicamente desde 125 (kPa) hasta que se obtiene líquido saturado a 1554.3 (kPa). ¿Cuánto trabajo se necesita?

23. En una locomotora de vapor se expande agua en un cilindro con un émbolo. La expansión ocurre desde 400 (kPa) y una calidad del 80(%) hasta 0.1 (MPa) a lo largo de una trayectoria definida por $Pv^{1.05}$ = constante. (a) Dibuje el proceso en un diagrama (v, P); (b) calcule el trabajo de expansión.

24. Un depósito hemisférico de 120 litros contiene amoniaco a 31(°C) en tales proporciones que el volumen del gas es dos veces el volumen del líquido. Mediante un sistema de bombeo se introduce amoniaco al tanque en forma cuasiestática e isotérmica, hasta que en el depósito se tienen 30(kg) (a) ¿Cuál es la relación de los volúmenes del gas y del líquido en el estado final? (b) ¿Cuál es la masa del amoniaco gaseoso en el estado final?

25. En un cilindro vertical que cuenta con un émbolo perfectamente lubricado se encuentra 1 (kg) de agua con una humedad del 10(%). El área del émbolo es 0.5(m^2) y en las condiciones iniciales el resorte toca apenas su cara superior, sin ejercer alguna fuerza. Cuando el cilindro se calienta se eleva el émbolo, empujando al resorte, el cual sigue la ley de Hooke con una constante de 100 (N/cm). Si el agua pasa de 110(°C) hasta 200(°C), ¿qué presión alcanzará?



$x = .9$

$T_1 = 110°$

$T_2 = 200°$

$F = (N)(x)$

$P = \frac{F}{A}$

$x = \frac{V}{A}$

$V_{liq} = xV_g + (1-x)V_f$

$V = Ax$

$P = \frac{Nx}{A}$

El acetona tiene a 20(°C) y 101.325 (kPa) una $\beta = \frac{1.487 \times 10^{-3}}{(K)}$, una $\chi = \frac{6.119 \times 10^{-10}}{Pa}$ y una $\rho = 0.777\ (g/cm^3)$

a) Halle una expresión para $(\partial P/\partial T)v$ en términos de β y γ

b) ¿Qué presión se alcanzará cuando se calienta acetona isométricamente desde 101.325 (kPa) y 20(°C) hasta 39(°C)?

c) ¿Cuál es el cambio en el volumen del acetona si su estado cambia de 20 (°C) y 101.325 (kPa) hasta 0(°C) y 1.01325 (MPa).

Un submarino se sumerge hasta una profundidad de 1700(m). Si la temperatura se mantiene constante y el agua marina tiene un coeficiente de compresibilidad isotérmico constante de $4.351 \times 10^{-10}\ Pa^{-1}$, ¿cuál será el error en el cálculo de la presión en un punto cualquiera del casco si se supusiera que el peso específico del agua de mar tiene el valor constante de 10 058.1 (N/m^3), que es el valor en la superficie?

3. Si la relación funcional entre las propiedades de una sustancia simple compresible es $P\ v = D\ T$ donde D es una constante, calcule α y β.

9. Si la ecuación que relaciona las propiedades de un fluido es de la forma $Pv = C\ T^{(1+ap)}$ donde C y a son constantes, calcule β y γ.

0. Calcule el trabajo que se necesita para que 15(cm^3) de mercurio pasen de 0(°C) y 101.325 (kPa) hasta 273.15(K) y 101.325 (MPa). La densidad del mercurio es 13.595 (g/cm^3) y su coeficiente de compresibilidad isotérmica tiene el valor de: (a) $3.87 \times 10^{-11}\ (Pa^{-1})$ (b) $3.87 \times 10^{-11}\ (Pa^{-1}) - 1 \times 10^{-20} P$, donde γ se mide en (Pa^{-1}) y P se mide en (Pa).

1. Un tanque de acero de 1.4(m^3) contiene aire a 101.325 (kPa) y 24(°C). Mediante la apertura de una válvula se permite que salga el gas, hasta que en el tanque se llega a 5.5 bares y 15(°C). ¿Cuál es la masa de aire que escapa?

2. Un depósito metálico de 2.8(m^3) contiene aire a 137(kPa) y 18(°C). Las condiciones en el tanque se cambian a 3.45(MPa) y 49(°C) mediante el bombeo de aire desde el exterior (a) Calcule la masa del aire que se bombea. (b) Calcule el volumen que le corresponde a esta masa si se midiera a 101.325(kPa) y 273.15(K) (c) ¿Cuál será la presión del aire si se deja que el depósito se enfríe hasta 18(°C)?

33. Un globo aerostático se infla hasta 2(m^3) cuando está al nivel del mar, donde la presión ambiente es 755(mm de Hg). ¿Cuál será el volumen del globo cuando ascienda a una altura donde la presión sea 10(mm de Hg)? Suponga que la temperatura del gas se mantiene constante y que el globo es infinitamente extensible.

34. Una campana de buceo (que consiste esencialemnte de un cilindro sin la tapa de la base) contiene 3(m^3) de aire cuando se encuentra en la cubierta de un barco. ¿Qué volumen ocupará el aire cuando la campana baje a una profundidad de 50(m)? Considere que la densidad del agua de mar es 1.025 (g/cm^3) y que la temperatura a 50(m) es la misma que en la superficie.

35. Cuál es la diferencia de presiones que se necesita establecer en los extremos de un popote vertical que mide 15(cm) para poder beber agua de jamaica? Calcule un valor aproximado de la expansión de los pulmones necesaria para lograr el vacío adecuado en la parte superior del popote se encuentra en el D. F.

36. En un experimento para la estimación de la masa molecular de una sustancia gaseosa se colocan 33.5 (mg) en un tanque de 250(cm^3), manteniéndolo a 152(mm de Hg) y 25(°C). ¿Cuál es la masa molecular de la sustancia?

37. ¿Es posible que 131 (g) de xenón encerrados en un tanque de 1(dm^3) ejerzan 2026.5 (kPa) a 25(°C), suponiendo que se comporta como un gas ideal? Si no es posible, ¿qué presión ejercería?

38. México envía gas natural (esencialmente metano, CH_4) a los Estados Unidos. La unidad en la operación comercial es el "millar de pies cúbicos", volumen que se mide a 101.325 (kPa) y 0(°C) ¿Cuál es la masa de metano que corresponde a un millar de pies cúbicos?

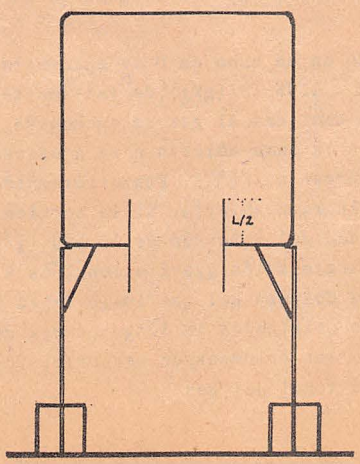
39. Con una balanza analítica se mide la diferencia en la masa de un recipiente cónico cuando se llena con un gas perfecto y cuando está vacío. El valor que se obtiene es 2.5(g). El gas llena el recipiente a 0.875 (MPa) y 25(°C). El radio de la base del cono es 35(cm) y al altura es 11(cm). ¿Cuál es la sustancia gaseosa?

40. La temperatura de la atmósfera se puede valuar según :

$$T = 23(°C) - 7.312 \times 10^{-3}(°C/m)\cdot Z \qquad 0 \leq Z \leq 10668(m)$$
$$T = -55(°C) \qquad Z \geq 10668(m)$$

Se considera que Z es cero al nivel del mar. Deduzca las funciones que representen la variación con respecto a la altura de: (a) la presión y (b) la densidad. En ambos casos, la función debe ser válida hasta 25000(m). Considere que la constante del aire es 287(J/(kgK)).

41. Se emplea una celda experimental para estudiar la adaptación de los seres humanos a la vida subacuática durante periodos largos de tiempo. La celda es un cilindro de acero de 3(m) de alto y 3(m) de diámetro que tiene una salida circular de 1(m) diámetro para que los buzos puedan entrar y salir. Esta salida no tiene puerta. La temperatura en el interior de la celda se mantiene en 27(°C) gracias al empleo de unos calentadores eléctricos. La celda se llena en la superficie con un gas perfecto, cuya constante es 315(J/(kgK)), un día en que la presión barométrica es 101.325 (kPa). (a) ¿Cuántos kilogramos de gas se necesitan para llenar la celda? (b) Si la cantidad del gas en la celda es constante, calcule la longitud de la entrada cilíndrica para que el agua no penetre en la celda, considerando que sobre la superficie del mar la presión fluctúa entre 712 (mm de Hg) y 780(mm de Hg). La densidad del agua marina es 1041 (kg/m^3) y la del mercurio es 13793.25 (kg/m^3).



42. En un tubo en U de 1(cm^2) de sección transversal, soldado por uno de sus extremos y lleno de mercurio, se introducen 25(cm^3) de aire a -20(°C) de tal manera que los meniscos del mercurio en ambas ramas están al mismo nivel. El aire del tubo se calienta posteriormente hasta 70(°C). Calcule: (a) la diferencia de nivel entre los meniscos del mercurio en cada rama. (b) la presión final del aire atrapado. Considere que la presión ambiental es 77.13(kPa) y la densidad del mercurio es 13.595(g/cm^3).

43. Dentro de un cilindro con un émbolo móvil lubricado perfectamente se encuentra una cantidad de oxígeno a 80(°C) y a un vacío de 320 (mm de Hg). El gas se comprime isotérmica y cuasiestáticamente hasta una presión manométrica de 12 bares. ¿Cuál es el trabajo por unidad de masa del oxígeno que se necesita?

44. Una instalación de turbina de vapor de 100 000 (kW) de potencia consume 0.37(kg) de combustible por cada (kW·h) ¿Cuál es el gasto másico (en(kg/h)) de los ventiladores que envían el aire al hogar de las calderas, si se sabe que para quemar 1(kg) de combustible se necesitan 15(m^3) de aire, medidos a las condiciones normales?

45. La medida del volumen de un gas perfecto puede dar una idea de su estructura molecular. Establezca si la molécula del oxígeno es verdaderamente diatómica, sabiendo que 5(g) ocupan 4 litros a 150(°C) y 137.3(kPa). ¿Cuál sería la presión del gas si la molécula estuviera formada por tres átomos? (A esta forma molecular del oxígeno se le llama ozono, O_3).

46. En el extremo sellado de un tubo en U se encuentra atrapado un gas ideal (Cv = 3.14(J/gK) y R = 2.08 (J/(gK)) de tal suerte que el nivel del mercurio en el tubo que contiene al gas se encuentra 10(cm) por debajo del nivel del mercurio en la rama abierta a la atmósfera. Tanto el gas como el mercurio se encuentran a 22(°C). Posteriormente se agregan 1.5 x 10^{-4} (m^3) de mercurio en la rama abierta. Si la sección transversal del tubo es 10(mm^2), la densidad del mercurio es 13.595 (g/cm^3), la presión ambiente es 78(kPa) y aceleración gravitacional es 9.78(m/s^2), calcule: (a) la longitud de la columna del gas luego de la adición del mercurio, si en las condiciones originales la longitud era de 25(cm), (b) la diferencia de nivel entre las columnas de mercurio, (c) la presión final del gas y (d) la densidad final del gas.

47. Un tanque cilíndrico cerrado herméticamente de 3(m) de alto contiene inicialmente aire a la presión ambiente y 2.5(m) de agua. En la superficie lateral, a 70(cm) por encima del fondo, se conecta un manómetro en U que contiene mercurio. El nivel de equilibrio del manómetro se encuentra a 0.2(m) por debajo de la conexión con el tanque. Al conectar el manómetro al tanque se permite que se escape todo el aire de la rama de conexión. Si se deja que el agua salga muy lentamente por una válvula en el fondo del tanque hasta que se alcance el equilibrio, calcule (a) la distancia Y entre los niveles del mercurio en cada rama del manómetro. (b) Puede calcularse la presión del aire que queda en el tanque? Si es así, calcúlela. (c) ¿Puede conocerse la elevación del agua que queda en el tanque? Si es así, encuéntrela.

48. El tiro de una mina tiene una profundidad de 1(km). Si la temperatura tiene el valor constante de 43(°C). ¿Cuál es el error que se comete cuando se pronostica el valor de la presión en el fondo de la mina considerando que la densidad del aire tiene el valor constante que se mide en la superficie? La presión del ambiente en la boca de la mina es 98(kPa).

49. Calcule el valor del coeficiente de expansividad isobárica y del de compresibilidad isotérmica para el nitrógeno, el hidrógeno, el oxígeno y el monóxido de carbono si cada gas se encuentra a 1.2(MPa) y 430(°C).

50. Calcule el valor del coeficiente de expansividad isobárica y del de compresibilidad isotérmica para el freón-12 a 276(kPa) y 36.7(°C) empleando: (a) las tablas de propiedades P, v, T y (b) la ecuación de los gases ideales. Compare los resultados de (a) y (b).

51. Compare los trabajos que se necesitan para comprimir 10(g_{mol}) de un gas ideal y 10(g_{mol}) de un líquido desde 100(kPa) hasta 10(MPa). En cada caso el proceso se hace reversible e isotérmicamente a 26(°C). La densidad del líquido es 0.5(g_{mol}/cm^3) y su coeficiente de compresibilidad isotérmica es 4.935×10^{-11} (Pa^{-1}).

2. Es un hecho experimental que para todas las sustancias en el punto crítico se cumplen las relaciones que siguen:

$$\left(\frac{\partial P}{\partial v}\right)_T \Big|_{P.C.} \equiv \left(\frac{\partial^2 P}{\partial v^2}\right) \Big|_{P.C.} \equiv 0.$$ ¿Cuáles ecuaciones de estado de las que se escriben a continuación satisfacen estas relaciones y en qué condiciones lo hacen? (a) la ecuación del gas ideal; (b) la ecuación de van der Waals; (c) la ecuación de Redlich y Kwong.

53. Calcule un valor aproximado de las constantes críticas (P_c, v_c, T_c) de una sustancia cuyas constantes de van der Waals son: a = 760951 ($kPa \cdot dm^6/gmol^2$) y b = 2.26×10^{-2} ($dm^3/gmol$).

54. Si se puede esperar que el χ_e se comporte de acuerdo a la ecuación de van der Waals, ¿qué presión ejercerían 131 (g) a 25(°C) y 1(dm^3)?

55. En un cilindro que tiene un émbolo que se mueve sin fricción se encuentran 748(g) de helio a 0.688(MPa) y 120(K). El cilindro se encuentra inmerso en un baño que permite mantener la temperatura constante. Calcule el trabajo máximo y el trabajo mínimo que es posible obtener del sistema cuando se permite que el gas llegue a 0.344(MPa) si la sustancia se describe adecuadamente con la ecuación: (a) del gas ideal; (b) de Van der Waals; (c) de Redlich y Kwong.

56. Un investigador propone la ecuación de estado: $P = RT/v - A/v^2 + B/v^3$ en donde R, A y B son constantes. (a) ¿Describe la ecuación el comportamiento de las sustancias en el estado crítico? (b) Encuentre la relación matemática entre cada una de las coordenadas críticas (P_c, v_c, T_c) y las constantes de la ecuación. (c) Encuentre una expresión para el factor de compresibilidad crítico (Z_c) en términos de las constantes de la ecuación.

57. Calcule la presión que ejercen 28(g) de etileno (C_2H_4) cuando se encuentran a 1000(K) y 100(cm^3) si el etileno se comporta según: (a) la ecuación del gas ideal; (b) la ecuación de van der Waals; (c) la ecuación de Redlich y Kwong; (d) el principio de los estados correspondientes.

58. Compare los valores de la densidad del freón-12 a 1.1(MPa) y 93(°C) que se obtienen cuando se emplea: (a) la ecuación del gas ideal; (b) la ecuación de van der Waals; (c) la ecuación de Redlich y Kwong; (d) la carta del factor de compresibilidad ; (e) la tabla de propiedades.

59. ¿Cuántos kilogramos de aire se pueden almacenar en un tanque de 1.4 (m^3) a 685(kPa) y 22(°C)? ¿Cuántos kilogramos de hidrógeno se podrían almacenar a las mismas condiciones? Haga sus cálculos empleando: (a) la ecuación del gas ideal; (b) la ecuación de van der Waals; (c) la ecuación de Redlich y Kwong: (d) la carta del factor de compresibilidad.

60. En un cilindro que tiene un émbolo que se mueve sin fricción se encuentran 800(g) de amoniaco. En un proceso cuasiestático y politrópico el estado de la sustancia cambia de 2(MPa) y 64(°C) hasta 125(kPa) y 75(°C). ¿Cuánto trabajo se hace o se recibe, si para el cálculo se emplea: (a) la ecuación del gas ideal; (b) la ecuación de van der Waals (c) la ecuación de Redlich y Kwong; (d) el factor de compresibilidad; (e) La tabla de propiedades?

61. Un tanque de 85 litros contiene 45(kg) de C O(MM = 28.01) a 75(°C). - ¿Cuál es la presión en el tanque? ¿Es conveniente el uso de la ecuación del gas ideal?

62. Un bloque de hielo de 45(kg) se introduce en un recipiente de 280 litros y luego se calienta hasta 627(°C) ¿Cuál es la presión que se alcanza?

63. En un cilindro que cuenta con un émbolo que se mueve sin fricción se encuentran 540 litros de bióxido de carbono. Si el gas se calienta isobáricamente desde 36.9 (MPa) y 16(°C) hasta 77(°C), calcule el volumen final del CO_2 si: (a) es un gas ideal; (b) no es un gas ideal.

64. Un bloque de "hielo seco" de 23(kg) se introduce en un tanque metálico de paredes rígidas de 140 litros. Inmediatamente después se procede a calentar el tanque hasta que un manómetro indica 11(MPa). ¿Cuál será la temperatura del gas que está en el tanque?

5. Un tanque de acero inoxidable de 35 litros contiene 1(kg) de etileno ($C_2 H_4$) a 38(°C). ¿Cuál es la presión del gas?

6. Un tanque de 30 litros contiene etileno ($C_2 H_4$) a 100(°C) y 51(MPa). ¿Cuál es la masa del gas que se halla en el tanque?

7. Dos tanques de acero que son iguales contienen gases diferentes, ambos a 25(°C) y 6.9(MPa) manométricos. Un tanque contiene nitrógeno, mientras que el otro contiene etileno ($C_2 H_4$). (a) ¿Cuál tanque tiene el volumen mayor, cuando se mide a las condiciones "normales" de 101.325 (kPa) y 273.15(K)? Verifique su respuesta calculando el cociente de los volúmenes a las condiciones normales. (b) ¿Cuál cilindro contiene la mayor cantidad de gas? Calcule el cociente de las masas de los gases que están en los tanques.

68. Si se conocen la temperatura y el índice de refracción de un líquido, ¿Se puede decir que está definido el estado termodinámico del sistema? Si se conoce la misma información para un gas, ¿Se puede decir que se define el estado termodinámico para este sistema?

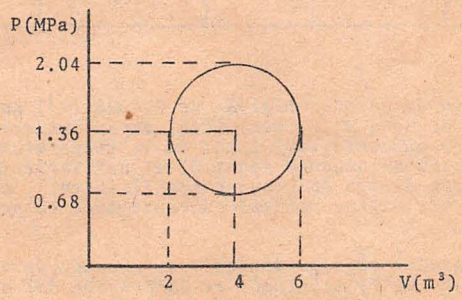
69. En un cilindro con pistón se encuentra una sustancia simple compresible a 10 (bares) y 0.05(m^3). Calcule el trabajo que hace la sustancia cuando se expande reversiblemente.

a) Hasta un volumen de 0.2 (m^3) a presión constante
b) Hasta un volumen de 0.2 (m^3) y una presión de 2(bares) según p =mV+ donde m y b son constantes.
c) Hasta un volumen de 0.1(m^3) según pV = K, donde K es una constante.
d) Hasta un volumen de 0.06 (m^3) según PV^3= C, donde C es una constant
e) Hasta un volumen de 0.1 (m^3) y una presión de 1 (bar) según p=A/(v^2 -B/V, donde A y B son constantes.

Dibuje cada proceso en un diagrama (V, p)

70. Un kilogramo de una cierta sustancia simple compresible se expande reversible de acuerdo p = m V + b, donde m y b son constantes, (esta es una relación lineal entre p y V) desde 0.004 (m^3) hasta 0.02 (m^3). El fluído se enfría luego reversible e isobáricamente y finalmente se comprime reversiblemente según pV = K, donde K es constante, hasta las condiciones iniciales: p = 4.2 (bares)y V = 0.004 (m^3). Calcule el trabajo que se hace en cada proceso, indicando si se hace por o sobre el fluido Calcule el trabajo neto que resulta de esta serie y dibuje cada uno de estos en un diagrama (V, p).

71. Un sistema termodinámico cerrado sigue la trayectoria que se muestra en la figura ¿Cuál es el trabajo neto intercambiado por este ciclo? Si el sistema recorre el ciclo en el sentido contrario al de las manecillas del reloj ¿El sistema hace trabajo o lo recibe? Si el sistema recorre el ciclo en el sentido de las manecillas del reloj ¿El sistema hace trabajo o lo recibe?



72. ¿Qué trabajo hace un litro de agua al congelarse bajo la presión atmosférica normal? Las densidades del agua y del hielo a 0°C son 0.99987 y 0.91674 (g/cm^3), respectivamente.

73. Emplee las tablas de vapor para completar la tabla que sigue. Cuando alguna propiedad sea irrelevante, señale el espacio con una cruz. Interpole linealmente cuando sea necesario.

	p (bar)	t (°C)	v (m^3/kg)	x	Sobrecalentamiento	h (J/g)	u (J/g)
1.		90	2.364				
2.	20					2799	
3.	5		0.3565				
4.		188					2400
5.	34			0.9			
6.		81.3		0.85			
7.	3	200					
8.	15		0.152				
9.	130					3335	
10.		250	1.601				
11.	38.2			0.8			
12.		297		0.95			
13.	2.3	300					
14.	44	420					

74. Dentro de un tanque de paredes rígidas de 0.0076 (m^3) se encuentran 0.05(kg) de vapor de agua a 15 (bar) ¿Cuál es su temperatura? Si se enfría el tanque (y su contenido) ¿Cuál es la temperatura a la que el vapor se encuentra saturado y seco? Si el enfriamiento continúa hasta que la presión dentro del tanque sea 11 (bares), calcule la calidad del vapor y el calor retirado durante todo el proceso.

75. En un tanque de paredes rígidas de 5(m^3) se encuentran 500(kg) de CO_2 a una temperatura de 0(°C) (a) ¿Cuál es la presión del sistema? (b) ¿Cuál es la calidad o el sobrecalentamiento del contenido del recipiente?

Si se intercambia energía con el exterior, (c) ¿Qué cantidad de calor se requiere intercambiar, y en qué dirección, para que en el tanque s encuentre CO_2 saturado y seco? (d) ¿Cuáles son p y T en este estado?

76. Un metal que tiene un coeficiente de compresibilidad isobárica de $5 \times 10^{-5}\ (K)^{-1}$ y un coeficiente de compresibilidad isotérmica de $1.2 \times 10^{-6}\ (atm)^{-1}$ se encuentra rodeado por un material hipotético que lo mantiene a volumen constante.

El sistema se encuentra originalmente a 1(atm) y 20(°C).

a) ¿Cuál será la presión final si la temperatura se eleva hasta 32(°C

b) Si el material hipotético puede soportar una presión máxima de 120 (atm) ¿Cuál es la temperatura máxima a la que se puede llevar el sistema sin romper el material hipotético? Considere que ambos coeficientes de compresibilidad se mantienen constantes.

77. El agua a 25(°C) y 1 (atm) tiene un coeficiente de compresibilidad isotérmica de $4.5 \times 10^{-5}\ (atm)^{-1}$ ¿Hasta qué presión se debe comprimir el agua a 25(°C) para cambiar su densidad 1%? ¿Qué cantidad de trabajo se requiere para este proceso? Suponga que el coeficiente de compresibilidad isotérmica es independiente de la presión.

78. La entalpía específica de una sustancia se representa por la ecuación

$$h = A\,T + B\,T^2 + \frac{C}{T} + D$$

donde A, B, C y D son constantes. Encuentre una expresión para el calor específico a presión constante en función de la temperatura para esta sustancia.

79. ¿Cuál es la energía en forma de calor que se requiere para hacer pasar 1(kg) de hielo a 0(°C) a 1(kg) de vapor a 150(°C) a la presión de 1.01 (bares)? Investigue los datos que necesite.

80. Suponga que para un cierto proceso reversible se puede caracterizar a un gas ideal con la relación empírica.

$$pv^n = \text{constante}$$

a) Demuestre que el trabajo que se hace durante el proceso entre los estados $1(p_1v_1)$ y $2(p_2v_2)$ es:

$$W = \frac{RT_1}{(n-1)} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{(n-1)/n} - 1 \right] \qquad (I)$$

b) Si el proceso es isotérmico, n = 1. Demuestre que la ecuación precedente se reduce entonces a:

$$W = R\,T\,\ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right)$$

(Sugerencia: tome el límite de la expresión (I) cuando n→1. Use la regla de L'Hopital.

c) Si el estado 1 está dado por: $p_1 = (2.5 \pm 0.08)$ bar y $V_1 = (1.5 \pm 0.04)$ m^3 y el estado 2 por $p_2 = (8 \pm 0.3)$ bar y $v_2 = (0.6600 \pm 0.008)$ $\bar{m}^3$ y se sabe que n es $1.41 \pm 0.\overline{008}$, calcule el trabajo efectuado durante el proceso. Exprese su respuesta como $\bar{W} = W \pm Ew$.

81. Durante un proceso se comprimen 285 (litros) de amoniaco (medidos a 20 (bar) y 204(°C) hasta 180(°C) y la mitad del volumen original. Calcule la presión final si el amoniaco.

a) Es un gas ideal (p_{id})

b) Es un gas de vander Waals (p_{vw})

c) Es un gas de Redlich-Kwong (p_{RW})

d) Es un gas "real" caracterizado por el factor de compresibilidad $Z(p_{F.C.})$.

e) Encuentre el valor de la presión final en tablas o gráficas para el amoniaco (p_N) y calcule el porcentaje de error para los cuatro valores precedentes:

$$\frac{p_N - p_j}{p_j} \times 100 \qquad J = id,\ vW,\ RW,\ F.C.$$

82. Deduzca expresiones para el coeficiente de compresibilidad isotérmica y para el coeficiente de compresibilidad isobárica.

a) Para un gas ideal

b) Para un gas de vander Waals

c) Para un gas de Redlich-Kwong

(Este problema es opcional)

CAPITULO III

1. En uno de los primeros experimentos de Joule para establecer la equivalencia entre el calor y el trabajo se dejaba caer una pesa que, conectada adecuadamente, impartía un trabajo de agitación en el agua. Una vez que se tomaron las medidas pertinentes para considerar las fuerzas de fricción se obtuvieron los datos que siguen:
   . la masa total de la pesa, 57.8 (lb)
   . el número de veces que se le deja caer, 21
   . la altura desde la que se le deja caer, 5.0 (ft)
   . el aumento en la temperatura del agua, 0.563 (°F)
   . la capacidad térmica del agua y del recipiente, 13.9 (Btu/°F)
   Calcule el equivalente mecánico del calor que se puede obtener de este experimento.

2. En los tanques iguales A y B se tienen unas mezclas idénticas de hielo y agua, las que van a experimentar unos cambios de estado iguales. El tanque A, de paredes rígidas, recibe 7559.88 calorías de energía en forma de calor, provocándose que se funda la misma cantidad de hielo que en el tanque A. El agitador B funciona 40 minutos a 1485 (rev/min). El par al que se somete la flecha del agitador es 8.4739×10^{-2} (N-m) y las paredes de B son adiabáticas. a) Calcule el trabajo de agitación (en J) que se hace en el tanque B; (b) Obtenga el equivalente mecánico del calor (en J/cal); (c) Calcule el cambio en la energía interna de la mezcla de cada tanque.

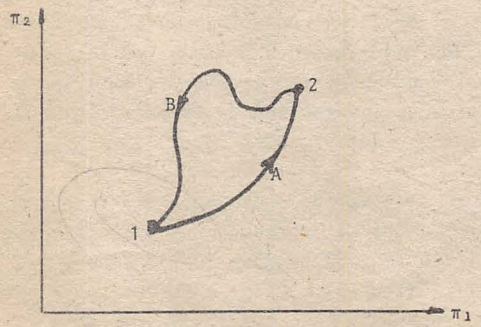
3. Una sustancia experimenta un proceso cíclico durante el cual recibe 10(kJ) de un depósito térmico y cede 6(kJ) al medio ambiente. En el ciclo se presentan dos interacciones de trabajo: se reciben 1.5(kJ) mientras que en la segunda no es posible medir el trabajo. (a) ¿Cuál es el valor de la segunda interacción de trabajo? (b) ¿Cuál es el cambio en la energía interna del sistema?

4. Un sistema se compone de 3(kg) de una mezcla de nitrógeno y aire, inicialmente a 100 (kPa) y 30(°C). Durante un proceso que lleva a la mezcla hasta 400 (kPa) y 90(°C) se retiran 10(kJ) de calor del fluido, recibiendo 64(kJ) (a) ¿Cuál es el cambio en la energía interna de la mezcla? Luego de este proceso se hace pasar a la mezcla a 100 (kPa) y 30(°C), extrayéndole un trabajo de 50(kJ). (b) ¿Cuál es el calor necesario en este nuevo proceso? (c) ¿Cuál es el aumento en la energía de la mezcla luego de la realización de los dos procesos?

5. Una sustancia que sufre un proceso cíclico continuo durante el cual recibe 2.5(kJ) de calor de una fuente y cede 1.5(kJ) de calor al medio ambiente. La sustancia recibe un trabajo eléctrico de 43(W.s) - mientras mueve verticalmente un objeto de 3(kg). ¿Qué tanto se mueve el objeto? ¿Hacia arriba o hacia abajo?

6. Una sustancia simple compresible experimenta un proceso (A) durante el cual recibe 12(kJ) de calor y cede 3.75 (kJ) de trabajo, pasando del estado (1) al estado (2). Es posible hacer que la sustancia pase del estado (1) al (2) mediante el proceso, (B), durante el cual el - sistema recibe un trabajo de 20(kJ). (a) ¿Cuál es la transmisión de calor para el proceso (B)? ¿Hacia dónde? (b) ¿Cuál sería el trabajo necesario para que el sistema fuera de (1) a (2) sin transmitir o recibir calor? (c) ¿Cuál es la relación cuantitativa que deben satisfacer el calor y el trabajo para cualquier proceso que lleve al sistema de (1) a (2)?

7. Una sustancia simple compresible es aquella que requiere de dos propiedades independientes e intensivas para fijar su estado. En el diagrama π_1 y π_2 representan estas propiedades. Durante el proceso A la sustancia entrega un trabajo de 18(kJ) al tiempo que recibe 17(kJ) de calor. La energía interna del estado (1) es 35(kJ) (con respecto a un estado de referencia arbitrario). La sustancia se regresa al estado - (1) mediante un proceso B, durante el cual el sistema entrega 45(kJ) de trabajo ¿Cuál es el valor para este proceso? ¿Cuál es la energía - en (2)?



8. Un cilindro que tiene un émbolo contiene 90(g) del refrigerante freón-12, experimentando los procesos que siguen: (i) una compresión adiabática según $PV^{1.4}$ = cte1 desde 110 (kPa) y 70(dm^3) hasta 10 litros; (ii) una expansión según $PV^{1.25}$= cte2 hasta alcanzar el volumen inicial y (iii) un enfriamiento a volumen constante, perdiendo 4.22(kJ) de calor para regresar al estado inicial. Calcule, para cada proceso, (a) el trabajo, (b) el calor y (c) el cambio en la energía interna.

9. Un cilindro vertical que tiene un émbolo que corre sin fricción y es a prueba de fugas, contiene una cantidad definida de monoetilamida. En el cilindro se tienen 200 (kPa), mientras que la cara exterior del émbolo está en contacto con la atmósfera. El fluido ejecuta los procesos que siguen: (i) estando el cilindro bien aislado se reciben 1200 (J) de trabajo de agitación, aumentando la temperatura y desplazando el émbolo hacia arriba, hasta que el volumen aumenta en 2.8 litros.(ii) Al eliminar el aislamiento térmico y detener el movimiento del agitador se transmite calor, hsta que el fluido regresa al estado inicial. Calcule: (a) el trabajo de expansión y el trabajo neto que hace el fluido durante el proceso (i); (b) el trabajo neto del fluido y el calor que se transmite durante el proceso (ii); (c) la variación en la energía del fluido, tanto por el proceso (i) como por el (ii), (d) la variación en la energía del fluido como resultado de los procesos (i) y (ii).

10. El agua que circula por una planta termoeléctrica experimenta un proceso cíclico . Cada kilogramo de agua recibe 1(MJ/ciclo) de calor en la caldera y es capaz de entregar 325(kJ/ciclo) de trabajo. ¿Cuánto calor se debe retirar con el servicio del fluido de enfriamiento? ¿Qué porcentaje del calor que recibe el agua se entrega como trabajo?

11. Un sistema cerrado, formado por 918(g) de isobutano recibe 250(kJ) de calor mientras sus fronteras se expanden contra un medio ambiente que está a 77.327 (kPa). Si el fluido no varía su energía interna, calcule la variación en el volumen de la sustancia y la variación en su entalpía.

12. En la etapa de compresión de una máquina de combustión interna la mezcla combustible, recibe un trabajo de 70(kJ/kg) al tiempo que cede 42(J/g) de calor al líquido de enfriamiento. Calcule el cambio en la energía interna de la mezcla, señalando si aumenta o disminuye.

13. En un cilindro que cuenta con un émbolo se encuentran 750(g) de trióxido de azufre, el cual sufre un proceso cuasiestático según PV=const. El fluido pasa de 345 (kPa) y 85(dm^3) hasta 1.38 (MPa) y como resultado del proceso su energía interna aumenta en 22.5(kJ). ¿Cuánto calor se transmite? ¿Desde dónde?

14. Los gases en el cilindro de una máquina de combustión interna tienen al inicio de la expansión 5.5(MPa), 0.06(m^3/kg) y una energía interna de 800(J/g). La expansión se describe según: $Pv^{1.5}$= cte. Luego de la expansión se tienen 140(kPa) y una energía interna de 230(kJ/kg). ¿Cuánto calor se transmite durante la expansión?

15. Un kilogramo de neón se encuentra en un cilindro vertical, cerrado por un émbolo que se mueve sin fricción. El fluido sigue un proceso cuasiestático según PV^n = cte, desde 1.4(MPa) y 141.6(dm^3) hasta 8.0 (MPa). Durante el proceso se reciben 15(kJ) de calor y la energía interna del gas aumenta en 43 (kJ). Calcule: (a) n; (b) el volúmen final; (c) el cambio en la entalpia del fluido.

16. Un cilindro de paredes adiabáticas se cierra con un émbolo. En el cilindro se encuentra una cierta cantidad de DDT con una energía interna inicial de 1500 (kJ). La sustancia se expande hasta que su energía interna llega a 1400 (kJ). (a) ¿Cuánto trabajo hace el fluido? (b) Si la expansión se puede representar según PV = cte, siendo el estado inicial 2.8(MPa) y 60(dm^3), ¿Cuáles son la presión y el volumen finales?

17. La energía interna del vapor de bromo, que conforma un sistema cerrado, se expresa según u = c + d (pv), donde c y d son constantes. Compruebe que si el fluido sufre un proceso adiabático, la relación entre p y v es de la forma en p + j ln v= cte, siendo j = (1 + d)/d.

18. Un amortiguador es un equipo que se emplea para controlar el movimiento de diversos mecanismos. Consiste de un cilindro cerrado por los dos extremos, que contiene un pistón, el cual se conecta al mecanismo de interés mediante una flecha que cruza una de las tapas del cilindro. Se tiene aceite a ambos lados del émbolo, comunicándose ambas cámaras mediante un pequeño agujero que se taladra en el émbolo. Conforme se empuja el pistón en una dirección, el aceite de una cámara pasa a la

otra al través del agujero. En una cierta aplicación, la energía cinética inicial del mecanismo que se desea controlar es 4(kJ) y la final es 0. Suponga que no hay transmisión de calor y calcule la variación en la energía de cada uno de los sistemas que siguen: (a) la combinación del mecanismo y el pistón, (b) el aceite; (c) la combinación del mecanismo y el amortiguador.

19. La energía interna de una sustancia se expresa en función de la temperatura según: $u = -215(J/g) + 1.256(J/(gK))\cdot T$. A lo largo de un proceso cuasiestático se cuantifica experimentalmente que el trabajo que hace el sistema varía en función de la temperatura según $\frac{\delta W}{\delta t} = 0.46(\frac{J}{K})$ Calcule la energía interna inicial, la final y el calor que se transmite si 250(g) de la sustancia pasan de 600(°C) a 800(°C).

20. Un cilindro vertical de 100(mm) de diámetro, cerrado con un émbolo que se desliza sin fricción, contiene un combustible a 15(°C). La masa del émbolo es tal, que en el cilindro se tienen 240(kPa) cuando la cara exterior del pistón está en contacto con el ambiente. Conforme se quema el combustible se observa que el émbolo se mueve lentamente hacia arriba y que se desprende calor del sistema. Cuando la combustión termina y el cilindro y su contenido regresan a la temperatura inicial se descubre que el émbolo ha quedado 85(mm) por encima de su posición inicial y que la transmisión de calor al medio ha sido 4(kJ). ¿Cuál es el cambio en la energía del contenido del cilindro?

21. Una sustancia simple compresible conforma un sistema cerrado. Durante un proceso cuasiestático el trabajo que hace el sistema y el calor que recibe varían con la temperatura según: $\frac{\delta W}{\delta t} = 80(\frac{J}{K})$ y $\frac{\delta Q}{\delta t} = 63\ (\frac{J}{K})$. Calcule el cambio en la energía interna cuando el sistema pasa de 350 (°C) a 550(°C).

22. Dos corrientes de "gas mostaza" se van a reunir en un mezclador adiabático para producir una corriente resultante. La corriente (1) entra por un tubo de sección transversal igual a 500(cm^2) a 730(m/s) y 1.60 (kg/m^3). La corriente (2), de 8.84 (kg/s) entra por un tubo de 400(cm^2) con 0.502(m^3/kg). La corriente resultante sale a 130(m/s) con 0.437 (m^3/kg). Calcule: (a) la masa que sale del mezclador; (b) la velocidad de la corriente (2).

23. Una corriente de 1.35(kg/s) de vapor de agua entra a una turbina, capaz de entregar 500(kW) cuando funciona adiabáticamente. (a) ¿Cuál es el cambio en la entalpia del vapor, si las velocidades y las elevaciones son respectivamente iguales a la entrada y a la salida? (b) Calcule el cambio en la entalpia del vapor si entra a 60(m/s) y sale a 360 (m/s), 3(m) por debajo de la entrada.

24. Un fluido entra a una turbina a 700(kPa), 0.25(m^3/kg) y 175(m/s), saliendo a 136(kPa), 0.94(m^3/kg) y 335(m/s). Las pérdidas de calor por radiación son 23(J/g) y la turbina es capaz de entregar 465(kJ/kg) ¿Cuál es el cambio en la energía interna de la sustancia? ¿Cuál es el cambio en su entalpia?

25. Una tobera horizontal recibe "gas de agua" a 60(m/s) con una entalpia de 3025(kJ/kg), entregándolo con una entalpia de 2790(J/g). (a) ¿A - qué velocidad sale el fluido? (b) Si a la entrada se tienen 0.19(m^3/kg) y la sección transversal es 0.1(m^2), ¿cuánto fluido circula por unidad de tiempo? (c) Si a la salida se tienen 0.5(m^3/kg), ¿Cuál es el área de la tobera a la salida?

26. Una bomba centrífuga comprime isotérmicamente (a 25(°C)) 3000 litros/min de agua desde 78(kPa) hasta 300 (kPa). Los tubos de entrada y de salida se encuentran al mismo nivel, pero los diámetros son respectivamente 15(cm) y 10(cm). ¿Cuál es la potencia que necesita la bomba? ¿Cuál es el cambio en la energía cinética del agua a su paso por la bomba?

27. Una corriente de 9(kg/s) de un fluido entra a un equipo a 30(m/s), 13.8 bares, 0.122 (m^3/kg) y una energía interna de 422(J/g), saliendo a 140(m/s), 1.01325 bares, 0.805(m^3/kg) y una energía interna de 208 (kJ/kg). Si la sustancia recibe 4.22(kJ/s) a su paso por el equipo ¿Cuál es la potencia que entrega la corriente?

28. Un sistema consta inicialmente de 1.363 kg de una sustancia con energía interna específica igual a 46.423 kj/kg y 2.726 kg de la misma sustancia con u = 69.63 kJ/kg.

    Al sistema se le transmiten 158.25 kJ de energía en forma de calor y se le permite que llegue al equilibrio.
    ¿Cuál será la energía interna específica de la sustancia en el estado final de equilibrio?

29. Para estudiar las propiedades de un líquido, se calentaron 2 kg a volumen constante aumentando la temperatura de 800 a 850 K. Esto requirió un suministro de energía en forma de calor de 11.2 watt-hora. Calcule la diferencia de energía interna específica entre los estados inicial y final.

30. Una masa de 22.7 kg tiene una energía potencial de -0.504 kcal con respecto a una línea de referencia dada dentro del campo gravitacional estándar de la tierra.

    a) Hállese su altura relativa al dato.

    b) Si el campo gravitacional sufre una perturbación repentina, de modo que la aceleración de la gravedad local sea 7.62 m/s^2 ¿Cuál será su efecto sobre la energía potencial de la masa?

31. Durante la realización de un proceso, el trabajo de un sistema está dado por la expresión:

$$\frac{dw}{dt} = 17.4 \frac{kg_f \cdot m}{^\circ C} \quad \text{y la energía interna puede expresarse por}$$

$$U = 8.96 + 0.224\ t \frac{kg_f \cdot m}{^\circ C}$$

    Determínese la transmisión de calor en dicho proceso si t varía de 10°C a 37.8°C. (dé sus resultados y operaciones en S.I.)

32. Se somete un sistema termodinámico a un ciclo compuesto de una serie de 3 procesos para los cuales Q_1= 10 BTU, Q_2= 30 BTU, Q_3= -5 BTU. Para el 1er. proceso ΔE = 20 BTU, para el tercer proceso ΔE = -20 BTU ¿Cuál es el trabajo en el 2° proceso y la capacidad de trabajo neto del ciclo?

33. Un cierto ciclo termodinámico se representa por un cuadrado de 5 por 5cm en un diagrama V-P, cuyas coordenadas tienen las escalas:
    1 cm = 1 atm y 1 cm = 1 m^3.
    Si se suministra trabajo neto al sistema durante el ciclo, calcúlese la transmisión global de calor durante el mismo.

34. Un calentador eléctrico se coloca dentro de un recipiente rígido de 4(ℓ) que contiene N_2 a 50°C y 10 atm de presión ¿Qué potencia eléctrica debe suministrarse al calentador para elevar la presión a 15 atm en un período de 10 minutos, si el recipiente está perfectamente aislado?

35. El trabajo de la corriente de 0.142 m^3 de un fluido que pasa una frontera hacia un sistema es de 11040 KJ. Determínese la presión en ese punto.

36. Un compresor centrífugo de aire comprime 5.6 m^3/min de 0.8 bar a 6.3 bar. El volumen específico inicial es de 0.78 m^3/kg y el final, de 0.2 m^3/g. Si la tubería de aspiración a la entrada tiene un diámetro interior de 10.16 cm y la de descarga de 6.35 cm, calcule:

a) El cambio en el trabajo de flujo entre los límites.

b) El gasto másico.

c) El cambio en la velocidad.

CAPITULO IV

1. Una sustancia simple compresible se encuentra originalmente a 700 (kPa) y 200(°C) y 0.2(m^3/kg). Mediante una serie de procesos que se llevan a cabo muy cuidadosamente se logra que la sustancia llegue a 0.7(MPa) y 0.2(m^3/kg). Si la cantidad de la sustancia es 2.5 (kg), (a) ¿Cuál es la temperatura final y cuál es el cambio en su energía interna? (b) Se sabe que durante el proceso que se ha descrito la sustancia entrega un trabajo de 12 (kJ) ¿Cuánto calor se transmite durante el proceso y hacia dónde?

2. Una sustancia simple y compresible se encuentra en un cilindro vertical que se cierra mediante un émbolo que se mueve sin fricción. Se tiene una flecha que mueve unas aspas, mediante las cuales se puede suministrar trabajo, provocando que la sustancia realice una expansión isobárica. Sabiendo que no hay trasmisión de calor, compruebe que el trabajo de flecha es igual, en este caso, al cambio de la entalpía de la sustancia.

3. Calcule el cambio en la energía interna de un kilogramo de agua a 101.325 (kPa) si se calienta isobáricamente de 0(°C) a 100(°C). Suponga que la capacidad térmica específica a volumen constante del agua tiene el valor invariable de 4.1868 (J/(gK)).

4. En un cilindro que posee un émbolo que se mueve sin fricción se tiene 3 (kg) de aire a 400(kPa) y 60(°C). A consecuencia de un proceso se hace que el aire llegue a 300(kPa) y 5(°C). Si se puede suponer que las capacidades térmicas específicas del aire son constantes, calcule: (a) el cambio en la energía interna; (b) el cambio en la entalpía; (c) ¿Se pueden calcular el calor y el trabajo para el proceso? Si es así, hágalo.

5. Calcule el cambio en la entalpia de 2 (kg) de hielo cuando se pasa de 760 (mmHg) y -20(°C) hasta 0(°C) mediante un proceso isocórico. Suponga que el hielo tiene una capacidad térmica específica a presión constante igual a 2093 (kJ/(kg K)).

6. Las propiedades de un gas ideal se representan razonablemente bien según:

$$Pv = 260\ t + 71 \times 10^3 \text{(Pa)}$$

$$t = 1.52\ u - 273.15\ (°C)$$

donde P está en (Pa), v en (m^3/kg), t en (°C) y u en (J/g).

Calcule (a) la capacidad térmica específica a presión constante; (b) la capacidad térmica específica a volumen constante.

7. En un cilindro metálico se tiene un kilogramo de un gas ideal a 600(kPa) y 280(°C). Mediante la transmisión de calor se hace que la entalpía del fluido en 28(J/g). Calcule: (a) la temperatura final; (b) la presión final y (c) el calor que se transmite. Suponga que las propiedades del fluido son las que se presentan en el problema precedente.

8. En la tabla se presentan las propiedades de un fluido simple y compresible. Calcule (a) la capacidad térmica específica a presión constante (Cp) a 200(°C) y 200(kPa); (b) similarmente, pero a 200 (kPa) y 650 (°C).

h(J/g)	2768.5	2870.5	3072.1	3276.7	3487.0	3704.0	3927.6	4157.8
t(°C)	150	200	300	400	500	600	700	800

9. Una corriente de freón-12 entra a un compresor recíprocante a 200 (kPa) y -10(°C), saliendo a 900 (kPa) y 55(°C). Si el compresor es adiabático, ¿Cuánto trabajo se necesita para la compresión?

10. La turbina de un avión de propulsión a chorro recibe el aire a 720 (kPa), 870 (°C) y 160(m/s), descargándolo a 215 (kPa), 625(°C) y 300(m/s) si la turbina es adiabática, calcule el trabajo que entrega la turbina (por cada kilogramo de aire que recibe).

11. Un cambiador de calor se emplea para enfriar turbosina (Cp = 1.88 (J/(g K))) desde 80(°C) hasta 40(°C). Para el servicio se emplea agua, que se calienta desde 15(°C) hasta 25(°C). Si se puede suponer que el cambiador funciona adiabáticamente, calcule la cantidad de agua que se necesita para enfriar 288 (kg/h) de turbosina. ¿Es posible que un cambiador de calor funcione adiabáticamente? ¿Qué implica esta aseveración?

12. El sistema de calefacción de un edificio emplea agua, la que entra al sistema a 59(°C) y 300(kPa), saliendo a 47(°C) y 280 (kPa) a 30.5(m) por encima de la entrada. Si la circulación del agua no re

quiere de alguna bomba, calcule el calor que puede entregar el agua.

13. Se sabe que en un avión de la fuerza aérea mexicana el aire entra a la tobera convergente-divergente (tobera de de-Laval) a 900(°C), 192(kPa) y 300(m/s). Si el fluido sale de la tobera a 820(°C) y 105(kPa), ¿a qué velocidad sale? Los datos que siguen se deben emplear en el cálculo:

t(°C)	820	900
h(J/g)	862.6	951.7

14. Un tanque metálico contiene un kilogramo de una mezcla de agua y vapor en equilibrio a 16(°C) encuentre: (a) el volumen del tanque, (b) la proporción del volumen que ocupa el líquido inicialmente, si se requiere que el nivel se mantenga inalterado al calentar el tanque hasta 400(°C), (c) el calor que se debe transmitir para calentar al sistema hasta 400(°C).

15. Una tubería que conduce vapor de agua a 600(kPa) cuenta con un purgador que permite extraer una cantidad pequeña del fluido para estrangularlo adiabáticamente hasta 100(kPa) y 120(°C). ¿Cuál es la calidad del vapor que fluye por la tubería?

16. Un tanque metálico contiene bióxido de carbono (CO_2) a 20(°C). Si la carga del fluido está en las proporciones adecuadas de líquido y gas, se consigue hacer que el fluido alcance el estado crítico calentando el tanque. Calcule (a) la relación de los volúmenes que ocupan el líquido y el gas a 20(°C); (b) la relación de las masas del líquido y del gas a 20(°C); (c) el cambio en la entalpia del CO_2 al pasar de 20(°C) al estado crítico; (d) el cambio en la energía interna del CO_2 al pasar de 20(°C) al punto crítico.

17. Un tanque rígido y de paredes adiabáticas contiene freón-12 a 686.5 (kPa) y 30(°C). El tanque se puede conectar con otro, también de paredes rígidas y adiabáticas, originalmente vacío. Al permitir la comunicación de los tanques, el freón ocupa ambos completamente, de tal manera que su volumen es veinte veces el volumen inicial. (a) Si el freón-12 fuera un gas ideal, calcule al temperatura final y el trabajo hecho. (b) Emplee los valores tabulados para calcular la temperatura final y el trabajo hecho. (c) ¿Cuál es el porcentaje de

variación de los valores de la temperatura que se encuentran en (a) y en (b)?

18. Un tanque de almacenamiento que contiene nitrógeno puede soportar una presión máxima de 500 (kPa). En un instante dado, en que la válvula del tanque se cierra accidentalmente, se tienen en el tanque 3 litros de nitrógeno líquido y 22 litros de nitrógeno gaseoso. Debido a la radiación solar, se puede saber que entran 1.67 (W) de calor. (a) ¿Cuánto tiempo tardará el llegar a la presión de ruptura del tanque? (b) El operario llega a abrir la válvula del tanque justamente cuando el interior llega a 500(kPa). ¿Se puede calcular la masa que sale? Si es así, hágalo.

19. Un cilindro vertical, que se cierra con un émbolo perfectamente lubricado, contiene 300(g) de vapor saturado y seco. La cara superior del émbolo está en contacto con la presión exterior de 101.325 (kPa) y su masa es tal, que el vapor se encuentra a 300(kPa). Mediante una conexión se permite la entrada al cilindro de agua líquida saturada a 0.3 (MPa), mezclándose perfectamente en el vapor. Al cerrar la conexión se procede a fijar el émbolo y a calentar el cilindro, observándose que el fluido alcanza el estado crítico. ¿Cuánto líquido ha entrado al cilindro?

20. En ciertas aplicaciones se necesita de un tanque separador conectado a un estrangulador adiabático, con el objeto de calcular la calidad del vapor de agua cuando éste es excesivamente húmedo.
El separador es un tanque rígido de paredes adiabáticas que se conecta entre la región de extracción del vapor y el estrangulador adiabático, de tal manera que se elimine una cierta cantidad del líquido suspendido en la fase gaseosa. La toma de datos consiste en medir, en un cierto intervalo de tiempo , la masa que se extrae en el separador, la presión y la temperatura luego de la estrangulación y la masa del producto que se estrangula. Se debe conocer además la presión del vapor en la zona de extracción. En una prueba del dispositivo se obtuvo que la presión en la zona de extracción era 3.4 (MPa), la masa en el separador era 330(g), la masa que se estrangula fué - 4.66(kg) y la muestra se estranguló hasta 51 (mm de agua, man) y 145 (°C); la presión ambiente era 746 (mm de Hg). Calcule la calidad - del vapor ¿Qué hubiera pasado si no se tuviera el tanque separador

antes del estrangulador?

21. De una tubería que conduce vapor de agua se extrae una pequeña muestra, haciéndola pasar por una válvula abierta parcialmente. La muestra se hace pasar por una línea que tiene un resistor, por el que circulan 3.78 amperes a 230 voltios. La tubería principal está a 400 (kPa) y en la línea, luego del resistor, se tienen 200 (kPa) y 155 (°C). Si la muestra es de 7 (g/s), calcule (a) la calidad del vapor en la tubería principal (b) ¿Se podría haber empleado un estrangulador adiabático para conocer la calidad?

22. Un cilindro de 280 (mm) de diámetro tiene un émbolo perfectamente lubricado. En su interior se encuentran 20(g) de agua a 600 (kPa) y 200(°C). El agua hace un proceso cuasiestático, moviéndose 305(mm) hacia afuera, según Pv^n = const. Si la presión final es 120(kPa), calcule: (a) el valor de n ; (b) el trabajo que hace el agua; (c) la magnitud y la dirección de la transmisión de calor; (d) el cambio en la energía interna del agua. (e) el cambio en la entalpia del agua.

23. Una corriente de vapor de agua entra a una tobera de de-Laval (convergente-divergente) a 60(m/s), 800(kPa) y un sobrecalentamiento de 79.6 (K), saliendo por una sección de 12(cm^2) a 160 (kPa) y una humedad del 4%. Calcule (a) La velocidad a la salida; (b) el flujo másico de vapor que entra a la tobera.

24. La corriente de la salida del problema precedente se hace pasar por un condensador, del cual sale a 95(°C), en forma líquida y con una velocidad despreciable. El agua de enfriamiento que maneja el condensador entra a 10(°C) y sale a 25(°C). ¿Cuánta agua de enfriamiento se necesita?

25. Una corriente de 6.1(kg(s)) de agua entra a una turbina a 2 (MPa), - 250(°C) y con una velocidad despreciable, saliendo a 15 (kPa) y 200 (m/s) la turbina entrega 3430 (kW) y pierde calor igual a 160 (kW). Calcule: (a) la calidad del vapor que sale de la turbina; (b) la sección transversal del tubo a la salida de la turbina.

26. Un kilogramo de agua se encuentra en un cilindro a 1 (MPa) y 250(°C). El cilindro tiene un émbolo, con el cual se comprime el fluido hasta

2(MPa). Durante el proceso se retira un calor de 890 (kJ) y el trabajo necesario resulta ser 610 x 10^3 (N·m). Calcule la temperatura final del vapor, si resulta sobrecalentado, o la calidad final, si resulta húmedo.

27. Un tanque de 6(m^3) de paredes rígidas y adiabáticas contiene vapor húmedo a 300 (kPa), con el doble de volumen de gas, comparado con el volumen del líquido. El tanque se conecta, mediante una válvula a una gran tubería que transporta vapor de agua a 3 (MPa) y 250(°C). Al abrir la válvula se permite la entrada de vapor, hasta que se llega en el tanque a 3(MPa). Calcule: (a) la masa que entra al tanque, (b) la proporción en volumen, que guardan el líquido y el gas en el tanque al final del proceso.

28. Un compresor de aire lo recibe a 100(kPa) y 15(°C) y lo entrega a 500(kPa) con un volumen tres veces menor que a la entrada. Calcule (a) la temperatura a la salida; (b) el cambio en la energía interna del aire; (c) ¿Se puede calcular el trabajo que se necesita durante la compresión? Si es así, calcúlelo.

29. En un cilindro que tiene un émbolo se comprime 1 (kg) de un gas perfecto desde 110 (kPa) y 27(°C) hasta 0.66 (MPa) en un proceso que se describe según $Pv^{1.3}$ = const. Calcule el calor que se transmite y el trabajo que se necesita si el gas es: (a) etano (Cp = 1.75(J/(gK))) (b) argón (Cp = 0.515(J/(gK))).

30. Un tanque metálico de 6 (m^3) contiene aire a 1.5 (MPa) y 40.5(°C). Una válvula se abre unas fracciones de segundo, permitiendo que parte del aire salga del tanque y provocando que la presión descienda a 1.2(MPa). En este momento se cierra la válvula. (a) ¿Qué consideración se puede hacer sabiendo que el proceso dura unas fracciones de segundo? (b) Calcule la masa de aire que sale del tanque.

31. Escriba la Primera Ley de la Termodinámica para cada uno de los casos siguientes:

a) Se sumerge una pieza de hierro caliente en agua fría. El sistema es el hierro.

b) Una turbina sin fricción acciona un generador eléctrico. El sistema es la turbina.

c) Un cuerpo cae libremente desde z_2 hasta z_1 ($z_2 > z_1$). El sistema es el cuerpo.

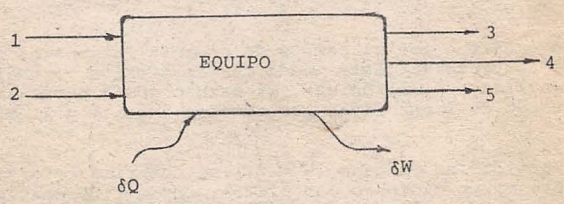
d) Un gas se encuentra en un cilindro vertical provisto de un pistón libre de fricción. El espacio que se encuentra por encima del pistón está evacuado completamente. El pistón se eleva cuando el cilindro se calienta. El sistema es el gas.

e) Igual que en (d), excepto que el sistema la forman el gas y el pistón.

f) Igual que en (e), excepto que el espacio que está encima del pistón no está evacuado.

g) Una corriente de vapor fluye por una tobera adiabática y horizontal. El sistema lo forman la tobera y su contenido.

32. Escriba la Primera Ley de la Termodinámica para el sistema que se muestra:



Considere que el EQUIPO es un compresor que opera a régimen permanente y que las corrientes (1)y(5) corresponden al agua de enfriamiento mientras que las corrientes (2), (3) y (4) pertenecen al fluido de trabajo (las corrientes (3) y (4) están a presiones diferentes).

¿Cómo queda la expresión de la Primera Ley para este caso?

33. Una cierta cantidad de aire a 1 bar, 298 K y 2.45×10^{-2} m^3 (en el estado (1)) se comprime reversible y adiabáticamente hasta el estado (2). Luego de la compresión se añaden 800 kJ/kg al aire a volumen constante, llegando al estado (3). El aire se expande reversible y adiabáticamente hasta el estado (4), luego de lo cual se enfría isométricamente hasta el estado (1). Se sabe que la temperatura en el estado (3) es 1673.15 K, que la constante particular para el aire es 286.703 J/(kg.K) y que el índice adiabático es 1.4.

a) Calcule la presión y el volumen en el estado (2).

b) Calcule la presión en el estado (3).

c) Calcule la presión y la temperatura en el estado (4).

d) Calcule el trabajo de compresión (1→2) y el de expansión (3→4).

e) Calcule el calor retirado en el proceso isométrico (4→1).

f) Calcule el trabajo neto del ciclo.

g) Al cociente del trabajo neto de un ciclo dividido por el calor que se suministra se le llama la eficiencia térmica del ciclo. Calcule la eficiencia térmica para el ciclo que se describe.

h) Encuentre una expresión para la eficiencia del ciclo en función de las temperaturas de (1) de los estados (1), (2), (3) y (4) y calcule con esta información. Compare su resultado con el de (g).

i) Dibuje los procesos que componen el ciclo (llamado de Otto) en un diagrama (v, p), en un diagrama (h, p) y en un diagrama (s, T).

34. Un kilogramo de un gas ideal (con calores específicos constantes) sufre un proceso arbitrario que lo lleva el (1) hasta el estado (2). Verifique que el cambio de energía interna es:

$$U_2 - U_1 = \frac{1}{k - 1}(p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

La expresión confirma que el cambio de energía interna es independiente de la trayectoria (ésta puede ser isotérmica, isométrica, isobárica, adiabática o politrópica). El cambio queda perfectamente determinado cuando se identifican los estados inicial y final.

35. Una cierta cantidad de oxígeno (M = 32) se comprime reversible y politrópicamente en un cilindro con pistón, desde 1.05 (bares) y 15 °C hasta 4.2 (bares) de tal manera que un tercio del trabajo que se recibe se rechaza en forma de calor hacia las paredes del cilindro. Suponga que el oxígeno es un gas ideal con Cv = 0.649 J/(gK). ¿Cuál es la temperatura final del oxígeno?

36. Verifique que para un sistema que fluye en régimen permanente, el trabajo de eje o de flecha que puede entregar está dado por:

$$W_{eje} = \int_{p_1}^{p_2} V \, dp$$

37. Una turbina adiabática que opera a régimen permanente recibe vapor a 40 bares y 400 °C y lo entrega a 0.2 bares con una calidad del 93%. La velocidad inicial es despreciable, pero el vapor sale por un tubo de 0.14 m^2 de sección transversal.

Se sabe que el gasto másico es 3 kg/s. ¿Cuál es la potencia que puede entregar la turbina?

38. Una turbina adiabática recibe vapor de agua a 30 bares y 400 °C y lo entrega a 1.5 bares y una humedad del 12%. ¿Qué trabajo entrega? Desprecie los cambios en E_k y E_p.

    b) ¿Cuál debe ser el cambio en energía cinética de la corriente para que su valor sea el 1% del que se encuentra en (a)? Desprecie el cambio en E_p.

    c) ¿Cuál debe ser el cambio en elevación para que el cambio en energía potencial represente el 1% del valor calculado en (a)?

    d) ¿Qué aproximaciones se pueden hacer en vista de los resultados en (b) y (c)?

39. Una cierta cantidad de vapor de agua a 4 bares y 470.8 cm^3/g (en el estado (3)) entra a una turbina que trabaja reversible y adiabáticamente, saliendo a 3.613 bares (en froma de vapor saturado y seco) (en el estado 4) para entrar a un condensador, de donde sale como líquido saturado a la misma presión (en el estado (1)). A la salida del condensador se encuentra una bomba que toma al líquido y lo comprime hasta 4 bares (en el estado (2)), entrando a una caldera y posteriormente a un sobrecalentador, hasta recuperar las condiciones iniciales.

    a) ¿Cuál es la temperatura en el estado (3)? ¿Cuál la entalpía específica?

    b) ¿Cuál es la temperatura en el estado (4)? ¿Cuál la entalpía específica?

    c) Suponga que el líquido mantiene su volumen específico constante ¿Cuál es el trabajo de la bomba, por unidad de masa de agua? ¿Cuál es la entalpía específica del agua en el estado (2)?

    d) ¿Cuál es el trabajo que puede entregar la turbina? Si la turbina entrega 0.59 MW ¿Cuál es el gasto másico de vapor?

    e) ¿Cuál es el calor que se requiere en la caldera y el sobrecalentador?

    f) ¿Cuál es el calor que se retira en el condensador?

    g) ¿Cuál es la eficiencia del ciclo? Este ciclo se conoce como el ciclo de Rankine.

40. Se extrae vapor de un recalentador a 7 bares y 300 °C para mezclarlo en un flujo estable y adiabático con vapor húmedo a 7 bares con una calidad del 90%.

    ¿Qué cantidad de vapor húmedo se requiere (por c/kg del vapor recalentado) para producir vapor saturado y seco a 7 bares?

41. En un gran ducto de vapor se tiene que la presión es 12 bares. De este ducto se extrae una pequeña muestra, haciéndole pasar por una válvula de estrangulación. El vapor estrangulado sale a 1 bar y 140 °C ¿Cuál es la calidad del vapor en el ducto?

42. Un tanque rígido de 1 m^3 con las paredes aisladas térmicamente contiene 1.25 kg de vapor a 2.2 bares. El tanque se conecta con una fuente enorme de vapor a 20 bares mediante una válvula. Se permite la entrada del vapor de la fuente hacia el tanque hasta que la presión se eleva a 4 bares y el contenido del tanque es vapor saturado y seco. Encuentre la calidad del vapor en la fuente.

43. Un tanque de almacenamiento contiene 10 kg de aire a 7 bares. Por accidente, el operador abre una válvula y rápidamente la cierra (en unos cuantos segundos), pero observa que la presión desciende a 6 bares. Calcule la masa de aire que ha escapado.
Calcule la presión que habrá en el tanque un largo rato después del ciérre de la válvula, cuando el aire recupere su temperatura inicial.

44. Un tanque de 0.2 ft^3 se va a llenar con el oxígeno que circula por una tubería en la que el oxígeno fluye a 100 ft/s con 180 psia y 60 °F. Cuando se inicia el llenado en el tanque hay oxígeno a 40 °F y 14.696 psia. El proceso de llenado (no afecta las propiedades del oxígeno en la tubería) concluye cuando la masa de oxígeno en el tanque es 6 veces mayor que la masa original. Suponga que las paredes del tanque son adiabáticas. ¿Cuáles son la temperatura y la presión en el tanque al final? El oxígeno se comporta como un gas ideal, pero en las condiciones del problema no se puede suponer que sus calores específicos sean constantes.

45. Un expansor adiabático recibe vapor de agua a 7 bares y 205 °C entregándolo a 0.345 bares y 89% de calidad ¿Cuál es el trabajo (por unidad de masa de vapor) que puede dar el expansor?
Calcule el trabajo que se puede obtener si el vapor se estrangula hasta 5.15 bares antes de entrar al expansor.
Dibuje un diagrama del proceso en cada caso en coordenadas (v, p).

46. El corazón humano, cuyas paredes pueden considerarse aislantes térmicamente, suministra 5 l/min de sangre el cuerpo. La sangre retorna al corazón a través de la vena cava a la presión manométrica de 10 (mm de Hg) y es enviada a los pulmones por el ventrículo derecho, a una presión de 30 (mm de Hg man.). Por otra parte, la sangre se bombea desde el ventrículo izquierdo hacia todo el cuerpo a la presión manométrica de 110 (mm de Hg). Desprecie las variaciones de energía cinética y potencial y calcule la potencia que consume el corazón.

C A P I T U L O V

1. Con la finalidad de producir energía para una colonia experimental submarina se propone la construcción de una máquina de Carnot que funcione entre la corriente del Golfo, que se halla a 30(°C) y el agua de las profundidades, que permanece a 4(°C) ¿Cuánto calor se debe tomar del agua de la corriente del Golfo para producir 1(MW) de potencia para la colonia?

2. Una máquina térmica realiza un número entero de ciclos, durante los cuales entrega un trabajo de 21.5 (kJ) y recibe calor igual a 90(kJ) Calcule: (a) la eficiencia de la máquina; (b) el calor que se debe retirar de la máquina.

3. Un refrigerador debe retirar 400(kW) de una región que está a -9(°C). El depósito de temperatura elevada se halla a 15(°C). Calcule el costo mínimo para cumplir con este servicio, si para este nivel de consumo la energía eléctrica cuesta $7.6/(kW·h).

4. El interior de un aula de clases se debe mantener a T_i, una temperatura confortable. Durante el invierno, debido a un aislamiento térmico imperfecto, el aula pierde $\dot{Q}$ (J/s) al ambiente exterior que se halla a T_{amb} ($T_{amb} < T_i$). (a) ¿Cuál es la potencia eléctrica que se necesita para mantener el aula a T_i, si se cuenta con calentadores eléctricos? (b) ¿Cuál sería la mínima potencia eléctrica que se necesitaría si se tuviera una bomba de calor que actuará como calefactor?

5. El refrigerador de gas de Servel funciona cíclicamente, recibiendo calor Q_E a una temperatura elevada T_E, absorbiendo calor Q_B o una temperatura baja e intercambiando calor Q_I a una temperatura intermedia T_I. El funcionamiento del refrigerador se valúa mediante el cociente (Q_B/Q_E). (a) Calcule los límites que fija la segunda ley de la termodinámica a este cociente. (b) Calcule el valor máximo que puede alcanzar el cociente si, $T_E = 450(K)$, $T_B = -3.15(°C)$ y $T_I = 290(K)$.

6. Una máquina térmica reversible intercambia calor con tres depósitos térmicos, haciendo trabajo que entrega al exterior. Durante un ciclo se sabe que la máquina recibe 1600(J) a 400(K), entregando un trabajo

de 0.25(kJ). Si los otros depósitos térmicos se encuentran a 300(K) y -73.15(°C), respectivamente, (a) encuentre la magnitud y el sentido de los flujos caloríficos con estos depósitos. (b) Valúe (Q/T) para cada depósito térmico y para la máquina.

7. Una máquina térmica intercambia calor con dos depósitos térmicos: A y B. El depósito A se encuentra a 600(K) y el B a 27(°C), pero debido a la comunicación térmica imperfecta, el fluido de trabajo de la máquina térmica recibe el calor a 550(K) y lo rechaza a 52(°C). (a) Si la máquina recibe 1 (MJ/ciclo), calcule la disminución en el trabajo que entrega debido a la comunicación térmica imperfecta. (b) Si se desea mejorar el funcionamiento de la máquina mediante la mejora en la comunicación térmica, ¿cuál de las dos interacciones caloríficas producirá una entrega de trabajo mayor al lograr que la diferencia de temperatura sea menor entre el fluido de la máquina y los depósitos térmicos?

8. Una forma muy efectiva de transmisión de calor desde un satélite espacial es la radiación a las profundidades del espacio que se encuentran a una bajísima temperatura, aproximadamente 0(K). La rapidez con la que se emite calor de esta manera es proporcional a la superficie del emisor y a la cuarta potencia de su temperatura termodinámica. Sin embargo, puesto que la masa del satélite es proporcional a la superficie, se debe minimizar ésta. Suponga que un satélite lleva una máquina de Carnot que recibe calor Q_A (una magnitud variable) de una fuente energética a T_A (el sol, por ejemplo). La máquina entrega un trabajo constante W y rechaza calor al espacio. Compruebe que el radiador tiene una masa mínima cuando la temperatura del radiador, T_R, es (3/4) de la temperatura de la fuente energética, T_A.

9. (i) Una máquina térmica reversible que funciona entre dos temperaturas entrega un trabajo de 54 (kJ) y rechaza un calor de 66(kJ). Calcule la eficiencia de la máquina. (ii) La máquina de (i) se hace funcionar como una bomba de calor entre las mismas temperaturas. Calcule (a) el coeficiente de operación del calefactor; (b) la potencia que necesitaría para entregar 7.5(kW). (iii) Si la máquina de (ii) se considerara como un refrigerador, ¿cuál sería su coeficiente de operación?

10. Una máquina que funciona según el ciclo de Carnot emplea 1 (kg) de agua como la sustancia de trabajo. Los depósitos térmicos entre los que trabaja está a 200(°C) y 40(°C). La recepción de calor ocurre entre líquido saturado y vapor saturado. Luego de la expansión se tiene vapor con una calidad de 0.762 y luego del rechazo de calor se tiene vapor con una humedad de 0.7712. Calcule, para cada proceso, el trabajo que se hace y el calor que se transmite. Encuentre el trabajo neto y la eficiencia térmica.

11. Como parte de un proyecto de fin de cursos que se realiza en el laboratorio de termodinámica, se construye una máquina que recibe vapor de agua a 140(kPa) y x = 1 a 0.058 (kg/s), saliendo a 0.1 (MPa) con una humedad del 2%, la máquina adiabática entrega 3.5 (kW). ¿Concedería usted una calificación aprobatoria al juzgar a la máquina según: (a) la 1a. ley de la termodinámica? (b) ¿Según la 2da. ley de la termodinámica?

12. Una corriente de vapor de agua entra a una turbina adiabática a 600 (kPa) y una calidad del 100% saliendo a 30(kPa) ¿Cuál es la potencia máxima que puede entregar la turbina?

13. Una corriente de agua a 200°C y una calidad del 90% entra a un equipo donde sufre un proceso reversible e isotérmico, saliendo a 200 kPa.
¿Cuánto trabajo (por unidad de masa) recibe el agua?

14. Un cilindro que cuenta con un émbolo perfectamente lubricado contiene 10 litros de agua a 1 (MPa) con una calidad del 95%. El agua sufre un proceso cuasiestático según Pv = const. hasta 200 (kPa). Calcule: (a) las temperaturas inicial y final; (b) el trabajo que se hace; (c) el cambio en la entropía; (d) la transmisión de calor.

15. Un kilogramo de agua a 200(°C) y 400(kPa) que se encuentra en un cilindro sufre una expansión irreversible hasta 100(kPa). Gracias a la transmisión de calor adecuada, se consigue que la entropía final sea igual a la entropía inicial. (a) Si el trabajo que se hace es el 80% del trabajo que se hace en un proceso reversible y adiabático entre los mismos estados, calcule la magnitud y la dirección del calor que se transmite. (b) En otro proceso entre el mismo estado

inicial y la misma presión final el vapor hace la misma cantidad de trabajo que en el proceso irreversible. Si este otro proceso es adiabático, calcule el cambio en la entropía del agua como consecuencia de este proceso.

16. Una turbina de vapor recibe agua a 600(kPa) y una calidad del 100%, entregándola a 30 (kPa). Si la potencia que entrega es 380.6 (J/g) ¿Cuál es la eficiencia isentrópica de la turbina?

17. En un compresor reversible y adiabático de cilindro con émbolo se hace que el vapor de agua pase de 200 (kPa) y una humedad del 10% hasta 2 (MPa). Calcule: (a) la temperatura final; (b) el aumento en la energía interna del agua; (c) el aumento en la entalpia del agua; (d) el trabajo mínimo que se necesita para la compresión; (e) el mínimo trabajo de flecha que se necesitaría para la compresión, si se usara un compresor que funcionara a régimen permanente.

18. En un cilindro con émbolo se calienta isobáricamente 1 (m^3) de aire desde 15(°C) hasta 300(°C). Posteriormente, se enfría isométricamente hasta la temperatura inicial. Si la presión inicial es 103 (kPa), calcule la transmisión de calor y el cambio en la entropía del aire a consecuencia de estos procesos.

19. Un kilogramo de una sustancia simple y compresible se expande reversible e isotérmicamente desde 3 (MPa) y 300(°C) hasta 75 (kPa). Calcule el calor que se transmite y el trabajo que se hace si la sustancia es: (a) aire ; (b) vapor de agua.

20. Un gas ideal (M = 26 ; k = 1.26) se expande reversiblemente desde 727(°C) y 3 dm^3 hasta 2(°C) y 0.6(m^3). El proceso se representa mediante una línea recta en el diagrama (s, T). ¿Cuánto trabajo se hace? ¿Cuánto calor se transmite?

21. Un kilogramo de aire, originalmente a 102 (kPa) y 20(°C), sufre un proceso, llegando a 612 (kPa) y 0.25 (m^3). ¿Cuál es el cambio en la entropía del aire?

22. Un tanque rígido y adiabático de 300 litros contiene 0.762 (kg) de agua a 600 (kPa). Una válvula se abre hasta que la presión cae a 1.4

bares, cerrándose inmediatamente. Calcule: (a) la temperatura del vapor que queda en el tanque y (b) la masa del vapor que sale.

23. Una corriente de agua a 1.5(MPa) y 200(°C) entra a un tanque mezclador donde se reúne con una corriente de agua líquida a 130(°C) (corriente A). La mezcla resultante sale del equipo como líquido saturado. Calcule la masa del vapor que entra, por cada kilogramo del agua en la corriente A.

24. Un kilogramo de aire a 101.325 (kPa) y 17(°C) se comprime según $Pv^{1.3}$ = const. hasta 0.5 (MPa). (a) ¿Cuál es el cambio en la entropía del aire? (b) ¿Cuánto calor se transmite? (c) ¿Cuánto trabajo se hace?

25. En un cilindro que cuenta con un émbolo se expanden 60 litros de etano desde 690 (kPa) y 260(°C) hasta 105 (kPa) y 107(°C). Calcule: (a) Cp ; (b) Cv ; (c) k ; (d) el trabajo que se hace y (e) el calor que se transmite.

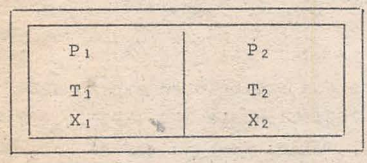
26. Un recipiente rígido de paredes adiabáticas tiene un separador interior (también adiabático y de un espesor despreciable) que puede eliminarse sin fricción.

Al extraer el separador, diga en cada uno de los casos que siguen si el proceso que se provoca es reversible o irreversible. Use argumentos termodinámicos para justificar su respuesta.

a) En cada lado del separador se encuentra un kilogramo de aire con presiones diferentes pero con temperaturas iguales.

b) En cada lado del separador hay un kilogramo de agua a temperaturas distintas pero a la misma presión.

c) En cada lado del separador hay vapor de agua a la misma presión y la misma temperatura, pero con calidades diferentes.



27. En un cilindro con un émbolo se encuentra un gas. Se le añade una cantidad de calor igual a la cantidad de trabajo de expansión que realiza. ¿Representa este proceso una violación a la Segunda Ley de la Termodinamica?

Argumente su respuesta.

28. En una charla informal se le pide su opinión de ingeniero (o ingeniera) acerca de la posibilidad de emplear un refrigerador para hacer que la temperatura del sumidero que usa una máquina térmica tenga un valor inferior al de la temperatura ambiente, pues su interlocutor sabe que la eficiencia de las máquinas térmicas se incrementa al disminuir la temperatura del sumidero. ¿Qué puede responder?

29. Encuentre la temperatura de la fuente térmica que proporciona calor a una máquina de Carnot que produce 50 kW y que cede 1000 kJ/min a un sumidero a 7 °C.

30. Una máquina de Carnot trabaja entre 927 °C y 27 °C. Calcule el calor que recibe y el que rechaza (ambos por cada kW que entrega la máquina) y la eficiencia térmica.

31. Una máquina térmica reversible produce 400 kJ al tiempo que intercambia calor con tres depósitos térmicos: A, B y C. El depósito A entrega 3×10^3 kJ a 500 K. Si los depósitos B y C están a 400 K y 300 K respectivamente, ¿cuánto calor intercambian con la máquina y en qué dirección?

32. Un depósito térmico a 800 K entrega reversiblemente 100 kJ a una máquina térmica, la cual es reversible (internamente) y capaz de producir 60 kJ de trabajo. Sin embargo, la transmisión de calor al sumidero (a 20 °C) se efectúa a través de una diferencia finita de temperaturas.

a) ¿Cuál es la temperatura de la sustancia de trabajo dentro de la máquina a la que se rechaza el calor?

b) ¿Cuál es el cambio <u>total</u> de entropía durante el proceso completo?

33. Una cierta cantidad de etano (0.06 m^3 a 6.9 bares y 260 °C) se expande reversible y adiabáticamente en un cilindro con pistón, hasta 1.05 bares y 107 °C . Si el etano es un gas ideal, calcule:

a) k, b) C_p, c) Cv, d) r, e) El trabajo durante la expansión, f) El cambio de entropía para el etano.

La misma masa de etano a 1.05 bares y 107 °C se comprime hasta 6.9 bares, según la expresión $p\,v^{1.4}$ = constante. Calcule la temperatura final del etano y la transmisión de calor desde o hacia el etano durante la compresión ¿Cuál es el cambio de entropía durante la compresión? Dibuje ambos procesos en las coordenadas (v, p) y (s, T).

34. Dentro de un cilindro que tiene un pistón libre de fricción se encuentra aire a 150 k Pa , 20 °C y 0.5 m^3 ,el cual se somete a una compresión reversible y politrópica hasta 600 k Pa y 120 °C

Calcule:

a) El exponente politrópico
b) El volumen final del aire
c) El trabajo y la transmisión de calor durante la compresión.
d) El cambio de entropía del aire
e) El cambio de entropía del universo.

35. En un cilindro con pistón se encuentra 1 kg de amoniaco a 100 k Pa y 20 °C (que es la temperatura ambiente). Se procede a comprimir al amoniaco hasta transformarlo en vapor saturado. La compresión se hace isotérmicamente y se sabe que se requieren 340 kJ de trabajo y se verifica que <u>no</u> hay intercambio de calor con los alrededores ¿El proceso es reversible, irreversible o imposible?

36. En un cierto ciclo reversible la sustancia de trabajo admite 105 507.36 J de calor a 500 K , se expande luego adiabáticamente hasta 400 K , temperatura a la que recibe 52 753.68 J de calor y se vuelve a expander adiabáticamente hasta 300 K , luego de lo cual elimina 105 507.36 J de calor a esta temperatura.

a) Calcule el cambio de entropía que se requiere para llevar al sistema desde este último estado al estado inicial (para "cerrar" el ciclo).

b) Si durante este último paso se intercambia calor únicamente con un depósito a 400 (K) ¿Cuánto calor se intercambia y en qué dirección?

37. En un sistema cerrado se tiene un gas ideal que intercambia trabajo en forma adiabática, pasando de un estado inicial a uno final. Se sabe que si $p = 6.894 \times 10^5$ (N/m^2), $V = 8.49 \times 10^{-2}$ (m^3) (estado A) y también se sabe que si $V = 2.831 \times 10^{-1}$ (m^3) entónces $p = 1.013 \times 10^5$ (N/m^2) (edo. B), pero no se sabe cuál de los estados es el inicial ó el final.

a) Recurra a los argumentos termodinámicos necesarios para decir cuál estado es el inicial y cuál es el final.

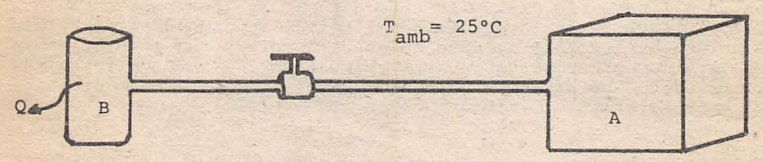
b) Calcule el trabajo adiabático y su dirección. Se sabe que la constante particular para el gas es 2071.2 J/(kg·K) y el $C_v = 3.15 \times 10^3$ J/(kg·K).

38. En el tanque A de 0.6 (m^3) de paredes rígidas y adiabáticas se tiene originalmente vapor de agua a 1.4 (M Pa) y 300(°C). El tanque B es de 0.3 (m^3), de paredes rígidas y diatérmicas, contiene vapor de agua a 0.2 (MPa) y 200(°C).
Se abre la válvula y fluye el vapor de agua (de A hacia B) hasta que la temperatura en A llega a 250(°C). En ese momento se cierra la válvula. Durante elproceso se transmite calor desde B hacia el ambiente (a 25(°C)) de tal manera que la temperatura en B se mantiene constante. Suponga que el vapor que se encuentra en el interior de A sufre un proceso reversible y adiabático.

a) ¿Cuál es la presión final en ambos tanques inmediatamente después de cerrar la válvula?

b) ¿Cuál es la masa final en el tanque B?

c) ¿Cuál es el cambio de entropía del universo a causa de este proceso?



39. Un tanque rígido de 200 litros contiene vapor de agua a 1000 (k Pa) con una calidad de 1%. El tanque posee una válvula de seguridad que se abre cuando la presión interior alcanza el valor de 2 (M Pa).

El tanque intercambia calor con un depósito térmico a 250(°C) y cuando la presión llega al límite la válvula se abre y escapa vapor satu-

rado, estrangulándose hasta 100 (k Pa).

Elproceso continúa hasta que la calidad dentro del tanque llega a ser el 90%.

¿Cuál es la masa que escapa del tanque? ¿Cuánto calor recibe el tanque durante el proceso? Considere al tanque y a la válvula como el sistema abierto y calcule el cambio de entropía para este sistema debido al proceso. Calcule el cambio de entropía del universo. ¿Se viola la Segunda Ley?

40. Una turbina reversible recibe una cantidad de calor tal, que la expansión que experimenta el vapor de agua ocurre a la temperatura constante de 260(°C) (500°F); las presiones de entrada y salida son 13.789 bares (200 psia) y 1.013 bares (14.696 psia) respectivamente. Desprecie los cambios en energía cinética y potencial y considere que el proceso ocurre a régimen permanente. ¿Cuánto trabajo entrega la turbina por cada kilogramo de vapor que circula por ella?

41. Una turbina recibe 2267.964 (kg/h) (5000 lb/h) de vapor de agua a 62.053 bares (900 psia) y 437.778 (°C) (820 °F). La presión a la salida es 5.516 bares (80 psia). Se extrae una pequeña muestra del vapor a la salida, haciéndolo pasar por un estrangulador adiabático hasta 115.556 (°C) (240 °F) y 1.013 bares (14.696 psia).

Se estima que las pérdidas de calor en la turbina son 147.7103×10^6 (J/h) (140 000 Btu/h)

a) ¿Cuánto trabajo hace la turbina?

b) ¿Cuál es la calidad del vapor que sale de la turbina?

c) ¿Cuál es la eficiencia de la turbina?

42. Una máquina térmica reversible recibe calor de una mezcla de vapor de agua y agua líquida a una presión de 1.01325 bares y rechaza 1055.0736 (W) hacia una mezcla de agua líquida y hielo a la misma presión. Si la máquina produce 0.386 (kW), ¿Cuántos grados separan al cero absoluto del punto de fusión del hielo si entre el punto de fusión y el de ebullición hay a) 180 grados; b) 100 grados?

CAPITULO VI

1.- Compruebe que la eficiencia de un ciclo de Otto ideal que tiene una relacion de compresión r y que usa un fluido con k = constante está dada por:

$$\eta = 1 - \frac{1}{r^{(k-1)}}$$

¿Es válida esta expresión si las capacidades térmicas del fluido no son constantes? ¿Por qué?

2.- Un ciclo de Otto tiene una relación de compresión de 8. El aire entra a 98kPa y 29°C. Si el aire tiene capacidades térmicas constantes (k = 1.4), calcule: a) la presión al final de la compresión, b) la temperatura luego de la compresión, c) la eficiencia térmica del ciclo. Nota: Cuando el ciclo se analiza con este valor de k para el aire se dice que se tiene un ciclo con "aire frío".

3.- Un ciclo de Otto tiene una relación de compresión de ocho. El aire se recibe a 98kPa y 29°C. Si el aire tiene capacidades térmicas constantes (k = 1.32), calcule: a) la presión luego de la compresión, b) la temperatura al final de la compresión, c) la eficiencia térmica del ciclo. Nota. Cuando el ciclo se analiza con este valor de k para el aire se dice que se tiene un ciclo con "aire caliente".

4.- Un ciclo de Otto ideal que funciona con aire (k = 1.4) tiene una relación de compresión de 10.7. Si el aire se recibe a 20°C y la temperatura luego de la combustión es 2000°C, calcule: a) la temperatura al final de la compresión, b) el trabajo neto por unidad de masa de aire que se entrega en cada ciclo, c) la temperatura al final de la expansión, d) la eficiencia térmica del ciclo.

5.- Un ciclo de Otto tiene una relación de compresión de ocho. El aire entra a 98kPa y 29°C y la temperatura al final de la combustión es 1000°C. Si para el aire es válido la expresión:

$$Cp = 9.192\times10^{-1}\left(\frac{J}{gK}\right) + 2.581\times10^{-4}\left(\frac{J}{gK^2}\right)T - 3.863\times10^{-8}\left(\frac{J}{gK^3}\right)T^2$$

en la que T se usa en (K), calcule: a) la temperatura y la presión al final de la compresión reversible y adiabática, b) la presión máxima, c) el calor que se recibe en cada ciclo, d) la temperatura

y la presión al final de la expansión reversible y adiabática, e) el calor que se rechaza en cada ciclo, f) la presión media efectiva, g) la eficiencia térmica del ciclo.

6.- Un ciclo de Otto ideal recibe 2750(J) de calor por cada gramo de aire. La relación de compresión es 8 y las condiciones iniciales del fluido son 101.325kPa y 15°C. Si el aire tiene capacidades térmicas constantes (k = 1.4), calcule: a) la presión máxima que se alcanza en el ciclo, b) la temperatura máxima del ciclo, c) la presión media efectiva, d) la eficiencia térmica del ciclo.

7.- Un ciclo de Otto ideal recibe 2750J de calor por cada gramo de aire por cada ciclo. La relación de compresión es 8 y las condiciones iniciales del gas son 101.325kPa y 15°C. Si el aire tiene capacidades térmicas constantes (k = 1.32), calcule: a) la presión máxima que se alcanza en el ciclo, b) la temperatura máxima del ciclo, c) la presión media efectiva, d) la eficiencia térmica del ciclo.

8.- Un ciclo de Otto que funciona con aire (k = 1.4) tiene una relación de compresión de 9. El aire está al principio de la compresión a 98.5kPa y 19°C. La presión máxima que se alcanza en el ciclo es 3.85MPa. Calcule: a) la temperatura máxima en el ciclo, b) la temperatura al final de la expansión, c) la presión media efectiva, d) la eficiencia térmica del ciclo e) compare esta eficiencia con la de Carnot que funcione entre las mismas temperaturas extremas.

9.- Un ciclo de Otto ideal que funciona con aire (k = 1.32) tiene una relación de compresión de 9. Las condiciones del fluido al inicio de la compresión son 98.5kPa y 19°C. La presión máxima que se alcanza en el ciclo es 3.85MPa. Calcule: a) la temperatura máxima en el ciclo, b) la temperatura luego de la expansión, c) la presión media efectiva, d) la eficiencia térmica del ciclo, e) compare el resultado en (d) con el resultado, d) del problema 8, f) compare el resultado en (d) con la eficiencia de un ciclo de Carnot que funcione entre las mismas temperaturas extremas.

10.- Un ciclo de Otto que tiene una relación de compresión de 8 y una temperatura máxima de 1100°C funciona con aire, el cual se admite a 90k

y 17°C. a) ¿Cuánto calor recibe el ciclo? b) ¿Cuánto calor rechaza el ciclo? c) ¿Cuál es la presión media efectiva? d) ¿Cuál es la eficiencia térmica?

11.- En un ciclo de Otto se establece que el proceso de expansión corresponde más cercanamente a un proceso politrópico que a un proceso adiabático. Si durante este ciclo con aire se reciben 2750J/g de calor, la relación de compresion es 8 y las condiciones iniciales del gas son 101.325kPa y 15°C, calcule: a) la presión y la temperatura máximas, b) la presión media efectiva, c) el trabajo neto que se entrega en cada ciclo, d) la eficiencia térmica. Suponga que la compresión es isentrópica (k = 1.4) y que la expansión es politrópica. Compare los resultados de este problema con los del problema 6.

12.- La compresión y la expansión de un ciclo de Otto que funciona con aire son unos procesos politrópicos con un índice $\eta = 1.3$. Calcule: la eficiencia térmica del ciclo sabiendo que la relación de compresión es 8, que el aire está inicialmente a 90kPa y 17°C y que la temperatura máxima que se alcanza es 1100°C. Compare su respuesta con la del problema 10.

13.- En un ciclo de Otto se reciben en total 2750J de calor por cada gramo de aire por cada ciclo. La mitad del calor se recibe a volumen constante y la otra mitad a presión constante. Las condiciones iniciales del aire son 85kPa y 15°C, la relación de compresión es 9 y el gas tiene capacidades térmicas constantes (k = 1.32). Calcule: a) la presión y la temperatura en todos los estados del ciclo, b) la presión media efectiva, c) el calor que se rechaza, d) la eficiencia térmica del ciclo.

14.- Un ciclo de Otto normal tiene una relación de compresión de 10. El aire está al inicio de la compresión a 102kPa y 20°C. En cada ciclo se reciben 3100J/g durante la combustión. Si el aire tiene capacidades térmicas constantes (k = 1.32), calcule: a) la temperatura y la presión en todos los puntos del ciclo, b) la presión media efectiva, c) la eficiencia térmica del ciclo.

15.- Resuelva el problema 8 si para el aire

$$Cp = 9.192\times10^{-1}\left(\frac{J}{gK}\right) + 2.581\times10^{-4}\left(\frac{J}{gK^2}\right)T - 3.863\times10^{-8}\left(\frac{J}{gK^3}\right)T^2$$

donde T se expresa en K.

16.- Verifique que la eficiencia térmica de un ciclo de Diesel ideal que tiene una relación de compresión r, una relación de admisión r_a y que emplea un fluido con k = constante está dada por:

$$\eta = 1 - \frac{r^{(1-k)}(r_a^{\,k} - 1)}{k(r_a - 1)}$$

¿Es válida esta expresión si las capacidades térmicas del fluido no son constantes? ¿Por qué?

17.- Un ciclo de Diesel ideal que emplea aire (k = 1.32) tiene una relación de compresión de 10. El gas está inicialmente a 102 kPa y 20°C. El fluido de trabajo recibe 3100J/g durante la combustión. Calcule: a) la relación de admisión, b) la temperatura máxima del ciclo, c) la temperatura al final de la expansión, d) la presión media efectiva, e) la eficiencia térmica del ciclo, f) el trabajo neto que se entrega en cada ciclo, g) compare estos últimos resultados con los del problema 14. ¿Cuál ciclo es más conveniente? ¿Por qué?

18.- Resuelva el problema 17 para el caso de "aire frío".

19.- Resuelva el problema 17 si para el aire el

$$Cp = 9.192\times10^{-1}\left(\frac{J}{gK}\right) + 2.581\times10^{-4}\left(\frac{J}{gK^2}\right)T - 3.863\times10^{-8}\left(\frac{J}{gK^3}\right)T^2$$

donde T se expresa en (K).

20.- Un ciclo de Diesel ideal que funciona con aire (k = 1.32) tiene una relación de compresión de 10.7. Si el aire se recibe a 85kPa y 20°C y la temperatura máxima es 2000°C, calcule: a) la temperatura y la presión en cada punto del ciclo, b) la relación de admisión, c) la presión media efectiva, d) el trabajo neto por unidad de masa de aire, que se entrega en cada ciclo, e) la eficiencia térmica del ciclo, f) compare sus resultados con los del problema 4.

21.- Un ciclo de Diesel ideal recibe el aire (k = 1.4) a 98.5kPa y 60°C. La presión máxima que se alcanza es 4.5MPa y el calor que se recibe en cada ciclo es 580kJ/kg. Calcule: a) la relación de compresion, b) la relación de admisión, c) la temperatura y la presión en cada estado del ciclo, d) el trabajo neto por unidad de masa que se entrega en cada ciclo, e) la presión media efectiva, f) la eficiencia térmica del ciclo.

22.- Resuelva el problema 20 para el caso de "aire frío".

23.- Resuelva el problema 20 si para el aire el

$$Cp = 9.192\times10^{-1}\left(\frac{J}{gK}\right) + 2.581\times10^{-4}\left(\frac{J}{gK^2}\right)T - 3.863\times10^{-8}\left(\frac{J}{gK^3}\right)T^2$$

donde T se expresa en K.

24.- Resuelva el problema 21 para el caso de "aire caliente".

25.- Resuelva el problema 21 con ayuda de las tablas de aire como un gas ideal, o con la expresión para el Cp que se da en el problema 5.

26.- Verifique que la eficiencia de un ciclo de Stirling que tiene una regeneración perfecta es igual a la eficiencia de un ciclo de Carnot que funciona entre las mismas temperaturas.

27.- Un ciclo de Stirling tiene una relación de compresión de 10.7. Si el aire se recibe a 85kPa y 20°C y la temperatura máxima que se alcanza es 2000 °C, calcule: a) la presión y el volumen en cada estado del ciclo, b) el trabajo neto por unidad de masa que se entrega en cada ciclo, c) la presión media efectiva, d) la eficiencia térmica del ciclo, e) el calor que se rechaza f) compare sus respuestas con las del problema 20.

28.- Cuando la regeneración de un ciclo de Stirling falla se puede emplear al medio ambiente como depósito térmico. Resuelva el problema 27 si no hay regeneración y el aire es "frío". a) ¿Cuánto calor se capta a volumen constante, b) ¿Cuánto calor se rechaza a volumen constante? ¿Cuál es la eficiencia térmica del ciclo? Compare sus respuestas con las del problema 4.

29.- Un ciclo refrigerador de Stirling emplea 2kg de nitrógeno, teniendo como temperaturas límites 115°C, y -105°C. La presión máxima que se alcanza en el ciclo es 1.98MPa y la relación de compresión es 4. Si la regeneración funciona perfectamente, calcule: a) el calor que se recibe, b) el calor que se rechaza, c) el trabajo neto que se recibe en cada ciclo, d) la presión media efectiva y e) el coeficiente de operación.

30.- Una máquina de Stirling funciona con aire recibiéndolo a 725kPa y 315°C para expanderlo isotérmicamente desde 55 litros hasta 82.5dm^3 Si la temperatura mínima que se tiene en el ciclo es 27°C y la regeneración funciona perfectamente, calcule: a) el cambio en la entropía del gas durante los procesos isotérmicos, b) el calor que se recibe en cada ciclo, c) el trabajo neto que se entrega en cada ciclo, d) la presión media efectiva, d)la eficiencia térmica del ciclo.

31.- Resuelva el problema 29 si la regeneración falla completamente y para el nitrógeno k = 1.4.

32.- Calcule el trabajo por unidad de masa que entrega un ciclo de Stirling que funciona con un kilogramo de aire que entra a la compresión isotérmica a 103kPa y 25°C. La relación de compresión es 12 y el Cp del aire viene dado por la expresión del problema 5.

33.- En un ciclo de Stirling que funciona con una regeneración perfecta se tiene aire a 78.15kPa y 19°C al inicio de la compresión isotérmica. Si la relación de compresión es 7 y el calor que se recibe en cada ciclo es 1860J/g, calcule: a) la temperatura máxima, b) la presión máxima, c) el trabajo neto, d) la presión media efectiva, e)la eficiencia térmica del ciclo.

34.- Compruebe que la eficiencia de un ciclo de Joule (Brayton) que tiene un cociente de presiones r_p y que usa un fluido con k = constante está dada por:

$$\eta = 1 - \frac{1}{r_p^{\frac{(k-1)}{k}}}$$

35.- Se necesita que un ciclo de Brayton entregue 2238kW netos para el bombeo de petróleo crudo. El aire entra al compresor a 95kPa y 5°C y sa-

le a 950kPa. La turbina recibe al gas a 850°C. Calcule: a) el gasto másico de aire que se necesita, b) la temperatura y la presión en todos los estados del ciclo, c) la eficiencia térmica del ciclo. Considere el "aire caliente".

36.- Se necesita obtener el trabajo máximo que pueda entregar un ciclo de Brayton ideal que funciona con aire entre las temperaturas extremas de 37.8°C y 704.4°C. La presión al inicio de la compresión es 103.42 kPa. Si el gas tiene capacidades constantes (k = 1.4). Calcule: a) La temperatura luego de la compresión, b) el cociente de las presiones, c) la relación de compresión, d) el aumento en la entropía durante el proceso isobárico, e) la eficiencia térmica del ciclo.

37.- Resuelva el problema precedente para el caso del "aire caliente". ¿Se encuentran variaciones significativas en las respuestas? ¿Se puede resolver el problema precedente empleando la fórmula del Cp que se da en el problema 5? Si es así, resuélvalo.

38.- Un ciclo de Brayton que funciona con aire tiene un cociente de presiones de 5. Las temperaturas extremas son 26°C y 925°C. ¿ Cuál es la eficiencia del ciclo? Suponga que es un ciclo de "aire caliente".

39.- Un ciclo de Brayton que funciona con aire (k = 1.4) tiene una relación de presiones de 5 y unas temperaturas límites de 300K y 1000K. Si las eficiencias isentrópicas del compresor y de la turbina son 80%, calcule la eficiencia térmica del ciclo. ¿Cuánto trabajo se entrega por cada kJ de calor que se entrega al ciclo?

40.- Un ciclo de Brayton emplea nitrógeno como el fluido de trabajo. El cociente de presiones es 4. El fluido entra al compresor a 101.325kPa y 25°C y entra a la turbina a 875°C. El gasto másico es 9kg/s. Calcule: a) el trabajo del compresor, b) el trabajo de la turbina , c) el calor que recibe el ciclo, d) la eficiencia térmica del ciclo. Si el ciclo se hiciera funcionar en una máquina reciprocante, e) ¿cuál sería la presión media efectiva? ¿Por qué no resultaría adecuado operar al ciclo de esta mananera?

41.- En una planta nuclear se emplea un ciclo de Brayton con neón, el cual entra al compresor a 620kPa y 35°C, saliendo a 2.48MPa. El

gas entra a la turbina a 1260°C. Si el ciclo entrega 6000kW, calcule a) la presión y la temperatura en todos los puntos del ciclo, b) el gasto másico de neón, c) la presión media efectiva si el ciclo se llevara a cabo en una máquina reciprocante, d) la eficiencia térmica del ciclo.

42.- Se necesita que un ciclo de Brayton entregue 2238kW netos para el bombeo de petróleo crudo. El aire entra al compresor a 95kPa y 5°C, saliendo a 950kPa. El aire, cuyo Cp está dado por al expresión del problema 5, entra a la turbina a 850°C. Calcule: a) el gasto másico del aire, b) la temperatura y la presión en todos los estados del ciclo, c) la eficiencia térmica del ciclo. Compare sus resultados con los problemas del problema 35.

43.- Un ciclo de Otto con aire estándar posee una relación de compresión (adiabática) de 8. Si el aire se aspira a 1.01325 bares abs. y 20°C, determine los valores de presión y temperatura del estado luego de la compresión. Encuentre el rendimiento para el ciclo. Considere que el índice adiabático tiene el valor constante de 1.4. Esquematice el ciclo en los planos (v, p) y (s, T).

44.- Un ciclo de Diesel ideal que maneja aire absorbe 1630 J/g en un proceso que simula la combustión. Al comienzo de la compresión (edo. 1), el aire se encuentra a 1 bar abs y 15°C; la presión de descarga es 3.6 bares (p_4). ¿Cuál es la razón de compresión que se debe tener en el ciclo? Esquematice el ciclo en los planos (v, p) y (s, T).

45.- Compare la eficiencia que tienen los ciclos ideales de Otto y de Diesel, si ambos tienen una razón de compresión de 8 y ambos absorben la misma cantidad de calor por ciclo. Suponga que ambos trabajan con aire frío.

46.- Una máquina de Otto recibe la misma cantidad de calor que otra de Diesel. La relación de compresión de ésta es superior ala de Otto, pero la presión máxima que se alcanza en ambas es la misma. Si los volúmenes iniciales son iguales en cada una, dedúzcase cuál es la de mayor rendimiento. Dibuje los ciclos en los planos (v, p) y (s, T).

47.- Un cilo de Stirling que se emplea con fines criogénicos emplea 1.5 kg de nitrógeno. Las temperaturas del ciclo son 60 K y 244 K. Si la presión máxima que se tiene en el ciclo es 14 bares abs y el cociente de la compresión isotérmica es 3; calcule a) el calor que acepta el ciclo b) el calor que rechaza el ciclo c) el trabajo que maneja el ciclo d) el rendimiento del ciclo e) la presión media efectiva. Dibuje el ciclo en los planos (v, p) y (s, T). $\frac{v_{in}}{v_{fin}} = 3$

48.- En una máquina de Stirling que opera con aire se tiene que al comienzo de la expansión isotérmica las condiciones son 447°C y 4 bares abs. La presión mínima en el ciclo es 1 bar abs. y al final de la compresión isotérmica el volumen es el 60% del volumen máximo. Calcule la eficiencia térmica del ciclo y su presión media efectiva.

49.- Calcule las eficiencias de los ciclos de Brayton ideales (o de turbina de gas) que tienen los cocientes de presiones 4, 6 y 8. Considere que el índice adiabático tiene el valor constante de 1.395. Dibuje los ciclos en bs planos (v, p) y (s, T).

50.- Un ciclo de Brayton con aire ideal tiene un compresor de dos etapas, además de tener el proceso de expansión dividido en dos etapas. El cociente de presiones en cada etapa del compresor y en cada etapa de la turbina de expansión es 2. La temperatura de entrada a cada etapa del compresor es 15°C (esto es, se tiene un enfriador entre las etapas de compresión) y la de entrada a cada etapa de la turbina es 1088.7 K (se tiene un calentador después de la primera etapa).
Si la presión a la que entra el aire a la primera etapa de la compresión es 1.01325 bares abs. calcuele a) el trabajo de compresión, por unidad de masa de aire b) el trabajo total producido por la turbina, por unidad de masa de aire y c) la eficiencia del ciclo.

51.- En un ciclo de Ericsson que maneja aire (ideal) se tiene un volumen mínimo de 5 litros. La presión máxima es 5 bares abs. y luego de la expansión isobárica el volumen es 12 litros. Dibuje el ciclo en los planos (v, p) y (s, T). El ciclo recibe 20 kJ. ¿Cuál es la cantidad de calor que se rechaza?

52.- Las propiedades de la sustancia de trabajo (aire) al comienzo de la expansión isotérmica en un ciclo de Ericsson son 0.7 bares abs., 141.6 litros y 555.4 K. Si el cociente de la expansión isotérmica es $2 = (v_{fin}/v_{in})_{isot.}$ y la temperatura mínima del ciclo es 4.4°C, calcule a) ΔS para los procesos isotérmicos b) los calores que se aceptan y se rechazan, el trabajo y la eficiencia del ciclo c) el volumen al final de la expansión isotérmica y el cociente entre el volumen máximo y el volumen mínimo del ciclo d) la presión media efectiva.

53.- Una planta que tiene un ciclo de Rankine opera con una presión en la caldera de 6 MPa y en el condensador de 7.384×10^3 N/m^2. A la salida del sobrecalentador el vapor se encuentra a 500°C, a) calcule la potencia que entrega la turbina por unidad de masa del vapor de agua.
b) Calcule la potencia de la bomba por unidad de masa de agua.
c) ¿Cuál es la potencia neta del ciclo por unidad de masa de agua?
d) Calcule la eficiencia del ciclo.

54.- Una planta de vapor opera con vapor a 1.2×10^7 N/m^2 y 540°C antes de ingresar a la turbina, la que tiene una eficiencia isentrópica (η_T) del 95%. A la salida de esta turbina (llamada de alta presión) el vapor entra a un calentador a la presión constante de 2 MPa. El vapor se calienta ahí hasta 540°C para luego entrar a otra turbina (llamda de baja presión) con una eficiencia isentrópica (η_T) del 90%. La presión del condensador es 10^4 N/m^2. a) Calcule el trabajo total que entreguen las turbinas por unidad de masa de vapor b) ¿Cuál es la eficiencia de esta planta? c) ¿Cuál es el cociente de el trabajo total entre el trabajo neto para la planta si la bomba es reversible y adiabática?

55.- En un ciclo de refrigeración por compresión de vapor que emplea CCl_2F_2 (freón 12) el vapor saturado a -25°C entra al compresor el que lo entrega a 6.865×10^5 N/m^2 al condensador, de donde sale como líquido saturado a 6.865×10^5 N/m^2 antes de atravesar la válvula de estrangulación. a) Dibuje el ciclo en los planos (v, p), (s, T) y (h, p) b) Calcule el efecto de refrigeración por unidad de masa del freón c) Calcule la potencia de compresión por unidad de masa de refrigerante. d) ¿Es reversible el ciclo que se plantea?

56.- En una planta refrigeradora que usa freón -12 se tiene que el vapor saturado y seco que sale del evaporador se comprime en forma adiabática, pero no reversible, con un compresor centrífugo. En el evaporador y en el condensador las presiones son 1.826 bares y 7.449 bares, respectivamente, y la temperatura del vapor que sale del compresor es 45°C. El líquido sale del condensador a 25 °C y se estrangula hasta la presión del evaporador. Calcule a) el efecto refrigerante, b) el trabajo que se requiere, por kilogramo de refrigerante, c) el coeficiente de operación, d) ¿Cuál sería el coeficiente de operación si la compresión se hubiera hecho reversible y adiabáticamente?

57.- Un compresor reciprocante de un sólo efecto recibe aire a 1.013 bares abs. y 15°C y lo entrega a 7 bares abs. Calcule la potencia que se requiere para entregar 0.3 m^3/min (que se miden a las condiciones iniciales) cuando la compresión se hace: a) isentrópicamente, b) isotérmica y reversiblemente, c) politrópicamente, con n = 1.25, d) indique la temperatura a la que se entrega el aire en cada caso.
Si el compresor tiene la frecuencia de 1000 rev/min y tiene la razón L/D = 1.2, e) calcule el diámetro del cilindro del compresor.

CAPITULO I

1. a) Acumulador → cerrado; b) cohete → abierto; c) planta productora de energía → cerrado; d) sist. de calentamiento → cerrado; d) refrigerador → cerrado; f) motor de gasolina → abierto; g) motor de diesel → abierto.

2. i)cerrado; ii)abierto; iii)abierto; iv)abierto; v)abierto; vi)abierto; vii)cerrado; viii)abierto; ix)¿?; x)abierto.

3. | I | D | a) $T_I = T_D$; b) $P_I = P_D$ y $T_I = T_D$; c) No hay equilibrio d) $T_I = T_D$; e) $P_I = P_d$ y $T_I = T_D$.

4. $\overline{V} = \sqrt{\overline{V}^2} \Rightarrow i$; $P \rightarrow i$; $\Psi \rightarrow e$; $Ec = \frac{1}{2} m \overline{V}^2 \Rightarrow e$; $\rho \rightarrow i$; $m \rightarrow e$; $t \rightarrow i$; $L^2 \rightarrow e$; $R \rightarrow i$.

   Propiedades: P, Ψ, Ec, ρ, t, L^2, R. Escalares: P, Ψ, Ec, ρ, m, t, R. Vectoriales: $\vec{V}$, L^2.

5. $\{\vec{V}\} = LT^{-1}$; $\{P\} = ML^{-1}T^{-2}$; $\{\Psi\} = L^3$; $\{Ec\} = ML^2T^{-2}$; $\{\rho\} = ML^{-3}$; $\{m\} = M$; $\{t\} = \Theta$; $\{A\} = L^2$; $\{R\} = ML^2T^{-3}A^{-2}$

   $[\vec{V}] = m/s^2$; $[P] = Pa$; $[\Psi] = m^3$; $[Ec] = J$; $[\rho] = kg/m^3$; $[m] = kg$

   $[t] = K$; $[A] = m^2$; $[R] = ohm$.

6. Si el planeta es esférico, $\rho = \frac{3\vec{g}}{4\pi GR} = \frac{3 \times 25.89}{\pi 4} \left(\frac{m}{s^2}\right) \times 6.67 \times 10^{-11} \left(\frac{kg^2}{N\,m^2}\right) \times 71.4 \times 10^6 =$

   $\rho = \frac{4077.268}{\pi} \left(\frac{kg}{m^3}\right)$ $\delta = \delta/\delta_{H_2O} = 1.2990$

7. a) $m_1 = 61.3404$ kg ; $m_2 = 128.6598$ kg

$V_2 = 164.9485$ dm ^{3} ; $V_1 = 35.0515$ dm^3

b) $F_{g,mez} = 1858.2$ N

8. $m_T = 20.1618$ kg $\qquad \rho_{mez} = 80.6474$ kg/m^3

9. $v = \frac{1}{\rho} \therefore dv = -\frac{d\rho}{\rho^2} \quad \frac{dv}{v} = \frac{1}{v}(-\frac{d\rho}{\rho^2}) = (\frac{\rho}{1})(-\frac{d\rho}{\rho^2}) = -(\frac{d\rho}{\rho})$; $-(\frac{d\rho}{\rho})\frac{\cdot g}{\cdot g} = -\frac{dY}{Y}$

10. $\bar{\rho} = 4.9338 \times 10^{-4}$ kg/m^3 ; $m = 1.8045 \times 10^{-3}$ kg

11. Tocándolos sucesivamente.

12. $\Delta L_{Hg} = C(\Delta_{L\ Etoh})^2 \therefore$ si $L_{(Hg)} = 25 \Rightarrow \Delta L_{etoh} = \sqrt{25°x \frac{1}{0.01}}$

$\Delta L_{etol} \equiv 50°$

12.

°C	°F	°R	K
- 259.34	- 434.812	24.858	13.81
- 218.79	- 361.822	97.848	54.36
- 182.96	- 297.328	162.342	90.19
0.01	32.0180	491.688	273.16
100.0	212.0	671.67	373.15
419.58	787.244	1246.914	692.73
630.75	1167.35	1627.020	903.9
961.93	1763.474	2223.144	1235.08
1064.43	1947.974	2407.644	1337.58

14. $T_s = 444.6$ °C $\Rightarrow$ una sobrepresión de 141.798 cm de Hg.

15. - 614.5875 °C $\simeq$ - 614.5875 °R No esta (físicamente) definida.

16. 409.725 K equivale a 136.575 °C

17. a) 451 °F $\simeq$ - 9.02780 °U b) 36.5 °C $\simeq$ - 254.375 °U c) 478.15 K $\simeq$ - 43.75 °U

18. $Fn/A = P = \frac{45\ kN\ \cos\ 2°}{0.45\ m^2} = 99.9391\ kPa$; $\tau = \frac{F_T}{A} = 3.4899\ kPa$

19. Pint abs = 96 837.5551 Pa

20. $P_{gas,abs}$ = 97 540.8089 Pa

21. a) D = 0.270 m; b) $P_{necesaria}$ = 128048.7804 Pa,man

22. y_A = 0.7373 m (barómetro) $P_{c_{man}}$ = 1480264.784 Pa (manómetro)

23. P_B = - 1582352.011 Pa (vacuómetro)

ρ_{sup} = 5.0884 kg/m²

24. F = 97.9887 N

25. i) y= 2.1667 m ii) El tanque si puede contener al aceite necesario

26. P_{amb} = 100.824 kPa

27. a) Hay 35.4799 litros de gasolina b) y = 2.3810 cm c) P_{man} = 11960 kPa,man

28. En la rama izq: y_{izq} = 12.3674 cm ; y_{der} = 11.6326 cm y_{ag} = 21.6326 cm

29. Lectura del aparato = 15.2729 cm

30. La lectura es = 3.8182 cm b) No c) No

31. i) L = 0.15995 m ii) 7.9975 cm por debajo del nivel de equilibrio
Si $d = \frac{D}{2}$

i) L = 15.995 cm ii) 12.796 cm en el lado derecho hacia abajo de la línea de equilibrio.

32. $P_A - P_B = L\ G\ \rho_{H_2O}\ (\delta_{MAN} - \delta_{CIRC}) = 151.4536\ Pa$

33. a) $P_A = P_B \therefore L = 0.1\ m \frac{(\delta_{CCl_4} - 1)}{(\delta_M - 1)} = 4.7241 \times 10^{-3}\ m$ b) $P_B - P_A = \rho_{ag}\ g\ 0.1\ m\ (\delta_{CCl_4}$

$P_B - P_A = 581.3863$ Pa c) Como se ve en el dibujo: $P_A - P_B = g\ \rho_{H_2O}\ 0.1\ m\ [2\ \delta_{Hg} - \delta_{CCl_4}$

$P_A - P_B = 24032.4569$ Pa

34. $y = 0.5663$ m

35. ii) = 50.3656 cm i) $P_{abs} = 294810.7924$ Pa

36. $P_M = -3908479$ Pa $\therefore$ Es un vacuómetro

37. i) $P_A - P_B = 3371.0633$ Pa ii) $P_A - P_B = 2963.1646$ Pa

38. $P_{abs\ air\ en\ la\ der} = 71716.9541$ Pa

No. La presión absoluta en el tanque C es 71716.9541 Pa

No se conoce la presión absoluta en el interior de la cámara que contiene a los tanques.

39. $P_A - P_B = -154.1466$ Pa

40. $P_{II} - P_I = 123970.5758$ Pa

41. $P_{abs\ A} = 108.7239$ kPa

42. $P_A = 2297.7668$ Pa

43. L = 10.0456 cm

44. m = 74.2434 kg

45. a) El sistema es abierto (expulsa gases de combustión).

b) La olla recibe calor del exterior y además escapa algo del vapor producido (a través del tapón) $\therefore$ es un sistema abierto.

c) Un ser humano es un sistema abierto (mientras está vivo).

d) Un río recibe agua de las lluvias y tal vez de algunos afluentes; recibe también la energía del sol $\therefore$ es un sistema abierto.

e) Es un sistema abierto.

f) Entra y sale masa (mientras funciona) es un sistema abierto.

g) Es un sistema cerrado (si no se hierve el agua).

h) Es un caso típico de un sistema aislado.

46. Intensivas: (a), (b), (c), (e), (g), (j) Extensivas (f) (h), (i), (k) La forma es una propiedad que no interesa(mucho) en la Termodinámica.

47. $Z = 0.25344$ m

48. $p_{abs} = 0.8739$ bares.

49. $p_a - p_b = 3618.6$ Pa

$p_a - p_c = 3180.75$ Pa

$p_c - p_b = 437.85$ Pa

$p_c - p_d = 1469.45$ Pa

$p_a - p_d = 4650.19$ Pa

50. a) $\rho_? \approx 906.3444$ kg/m^3 b) $p_{int}_{vac} = 2934.0$ Pa "de vacío"

51. $p_A = 1.3717$ bares

52. a) = 63.5 °C' b) = - 5626.85 °C'

c) = 373.15 °C' d) = 78 °C'

53. a) $\gamma = 18.5076\ \Omega + 1.4198 \times 10^{-2}\ \Omega/°C \cdot t$ b) = 1027.779 °C

c) $\gamma = 14.6294\ \Omega + 1.4198 \times 10^{-2}\ \Omega/k \cdot T$

54. a) Q = 0 W(+) b) Q(+), W(0) c) Q(-) (luego de la explosión W(-)

d) W(+) Q(0)

55. W = - 19.2056 kJ

56. W = 645.3834 J

57. $\overline{V}$ = 425.9534 m/s

CAPITULO II

1. $P_0 = 105$ (kPa) $\quad P_1 = 420$ (kPa) $\quad P = a\,\forall + b$

$\forall_0 = 15$ (dm³) $\quad a = -37 \times 10^3 \frac{(Pa)}{m^3}$

$b = P_0 - a\,\forall_0 = 105 \times 10^{-3}$(MPa) $- (-37)\,\frac{MPa}{(m^3)} \times 15 \times 10^{-3}(m^3)$

$b = 0.66$ (MPa) $\quad \therefore\ \forall_1 = 6.4865$ (dm³) $\quad W = -\int_{\forall_0}^{\forall_1} P\,d\forall = -a\int_{\forall_0}^{\forall_1} \forall\, d\forall - b\int_{\forall_0}^{\forall_1} d\forall$

$W = -\frac{a}{2}(\forall_1^2 - \forall_0^2) - b(\forall_1 - \forall_0)$

$= -\left(-\frac{37 \times 10^6}{2}\frac{J}{m^3}\right).\ (m^3)\left[6.4865^2 - 15^2\right]\frac{(dm^6)}{10^6}\frac{(1m^6)}{(dm^6)} - 0.66 \times 10^6\left(\frac{J}{m^3}\right) \times$

$\times \left[6.4865 - 15\right]\frac{(dm^3)}{10^3}\frac{(1m^3)}{(dm^3)}$

$= -\frac{6768.2368}{2}$ (J) + 5618.91 (J) = 2234.7916 (J)// lo recibe el sistema.

2. $P_0 = 1.4$ (MPa) $\quad P\forall^2 = P_0\forall_0^2 = P_1\forall_1^2$ $\quad P_{amb} = 78$ (kPa)

$\forall_0 = 50$(dm³) $\quad \forall_1 = 60$(dm³) $\quad$ (SUPUESTA)

Area = 14.0 (dm²)

a) $W \equiv -\int_{\forall_0}^{\forall_1} P\,d\forall = -P_0\forall_0^2\int_{\forall_0}^{\forall_1} V^{-2}\,d\forall = -\frac{P_0\forall_0^2}{(-1)}\left[\frac{1}{\forall_1} - \frac{1}{\forall_0}\right] = 1.4\times10^6\,(\frac{J}{m^3})(30\times10^{-3})^2(m^6) \times$

$\times \left[\frac{1}{0.06} - \frac{1}{0.03}\right]\frac{1}{(m^3)}$

$W_{TOTAL} = 21$(kJ)// (b) $W_{atm} \equiv -\int P_{atm}\,d\forall = -P_{atm}\,\Delta\forall = -78 \times 10^3\,(\frac{J}{m^3}) \times (-30\times10^{-3})$

(m^3)

$W_{atm} = 2340$ (J) = 2.340 (kJ) lo recibe la atmósfera

c) El trabajo neto = $|W_{TOTAL}| - |W_{atm}| = 18.66$ (kJ), que entrega el sistema.

3. (i) $W = \frac{P\forall - P_0\forall_0}{-0.5} = 13941.7172$ (J) ; (ii) $W = P_0\forall_0 \ln(\forall/\forall_0) = 16496.9029$ (J);

(iii) $W = -P_0\forall_0 \ln(\forall_0)\ln(\frac{\ln\forall}{\ln\forall_0}) = 17721.6837$ (J) $\therefore$ (a) i ; (b) iii;

c) 13941.7172 (J), 16496.9029 (J), 17721.6837 (J)

4. (a) W = -17118.75 (J) (b) W = -10651.6667 (J) En ambos casos lo hace el sistema.

5. P_1= 965.8108 (kPa)

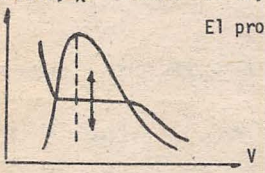
   W = 39871.6145 (J) (lo recibe la sustancia)

6. a) vapor sobrecalentado
   b) 1 - x = 0.9989
   c) líquido comprimido o subenfriado
   d) Sí, en todos los casos

7. $\bar{x} = \dfrac{m_A(1-x_A)+m_B(1-x_B)}{(m_A + m_B)}$

8. 6.7158%

9. Es una mezcla, χ = 0.0880. Si T↑, P↑ y χ↑ ; Si T↓, P↓ y χ↓



El proceso sería a v = cte.

$v > v_c$

10.

	T(°C)	P(kPa)	x(%)	v(cm³/g)	h(J/g)	u(J/g)
a	229.29	2759.432	99.9528 %	72.5413	2803.0415	2603.0488
b	371.11	2757.89	vap. sobre calentado	103.8815	3168.9038	2884.9032
c	115.56	172.3606	83.1249	848.3790	2326.04	2180.1329
d	241.7002	3447.37	74.7524	43.6996	2359.6551	2209.2779
e	93.33	6894.73	líquido subenfriado	1.0387	390.9326	390.856
f	371.6437	5515.79	vapor sobre calentado	49.2837	3112.24	2842.6638
g	184.1899	1103.16	90	159.7049	2581.7257	2405.8722
h	176.67	927.9221	99.9592	208.8840	2774.3018	2580.6453
i	93.33	79.7371	74.8521	1578.5820	2093.44	1968.5185
j	204.44				872.0	
k	166.9291	40.0	vapor sobre calentado	8099.7428	2813.783	2611.26
l	30.6875	4.4360	23.9778	7634.2	711.0532	677.75

11. ρ = 11.2368 (kg/m³) 1237.41 (kPa) $\forall$ = 88.9934 (dm³)

12.

	t(°C)	P(kPa)	x(%)	v(cm³/g)	h(J/g)	u(J/g)
a	50.7398	1241.05	99.85	15.9100	206.3390	189.07
b	37.78	329.0928	-	61.1425	211.6216	191.5
c	23.1572	820.53	48.0633	13.9965	124.68	115.9948
ch	18.9644	551.58	100	51.7396	195.39	177.7205
d	45.6985	1103.16	-	0.8116	80.3764	79.4794
e	60.0	689.47	-	29.9662	221.9856	201.3248
f	-12.22	202.9	70	58.3281	134.9038	123.0690
g	43.33	1043.0176	0.0315	0.8117	77.9766	77.13
h	38.0022	482.63	-	40.7242	209.55	189.8953
l	48.89	1189.33	0	0.8222	83.7089	82.7304
j	40.1845	965.26	90.1445	16.3877	190.4584	174.64

13. a) $P_{sup} = 0.3932$ (kPa) $P_{fondo} = 76,2364$(kPa)

b) No, pues actúa el campo gravitacional terrestre.

14. $\underline{W} = -51.5403$ (J/g)

$\underline{W}_{net} = 24.2723$ (J/g)

15. i) vapor sobrecalentado
ii) mezcla de líquido y gas
iii) vapor sobrecalentado
iv) líquido subenfriado
v) mezcla de líquido y gas
vi) líquido subenfriado
vii) equilibrio líquido y gas
viii) mezcla de líquido y gas
ix) mezcla de líquido y gas
x) "vapor" sobrecalentado

16. a) $v = 2.0162 \times 10^{-3}$(m³/kg)

b) 8.337×10^{-2}(m³/kg)

c) $v = 4.4514 \times 10^{-2}$(m³/kg)

d) $v_{CCl_2F_2} = 2.5962 \times 10^{-3}$(m³/kg)

e) $v_{N_2} = 2.7320 \times 10^{-2}$(m³/kg)

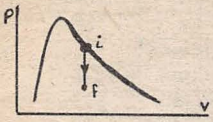
f) $v = 0.28367$ (m³/kg)

g) $9.477 \times 10^{-2} (m^3/kg)$

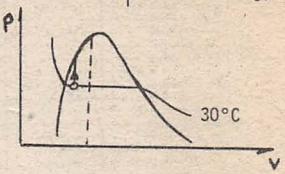
h) $v = 2.2896\ (m^3/kg)$

i) $v = 1.2321 \times 10^{-3} (m^3/kg)$

j) $v_{CO_2} = 1.5882 \times 10^{-2} (m^3/kg)$

17. a) 

b) $\Psi_f = 0.25708\%$ c) $m_f = 0.2281$ (kg)



18. Al calentar, el menisco debe descender

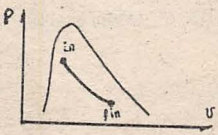
$v < v_c$

19. $m = 11.7496$ (kg)

20. $\% m_f = 99.9453\%$ $\%\Psi_f = 87.552\%$

21. a 40(°C) está a 705.8252 (kPa)

22. $_aW_c = 527.7513$ (kJ)



23. $\underline{W} = -189.2023$ (kJ/kg)

24. $\Psi_f/\Psi_g = 0.7004$ $m_{g_{fin}} = 0.65647$ (kg)

25. $P_{fin} = 0.16026$ (MPa) = 160.26 (kPa) a 200(°C)

26. a) $\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_v = -\frac{1\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)P}{\left(\frac{\partial v}{\partial P}\right)_T} = \frac{\beta}{\gamma}$

b) $P = 46.274$ (MPa)

c) 3.0762%

27. .4331%

28. $\alpha = 1/P$ $\beta = 1/T$

29. $\gamma = -a \ln T + 1/P$ $\beta = 1 + a\,P/T$

30. a) $W = 2.9799$ (J)

    b) $W = 3.0319$ (J)

31. $m_{sale} = 7.3228$ (kg)

32. a) $m_{bomb} = 99.8908$ (kg)

    b) $\Psi = 77.2840$ (m^3)

    c) $P = 2.981$ (MPa)

33. $V = 151$ (m^3)

34. $V = 0.5033$(m^3)

35. $\Delta P = 1.4657$ (kPa)
    $\% = 1.9231\%$

36. $MM = 16.3916\ (\frac{g}{g_{mol}})$

37. a) No b) 2473.2565 (kPa)

38. $m = 20.2140$(kg)

39. $MM = 2.007\ (\frac{g}{g_{mol}})$ Probablemente es H_2

40. a) $\ln \frac{P}{P_0} = \frac{g}{R\Delta\theta} \ln(\frac{T_0-\Delta\theta\ Z_1}{T_0}) - \frac{g}{RT_A}(Z_2 - Z_1)$ $Z \leq 10668$(m)

    Si $Z < 10668$ (m)

    $$P = P_0 \operatorname{Exp}\left[\frac{g \ln \frac{296.15(K)-7.312 \times 10^{-3}(\frac{K}{m})\ Z}{296.15(K)}}{R\ (\ 7.312 \times 10^{-3}(\frac{K}{m})}\right]:$$

    $$\rho = \frac{P}{R(296.15(K) - 7.312x10^{-3}(\frac{K}{m})Z)}$$

    Si $Z \geq 10668$(m)

    $$P = P_0\left[\operatorname{Exp}\ \frac{g}{Rx7.312x10^{-3}(\frac{K}{m})} \times \ln \frac{296.15(K)-7.312x10^{-3}(\frac{K}{m}) \times 10668(m)}{296.15(K)} - \frac{g}{Rx218.15(K)}(Z - 10668(m))\right]$$

    $$\rho = \frac{P}{Rx218.15(K)}$$

41. a) $m = 22.7259(kg)$

    b) L debe ser 7.51(cm)

42. a) $L = 4.401(cm)$

    b) $P_2 = 82981.53(kPa)$

43. $W = 328.9358 \left(\frac{J}{g}\right)$

44. $\dot{m} = 717344.9 \left(\frac{kg\ de\ aire}{h}\right)$

45. a) Como la masa atómica es 16(g/ mol) número de átomos es 2

    b) MM = 48 (g/ mol) P = 91.6201 (kPa)

46. a) El gas ocupa una columna de 1.1287 cm.

    b) b-a = 14.6226(m)

    c) $P_{fin} = 2.02221$ (MPa) ; $\rho = 3.29397\ kg/m^3$

47. a) $\gamma = 3.8182$ (cm)

    b) Pg = 55546.8607(Pa) ∴

    c) 2.2979(m)

48. % Err = 0.5462%

49. $\gamma = \frac{8.3333 \times 10^{-7}}{(Pa)}$

50. a) $\beta = \frac{3.8466 \times 10^{-3}}{(K)}$ $\qquad \gamma = \frac{3.8461 \times 10^{-6}}{(Pa)}$

    b) $\beta_{id} = 3.2274 \times 10^{-3}/(K)$ $\qquad \gamma = 3.6232 \times 10^{-6}/(Pa)$

    $\Delta\%\beta = 19.1857\%$ $\qquad \Delta\%\gamma = 6.1520\%$

51. a) W= 114.5415 (kJ)

    b) $W = 49.345 \times 10^{-3}(J)$

    $W_{gas}/W_{liq} = 2.3212 \times 10^{6}$

52. a) El gas ideal no las satisface

b) La ec. de van der Waals sí les satisface

c) La ec. de Redlich y Kwong también las satisface

53. $v_c = 6.78 \times 10^{-2} \left(\frac{m^3}{kgmol}\right)$

$P_c = 5.5179$ (MPa)

$T_c = 119.9905$ (K)

54. $P = 2.4733$ (Pa)

55. a) Para el gas ideal $W_{máx} = -129.2262$ (kJ) ; $W_{mín} = -93.217$ (kJ)

b) van der Waals $W_{máx} = -129.2213$ (kJ); $W_{mín} = -93.2138$ (kJ)

c) Redlich y Kwong $W_{máx} = -129.2237$ (kJ); $W_{mín} = -93.2164$ (kJ)

56. a) Sí

b) $P_c = A^3/27B^2$; $v_c = 3B/A$; $T_c = A^2/3RB$

c) $Z_c = 1/3$

57. a) $P = 82.9834$ (MPa)

b) $P = 148.6945$ (MPa)

c) $P = 120.1390$ (MPa)

d) $P = 136.9226$ (MPa)

58. a) 43.6886 (kg/m^3)

b) $\rho = 48.5577$ (kg/m^3)

c) $\rho_{RK} = 49.4784$ (kg/m^3)

d) $\rho = 50.217$ (kg/m^3)

e) $\rho = 49.0417$ (kg/m^3)

59. Para el aire a) $m = 11.3213$(kg)

b) $m = 11.3811$(kg)

c) $m_{RK} = 11.3596$(kg)

d) m = 11.4357 (kg)

Para el hidrógeno

a) m = 787.8410(g)

b) m = 784.2059(g)

c) m = 784.5420(g)

d) m = 787.8410(g)

60. a) W = -375.4061(kJ)

b) -368.8798 (kJ) = W

c) -366.3646(kJ) = W

d) W = -369.1119(kJ)

e) W = -364.8203 (kJ)

61. P = 103.9472(MPa)

62. P = 50.7432 (MPa)

63. a) Como gas ideal: $\forall$ = 653.922(dm^3)

b) Como gas real: $\forall$ = 694.164(dm^3)

64. T = 425.8134(k)

65. P = 2.3054(MPa)

66. m = 12.03 (kg)

67. a) $\left(\frac{V_{N_2}}{V_{C_2H_4}}\right)_{\text{normales}}$ = 1.000856 (el volumen de N_2 es ligeramente mayor)

b) $\frac{m_{N_2}}{m_{C_2H_4}} = \frac{V_{C_2H_4}}{V_{N_2}}$ = 1.01892 $\therefore$ hay mayor masa de N_2

68. Sí, porque ambas propiedades son intensivas. También.

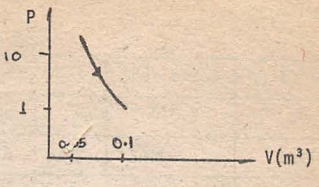
69. a) W = -150 kJ

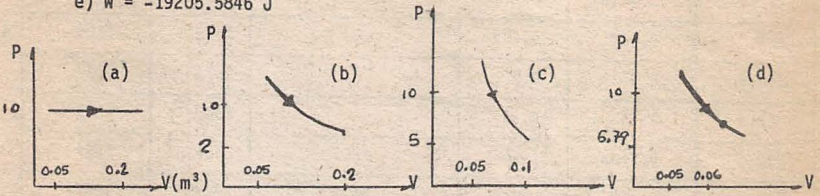
b) W = -9.00056 x 10^4 J

c) W = -34657.359 J

d) W = -7638.8889 J

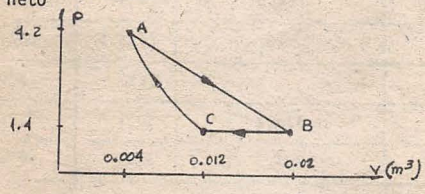
e) W = -19205.5846 J





70. $_AW_B$ = -4480.0 J $_BW_C$ = 1120 J $_CW_A$ = 1845.66 J

W_{neto} = -1514.331



71. a) El sistema recibe trabajo

b) El sistema entrega trabajo

72. W = -9.1893 J/kg

73.-

P(bar)	T(°C)	v(m^3/kg)	X	Sobrecalentamiento	h(J/g)	U(J/g)
.7	90	2.364	1	0	2660	2494
20	212.4	0.09957	1	0	2799	2600
5	151.8	0.3565	0.951	-	2646	2471
12	1881	0.1461	0.895	-	2576	2400
34	240.9	0.0529	0.9	-	2627	2447
0.5	81.3	2.75	0.85	-	2300	2165
3	200	0.7166	-	66.5	2866	2651
15	250	0.152	-	51.7	2925	2697
130	500	0.02447	-	169.2	3335	3017
1.5	250	1.601	-	138.6	2973	2733
38.2	247.6	.0417	0.8	-	2456.5	2296
82.88	297	.0216	0.95	-	2683	2505
2.3	300	1.184	-	175.8	3071	2808
44	420	.0696	-	164.3	3254	2952

74. a) 250.1374°C

b) 191.4064°C

x = 0.85527 Q = -18516.3942 J

75. a) P = 34.85 bares

b) x = 0.9588

c) 3.984×10^6 J hacia el sistema

d) P = 35.9861 bares T = 1.1984 °C

76. a) P = 506.6250 bares

b) T = 48.776 °C

77. P = 222.1185 atm

W = 111.7344 J/kg

78. $Cp = A + 2BT - C/T^2$

79. $Q = 2.7751 \times 10^6$ J

80. $W = (373.1707 \pm 63.878)$ kJ

81. a) P_2= 39.4489 bares

b) P_2= 36.3849 bares

c) P_2= 36.1846 bares

d) P_2= 37.082 bares

e) P_2= 34.47 bares

12.6% (ideal)
5.25 (Van der Waals)
4.73%(Redlich-Kwong)
7.03%(factor de compresibilidad)

32. a) $\beta_T = \frac{1}{P}$ $\beta_P = \frac{1}{T}$

b) $\beta_T = \frac{v^2(v-b)^2}{RTv^3 - 2a(v-b)^2}$ $\beta_P = \frac{Rv^2(v-b)}{-(v-b)^2\ 2a + RTv^3}$

c) $\beta_T = \frac{T^{0.5}(v^2+ vb)^2\ (v-b)}{RT^{1.5}(v^2+ vb)^2v - a\ v(v-b)(2\ v + b)}$

$$\beta_P = \frac{\left[2\ RT^{1.5}(v^2+ vb) + a(v-b)\right]\left[(v-b)(v^2+vb)\right]}{2\ v\ T\left[RT^{1.5}\ (v^2- vb)^2 - a(2v + b)(v - b)^2\right]}$$

CAPITULO III

1. 6.069×10^3 [lb ft] = 7.8257 [Btu] => 1[Btu] = 775.5217[lb ft]

   [El valor que se acepta actualmente es 778.1693 [lb ft] = 1[Btu]

2. a) 31626.3919[J]

   b) 1 cal = 31626.3919[J]/7559.88 = 4.1835 [J]

   c) 31626.3919[J] = 7559.88 [cal].

3. a) $W = -5.5$[kJ] se entrega trabajo

   b) $\Delta u \equiv 0$

4. a) $\Delta u = 54$[kJ]

   b) $Q = -4$[kJ]

   c) Como se ha completado un ciclo, $\Delta u = 0$

5. El sistema hace un trabajo de 1043[J], 35.5487[m]+

6. [a] $Q = -11.75$[KJ] ; [b] $W = 8.25$[kJ] ; [c] $Q + W = \Delta u =$ constante

7. $_2Q_1 = 46$[kJ] ; $u_2 = 34$[kJ]

8. [a] $W_i = 22.8$[kJ] ; $W_{ii} = -26$ [kJ] ; $W_{iii} = 0$

   [b] $Q_i = 0$, $Q_{ii} = 7.42$[kJ]; $Q_{iii} = -4.22$[kJ] ;

   [c] $u_2 - u_1 = 22.8$[kJ]; $u_3 - u_2 = -18.58$[kJ], $u_1 - u_3 = -4.22$[kJ]

9. $W_{eje} = 1200$[J] $\Delta \bar{v} = 2.8$[dm^3] $W_{exp} = -560$ J

   [Se gasta en comprimir a la atmósfera y en elevar al émbolo].

   $W_{neto} = 640$[J], [b] se recibe un trabajo de 560[J] y se expulsa un calor de 1200[J].

   [c] $\Delta u = u_{fin} - u_{in} = 640$[J], [d] $u_i - u_{fin} \equiv 640$[J]

   [d] $\Delta u_{ciclo} = 0$

10. $Q = -675(kJ)$; $32.5(\%)$

11. $\Delta V = 3.233(m^3)$, $\Delta H = 250(kJ)$

12. Aumenta en $28(J/g)$

13. $Q = -18.1531(kJ)$, es decir, se expulsa del sistema

14. $Q = -104(J/g)$, (se rechaza)

15. (a) $n = 32.2486$
    (b) $0.13415(m^3)$,
    (c) $\Delta H = 917.9596(kJ)$

16. (a) $W = -100(kJ)$
    (b) $459(kPa)$, $0.148(m^3)$

17. Es cierto

18. (a) $-4(kJ)$
    (b) $4(kJ)$
    (c) 0

19. (i) $u_1 = 220.4191(kJ)$;
    (ii) 283.2191 (kJ)
    (iii) $Q = 62.892(kJ)$ (lo recibe el sistema)

20. $\Delta u = -4.1602(kJ)$

21. $\Delta u = -3.4(kJ)$

22. (a) 67.24 (kg/s)
    (b) 110.9420 (m/s)

23. (a) $\Delta h = h_{sal} - h_{ent} = -370.3704(J/g)$
    (b) $h_{sal} - h_{ent} = -433.47037$ (J/g)

24. $\Delta u = -481.640 (J/g)$

$\Delta h = -528.8 (J/g)$

25. (a) $688 (m/s)$

(b) $31.6 (kg/s)$

(c) $0.0299 (m^2)$

26. $\dot{W} = 10.2894 (kW)$ $\Delta Ec = -810.6273 (W)$

27. $\dot{W} = -2565\ (kW)$

28. $u_f = 100.56\ kJ/kg$

29. $\Delta u = 20160\ J/kg$

30. a) $\Delta z = -9.5\ m$

b) $Ep = -1.64\ kJ$

31. $Q = -4592.15\ J$

32. $W_2 = 30\ BTU$

$W_n = 35\ BTU$

33. $Q = -25.33\ J$

34. $\dot{W} = 0.22$ watts

35. $P = 777$ bar

36. a) $0.636 \times 10^5\ J/kg$

b) $0.11965812\ kg/s = \dot{m}$

c) $\Delta \bar{V} = -3.95548\ m/s$

CAPITULO IV

1.- a) 200 °C, $\Delta U = 0$ b) $\{Q\} = 12$ kJ. Lo recibe el sistema

2.- $\{W\}_{eje} + \{W\}_{exp} = U_{fin} - U_{in}$ $\{W\}_{eje} = U_{fin} + P\,\forall_{fin} - U_{in} + P\,\forall_{in}$

$$\{W\}_{eje} = H_{fin} - H_{in}$$

3.- $\Delta U = 418.68$ kJ

4.- a) $\Delta U = -118.3868$ kJ b) $\Delta H = -165741.5033$ kJ

c) $W = -28147.8551$ J , $Q = \Delta U - \{W\} = -90238.933$ J

5.- $\Delta H = m\,Cp\,\Delta T = 83720.0$ kJ

6.- $Cv = 0.6579$ J/gk , $Cp = 0.9179$ J/gk

7.- a) $T_{fin} = 310.5046$ °C b) $P_{fin} = 633.0882$ kPa

c) $\{Q\} = 20.0688$ J/g $\Rightarrow \{Q\} = 20.06882$ kJ

8.- $\left(\frac{\partial h}{\partial t}\right) = 2.1278$ J/gk $\equiv Cp$ (tanto a 200 °C como a 650 °C)

9.- $\therefore W = 32.1596$ J/g

10.- $\{W\} = -213.9010$ J/g

11.- $\dot{m}_a = 517.2829$ kg/h

12.- $\{Q\} = -49.9427$ J/g

13. $V_B = 517.8809 (m/s)$

14. a) $= 3.155\ dm^3$ b) $= 0.46485$ c) $Q = 2041.3404\ kJ$

15. $x = 0.9806$

16. a) $x = 0.2163$ b) $\frac{m_f}{m_g} = 3.624$ c) $h_c - h_{in} = 48.0477 (J/g)$

d) $u_c - u_{in} = 44.5621 (J/g)$

17. a) $W \equiv 0 \quad T_A - T_B = 30 (°C)$

b) $19.6193 (°C)$, $42.0714 (kPa) \quad W \equiv 0$

c) 52.9107%

18. a) $t = 83224.4936\ (s) = 23.1179 (h)$

b) No es posible

19. 86.8365 (kg)

20. $\chi = 91.4163\%$

21. a) $x = 96.0714\%$

b) A 400 (kPa) $hg = 2743.9 (J/g) < h_B$.·. no sería posible usar el estrangulador adiabático.

22. a) 1.2384

b) $W = 4.7215 (kJ)$

c) $Q \equiv -2.0760 (kJ)$

d) $\Delta u = -6797.474 (J)$

e) $\Delta hm = -7.9454 (kJ)$

23. a) 829.776322 [m/s]

    b) 0.94544 [kg/s]

24. 33.2638 [kg/s]

25. a) x = 0.8714

    b) A = 0.2663 [m^2]

26. x_B = 0.8994 = 89.9401%

27. a) $\dot{M}_{ent}$ = 482.6286 [kg]

    b) $\frac{\dot{V}_g}{\dot{V}_g}$ = 1.1387

28. a) T_B = 480.25 [K] b) Δu = 137.8309 [J/g] c) *Si el proceso es cuasiestático y politrópico:* $\underline{W}$ = 173.7034 [J/g]

29. a) W = 141.9898 [kJ]
    Q = 84.3870 [kJ]

    b) Ar W = 106.6310 [kJ]
    Q = -59.4651 [kJ]

30. a) *Proceso cuasiestático y adiabático* k = 1.4

    b) m_{sale} = 14.7308 [kg]

31. a) $\Delta U = Q + W \overset{\sim}{} Q$

b) $(h_1 + \frac{1}{2}\overline{V}_1^2 + gz_1)\,\dot{m} + \dot{Q} + \dot{W} - (h_2 + \frac{1}{2}\overline{V}_2^2 + gz_2)\,\dot{m} = 0$

c) $Q + W = \Delta U + \Delta Ep$

d) $W + Q = U_f - U_i$

e) $Q = \Delta U + \Delta E_c + \Delta E_p$

f) $Q + W = \Delta U + E_c + \Delta Ep$

g) $(h_1 + \frac{1}{2}\overline{V}_1^2)\,\dot{m} - (h_2 + \frac{1}{2}\overline{V}_2^2)\,\dot{m} + \dot{Q}^{\circ} + \dot{W}^{\circ} = 0$ (si opera a régimen permanente)

32. a) $(h_1 + \frac{1}{2}\overline{V}_1^2 + gz_1)\,\dot{m}_1 + (h_2 + \frac{1}{2}\overline{V}_2^2 + gz_2)\,\dot{m}_2 - (h_3 + \frac{1}{2}\overline{V}_3^2 + gz_3)\,\dot{m}_3 -$

$- (h_4 + \frac{1}{2}\overline{V}_4^2 + gz_4)\,\dot{m}_4 - (h_5 + \frac{1}{2}\overline{V}_5^2)\,\dot{m}_5 + Q + W = 0$ (si opera a régimen permanente)

b) $(h_1 - h_5)\,\dot{m} + (h_2)\,\dot{m}_R - (h_3)\,\dot{m}_3 - (h_4)\,\dot{m}_4 + \dot{Q} + \dot{W} = 0$ además

$\dot{m}_2 = \dot{m}_3 + \dot{m}_4$

33. a) $P_2 = 8.9283$ bares $\quad V_2 = 5.1992 \times 10^{-3}\ m^3$

b) $P_3 = 26.8188$ bares

c) $P_4 = 3.0038$ bares $\quad T_4 = 895.1324$ K

d) ${}_1W_2 \doteq 5323.6545$ J $\quad {}_3W_4 = -15991.1142$ J

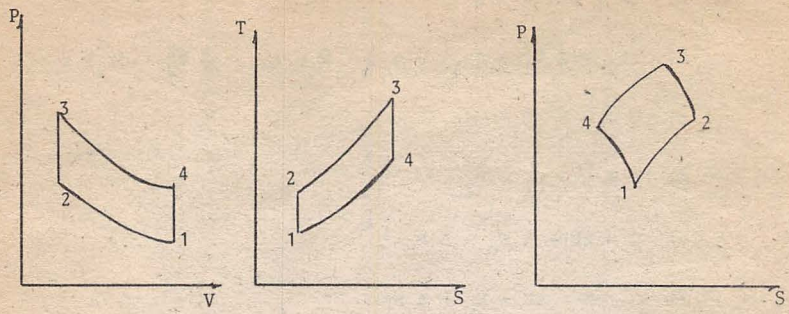
e) ${}_4Q_1 = -12273.2601$ J

f) $W_{neto} = -10667.4597$ J (el sistema entrega trabajo)

g) $\eta = 0.4650 = 46.5\%$

h) $\eta = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{(895.1324 - 298)}{1673.15 - 557.0129} = 0.465$ igual que $\frac{W_{net}}{Qs}$

i)



34. Estado (1) → Estado (2) Por la Ley de Joule, $U = f(T)$. Para un gas con capacidades caloríficas constantes,

$$U = C_v(T_2 - T_1) \quad C_v = \frac{R}{k-1} \Rightarrow U_2 - U_1 = \frac{R}{k-1}(T_2 - T_1)$$

$$\therefore \quad U_2 - U_1 = \frac{P_2V_2 - P_1V_1}{(k-1)}$$

35. $T_2 = 385.8823$ K

36. $W_T = W_{eje} + W_{flujo} = -\int PdV$

$W_{flujo} = -\int d(PV) \quad \therefore \quad W_{eje} = -\int PdV + \int d(PV)$ pero $d(PV) = PdV + VdP \quad \therefore$

$W_{eje} = \int -PdV + PdV + VdP = \int VdP$

37. $\dot{w} = -2.272$ MW

38. a) $W = -804.479$ J/g

b) $\Delta E_c = 8.04479$ J/g

c) $\Delta Z = 822.5727$ m

d) Casi siempre se pueden despreciar los cambios de energía cinética y energía potencial.

39. a) $T_3 = 150$ °C $\quad h_3 = 2752.8$ J/g

b) $T_4 = 140$ °C $\quad h_4 = 2733.9$ J/g

c) $W_{bomba} = 41.7844$ J/kg $\quad h_2 = 41.7844 \times 10^{-3}$ J/g

d) $W = -18.90$ J/g $\quad \dot{m} = 31216.931$ g/s

e) $Q = 2163.6282$ J/g

f) $Q = -2144.77$ J/g

g) $\eta = 0.87\%$

40. Se requieren 1.4306 kg de vapor húmedo.

41. $X = 0.9858$

42. $X = 0.9033$

43. $m = 8.9574$ kg

$P = 6.27$ bares

44. Con tablas en S. I.

$T \approx 148.5$ °C

$P = 9.23$ bar

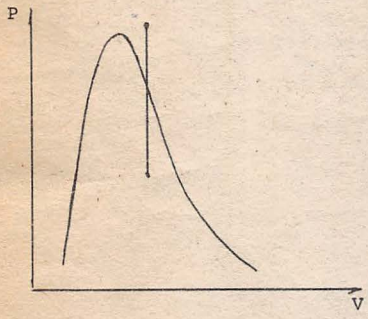
Con tablas en S. Británico

$T \approx 226.76$ °F

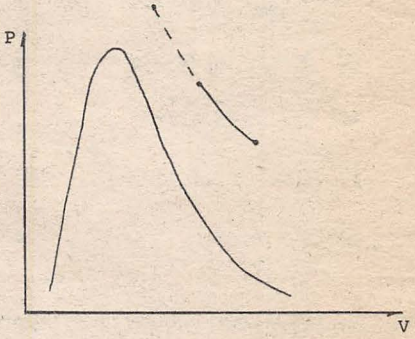
$P = 8.24$ atm

45. $W = -480.53$ J/g ; $W = -77.25$ J/g

a)



b)



46. $\dot{W} = 1.1444$ watts

CAPITULO V

1. $Q_A = 11.6596$ (MW)

2. a) $\eta = 23.8889\%$

   b) $Q_B = Q_A - W = 68.5$(kJ)

3. 276.2067 $(\frac{\$}{h})$

4. a) $\dot{Q}$

   b) $W_{min} = Q\,\frac{(T_i - T_{amb})}{T_i}$

5. a) $\frac{Q_B}{Q_E} = \frac{(T_I - T_E)}{(T_B - T_I)}\frac{(T_B)}{(T_E)} = \frac{(T_E - T_I)}{(T_I - T_B)}\frac{T_B}{T_E}$ Si $T_E = T_I$, $\frac{Q_B}{Q_E} = 0$ si $T_B = T_I$, $\frac{Q_B}{Q_E} \to \infty$

   b) $\frac{Q_B}{Q_E} = 4.80$

6. a) $Q_B = 1350$(J) (lo recibe la máquina)

   $Q_M = -2700$(J) (lo entrega la máquina)

   b) A: -4 (J/K) , M: +9 (J/K) B: -5(J/K) (Para cada depósito)

   Para la máquina: + 4 (J/K) ; - 9 (J/K) ; + 5 (J/K)

7. a) $W_{máx} = 499.75$(kJ) ; $W_{verdadero} = 317.9091$(kJ) $\therefore$ se dejan de producir 181.8409(kJ)

   b) Si se recibe el calor a 600(K) y se entrega a 325.15(K), W = 458.0833(kJ)

   c) Si se recibe el calor a 550 (K) y se entrega a 300.15(K), W = 454.2727(kJ). Conviene corregir el defecto a la temperatura elevada.

8. A = la superficie del emisor $W/(T_A - T_R)T_R^3 = A$ $\therefore$ Amín ocurre a $T_R = 3/4\ T_A$

9. i) $\eta = 45\%$ ii) Como calefactor (a) $\beta_{calef} = 2.2222$

   (b) $\dot{W} = \frac{\dot{Q}_A}{\beta} = 3.375$(kW)

   iii) como refrigerador, $\beta = 1.2222$

10. ${}_1W_2 = 0 = {}_3W_4$ ${}_2W_3 = -791.7017 (J/g)$ ${}_4W_1 = 134.2202 (J/g)$

${}_2Q_3 = {}_4Q_1 = 0$ ${}_1Q_2 = 1940.75 (J/g)$; ${}_3Q_4 = -1283.2685 (J/g)$

$W_{neto} = 657.4815 (kJ)$ $\eta = 33.8777\%$

11. a) Se satisface a la 1a. ley: calif. aprobatoria.

b) 2a. Ley: Sistema abierto: El proceso es imposible, aunque el valor es tan pequeño que podría ser producto de los redondeos.

12. $\dot{W}_{max} = 476.7401$ W

13. $Q = 702.3439 (J/g)$ (entra al sistema)

El sistema entrega un trabajo de $430.9689 (J/g)$

14. a) $T_1 = 179.91 (°C)$, $T_2 = 135.6072 (°C)$

b) $W = -16.0944 (kJ)$

c) $\Delta S = 45.5583 (J/K)$

d) $\dot{Q} = 19.4217 (kJ)$

15. a) $Q = -41.16$ (kJ) (sale del sistema)

b) $\Delta s = 0.1194 (kJ/K)$

16. $\eta = 79.8339\%$

17. a) $T = 254.9977 (°C)$

b) $\Delta u = 587.5955 (J/g)$

c) $\Delta h = 428.0945 (J/g)$

d) $W_{min} = \Delta u = 587.5955 (J/g)$

e) $W_{min\ eje} = 428.0945 (J/g)$

18. $Q_{net} = 101.8757 (kJ)$

$S_C - S_A = 245.8124 (J/K)$

19. a) Aire $Q = 606.7987\,[kJ]$ (entra el sist) $W = -606.7987\,[kJ]$ (lo entrega el sistema).

    b) Agua $Q = 1053.2204\,[kJ]$ $W = m\,\Delta u - Q = -992.4704\,[kJ]$

20. $Q = 68.2104\,[kJ/kg]$

    $W = -959.9111\,[J/g]$

21. $\Delta S = 86.4807\ [J/K]$

22. $m_{queda} = 0.2347\,[kg]$ $\therefore$ $m_{sale} = 0.4913\,[kg]$

    a) $T_{fin} = 113.6422\,[°C]$

23. $\frac{m_B}{m_A} = 0.1530$

24. a) $\Delta S = -88.102\ \left[\frac{J}{K}\right]$ $W = 123.6267\ [kJ]$ (lo recibe el aire)

    b) $Q = -30.9067\,[kJ]$

25. a) $Cp = 1539.0818\ [J/kg\ K]$

    b) $1262.5823\ [J/kg\ K]$

    c) $k = 1.2190$

    d) $W = -542.510\,[kJ]$

    e) $Q \equiv 0$

29. $T = 846.85°C$

30. $Q_A = 1.3335$ kW ; $Q_B = 0.3335$ kW

31. $Q_C = 6 \times 10^5$ J (hacia el sistema) ; $Q_B = -3.2 \times 10^6$ J (desde el sistema).

32. a) $T = 320$ K b) $S = 11.4489$ J/K

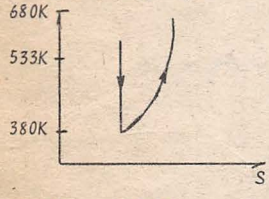
33. a) $K = 1.219$ b) $Cp = 1.5427$ J/g K c) $Cv = 1.2655$ J/g K

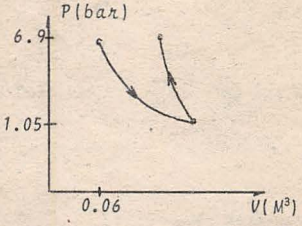
d) $r = 0.2771$ J/g K e) $W = -54\,249.8128$ J f) $\Delta S = 0$

$T_{final\ del\ Etano} = 377.8366\ °C$

$Q = 43\,454.3081$ J (hacia el etano)

$\Delta S = 86.3069$ J/K





34. a) $n = 1.26859$

b) $0.1676\ m^3$

c) $W = 95163.6323$ J ; $Q = -31203.2025$ J

d) $\Delta S_A = -91.8524$ J/K

e) $\Delta S_u = 91.8524$ J/K

35. El proceso es imposible.

36. a) $\Delta S = 8.7923$ J/K

b) $Q = 3516.92$ J (hacia el sistema)

37. a) $P_i = 6.894 \times 10^5\ N/m^2$ $P_f = 1.013 \times 10^5\ N/m^2$

$V_i = 8.49 \times 10^{-2}\ m^3$ $V_f = 2.831 \times 10^{-1}\ m^3$

b) $W = -19628.4205$ J (desde el sistema)

38. a) $P = 7.9064$ bares b) $m = 1136.0416$ g c) $\Delta S_u = 1067.6080$ J/K

39. $m = 63.1228$ kg $Q = 131.1608$ MJ

40. $W = -75256.215$ J/kg

41. a) $W = -1.1399 \times 10^9$ J en cada hora de operación

    b) $x = 0.9779$

    c) $n = 0.876$

42. a) $T = 492.0032$ (°) b) $T = 273.3357$(°)

1. *Si Cp = f(T) y Cv = f(T) la expresión precedente no es válida.*

2. a) $P_2 = 1.8012\ (MPa)$

   b) $T_2 = 694.1584\ (K)$

   c) $\eta = 56.4725\%$

3. $P_2 = 1.5251\ (MPa)$ (a)

   $T_2 = 587.7754\ (K)$ (b)

   $\eta = 0.4859 = 48.5943\%$ (c)

4. a) $T_2 = 756.5601\ (K)$

   b) $W_{neto} = 666.5143\ (J/g)$

   c) $T_4 = T_3 \left(\frac{1}{r}\right)^{k-1} = 880.7945\ (K)$

   d) $\eta = 61.2523\%$

5. a) $T_2 = 674.5284\ (K)$ $\therefore P_2 = 1750.2243\ (kPa)$

   b) $P_3 = 3303.4904\ (kPa)$

   c) $Q_{23} = 506.2896\ (J/g)$

   d) $T_4 = 622.222\ (K)$ $P_4 = 1614.5029\ (kPa)$

   e) $Q_{4-1} = 237.7842\ (J/g)$

   f) $P_{ME} = 346.792\ (kPa)$

   g) $\eta = W/Q_A = 53.0340\%$

6. a) $P_3 = 12644.3201\ (kPa)$

   b) $T_3 = 4494.7706\ (K)$

   c) $P_{ME} = 2.17458\ (MPa)$

   d) $\eta = 56.4724\%$

7. a) $P_3 = 10202.5095\ (kPa)$

   b) $T_3 = 3626.7615\ (K)$

   c) $P_{ME} = 1.87123\ (MPa)$

   d) $\eta = 48.5943\%$

8. a) $T_3 = 1427.3825 (K)$

b) $T_4 = 621.3043 (K)$

c) $P_{ME} = 404.944 (kPa)$

d) $\eta = 56.4725\%$

e) $\eta_{car} = \frac{T_3 - T_1}{T_3} = 79.5325\%$

9. a) $T_3 = 1268.7846 (K)$

b) $T_4 = 628.1022 (K)$

c) $P_{ME} = 406.184014 (kPa)$

d) $\eta = 50.4957\%$

e) Es menor un 10.5836%

f) $\eta_{Carnot} = 76.9740\%$

10. a) $Q_A = 613.6540 (J/g)$

b) $Q_B = 288.5525 (J/g)$

c) $P_{ME} = 401.5587 (kPa)$

d) $\eta = 52.9780\%$

(Con tablas de aire)

$\eta = 56.4725\%$ si $k = 1.4$

11. a) $T_3 = 4494.7475$ K $\qquad P_3 = 12644.2553$ kPa

b) $P_{ME} = 2.41886$ MPa

c) $W_{neto} = 1727.4417$ J/g

d) $\eta = 62.8161\%$ Este ciclo es mejor que el del problema 6.

12. $\eta = 53.5887\%$ Si $k = 1.4$, el ciclo del p. 10 es mejor que el del p. 12

13. a) $T_1' = 582.0714 (K)$ $\qquad T_2 = 2115.1724 (K)$ $\qquad P_2 = 5615.5016 (KPa) = P_3$

$P_1' = 1545.3222 (kPa)$ $\qquad T_3 = 3276.6126 (K)$ $\qquad v_3 = 1.54910\ v_2$

$P_1 = 85 (kPa)$ $\qquad T_1 = 288.15 (K)$

b) P_{ME} = 1543589.695(kPa)

c) Q_B = 1415.0625(J/g) W_{neto} = 1334.9375(J/g)

d) η = 48.5432%

14. a) P_2= 2131.0821(kPa) P_3= 14157.6037(kPa) P_4= 677.6255(kPa)

T_2= 612.4772(K) T_3= 4068.9232(K) T_4= 1947.5091(K)

b) P_{ME} = 2.17718(MPa)

c) η= 52.1370%

15. $\frac{v_1}{v_2} = \frac{v_4}{v_3} = 9$ P_1= 98.5(kPa) P_3= 3.85(MPa) T_2= 683.1773(K) T_3= 1268.7847(K)

T_1= 292.15(K) P_2= 2073.0331

T_4= 593.2915(K) v_1= 851.239 x 10^{-6} (m^3/g) Q_A = 495.5411(J/g) Q_B= 222.4239(J/g)

W = 273.1171(J/g) P_{ME}= 360.9524(kPa) η= 55.1149%

16. *Sí es válida porque se puede escribir a k en función de la Temperatura.*

17. a) r_a = 5.2753

b) T_3= 3230.9969(K)

c) T_4= 2633.0279(K)

d) P_{ME}= 1.3490(MPa)

e) η= 32.3039%

f) W_{neto} = 1001.4220(J/g) *Para igual relación de compresión y para igual recepción de calor, el ciclo de Otto es mejor. Sin embargo, el Diesel resulta más conveniente en la práctica porque permite alcanzar valores más grandes de la relación de compresión.*

18. a) r_a = 5.1910 b) T_3= 3822.4720(K) c) T_4= 2940.6686(K) d) P_{ME}= 1.617(MPa)

e) η= 38.7228% *Siguen siendo válidos los comentarios de la respuesta anterior.*

19. a) $r_a = 4.4683$ b) $T_3 = 3180.8344$[K] c) $T_4 = 2553.7698$[K]

d) $P_{ME} = 1.4204$[MPa] e) $\eta = 34.0140\%$

20. a) $T_2 = 625.8824$[K] $T_3 = 2273.15$[K] $T_4 = 1608.6761$[K] $P_1 = 85$[kPa]

$P_2 = 1941.8045$[kPa] $P_3 = 1941.8045$[kPa] $P_4 = 466.4420$[kPa] $T_1 = 293.15$[K]

b) $r_a = 3.6319$ c) $P_{ME} = 858.454$[kPa] d) $W_{neto} = 770.2965$J/g

e) $\eta = 39.4992\%$

21. a) $r = 15.3304$ b) $r_a = 1.5816$ c) $P_{ME} = 402.136$[kPa]

d) $W_{neto} = 364.8913$[J/g] e) $\eta = 62.9123\%$

22. a) $r_a = 3.0046$ b) $P_2 = 2347.2331$[kPa] c) $W_{neto} = 752.4304$[J/g]

d) $P_{ME} = 838.544$[kPa] e) $\eta = 49.3910\%$

23. a) $P_1 = 85$ kPa $T_2 = 729.400$[K] $P_3 = P_2 = 2262.9691$[kPa] $P_4 = 459.7065$[kPa]

$T_1 = 293.15$ K $P_2 = 2262.9691$[kPa] $T_3 = 2273.15$[K] $T_4 = 1585.4466$[K]

b) $r_c = 3.1165 \frac{r}{r_c} = 3.4334$ c) $P_{ME} = 882.24585$[kPa] d) $W_{neto} = 791.6402$ [J/g]

e) $\eta = 42.3125\%$

24. a) $r_c = 1.5823$ b) $r = 18.0887$ c) $P_1 = 98.5$ kPa $P_2 = P_3 = 4.5$ MPa

$T_1 = 333.15$ K

d) $W_{neto} = 331.2538$ J/g $T_2 = 841.4142$ K $T_3 = 1331.3337$ K

e) $P_{ME} = 361.2238$ kPa f) $\eta = 57.1127\%$ $T_4 = 610.4994$[K] $P_4 = 180.5018$[kPa]

25. a) $r_c = 1.5236$ b) $r = \frac{P_2}{P_1}\frac{T_1}{T_2} = 16.0959$ c) $P_1 = 98.5$ kPa $P_2 = P_3 = 4.5$ kPa

$T_1 = 333.15$ K $T_2 = 945.5875$ K

d) $W_{neto} = 346.156$ J/g e) $P_{ME} = 380.2291$ kPa $T_3 = 1440.6577$ K

f) $\eta = 59.6821\%$ $T_4 = 648.0124$ K $P_4 = 191.5930$ kPa

25. *ii) Si se usa Cp* a) $r_c = 1.52628$

b) $r = 16.16767$

c) $P_1 = 98.5\,(kPa)$ $P_2 = P_3 = 4.5\,(MPa)$ $T_2 = 941.3878\ (K)$

$T_1 = 333.15\,(K)$ $T_3 = 1436.8196\,(K)$

$T_4 = 646.25\,(K)$

$P_4 = 191.07196\,(kPa)$

d) $P_{ME} = 379.379\,(kPa)$ e) $\eta = 59.5662\%$

26. $\eta = \frac{Q_A - Q_B}{Q_A} = \frac{(T_A - T_B)\ R\ln(v_4/v_3)}{T_A\ R\ ln\ (v_4/v_3)}$ $\eta = \frac{T_A - T_B}{T_A}$

27. a) $P_1 = 85\,(kPa)$ $v_1 = 989.8064 \times 10^{-6}\,(m^3/g)$ $v_2 = 92.50527 \times 10^{-6}$ $v_3 = v_2$

$T_1 = 293.15\,(K)$ $P_2 = 909.5\ (kPa)$ $P_3 = 7.05246\,(MPa)$

$P_4 = 659.1088\,(kPa)$

$v_4 = v_1$

b) $W = 1346.9066\,(J/g)$ c) $P_{ME} = 1.50106\,(MPa)$

d) $\eta = 87.1038\%$ e) $Q_B = 199.4170\,(J/g)$

28. a) $P_1 = 85\ (kPa)$ $P_2 = 909.5\,(kPa)$ $P_3 = 7.052464\,(MPa)$

$v_1 = 989.8064 \times 10^{-6}\,(m^3/g)$ $v_2 = 92.50527 \times 10^{-6}\,(m^3/g)$ $v_3 = v_2$

b) $Q_{rechaza} = -1620.0585\,(J/g)$ $Q_{acepta} = 2966.9651\,(J/g)$ $P_4 = 659.1088\,(kPa)$

$v_4 = v_1$

c) $P_{ME} = 1.50106\,(MPa)$ d) $\eta = 45.3968\%$

29. a) $69.1790\,(J/g)$ b) $-159.6896\ (J/g)$ c) $W_{neto} = 90.5107\,(J/g)$

d) $P_{ME} = 361.4402\,(kPa)$ e) $\beta = \frac{Q_B}{W} = 76.4318\%$

30. a) $S_4 - S_3 = 27.4895\,(J/K)$ $S_2 - S_1 = -27.4895\ (J/K)$

b) ${}_3Q_4 = 16167.9244\,(J)$

c) $W_{neto} = 7916.9638\,(J)$

d) $P_{ME} = 287.8896\,(kPa)$

e) $\eta = 48.9671\%$

a) $Q_{recibe} = 464806.1482\,(J)$ b) $Q_{rechaza} = 645827.4920\,(J)$

c) $W_{net} = 181021.3438\,(J)$ d) $P_{ME} = 361.4401\,(kPa)$

e) $\beta = 2.567687$

32. $\underline{W} = 766.6512\ (J/g)$

33. a) $T_3 = 3330.5110\ (K)$ b) $P_3 = 6236.3719\,(kPa)$ c) $W_{neto} = 1696.8422\,(J/g)$

d) $P_{ME} = 1.8452\,(MPa)$ e) $\eta = 91.2281\%$

34. $$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2}\,\frac{(T_4/T_1 - 1)}{(T_3/T_2 - 1)} = 1 - \left(\frac{P_A}{P_B}\right)^{\frac{1-k}{k}} = 1 - \frac{1}{r_p^{\left(\frac{k-1}{k}\right)}}$$

35. a) $\dot{m} = 6.9369\,(kg/s)$

b) $P_1 = 95\,(kPa)$ $P_2 = 950\,(kPa)$ $P_3 = 950\,(kPa)$ $P_4 = 95\,(kPa)$
$T_1 = 278.15\,(K)$ $T_2 = 486.0750\,(K)$ $T_3 = 1123.15\,(K)$ $T_4 = 642.7077\,(K)$

c) $\eta = 42.7763\%$

36. a) $T_2 = 551.334\,(K)$ b) $\frac{P_A}{P_B} = 7.4222$ c) $r = 4.1861$

d) $s_3 - s_2 = 0.5753\,(J/gK)$ e) $\eta = 43.6004\%$

37. a) $T_2 = 551.334\,(K)$ b) $P_A/P_B = 10.6166$ c) $\frac{v_1}{v_2} = 5.9877$

d) $s_3 - s_2 = 0.6780\ (J/gK)$ e) $\eta = 43.6004\%$

38. $\eta = 32.3056\%$

39. $\eta = 15.7898\%$

40. a) $\dot{W}_{comp} = 1.3546\,(MW)$ b) $\dot{W}_{Turb} = 3.5103 \times 10^6\,(W)$

c) $\dot{Q}_3 = 6.5915\ (MW)$ d) $\eta = 32.7050\%$

e) $P_{ME} = \frac{123.5569 \times 1}{k}\,(kPa) = 88.25493\,(kPa)$

41. $P_1 = 620\,(kPa)$ $P_2 = 2.48\,(MPa)$

$T_1 = 308.15\,(K)$ $T_3 = 1533.15\,(K)$

$T_2 = 536.5203\,(K)$ $T_4 = 880.5634\,(K)$

b) $\dot{m} = 13733.5189\,(g/s)$

c) *Si se llevara al cabo en una máquina reciprocante:*

$v_1 = 204.7446 \times 10^{-6}\,(m^3/g)$

$P_{ME} = 880.9031 \times 10^3\,(Pa)$

d) $\eta = 42.5651\%$

42. a) $\dot{m} = 7418.8128\,(g/s)$

b) $P_1 = 95\,(kPa)$ $P_2 = 950\,(kPa)$ $T_3 = 1123.15\,(K)$

$T_1 = 278.15\,(K)$ $T_2 = 533.6335\,(K)$ $T_4 = 618.9804\,(K)$

c) $\eta = 46.2933\%$

43. a) $P_2 = 18.62$ bar

b) $\eta = 56.47\%$

44. $r_c = 27.5$

45. $\eta_{OTTO} = 0.5647$ $\eta_{DIESEL} < 0.5647$

46. . *Superponiendo las gráficas (v - P o s - T) de los ciclos, se puede observar que*

$W_{OTTO} < W_{DIESEL}$

. *Como* $r_{c_{OTTO}} < r_{c_{DIESEL}}$, *el término* $\left(\frac{1}{r_c^{k-1}}\right)_{OTTO} > \left(\frac{1}{r_c^{k-1}}\right)_{DIESEL}$ *y además*

el término $\frac{r_a^{k-1}}{k(r_a - T)} > 1$, *se concluye que:* $\eta_{DIESEL} > \eta_{OTTO}$

47. a) $Q_{recibe} = 119.324$ kJ b) $Q_{rechaza} = -29.342$ kJ c) $W_n = 89.98$ kJ

d) $\eta = 0.754$ e) $P_{me} = 5.79$ bar

48. $\eta = 58.33\%$ $P_{me} = 178.79$ kPa

49.

P_A/P_B		$\eta(\%)$
4	→	32.46
6	→	37.79
8	→	44.5

50. $\eta = 0.284$

51. $Q_R = -\ 8.334$ kJ

52. a) $(\Delta S)_{T_A} = 5762.8257$ J/kmol·K $\quad (\Delta S)_{T_B} = -\ 5762.8257$ J/kmol·K

b) $Q_S = 6870.5$ J $\quad Q_R = -\ 3431.5$ J $\quad W_n = 3438.95$ J $\quad \eta = 0.5$

c) $V_2 = 283.2$ l $\quad \frac{V_2}{V_4} = 4.0$ $\quad$ d) $P_{me} = 16185.08$ Pa

53. a) $W_T = 1279.358$ kJ/kg $\quad$ b) $W_b = 6.04$ kJ/kg

c) $W_{neto} = 1273.346$ kJ/kg $\quad$ d) $\eta = 39.19\%$

54. a) $W_{Turbinas} = 1382.85$ kJ/kg $\quad$ b) $\eta = 0.357$ $\quad$ c) $W_T/W_n = 1.0088$

55. b) $h_4 - h_1 = 114.9311$ kJ/kg $\quad$ c) $h_2 - h_1 = 31.25$ kJ/kg

d) $\Delta S_{F12} + \Delta S_{amb} \doteq 0 \quad \therefore$ El ciclo es reversible

56. a) $h_1 - h_4 = 121.265$ kJ/kg $\quad$ b) $h_2 - h_1 = 29.657$ kJ/kg

c) $COP = 4.09$ $\quad$ d) $COP_S = 4.917$

57. a) $\dot{W}_S = 1.2998$ kW $\quad$ b) $\dot{W}_T = 979.024$ W

c) $\dot{W}_n = 1.1952$ kW $\quad$ d) $T_S = 495.373$ K $\quad T_T = 15°C \quad T_n = 423.92$ K

e) $D = 6.83$ cm

Scanned by CamScanner