



**FACULTAD DE INGENIERIA**

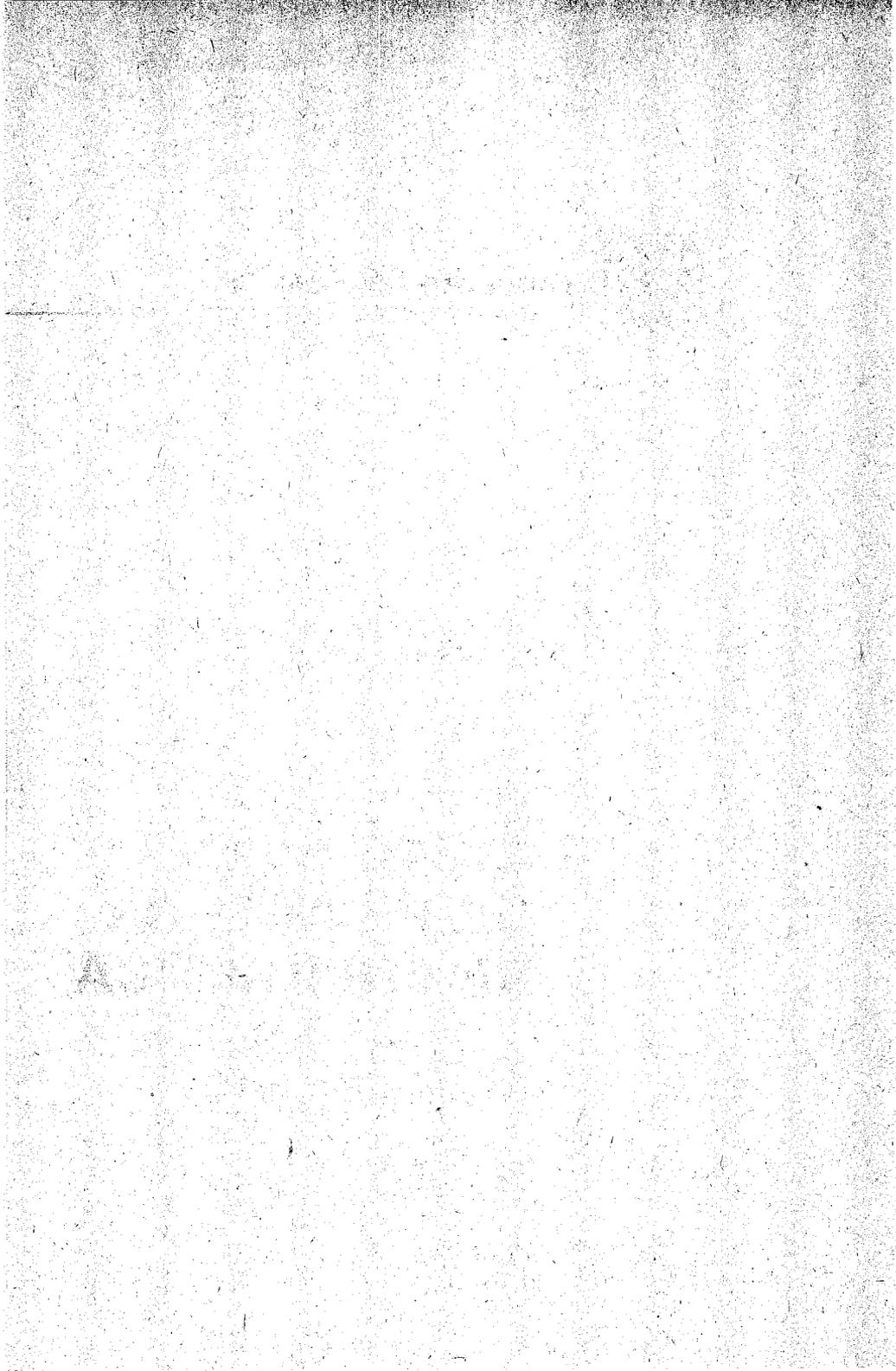
---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**ROGELIO GONZALEZ OROPEZA  
FELIX NUÑEZ OROZCO**

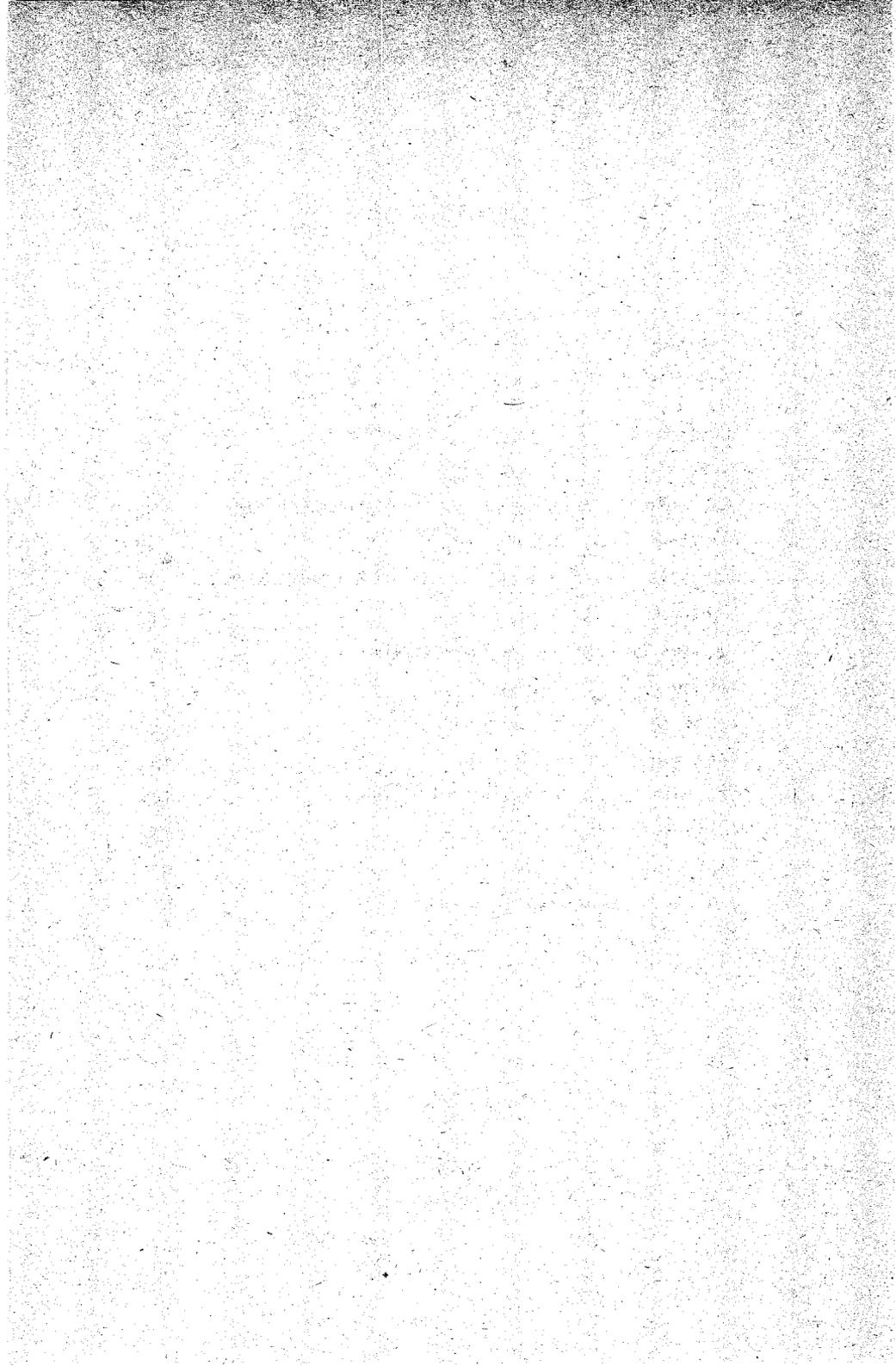
**EJERCICIOS  
DE PRINCIPIOS  
DE ENERGETICA**

DEPARTAMENTO DE FISICA



## CONTENIDO

Prólogo de la segunda edición	i
Símbolos para la masa y la fuerza	ii
Capítulo I Conceptos fundamentales	1
Capítulo I Soluciones	19
Capítulo II Primera ley de la termodinámica	25
Capítulo II Soluciones	59
Capítulo III Segunda ley de la termodinámica	43
Capítulo III Soluciones	55
Capítulo IV Ciclos termodinámicos	60
Capítulo IV Soluciones	75
Capítulo V Electroestática	85
Capítulo V Soluciones	100
Capítulo VI Circuitos eléctricos	105
Capítulo VI Soluciones	120
Capítulo VII Magnetismo	125
Capítulo VII Soluciones	135



PRÓLOGO DE LA SEGUNDA EDICIÓN

Al revisar la primera edición de esta obra, los autores han tomado en cuenta las observaciones y sugerencias que los estudiantes y profesores han hecho a través de la Coordinación de Termodinámica o bien en forma personal.

En su totalidad, los alumnos de esta asignatura pidieron que se incluyeran las respuestas de todos los problemas y éstas ya se encuentran al final de cada capítulo.

Se espera que el cuaderno se pueda emplear como ayuda en el estudio individual y fundamentalmente como apoyo al curso de Principios de Energética, que es el objetivo principal de la obra.

Se han incrementado los problemas en cada capítulo a fin de que exista una variedad, también mayor, en los tópicos y en el grado de dificultad. En este sentido, pensamos que dejamos la "puerta abierta" para que el alumno tenga la oportunidad de resolver por su cuenta problemas distintos de los de la tarea y así el nivel de sus conocimientos será mayor.

También se han corregido fallas de tipografía y redacción, se modificaron algunos dibujos para que resultaran más claros al lector y se cambiaron datos de algunos problemas para aproximarlos más a situaciones reales.

Aún así, con las faltas corregidas, los autores reconocen la posibilidad de que se encuentren errores u omisiones de los que aceptan la responsabilidad plena. Por esto invitan nuevamente a los usuarios a que hagan llegar sus opiniones o comentarios y las indicaciones de fallas o equivocaciones.

Rogelio González Oropeza  
Félix Núñez Orozco

Mayo de 1989

Los símbolos de las unidades de fuerza en los sistemas gravitacionales de unidades se escriben con una flecha en la parte superior; el kilogramo fuerza, la libra fuerza y el gramo fuerza se simbolizan como  $\overset{\rightarrow}{\text{kg}}$ ,  $\overset{\rightarrow}{\text{lb}}$  y  $\overset{\rightarrow}{\text{g}}$ , respectivamente.

Los símbolos de las unidades de masa en los mismos sistemas se escriben libres de cualquier indicación superflua; el kilogramo (masa), la libra (masa) y el gramo (masa) se simbolizan como kg, lb y g, respectivamente.

Debido a la carencia de un convenio internacional al respecto, la unidad de cantidad de sustancia en el sistema imperial británico se sigue simbolizando como lbmol.

Debe tenerse presente que  $1 \text{ lbmol} = 453.59237 \text{ mol}$

CAPÍTULO I

CONCEPTOS FUNDAMENTALES

1. Una fuerza de 1 N se aplica a una masa de 3 lb. Calcule la aceleración de la masa en  $\text{ft/s}^2$ . Determine también el valor de  $g_c$  aplicable a este conjunto particular de unidades.

2. La ecuación que indica la caída en la presión de un flujo debido a la fricción del fluido que circula por una tubería es:

$$\Delta p = \frac{2 f L \rho \bar{V}^2}{D}$$

donde  $\Delta p$  = la caída en la presión

$\bar{V}$  = velocidad

L = longitud de la tubería

$\rho$  = densidad del fluido

D = diámetro de la tubería

- a) ¿La ecuación es consistente en cuanto a las dimensiones?  
 b) ¿Cuáles son las dimensiones del factor de fricción  $f$ ?  
 c) Escriba las unidades que correspondan a cada propiedad en el S. I. ¿La ecuación es consistente en cuanto a las unidades?

3. Algunas de las dimensiones fundamentales que emplea el "S. I."

(Sistema Internacional de Unidades) son:

M(Masa)

t(tiempo)

L(Longitud)

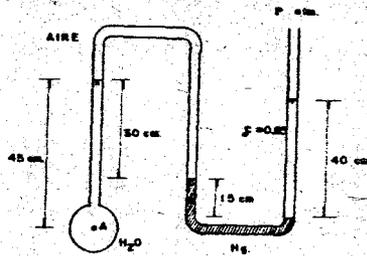
T(Temperatura)

Indique las unidades de medición y las dimensiones correspondientes a las siguientes magnitudes en el S. I.

- a) Aceleración. b) Fuerza. c) Energía. d) Potencia. e) Presión.  
 f) Calor. g) Densidad. h) Peso específico. i) Trabajo.

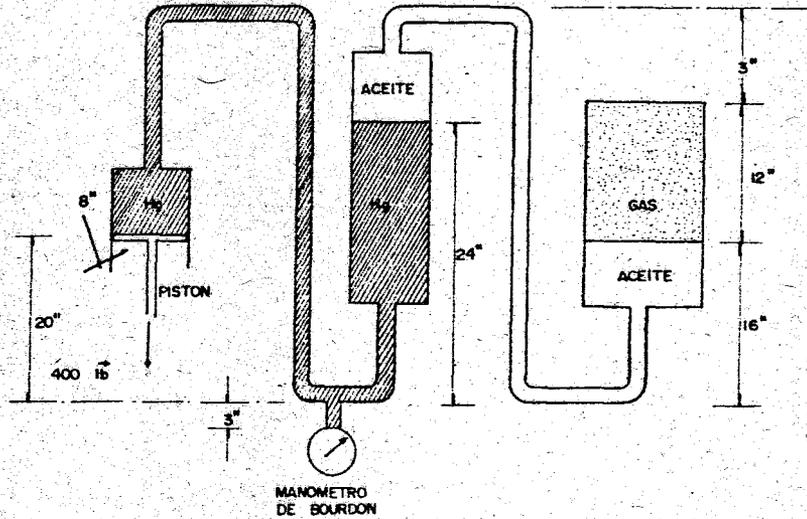
4. a) ¿Cuál es la presión absoluta a la que debe estar sometido el aire de las llantas delanteras de un automóvil compacto? Exprese su respuesta en bares y pascales.
- b) ¿Coincide la respuesta de usted con la que proporciona un empleado de gasolinera?
- Justifique.
5. Un submarino se hunde y queda inmóvil en el fondo del océano, a una profundidad de 3340 ft. Se pretende enviar una campana de rescate para penetrar al submarino a través de la torreta. ¿Cuál debe ser la presión del aire en el interior de la campana de rescate para que el agua no penetre a su interior cuando se abra la escotilla durante la operación de salvamento? Considere que la densidad del agua marina tiene la densidad constante de  $63.9 \text{ lb/ft}^3$ .
6. Se tiene un manómetro diferencial de mercurio con una rama abierta a la atmósfera y la otra conectada a un tanque que contiene agua. En el tanque se mantiene una presión elevada gracias al empleo de aire comprimido. La lectura del manómetro es de 40 cm, y se puede considerar que a las condiciones dadas la densidad del agua es  $62.3 \text{ lb/ft}^3$  y la del mercurio  $13.59 \text{ g/cm}^3$ ; la aceleración gravitacional es la estándar ( $9.80665 \text{ m/s}^2$ ).
- a) ¿Cuál es la presión dentro del tanque en un punto situado 3.5 m por debajo del nivel del agua? La rama del manómetro que se conecta al tanque se encuentra por encima del nivel del agua.

7. En el condensador de una turbina de vapor se mantiene la presión absoluta de  $4 \times 10^{-2} \text{ kg/cm}^2$ . ¿Cuál será la lectura de unos vacuómetros graduados en  $\text{kN/m}^2$  y en milímetros de mercurio, cuando la lectura del barómetro es:
- 735 mm Hg?
  - 764 mm Hg?
8. Calcule la presión manométrica en el punto A.



9. El punto marino más profundo del que se tiene noticia se encuentra en la fosa Mariana, en el Océano Pacífico y tiene una profundidad de 11034 m. Si el agua de mar tiene un peso específico constante igual a  $10050 \text{ N/m}^3$ . ¿Cuál es la presión absoluta en ese punto? Exprese su respuesta en bares y en pascales.

10. La presión barométrica es 720 mm de Hg, la densidad del aceite es  $0.80 \text{ g/cm}^3$ . La lectura del manómetro de Bourdon es 33.1 psig. ¿Cuál es la presión absoluta del gas?

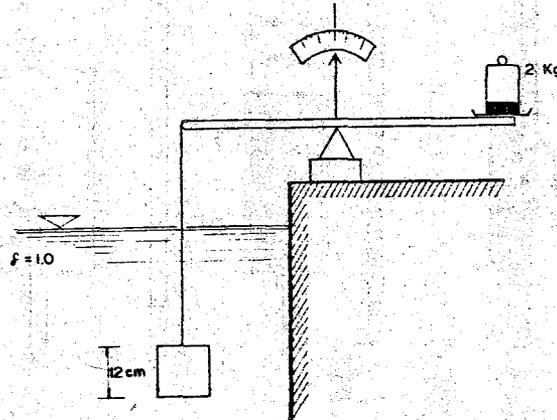


11. Una tabla de madera de  $30 \text{ g}$  de peso se encuentra flotando en el agua. Al colocarse sobre la tabla un objeto de  $10 \text{ g}$  de peso, ésta se sumerge hasta un punto "X". Cuando la misma tabla se encuentra flotando sobre una solución salina requiere la colocación de un cuerpo de  $15 \text{ g}$  de peso para sumergirse hasta el mismo punto "X".

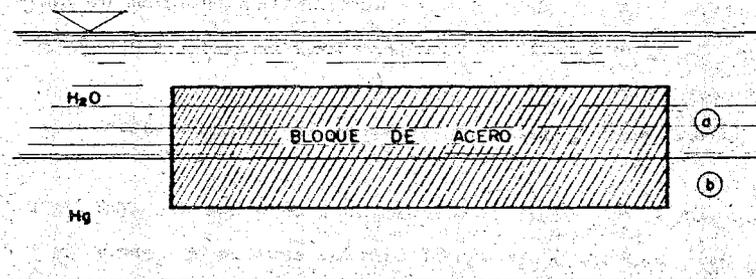
- Encuentre la densidad relativa de la solución salina.

12. Una esfera de bronce de un radio de  $1 \text{ cm}$  y una densidad de  $8.4 \text{ g/cm}^3$  se deja caer desde la superficie del agua en un tanque de  $8 \text{ m}$  de profundidad. ¿Cuánto tiempo le toma alcanzar el fondo? Desprecie la fricción.

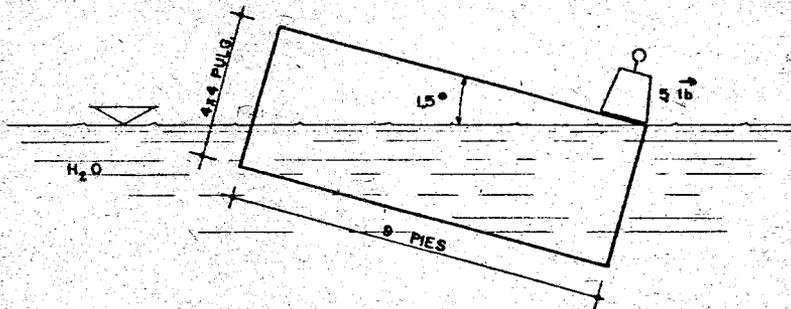
13. Se balancea el cubo sólido de 12 cm de lado con una masa de 2 kg. El fluido es agua ( $\delta = 1.0$ ). ¿Cuál es el peso específico del material con que se fabrica el cubo?



14. Un bloque de acero ( $\delta = 7.85$ ) flota en la interfaz que forman el mercurio ( $\delta = 13.594$ ) y el agua ( $\delta = 1$ ). ¿Cuál es el cociente de  $a$  entre  $b$  para esta situación?



15. ¿Cuál es el peso específico ( $\gamma$ ) de la madera con que está construida la tabla?



16. Expresar las siguientes temperaturas en K.
- De fusión del hielo (a 1 bar).
  - Del ser humano normal.
  - Usual en un horno de cocimiento de ladrillos.
  - De inflamación de papel.
17. El astrónomo francés Delisle propuso en 1935 una escala ( $^\circ D$ ) en la cual el punto de fusión del hielo y de ebullición del agua (a 1.01325 bares) tenían los valores de  $150$   $^\circ D$  y  $0$   $^\circ D$ , respectivamente.
- Encuentre una expresión que relacione ( $^\circ D$ ) con ( $^\circ C$ ).
  - Encuentre una expresión que relacione ( $^\circ D$ ) con ( $^\circ F$ ).

18. En Betelguese, en la constelación de Orión, los habitantes tienen su propia escala para medir la temperatura. Su unidad es el °B. El cero de esta escala es el punto de fusión del metano (-182.5°C) mientras que el 100 °B está dado por el punto de inflamación del papel (451 °F).

- a) Deduzca la ecuación que relacione a los °B con los °C  
 b) ¿A cuánto equivalen 45 °F en °B?

19. a) ¿A cuánto corresponde una temperatura de 500 K en °R y en °C?  
 b) Si una sustancia aumentó su temperatura en  $\Delta T = 20$  K ¿A cuánto corresponde este aumento de temperatura en °R, °C y en °F? y en °F?

20. Calcule las temperaturas a partir del único valor que se indica, llenando la tabla siguiente:

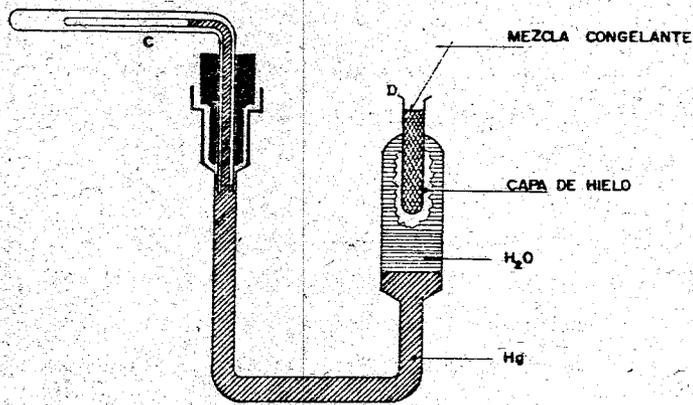
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
°F	140				1000			
°R			500			1000		
K		298					1000	
°C				-40				1000

21. Un termómetro defectuoso indica una lectura de 102 °C cuando se le sitúa en agua en ebullición (a 1.01325 bares) y -1 °C cuando se le sitúa en una mezcla de agua y hielo (a 1.01325 bar). ¿Qué lectura indicará cuando se le sitúe en azufre hirviente? (A este estado le corresponde un valor verdadero de 444.6 °C).

22. Se van a comparar dos termómetros con un termómetro patrón. Uno de los termómetros está graduado en  $^{\circ}\text{C}$  mientras que el otro lo está en  $\text{K}$ . El termómetro patrón (importado) indica una lectura de  $-22^{\circ}\text{F}$ . ¿Cuánto deben marcar los otros termómetros?
23. ¿Cuál es la cantidad de energía en forma de calor que se requiere para preparar 7 tazas de café a  $85^{\circ}\text{C}$ ? Se dispone de agua a  $18^{\circ}\text{C}$ . Se sabe que para elevar la temperatura de  $1\text{ cm}^3$  de agua en un  $1^{\circ}\text{C}$  se necesitan  $4.1868\text{ J}$ . Considere que el volumen de cada taza es  $230\text{ ml}$ .
24. Un caballo remolca una barca a lo largo de un canal; la cuerda de remolque forma un ángulo de  $10^{\circ}$  con la trayectoria de la barca. Si la tensión de la cuerda es  $400\text{ N}$ , ¿cuánto trabajo realiza el caballo cuando arrastra la barca  $30\text{ m}$ ?
25. Un aprendiz de brujo tiene como obligación subir diariamente una cubeta de un galón de agua (que chorrea), desde el pozo del patio hasta lo alto de una torre de  $50\text{ m}$  de altura. El agua se escapa con una rapidez tal que la cubeta llega solamente con la mitad del contenido.
- Suponga que tanto la rapidez de la fuga de agua como la velocidad con que sube el aprendiz son constantes y que la cubeta tiene una masa despreciable.
- ¿Cuánto trabajo realiza el aprendiz? (Un galón de agua tiene  $3785\text{ g}$ ).

26. Un cubo de  $1 \text{ m}^3$  de madera, con un peso de  $50 \text{ kg}$ , flota en una piscina. ¿Qué cantidad de trabajo se requiere para llevar al cubo desde la posición de equilibrio inicial hasta el fondo de la alberca a  $4 \text{ m}$  de profundidad? Considere que la densidad del agua es  $992 \text{ kg/m}^3$  y que la aceleración gravitacional es  $9.78 \text{ m/s}^2$ .

27. El calorímetro de hielo de Bunsen depende del hecho que cuando se funde el hielo se tiene un cambio de volumen. Cuando se introduce el tubo (D) en el depósito con agua se forma una capa de hielo, debido a que en (D) se tiene una mezcla frigorífica. Cuando se establece el equilibrio, se señala la posición del mercurio en el tubo capilar (C). Entonces se introduce el cuerpo que se desea estudiar en el tubo (D), lo que provoca que se funda algo de hielo. Esto hace que el mercurio del capilar se desplace hacia la derecha, ya que la disminución de volumen es proporcional a la cantidad de hielo que se funde. Cuando se introducen a (D)  $5.0 \text{ g}$  de una sustancia a  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  se nota que el mercurio del capilar se mueve  $18.5 \text{ mm}$ . ¿Cuál es la capacidad térmica específica de la sustancia? Se sabe que el diámetro interior del capilar es  $1.1 \text{ mm}$  y que la reducción en volumen cuando se funde el hielo es  $0.0905 \text{ cm}^3/\text{g}$ .



**CALORIMETRO DE HIELO DE BUNSEN**

28. Un bloque de hielo de 50 kg que está a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  se deja caer 3 m en el D. F. Suponga que la transformación de la energía mecánica en calor es completa. ¿Qué cantidad de hielo se funde gracias al calor que se genera en el impacto con el suelo?
29. Si en un recipiente adiabático se mezclan 100 g de hielo a  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  con 40 g de agua a  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  y 10 g de vapor a  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . ¿Cuál es la temperatura final de la mezcla?
- El experimento se realiza a  $p = 1.01325\text{ bar}$ . Las capacidades térmicas específicas del hielo y del agua son  $2.0934\text{ J/g}\cdot\text{K}$  y  $4.1868\text{ J/g}\cdot\text{K}$  respectivamente.
- Los calores de fusión y de vaporización son  $333.6\text{ J/g}$  y  $2257\text{ J/g}$ .
30. Como parte del proceso de fabricación de tubos, se hace pasar plomo a través de un dado anular, usando una presión de  $1.38 \times 10^8\text{ Pa}$ . La capacidad térmica específica del plomo en el intervalo de

temperaturas durante la operación es  $131 \times 10^{-2} \text{ J/g}\cdot\text{K}$  y su densidad es  $11.4 \text{ g/cm}^3$ . ¿Qué aumento de temperatura experimenta el plomo a su paso por el dado?

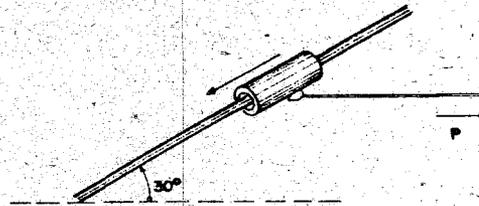
31. Mediante una serie de experimentos, Joule logró demostrar que  $W = JQ$  donde  $J$  es el equivalente entre el calor y el trabajo. En uno de sus experimentos Joule hacía trabajo dejando caer pesas desde una cierta altura, y empleaba este trabajo para agitar agua. Luego de tomar en cuenta las fuerzas de fricción, obtuvo los datos siguientes:

La masa total de las pesas	= 57.8 lb
La altura desde donde se les deja caer	= 5.00 ft
El número de veces que se han dejado caer las pesas	= 21
El aumento en la temperatura del agua y del tanque	= $0.563^\circ\text{F}$
La capacidad térmica del agua y del tanque	= $13.9 \text{ btu}/^\circ\text{F}$

Calcule el valor del equivalente de Joule según estos datos.

32. Un carro que pesa  $1364 \text{ kg}$  y que inicialmente está en reposo, se empuja hacia lo alto de una colina a lo largo de  $16 \text{ m}$ , luego de lo cual se encuentra a una altura de  $1.55 \text{ m}$ , con respecto a la posición inicial, y moviéndose a una velocidad de  $16 \text{ km/h}$ . La fuerza promedio ejercida ha sido  $2676 \text{ N}$ .
- ¿Cuál es el trabajo total efectuado sobre el vehículo?
  - ¿Cuál es la energía potencial, la cinética y la total mecánica adquiridas por el carro?
  - ¿Por qué son diferentes los valores calculados en (a) y (b)?

33. En una carretera chocan de frente un automóvil de 22,240 N y una camioneta de 12,700 kg . En el momento del impacto ambos vehículos circulaban a una velocidad de 95 km/h .
- ¿Cuál es la energía cinética del automóvil antes del choque?
  - ¿Cuál es la energía cinética de la camioneta antes del choque?
  - Para cuando los vehículos alcanzan el reposo . ¿Cuánta energía cinética se transforma en otras formas de energía debido a la colisión?
34. Una piedra que pesa 35.6 N se deja caer desde una cierta altura  $Z$ ; la piedra llega al suelo con una velocidad de 23 m/s .
- Calcule la energía cinética de la piedra en el momento de llegar al suelo y la altura  $Z$  desde la cual se dejó caer .
  - Resuelva el problema suponiendo que el proceso se efectúa en la luna, en donde la aceleración gravitacional es de  $1/6$  del valor terrestre .
35. En la figura se observa que el collarín de 2 kg de peso se mueve sobre la varilla con una velocidad de 3 m/s cuando se le aplica una fuerza  $P$  en el cable horizontal. El collarín se detiene luego de recorrer 1.2 m (con la fuerza  $P$  aplicada) . Suponga que no hay fricción entre el collarín y la varilla. Determine la magnitud de la fuerza  $P$  .



36. Si una cubeta que pesa  $300 \text{ g}$  se deja caer a un pozo cuya profundidad es de  $16 \text{ m}$ . ¿Cuál será la energía cinética y la energía potencial de la cubeta .....
- Justamente antes de tocar el agua del pozo?
  - Después de chocar con ella, cuando flota sobre su superficie?
37. Un ascensor, con su carga, pesa  $11770 \text{ N}$ . El ascensor parte del reposo en el primer piso y luego de  $5 \text{ s}$  pasa al  $5^{\text{a}}$  piso, situado  $18 \text{ m}$  más arriba, con una velocidad de  $9 \text{ m/s}$ . Encuentre:
- La energía potencial del ascensor y su energía cinética cuando pasa por el  $5^{\text{a}}$  piso.
  - El trabajo desarrollado para mover el ascensor durante los  $5 \text{ s}$ .
  - La potencia media que se emplea.
38. Un hombre cuya masa es  $70 \text{ kg}$  sube hasta el tercer piso de un edificio, a una altura de  $12 \text{ m}$  por encima del nivel de la calle:
- ¿Cuánto trabajo ha realizado?
  - ¿Cuánto ha aumentado su energía potencial?
  - Si sube las escaleras en  $20 \text{ s}$ , ¿cuál es su potencia media?
39. Un caballo jala una carreta con una fuerza de  $178 \text{ N}$  (la cual hace un ángulo de  $30^\circ$  con la horizontal) y la arrastra horizontalmente con una velocidad de  $10 \text{ km/h}$ .
- ¿Qué cantidad de trabajo hace el caballo en  $10$  minutos?
  - ¿Cuál es la potencia del caballo?

40. El motor fuera de borda de una lancha proporciona a la hélice una potencia de 40 CV cuando ésta se mueve con la velocidad constante de 30 km/h. Si en vez de usar el motor se jalara esta lancha con un cable, ¿cuál sería la tensión en el cable cuando la lancha se moviera a la misma velocidad?

41. Un conjunto de magnitudes que es muy útil en varias aplicaciones (en particular en la mecánica de fluidos) es el número de Reynolds.

$Re = \frac{D^* \bar{V}^\phi \rho}{\mu}$  en donde  $D^*$  es el diámetro de la tubería,  $\bar{V}^\phi$  es la velocidad,  $\rho$  es la densidad y  $\mu$  es la viscosidad del fluido.

Calcule el número de Reynolds para los casos siguientes:

$D^*$	2 in	20 ft	1 ft	2 mm
$\bar{V}^\phi$	10 ft/s	10 mi/h	1 m/s	3 cm/s
$\rho$	62.4 lb/ft <sup>3</sup>	1 lb/ft <sup>3</sup>	12.5 kg/m <sup>3</sup>	25 lb/ft <sup>3</sup>
$\mu$	0.3 lb/h·ft	$0.14 \times 10^{-4}$ lb/s·ft	$2 \times 10^{-6}$ cP	$1 \times 10^{-6}$ cP

Un centipoise = 1 cP =  $10^{-2}$  g/(cm·s)

\* o una longitud característica

$\phi$  o alguna velocidad característica

42. Seleccione las tres presiones que son equivalentes:

- 10 psi, 23.1 ft de agua, 4.91 in Hg.
- 10 psi, 4.33 ft agua, 20.3 in Hg.
- 10 psi, 20.3 ft agua, 23.1 in Hg.
- 4.33 psi, 10 ft agua, 20.3 in Hg.
- 4.33 psi, 10 ft agua, 8.83 in Hg.

43. a) Expresar la presión de 121 bares en:  $\text{N/m}^2$ ,  $\text{lb/in}^2$ ,  $\text{kg/m}^2$ ,  $\text{kg/cm}^2$ .
- b) Expresar la energía de 362 J/kg en unidades:  $\text{lb ft/lb}$ ,  $\text{kcal/kg}$ ,  $\text{ft}^2/\text{s}^2$ ,  $\text{m}^2/\text{s}^2$ ,  $\text{kg}\cdot\text{m/kg}$ .
- c) Expresar la entropía de 0.5475 kcal/kg·K en  $\text{btu/lb}^\circ\text{R}$ ,  $\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$ ,  $\text{cm}^3\cdot\text{atm/kg}\cdot\text{K}$ ,  $\text{kW}\cdot\text{h/kg}\cdot\text{K}$ .
44. En el polo norte, donde la aceleración gravitacional es  $9.8324 \text{ m/s}^2$ , se usa un dinamómetro de resorte para pesar un  $\text{dm}^3$  de una sustancia cuya densidad es  $11.3 \text{ g/cm}^3$ .
- a) ¿Cuál es el peso que se registra en N y en kg?
- b) ¿Qué resultado se tendría en el ecuador, donde  $g = 9.7805 \text{ m/s}^2$ ?
45. Se hace un trabajo de 216 J cuando se lanza un cuerpo de 2 kg de tal manera que hace un ángulo de  $30^\circ$  con la horizontal. Calcule:
- a) La velocidad inicial
- b) El alcance del proyectil
- c) El tiempo que se mantiene en el aire
46. ¿Cuánto trabajo se necesita para acelerar un cuerpo de 1 kg desde 2 m/s hasta 6 m/s cuando se le hace recorrer horizontalmente 10 m? Se sabe que a lo largo de este tramo actúa una fuerza resistente de  $0.2 \text{ kg}$ .
47. Un automóvil de una tonelada se desliza hacia abajo por una pendiente cuando el motor está apagado. Su velocidad (constante) es 54 km/h y la pendiente es tal que si se recorren 100 m se bajan 4 m. ¿Cuál es la potencia del motor para que el auto suba por la

misma cuesta con la misma velocidad? Considere  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ .

48. En la mecánica de los fluidos tiene una gran aplicación la ecuación de Bernoulli:

$$\frac{P}{\rho} + \frac{1}{2} \vec{V}^2 + gZ = \text{constante}$$

en donde:

$P$  = presión

$Z$  = elevación por encima de un nivel de referencia.

$\rho$  = densidad

$g$  = aceleración gravitacional

- a) Calcule el valor de la constante si  $P = 150 \text{ kPa}$ ,  $\rho = 850 \text{ kg/m}^3$ ,  $\vec{V} = 4 \text{ m/s}$ ,  $Z = 8.7 \text{ m}$ ,  $g = 9.78 \text{ m/s}^2$
- b) Calcule el valor de la constante si  $P = 30 \text{ lb/in}^2$ ,  $\rho = 55 \text{ lb/ft}^3$ ,  $\vec{V} = 4 \text{ ft/s}$ ,  $Z = 30 \text{ ft}$ ,  $g = 32.09 \text{ m/s}^2$
- ¿Cuáles son las unidades de cada término?
- c) Expresa el resultado de (b) en unidades del S.I.

49. Un sistema se compone de cinco masas:  $500 \text{ g}$ ,  $800 \text{ g}$ ,  $15 \text{ Pd}$  (poundales)  $3 \text{ lb}$ ,  $01 \text{ slug}$ . Si el sistema se halla en un sitio en que  $g = 30.5 \text{ ft/s}^2$ , calcule la masa total en:

- a) gramos  
b) slug  
c) libras

50. Una sustancia se calienta desde  $70 \text{ }^\circ\text{F}$  hasta  $195 \text{ }^\circ\text{F}$ . Calcule el cambio de temperatura en la escala de:

- a) Celsius  
b) temperatura absoluta, K.

51. La resistencia de un material varía con la temperatura según:

$$R = R_0 (1 + At)$$

en donde:

$R_0$  y A son constantes

t = temperatura en °C

El material tiene 50.0 ohm a 0 °C y 82.5 ohm a 419.58 °C.

a) ¿Cuánto valen A y  $R_0$ ?

b) ¿A qué temperatura se tienen 65.5 ohm ?

52. Un cuerpo de 5.0 N se cuelga de una balanza de resorte y se sumerge en agua. Al hacerlo se aprecia que la lectura de la balanza es 3.5 N. Si el experimento se realiza en la C.U., ¿cuál es la densidad del objeto?

53. Un automóvil de una tonelada se acelera desde 10 km/h hasta 40 km/h a lo largo de un tramo horizontal de 500 m. El valor calorífico de la gasolina es 46 MJ/kg, pero sólo el 20% de la energía liberada en la combustión se aprovecha para impulsar al vehículo. Si durante el proceso de aceleración actúa una resistencia constante de 100 kg.

a) ¿Cuál será el consumo de gasolina?

b) ¿Cuánta gasolina se necesita para vencer la resistencia?

CAPÍTULO I  
CONCEPTOS FUNDAMENTALES  
(SOLUCIONES)

1.  $a = 2.4111 \text{ ft/s}$   $g_c = 7.2334 \text{ lb}\cdot\text{ft}/\text{N}\cdot\text{s}^2$

2. a) Sí es consistente en cuanto a unidades

b) Adimensional

$$c) \Delta P = \frac{\text{kg}}{\text{m}\cdot\text{s}^2} \frac{2 f L \rho V^2}{D} = \frac{\text{m kg m}^2}{\text{m m}^3 \text{s}^2} = \frac{\text{kg}}{\text{m}\cdot\text{s}^2}$$

∴ Sí es consistente en cuanto unidades

3. a)  $\text{m}/\text{s}^2$

b)  $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$

c)  $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$

d)  $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^3$

e)  $\text{kg}/\text{m}\cdot\text{s}^2$

f)  $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$

g)  $\text{kg}/\text{m}^3$

h)  $\text{m}/\text{s}^2$

i)  $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$

4. a)  $279260.8935 \text{ Pa} = 2.7926 \text{ bar}$

b) Sí, pero en diferentes unidades y como  $P_{\text{man}}$

5.  $P_c \geq 103.2018 \text{ bar}$

6.  $P = 87560.9727 \text{ Pa}$

7. a)  $94.0313 \text{ kN}/\text{m}^2$  y  $705.6 \text{ mmHg}$

b)  $97.8931 \text{ kN}/\text{m}^2$  y  $734.6 \text{ mmHg}$

8.  $P = -12243.6025 \text{ Pa}$

9.  $P = 1108.9170 \text{ bar}$  y  $110891700 \text{ Pa}$



21.  $L \text{ } ^\circ\text{C} = 456.9380 \text{ } ^\circ\text{C}$
22.  $-30 \text{ } ^\circ\text{C}$  ,  $243.16 \text{ K}$
23.  $Q = 451\ 630.12 \text{ J}$
24.  $W = 14\ 476.6740 \text{ J}$
25.  $W = 1391.9314 \text{ J}$
26.  $W = 32\ 280.3230 \text{ J}$
27.  $C_p = 0.129615 \text{ J/g}^\circ\text{C}$
28.  $4.3975 \text{ g}$
29.  $T_f = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$
30.  $\Delta T = 9.2407 \text{ } ^\circ\text{C}$
31.  $J = 775.5217 \text{ lb}^\dagger \text{ ft/Btu}$
32. a)  $42816 \text{ J}$   
b)  $E_p = 20733.2194 \text{ J}$   
c) Por la energía utilizada para vencer la fricción.

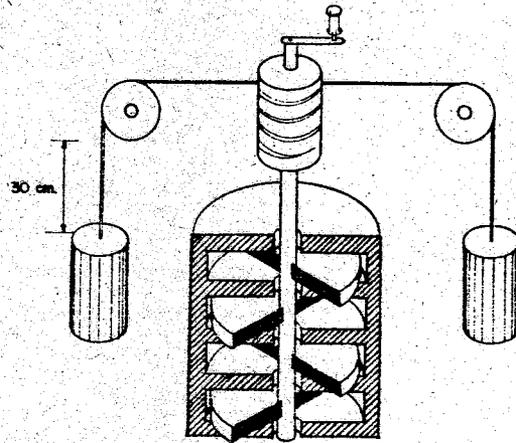
33. a) 789634.8745 J                      b) 4421975.175 J  
 c) 5211610.050 J
34. a)  $E_c = 960.1892 \text{ J}$             ;  $h = 26.9715 \text{ m}$   
 b)  $E_c = 960.1852 \text{ J}$             ;  $h = 161.8290 \text{ m}$
35.  $P = 8.6603 \text{ N}$
36. a)  $E_c = 47.0719 \text{ J}$        $E_p = -47.0719 \text{ J}$   
 b)  $E_c = 0 \text{ J}$                        $E_p = -47.0719 \text{ J}$
37. a)  $E_p = 211 \ 860 \text{ J}$              $E_c = 48608.3423 \text{ J}$   
 b) 260468.3423 J  
 c) 52093.6685 W
38. a)  $W = 8237.5860 \text{ J}$             b) 8237.5860 J  
 c) 411.8793 J
39. a) 256920.8699 J                      b) 428.2014 W
40.  $F = 3630.9313 \text{ N}$
41. 1248000  
 20949060.77  
 1905000  
 24027.9416
42. (e)
43. a)  $1.21 \times 10^7 \text{ Pa}$ ; 1754.9840  $\text{lbf/in}^2$ ; 123.3857  $\text{kg/cm}^2$

- b)  $121.1142 \text{ lb}^2 \text{ ft/lb}$  ;  $0.08647 \text{ k cal/kg}$  ;  $121.1142 \frac{\text{ft}^2}{\text{s}^2}$  ;  $362 \text{ m}^2/\text{s}^2$
- c)  $1.7737 \text{ btu/lb}^\circ\text{R}$  ;  $2.2918 \text{ KJ/kgK}$  ;  $22.6187 \text{ cm}^3\text{atm/kg}\cdot\text{K}$   
 $6.3661 \times 10^{-6} \text{ kW}\cdot\text{h/kg}\cdot\text{K}$
44. a)  $111.11 \text{ N}$  ,  $11.333 \text{ kg}$       b)  $110.52 \text{ N}$  ,  $11.270 \text{ kg}$
45. a)  $\vec{V} = 14.6969 \text{ m/s}$       b)  $38.1758 \text{ m}$   
 c)  $2.9994 \text{ s}$
46.  $35.6133 \text{ J}$
47.  $11760 \text{ J}$
48. a)  $269.56 \text{ (J/kg)}$       b)  $108.7126 \text{ lb}\cdot\text{ft/lb}$   
 c)  $324.95 \text{ J/kg}$
49. a)  $4461 \text{ g}$       b)  $0.3057 \text{ slug}$   
 c)  $9.84 \text{ lb}$
50. a)  $\Delta T = 69.444^\circ\text{C}$       b)  $\Delta T = 69.444 \text{ K}$
51. a)  $R_0 = 50 \Omega$  ,  $A = 1.5492 \times 10^{-3}/\Delta^\circ\text{C}$   
 b)  $200.1074^\circ\text{C}$
52.  $\rho_{\text{H}_2\text{O}}/0.3$
53. a)  $59.6 \text{ g}$       b)  $53.3 \text{ g}$

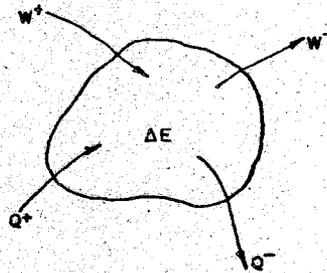
CAPÍTULO II

PRIMERA LEY DE LA TERMODINAMICA

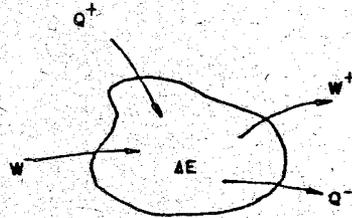
1. Dado que para abarcar los conceptos manejados en este capítulo es necesario formular varias preguntas, se ha tomado la opción de proponer al lector ejemplos o definiciones muy breves de cada tema para que a su vez, éste los amplie y aclare mediante la respectiva redacción o discusión con los compañeros de clase.
  - a) Termodinámica. Estudia la energía y la dirección de los flujos energéticos.
  - b) Sistema Termodinámico abierto. Una turbina Pelton, Francis o Kaplan.
  - c) Estado. Conjunto de valores de las propiedades termodinámicas en un instante.
  - d) Proceso. El paso de un estado a otro.
  - e) Ciclo. El ciclo de Diesel.
  - f) Fase. Agua líquida.
  - g) Sustancia pura. Freón-12.
  - h) Sustancia simple compresible. Aire.
  - i) Postulado de Estado.  $N_O = N_R + 1$  (ver apuntes de Principios de Energética, capítulo II).
  - j) Propiedades extensivas. Masa, peso, volumen
  - k) Propiedades intensivas. Densidad, peso específico, volumen específico.
  
2. Joule comprobó el Principio de Conservación de la Energía mediante un dispositivo como se muestra en la figura. Calcúlese el incremento de temperatura que tendría 1 dm<sup>3</sup> de agua (que se encuentra dentro del recipiente aislado) cuando se dejan caer las 2 masas de 3 kg cada una. La temperatura inicial del agua es de 20 °C. Desprecíense los efectos de fricción en poleas y cilindro.



3. Algunos autores coinciden en utilizar la convención de signos:



Otros en:



Indique qué convención corresponde a cada una de las siguientes expresiones, argumentando su respuesta:

a)  $\Delta E = Q + W$

b)  $\Delta E = Q - W$

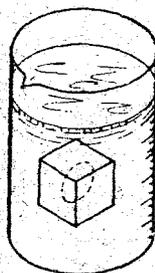
4. Un objeto de cobre de 300 g se coloca dentro de un calorímetro de cobre de 150 g que se encuentra a 1.0135 bar y que a su vez, contiene 220 g de agua a 20 °C. Esto hace que el agua hierva, convirtiéndose 5 g de agua en vapor. La entalpía de vaporización del agua en estas condiciones es de 2257.0 J/g. ¿Cuál era la temperatura inicial del objeto de cobre?

5. Una cierta sustancia tiene una masa molecular de 50 g/mol; a una muestra de 30 g de dicho material, se añaden 314 joules de calor y su temperatura aumenta de 25 a 45 °C.

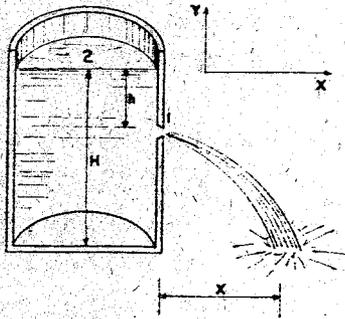
a) ¿Cuál es la capacidad térmica específica de dicha sustancia?

b) ¿Cuál es la capacidad térmica específica molar de dicha sustancia?

6. Un cubo de hielo tiene atrapado un balón de acero, dicho cubo está suspendido en un vaso con agua. ¿Aumentará el nivel del agua cuando se funda? Explíquelo. ¿En donde se localizaría el cubo de hielo si no tuviese el balón?



7. En las instalaciones de una planta hidroeléctrica, el agua cae desde una altura de 60 pies con un ritmo de 500 pies<sup>3</sup>/min. ¿Cuál es la máxima potencia que puede desarrollar la turbina en:
- HP
  - CV
  - btu/h
  - kW
8. Un depósito está lleno con agua hasta una altura  $H$ ; se practica un orificio en una de las paredes a una profundidad  $h$  por debajo de la superficie del agua (ver figura). Demostrar que la distancia  $x$  desde el pie de la pared hasta el punto en el cual el chorro choca contra el suelo está dado por la expresión:
- $$x = 2 \sqrt{h(H-h)}$$

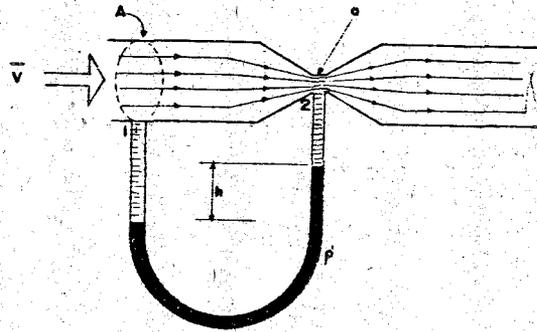


9. Para medir el gasto en una tubería que conduce agua, se ha instalado un venturi con un manómetro diferencial con mercurio como fluido manométrico (véase figura). Utilizando las ecuaciones de Bernoulli y de continuidad demuestre que:

a) La velocidad del agua está dada por la expresión:

$$\bar{V} = a \left[ \frac{2(\rho - \rho') g h}{\rho(a^2 - A^2)} \right]^{1/2}$$

b) De acuerdo con los datos anexos calcule el gasto que circula por la tubería

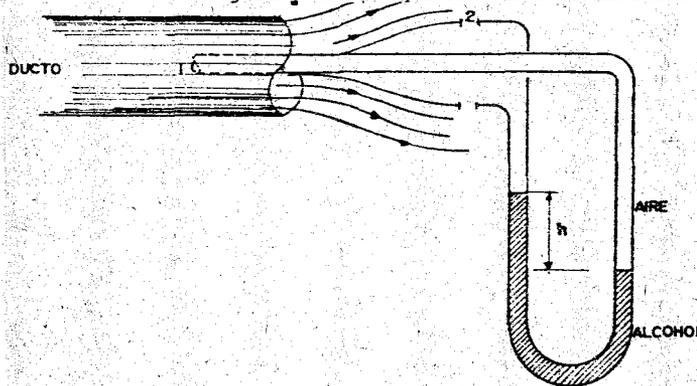


$$\begin{aligned} \rho &= 1000 \text{ kg/m}^3 \\ \rho' &= 13596 \text{ kg/m}^3 \\ g &= 9.80665 \text{ m/s}^2 \\ h &= 15 \text{ cm} \\ a &= 12.7 \text{ cm} \\ A &= 25.4 \text{ cm} \end{aligned}$$

10. a) Haga una descripción detallada del funcionamiento de un tubo de Pitot.

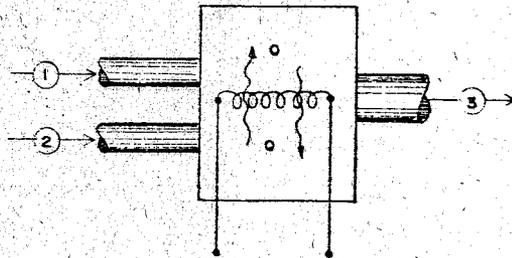
b) Demuestre que la diferencia de presiones que marca el manómetro del mismo es  $\Delta P = \frac{1}{2} \rho \bar{V}^2$ , donde  $\rho$  es la densidad del fluido del cual se quiere medir su velocidad.

c) Calcule la velocidad del aire que circula por un ducto, cuya figura y datos aparecen a continuación:



$$\begin{aligned} \rho_{\text{aire}} &= 1.2 \text{ kg/m}^3 \\ h &= 4.5 \text{ cm} \\ \delta_{\text{alcohol}} &= 0.78 \\ g &= 9.78 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

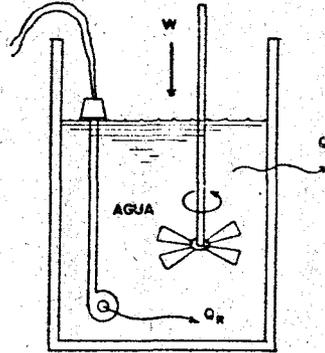
11. La masa de un martinete (de acero para herramientas) de 150 kg se suelta a 7.27 m por encima de la cabeza de un pilote. Un instante antes del choque hállense para dicha masa:
- La variación de su energía potencial.
  - Su energía cinética, si la gravedad local es  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ .
  - ¿Cuál es la variación de temperatura del martinete, al golpear el pilote si se ocupa el 80% de la energía transmitida para hincar el pilote y hay un 5% de pérdidas al medio ambiente?
12. Dos corrientes de aire independientes entran a un cabezal y se mezclan en una sola corriente de salida. La corriente 1 entra  $\bar{V}_1 = 30 \text{ m/s}$ ,  $T_1 = 32 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $\dot{m}_1 = 2.5 \text{ kg/s}$ ; la otra con  $\bar{V}_2 = 60 \text{ m/s}$ ,  $T_2 = 49 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $\dot{m}_2 = 3.6 \text{ kg/s}$ . La mezcla sale con  $\bar{V}_3 = 15 \text{ m/s}$  y se le transmite calor a razón de 20.5 kJ por cada kg de aire. Determine la temperatura de la corriente de aire a la salida considerando que las caídas de presión son despreciables.



13. Un tanque abierto a la atmósfera contiene agua. Mediante una resistencia eléctrica se le transmiten 1500 kJ, provocando un cierto aumento de temperatura al agua después de 20 minutos. Como

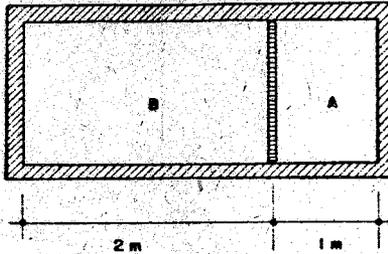
consecuencia, su energía interna aumenta 1300 kJ. Se usa un agitador de 0.5 kW para mover el agua.

Si no hay evaporación, determine el calor transmitido del tanque al aire que lo rodea.

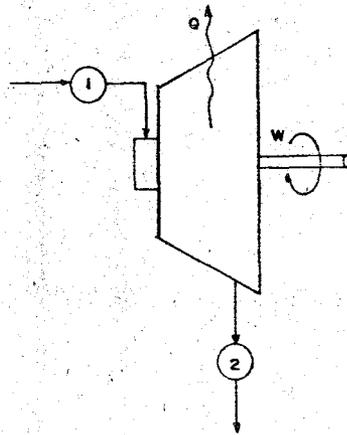


14. Se desean bombear 20 000 dm<sup>3</sup>/h de aceite combustible a una caldera. La densidad relativa del aceite es 0.8 y la presión de succión es de 0.15 bar (man), mientras que en la descarga es de 2.0 bar (man). La descarga del aceite se encuentra a 10 m por encima de la succión. El diámetro del tubo de succión es de 0.25 m y el de la descarga 0.15 m. La presión barométrica del lugar de instalación es de 0.95 bar. Estime la potencia requerida por la bomba.
15. En un cilindro de paredes adiabáticas hay dos gases (A) y (B) separados por un émbolo adiabático de espesor despreciable. Inicialmente se tienen las siguientes propiedades  $T_{A1} = 300$  K,  $P_{A1} = 1$  bar,  $T_{B1} = 320$  K, cuando el émbolo se encuentra como en

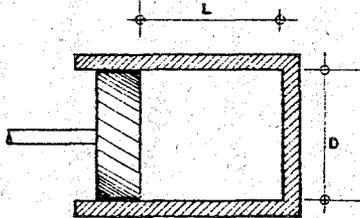
la figura. ¿Cuál será la posición final del émbolo y la presión final de los dos gases?  $Cv_A = 717.4957 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ ,  $k_A = 1.4$ ,  $Cv_B = 2.0772 \text{ J/g}\cdot\text{K}$ ,  $k_B = \frac{5}{3}$ . Suponga que al soltar el pistón se mueve sin fricción ( $m_A = m_B$ ).



16. Una llanta de automóvil se infla a una presión de 2 bar manométrica y a una temperatura de 279 K. Después de rodar, la temperatura de la llanta sube a 310 K. Si el volumen de la llanta no cambia:
- ¿Cuál será la presión que alcance el aire en su interior?
  - Si se extrae el 10% del aire, ¿cuál será la presión que tendrá en estas condiciones?
17. Se suministra vapor a 13.70 bar a una turbina de 76.4 kW que opera a carga completa  $u_1 = 2711 \text{ kJ/kg}$ ,  $v_1 = 0.1659 \text{ m}^3/\text{kg}$ ,  $\bar{V}_1 = 121 \text{ m/s}$ . El escape está a 0.069 bar con  $u_2 = 2155 \text{ kJ/kg}$ ,  $v_2 = 18.36 \text{ m}^3/\text{kg}$  y  $V_2 = 335 \text{ m/s}$ . La pérdida de calor en la turbina es de 23.3 kJ/kg. Determinar:
- El trabajo por kg de vapor.
  - El flujo en kg/h.

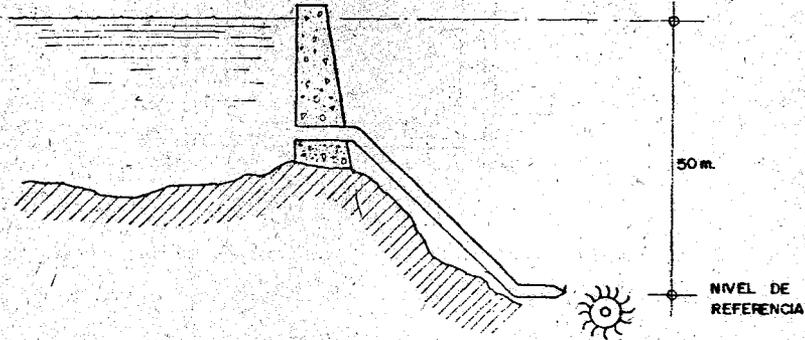


18. Un cilindro de una máquina de combustión interna de  $D = 10$  cm y  $L = 15$  cm, admite aire a 303 K y 1.01 bar abs y lo comprime hasta que  $L = 3$  cm llegando la temperatura a 577 K.
- ¿Qué cantidad de aire se admite en kmol.
  - ¿Qué presión alcanzará cuando  $L = 3$  cm?

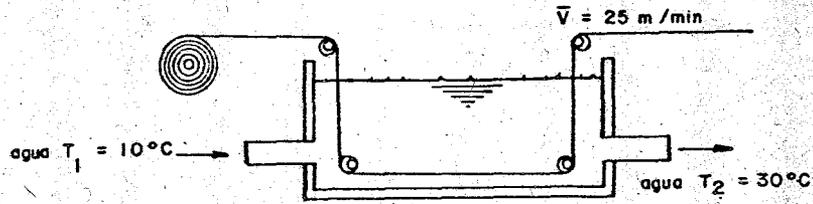


19. El agua almacenada en una presa tiene un desnivel de 50 m con respecto a una turbina hidráulica que maneja 500 kg por segundo de agua, calcular:
- La energía potencial por kg del agua en la presa.

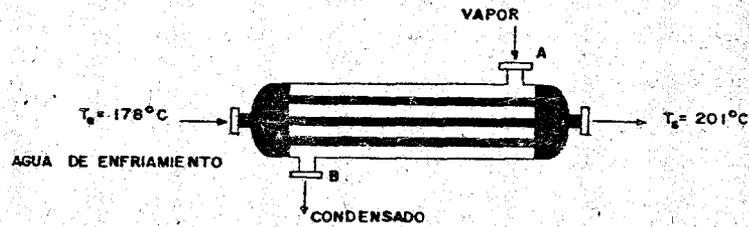
- b) La energía cinética del agua en el punto más bajo, si su velocidad es de 30 m/s.
- c) La potencia de la turbina si sólo se aprovecha el 70% de la energía cinética del inciso b).



20. Un recipiente de vidrio cuya masa es 0.3 kg, contiene 1 kg de agua y, ambos se encuentran en equilibrio térmico a 10 °C. Al agregar al recipiente 4 kg de agua a 50 °C, el equilibrio térmico del sistema agua-recipiente se restablece a 41.62 °C. Despreciando las pérdidas de calor, calcule la capacidad térmica específica del vidrio.
21. Un rollo de lámina de acero se pasa por un tanque de enfriamiento entrando a 90 °C y saliendo a 50 °C. La lámina pesa 4 kg por metro lineal y pasa por el tanque con velocidad de 25 m/min. El agua fluye constantemente, entrando a 10 °C y saliendo a 30 °C. ¿Qué cantidad de agua se requiere para mantener estas condiciones expresándola en kg/min? Considere que la capacidad térmica específica del acero  $C_{ac} = 460.5 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ .



22. En un cambiador de calor, que consiste en un haz de tubos, circulan  $160,000 \text{ kg/h}$  de agua de enfriamiento que entran a  $178^\circ\text{C}$  y salen a  $201^\circ\text{C}$ . Por la parte externa de los tubos circula vapor el cual se condensa en el interior del cambiador. El calor cedido por el vapor entre la entrada (A) y la salida (B) del cambiador es  $2\,294.36 \text{ kJ/kg}$ . Calcule el flujo de condensado que sale del cambiador.



23. ¿Cuánta energía se requiere para convertir  $1 \text{ kg}$  de hielo a  $-10^\circ\text{C}$  en vapor saturado, a  $0.1013 \text{ MPa}$  de presión?

24. En un calorímetro se encuentran 250 g de agua a 13 °C. Una pieza de 545 g de Cu ( $C = 394 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ ) a 95 °C se introduce en el calorímetro, y se aprecia que todo el sistema llega a 24 °C. ¿Cuál es la masa de agua que al recibir la misma cantidad de calor que el calorímetro varía en igual magnitud su temperatura? A esta cantidad se le conoce como la masa de agua equivalente.
25. Una sustancia simple compresible se encuentra en un cilindro con émbolo a 700 kPa. La sustancia pasa de 0.28 m<sup>3</sup> hasta 1.68 m<sup>3</sup> durante un proceso isobárico. ¿Cuánto trabajo hace o entrega la sustancia?
26. Para hacer una tubería de plomo ( $\rho = 11360.0 \text{ kg/m}^3$ ),  $C = 0.130 \text{ J/g}\cdot\text{K}$  se le extruye por un dado horizontal mediante una diferencia de presión de 154.45 MPa. Si no hay enfriamiento, ¿en cuánto cambia la temperatura del plomo durante el proceso? Considere que el plomo es incompresible.
27. Una turbina recibe agua a 16 m/s y con una entalpía específica de 2990 J/g, entregándola posteriormente a 37 m/s con una entalpía específica de 2530 kJ/kg. A su paso por la turbina, el agua envía al medio un flujo calorífico de 25 J/g. ¿Cuánto trabajo entrega la turbina? El flujo de agua es 324 ton/h.
28. Una turbina recibe 14 litros de agua sustancia simple compresible a 2070 kPa. La expansión se efectúa hasta 207 kPa según la ecuación:
- $$pV^{1.35} = \text{constante}$$
- a) ¿Cuánto trabajo entrega la sustancia?
- b) ¿Cuánto calor se transmite y hacia dónde?

29. Un sistema cerrado, formado por una masa de una sustancia simple compresible, recibe 168.7 kJ de calor isométricamente. Posteriormente a lo largo de un proceso isobárico, rechaza 177 kJ de calor mientras recibe 40 kJ de trabajo. Si fuera posible que mediante un proceso adiabático el sistema regresara a su estado inicial, ¿cuánto trabajo se haría?
30. Un kg de un gas ideal se expande adiabática y cuasiestáticamente desde 240 °C hasta 115 °C mientras su volumen se duplica. Durante el proceso se hace un trabajo de 90 kJ. Calcule:
- La masa molecular del gas
  - El  $C_p$
  - El  $C_v$
31. Una masa desconocida de un gas perfecto se expande cuasiestáticamente e isobáricamente al entregar un trabajo de 5 kJ. Calcule:
- El calor que recibe el gas.
  - ¿Cuánto de este calor se destina en la elevación de la energía interna del fluido?
- Suponga que:  $k = 1.66$
32. Una máquina térmica impulsa a un generador eléctrico, pero el 8% de su potencia se pierde en la transmisión al generador. Si éste tiene una eficiencia del 95% y entrega 60 A a 230 V, ¿qué potencia entrega la máquina térmica?
33. Se comprime aire desde 0.3 m<sup>3</sup>, 26 °C y 0.1 MPa hasta 70 dm<sup>3</sup> en un proceso cuasiestático y politrópico ( $n = 1.5$ ). Calcule:
- $P_{final}$
  - $T_{final}$
  - $W$
  - $\Delta U$
  - $\Delta H$
  - $Q$

## CAPÍTULO II

## PRIMERA LEY DE LA TERMODINAMICA

(SOLUCIONES)

2.  $T_2 - T_1 = 0.0042^\circ\text{C}$
3. a) Primera convención      b) segunda convención
4.  $T_i = 873^\circ\text{C}$
5. a)  $C = 0.5233 \text{ J/g}^\circ\text{C}$       b)  $\bar{C} = 26.1667 \text{ J/mol}^\circ\text{C}$
6. - Sí aumenta el nivel del agua  
- Flotando en la superficie del agua
7. a) 56.756 HP      b) 56.832 CV  
c) 144472.5 btu/h      d) 42.34 kW
8.  $x = 2 \sqrt{h(H-h)}$
9. b)  $G = 0.1781 \text{ m}^3/\text{s}$
10. c)  $\nabla = 23.92 \text{ m/s}$
11. a) 10686.9 J      b) 10686.9 J  
c)  $\Delta T = 0.02^\circ\text{C}$
12.  $T_3 = 63.58^\circ\text{C}$
13.  $Q = 800 \text{ kJ}$

14.  $\dot{W} = 1.267 \text{ kW}$
15. El émbolo está a 2.38 m en el lado B.  
 $P_A = P_B = 193.21 \text{ kPa}$ .
16. a)  $P_{2\text{man}} = 2.33 \text{ bar}$       b)  $P_{2\text{man}} = 2 \text{ bar}$
17. a)  $-649 \text{ KJ/kg}$       b)  $423.5946 \text{ kg/h}$
18. a)  $4.7396 \times 10^{-5} \text{ kmol}$       b)  $P = 9.6167 \text{ bar}$
19. a)  $490 \text{ J/kg}$       b)  $450 \text{ J/kg}$   
c)  $157.7 \text{ kW}$
20.  $838.4356 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$
21.  $22.0019 \text{ kg/min}$
22.  $6714.0641 \text{ kg/h}$
23.  $3030134 \text{ J}$
24.  $81 \text{ g}$
25. Entrega  $980 \text{ kJ}$
26.  $\Delta T = 104.5^\circ\text{C}$
27.  $391 \text{ MW}$

28. a) 50.36 kJ                      b) No se puede calcular
29. 31.7 kJ
30. a) 28.7 g/mol                      b) 1.01 J/gK  
c) 0.72 J/gK
31. a) 12.58 kJ                      b) 7.58 kJ
32. 15.8 kW
33. a) 887 kPa                      b) 346 °C  
c) -64.0 kJ                      ca) 90.3 kJ  
d) 112.3 kJ                      e) 16.3 kJ

...de los gases perfectos...  
...de los gases perfectos...  
...de los gases perfectos...

...de los gases perfectos...  
...de los gases perfectos...  
...de los gases perfectos...

...de los gases perfectos...  
...de los gases perfectos...  
...de los gases perfectos...

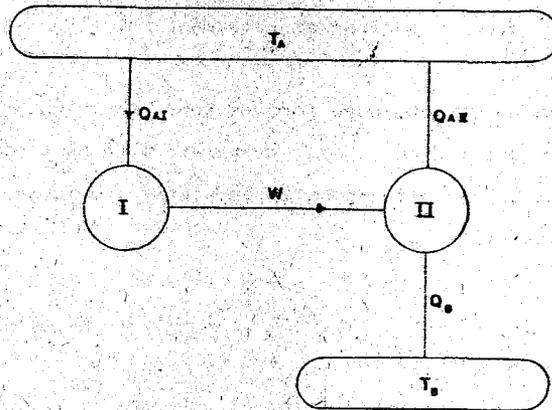
CAPITULO III

SEGUNDA LEY DE LA TERMODINAMICA

...de los gases perfectos...  
...de los gases perfectos...  
...de los gases perfectos...

...de los gases perfectos...  
...de los gases perfectos...  
...de los gases perfectos...

1. Una turbina de vapor gasta  $1.1 \times 10^{-3}$  kg de vapor en producir 1 kJ de energía eléctrica. En la caldera, para producir 1 kg de vapor con los parámetros necesarios, se consumen 3300 kJ. Encuentre el rendimiento de la instalación.
  
2. Determine el gasto diario de combustible de una planta generadora de energía que produce  $10^5$  kW, si su rendimiento es del 35% y el poder calorífico del combustible es de  $30 \times 10^3$  kJ/kg combustible.
  
3. Suponga que es posible construir una máquina que opera cíclicamente (I) tal que transforma en trabajo (W) todo el calor que acepta de un depósito térmico a  $T_A$ . El trabajo que produce se emplea en el accionamiento de una bomba de calor (II), la cual toma  $Q_B$  de un depósito térmico a  $T_B$  y cede calor al depósito térmico a temperatura  $T_A$ .
  - a) ¿Cuál es el postulado que viola la máquina I?
  - b) ¿Cómo es  $|Q_{AI}|$  comparado con  $|Q_{AII}|$ ?
  - c) El depósito térmico a  $T_A$  ¿gana o pierde calor en el proceso?
  - d) El depósito térmico a  $T_B$  ¿gana o pierde calor en el proceso?
  - e) ¿Cuál es el resultado neto del acoplamiento de las máquinas I y II?
  - f) ¿Es posible el proceso propuesto según los postulados de la Segunda Ley de la Termodinámica? (Si su respuesta es no, indique cuál postulado se opone).



4. La Segunda Ley de la Termodinámica se establece en un libro de texto como sigue: "Es imposible que una máquina que actúa por sí misma y que no recibe ayuda de ningún agente externo pueda llevar calor desde un cuerpo hasta otro cuerpo que esté a una temperatura mayor".
- Idee una máquina que incluya a un refrigerador ordinario que pueda transgredir la ley según se ha establecido.
  - Modifique la definición para que la ley sea correcta.
5. ¿Cuál es la eficiencia máxima que puede tener una máquina térmica que trabaja entre una temperatura superior de  $400\text{ }^\circ\text{C}$  y una temperatura inferior de  $18\text{ }^\circ\text{C}$ ?
6. Se propone la construcción de una máquina térmica (que opere en forma cíclica) para hacerla trabajar en el océano en un sitio en que la temperatura cerca de la superficie sea  $20\text{ }^\circ\text{C}$  y a gran profundidad la temperatura sea de  $5\text{ }^\circ\text{C}$ . ¿Cuál es la máxima eficien-

cia térmica que pueda alcanzar esta máquina?

7. Una máquina de Carnot, cuyo foco caliente tiene una temperatura de  $127\text{ }^{\circ}\text{C}$ , toma 100 cal a esta temperatura en cada ciclo y cede 80 calorías al depósito de baja temperatura. Calcule la temperatura de este depósito.
8. Una mol de un gas ideal (monoatómico) efectúa un ciclo de Carnot entre las temperaturas 400 K y 800 K. Los volúmenes situados en la isoterma superior son 1 litro el primero y 5 litros el segundo.  
Calcule el trabajo que se efectúa durante cada ciclo y el calor que se intercambia con cada fuente.
9. Una máquina frigorífica de Carnot toma calor de un depósito con agua a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  y lo cede a una habitación que está a  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Han de transformarse 100 kg de agua a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  en hielo a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
  - a) ¿Cuántas calorías son cedidas a la habitación?
  - b) ¿Qué trabajo se requiere, expresado en J ?
10. Encuentre la mínima cantidad de trabajo que se requiere para extraer una caloría de un cuerpo a la temperatura (constante) de  $0\text{ }^{\circ}\text{F}$  cuando la temperatura del medio ambiente es de  $100\text{ }^{\circ}\text{F}$ .
11. Calcule la cantidad de trabajo mínima que se requiere para extraer 5 J de calor de un cuerpo que está a la temperatura de  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , cuando la temperatura del ambiente es  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

12. El elemento que tiene el mínimo punto de ebullición normal (cuando  $P = 1.013 \text{ bar}$ ) es el helio (He), con  $4.2 \text{ K}$ . En estas condiciones posee una entalpía de vaporización de  $83.3 \text{ J/mol}$ .

Se va a emplear un refrigerador de Carnot para producir  $1 \text{ mol}$  de helio líquido a  $4.2 \text{ K}$  partiendo de vapor saturado (de He) a la misma temperatura. ¿Cuál es el trabajo que requiere el refrigerador? ¿Cuál es el coeficiente de operación del refrigerador? Se puede suponer que la temperatura del ambiente es  $27 \text{ }^\circ\text{C}$ .

13. Indique cuál de las dos opciones siguientes es más efectiva para aumentar la eficiencia de una máquina de Carnot.

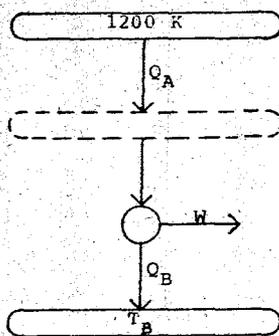
a) Aumentar  $T_{\text{ALTA}}$  conservando  $T_{\text{BAJA}}$  constante.

b) Disminuir  $T_{\text{BAJA}}$  conservando  $T_{\text{ALTA}}$  constante.

Si se le ocurre otra posibilidad indíquela.

14. Un inventor afirma haber desarrollado una máquina que admite  $25000 \text{ J/s}$  a una temperatura de  $400 \text{ K}$ , expulsa  $12 \text{ kJ/s}$  a una temperatura de  $200 \text{ K}$  y entrega  $13 \text{ kW}$  de potencia mecánica. ¿Invertiría usted dinero para lanzar esta máquina al mercado? Justifique su respuesta.

15. Considérese una máquina térmica que recibe  $1000 \text{ kJ}$  de una fuente térmica que está a  $1200 \text{ K}$ . La máquina es reversible internamente, produce  $690 \text{ kJ}$  de trabajo y rechaza calor reversiblemente a un sumidero que está a  $27 \text{ }^\circ\text{C}$ . ¿Cuál es la temperatura a la que la máquina recibe isotérmicamente el calor proveniente de la fuente térmica? ¿Cuál es el cambio total de entropía para el proceso que se describe?



16. Se tiene un par de bloques del mismo metal y del mismo tamaño, pero a temperaturas distintas,  $T_1$  y  $T_2$ . Se ponen en contacto hasta que se iguala el valor de su temperatura. Compruebe que el cambio de entropía se puede conocer según:

$$\Delta S = C_p \ln \left( \frac{(T_1 + T_2)^2}{4 T_1 T_2} \right)$$

si se supone que el  $C_p$  se mantiene constante. Con la información que representa la expresión precedente ¿se puede afirmar que el proceso es espontáneo?

17. Un matraz que contiene benceno,  $C_6H_6$ , en su punto de fusión (a  $5.5^\circ C$ ) se pone en contacto con un baño térmico compuesto por una mezcla de hielo y agua. El contacto se mantiene hasta que se congela una mol de benceno. El cambio de entalpía de fusión para el benceno es  $126.86 \text{ J/g}$ . Calcule el cambio en la entropía del benceno y el cambio neto de la entropía del universo.

18. En un experimento de capacidad térmica específica se mezclan  $100 \text{ g}$  de plomo ( $C_p = 0.0345 \text{ cal/g}^\circ C$  a  $100^\circ C$ ) con  $200 \text{ g}$  de agua a  $20^\circ C$ . Suponga que no hay transferencia de calor a los alre-

dedores y encuentre la diferencia en la entropía del sistema entre los estados final e inicial.

19. ¿Cuál es la cantidad de energía que usted recomendaría a una planta productora de energía: 1000 kJ de trabajo de flecha ó 3000 kJ de calor a 500 K? La temperatura del ambiente es 20 °C.
20. ¿Cuál es la cantidad de calor que usted, como ingeniero, prefiere tener a su disposición: 200 kJ a 1100 K o 5000 kJ a 530 K? La temperatura del ambiente es 22 °C.
21. Una barra de latón está en contacto directo con un depósito térmico a 127 °C por uno de sus extremos y con depósito térmico a 27 °C por el otro extremo. Calcule el cambio total de entropía que resulta del proceso de conducción de 1200 cal a través de la barra. ¿Cuál es la variación en la entropía de la barra durante el proceso?
22. Un kg de agua a 273 K se pone en contacto con un depósito térmico que está a 373 K. Cuando el agua alcanza la temperatura de 373 K.
  - a) ¿Cuál es el cambio en la entropía del agua? ¿Cuál es el cambio en la entropía del depósito térmico? ¿Cuánto vale el cambio total de entropía?
  - b) Si el agua se calienta desde 273 K hasta 373 K poniéndola primero en contacto con un depósito térmico a 323 K hasta que alcanza esta temperatura y luego poniéndola en contacto térmico con otro depósito térmico a 373 K, ¿cuál será  $\Delta S_{TOTAL}$ ?

c) Indique como se podría calentar el agua desde 273 K hasta

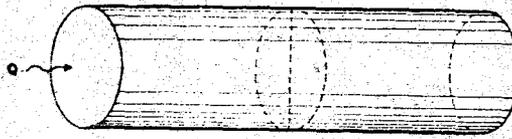
373 K de tal manera que  $\Delta S_{TOTAL} = 0$ .

23. Una libra mol de un gas ideal con capacidades térmicas específicas constantes ( $C_p = 5 \frac{\text{btu}}{\text{lb mol}^\circ\text{F}}$ ) se comprime adiabáticamente en un pistón con émbolo, desde una atmósfera y 40 °F hasta una presión de 5 atm. El proceso es irreversible y requiere un 25% más de trabajo que la compresión reversible y adiabática desde el mismo estado inicial hasta la misma presión final. ¿Cuánto trabajo se requiere? ¿Cuál es el cambio en la entropía del gas para este proceso?
24. Se sabe que a 298 K la entropía para el oxígeno es 205.029 J/mol·K\*, si la presión es 1 bar. ¿Cuál es el valor de la entropía para el oxígeno a 100 bar, suponiendo que se comporta como un gas ideal?  
\* Este valor está referido a un valor de 0 J/mol·K para un cristal perfecto a 0 K.
25. Demuestre que para un gas ideal con  $C_p$  y  $C_v$  constantes que sufre un proceso politrópico ( $pv^n = K$ ) entre  $T_1$  y  $T_2$ , el cambio de entropía es:

$$s_2 - s_1 = \frac{C_p - n C_v}{n - 1} \ln \left( \frac{T_1}{T_2} \right)$$

26. Un cilindro vertical que posee un émbolo contiene nitrógeno gaseoso a la presión constante de 1 bar. Todo el equipo se enfría desde 150 °C hasta 40 °C. ¿Cuánto calor se retira del nitrógeno? ¿Cuánto trabajo se hace sobre él? ¿Cuál es su cambio de entropía?

27. Un gas ideal experimenta una expansión reversible y a la temperatura constante de 300 K desde  $1 \text{ dm}^3$  hasta  $10 \text{ dm}^3$ . Si la presión al principio era de 20 bar, calcule:
- $\Delta S$  para el gas
  - $\Delta S$  para todos los sistemas involucrados con la expansión.
28. Un tanque rígido y adiabático contiene aire a 0.95 bar y  $27^\circ \text{C}$ . Se tiene un motor exterior que mueve una hélice ubicada en el interior del tanque, agitando al aire hasta que su presión llega a 1.4 bar. ¿Cuánto trabajo entrega el motor? ¿Cuál es el cambio en la entropía del aire?
29. Una mezcla de gases (con  $k = 1.4$ ) ocupa inicialmente un volumen de  $100 \text{ ft}^3$  a  $10 \text{ lb/in}^2$  y  $100^\circ \text{F}$ . Durante un proceso reversible a presión constante la temperatura aumenta hasta  $200^\circ \text{F}$ . Encuentre el trabajo realizado, el calor intercambiado, los cambios en volumen, energía interna, entalpía y entropía.
30. Un cilindro como el de la figura contiene un émbolo adiabático que se desliza sin fricción y cuya área transversal es  $1 \text{ in}^2$ . En cada lado del pistón hay  $1 \text{ ft}^3$  de aire a  $20 \text{ lb/in}^2$  abs y  $40^\circ \text{F}$ . Por la tapa izquierda se proporciona calor muy lentamente hasta que la presión en el lado derecho del pistón se eleva a  $100 \text{ lb/in}^2$  abs.
- ¿Cuánto trabajo se hace sobre el aire del lado derecho?
  - ¿Cuánto calor se suministra al aire del lado izquierdo?



31. Una piedra de 1.2 kg se deja caer al suelo desde 14 m. Considere  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ . Calcule el cambio en la entropía del universo para poder clasificar a este proceso como reversible o irreversible.
32. ¿Cuál es el cambio en la entropía de 1 kg de agua cuando pasa de líquido a vapor a  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ ?  
 $h_{fg} = 2257 \text{ J/g}$
33. En un proceso politrópico ( $n = 1.2$ ) se expanden 6 kg de aire desde 1.30 MPa hasta 130 kPa. Si el proceso es reversible.
- ¿Cuál es el cambio en la entropía del aire?
  - ¿Cuál es el cambio en la entropía del universo?
  - ¿Cuál es el cambio en la entropía del medio?
34. Una cantidad fija de un gas ideal se halla a 700 kPa,  $14 \text{ dm}^3$  y  $150 \text{ }^\circ\text{C}$ ; sufre una expansión isotérmica y cuasiestática hasta 84 litros. ¿Cuál es el cambio en la entropía del gas?
35. ¿Cuál de las expresiones siguientes permite calcular el cambio en la entropía de un gas perfecto en un proceso politrópico?
- $\Delta s = C_p (k-n) \ln (T_2/T_1)$
  - $\Delta s = C_p (n-k) \ln (v_2/v_1)$
  - $\Delta s = C_v (n-k) \ln (T_2/T_1)$
  - $\Delta s = C_v (k-n) \ln (v_2/v_1)$
  - $\Delta s = C_v \frac{(n-k)}{n} \ln (v_1/v_2)$

36. Se va a condensar vapor de agua a  $h = 2442.6 \text{ J/g}$  y  $48.9 \text{ }^\circ\text{C}$  hasta  $h = 181.4 \text{ kJ/kg}$  en un proceso isotérmico a  $48.9 \text{ }^\circ\text{C}$ . Para hacerlo se dispone de agua ( $C_p = 4.1868 \text{ J/g}\cdot\text{K}$ ) que recibe el calor que cede el vapor de agua, calentándose desde  $24.4 \text{ }^\circ\text{C}$  hasta  $37.8 \text{ }^\circ\text{C}$ . Si el medio ambiente se encuentra a  $100 \text{ kPa}$  y  $21.1 \text{ }^\circ\text{C}$ , ¿cuál es el cambio en la entropía del universo que provoca este proceso?

37. Se expande aire reversible y adiabáticamente desde  $1 \text{ m}^3$ ,  $400 \text{ kPa}$  y  $150 \text{ }^\circ\text{C}$  hasta  $100 \text{ kPa}$ . Posteriormente se calienta a presión constante aumentando su entalpía en  $70 \text{ kJ}$ .

a) ¿Cuánto trabajo se hace?

Los procesos se sustituyen por una expansión politrópica entre el mismo estado inicial y el mismo estado final.

b) ¿Cuál es el exponente politrópico necesario?

c) ¿Cuál estrategia provoca un aumento mayor en la entropía del gas, los dos procesos originales o el politrópico?

38. La batería de un automóvil produce trabajo eléctrico al tiempo que intercambia calor con un sólo depósito térmico.

¿Se contraponen su funcionamiento al enunciado de Thomson y Planck?

39. Un resistor de  $30 \text{ } \Omega$ , por el que fluyen  $15 \text{ A}$ , se mantiene a  $28 \text{ }^\circ\text{C}$ , gracias a la circulación de aire.

Si el aire pasa de  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , calcule el cambio en la entropía.

a) Del resistor                      b) Del aire                      c) Del universo

40. Los datos en la tabla que sigue se refieren a 3 máquinas térmicas que funcionan cíclicamente.

Máquina	Temperatura de los depósitos térmicos		Calor que se recibe	Calor que se rechaza	Trabajo que se entrega	Eficiencia térmica
	$T_A$ (°C)	$T_B$ (°C)	$Q_A$ (kJ)	$Q_B$ (kJ)	$W$ (kJ)	$\%$
I	283	5	100	55		
II	540	38		1000		65
III	560	60			26	60

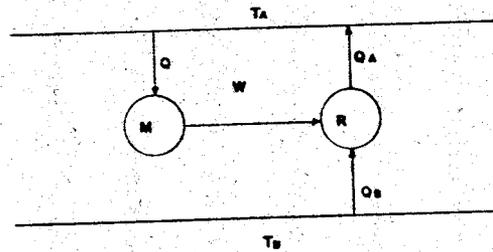
a) Complete la tabla.

b) Discuta las posibilidades de cada una.

CAPITULO III  
SEGUNDA LEY DE LA TERMODINAMICA  
(SOLUCIONES)

1.  $\eta = 27.55\%$
2. 822857.1427 kg de combustible al día
3.
  - a) El postulado de Kelvin-Planck
  - b)  $Q_{AI} < Q_{AII}$
  - c) Gana
  - d) Pierde
  - e) Una bomba de calor que funciona como refrigerador.
  - f) No, el postulado de Clausius

4. a)



5.  $\eta = 56.75\%$
6.  $\eta = 5.12\%$
7.  $T_B = 46.968 \text{ } ^\circ\text{C}$
8.
  - $W_{\text{ciclo}} = - 5352.6043$
  - ${}_a Q_b = 10705.2085 \text{ J}$
  - ${}_c Q_d = - 5352.6042 \text{ J}$



22. a)  $\Delta S_{\text{Depósito}} = - 1122.2520 \text{ J/K}$   
 $\Delta S_{\text{Total}} = 184.2263 \text{ J/K}$
- b)  $\Delta S_{\text{Ttotal}} = 97.3647 \text{ J/K}$
- c) Poniéndola en contacto consecutivamente con depósitos térmicos que tengan incrementos de temperatura muy pequeños.
23.  $W_{\text{real}} = 1685.4339 \text{ btu}$   
 $\Delta S = 0.5582 \text{ btu/}^\circ\text{R}$
24.  $166.7416 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$
- 25.
26.  $q = - 114840 \text{ J/kg}$   
 $\Delta S = - 314.2817 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$
27. a)  $\Delta S = 15.3506 \text{ J/K}$                       b)  $\Delta S = - 15.3506 \text{ J/K}$
28.  $W = 2.9553 \text{ MJ/k mol}$   
 $\Delta S = 8060 \text{ J/k mol}\cdot\text{K}$
29.  $W = - 25729.4477 \text{ lb ft}$   
 $Q = 90\ 053.0669 \text{ lb ft}$   
 $V_2 - V_1 = 17.8677 \text{ ft}^3$   
 $\Delta U = 64323.6192 \text{ lb ft}$   
 $\Delta H = 90\ 053.0669 \text{ lb ft}$   
 $\Delta S = 148.0404 \text{ lb ft/}^\circ\text{R}$

30. a) 4 203.5012 lb ft      b) 76.1188 btu
31. 0.562 J/K ∴ es irreversible
32.  $\Delta S = 6.05 \text{ kJ/K}$
33. a) 1652 J/K      b) 0      c) -1652 J/K
34. 41.6 J/K
35. Ch
36.  $\Delta \dot{S} = 9.3 \text{ kW/K}$
37. a) 346 kJ      b) 1.305      c) Es el mismo cambio
38. No, por que funciona cíclicamente.
39. a) -22.4141 W/K      b) 23.0281 W/K      c) 0.614 W/K
40. Los datos en la tabla se refieren a 3 máquinas térmicas que funcionan cíclicamente.

Máquina	Temperatura de los depósitos térmicos		Calor que se recibe $Q_A$ (kJ)	Calor que se rechaza $Q_B$ (kJ)	Trabajo que se entrega $W$ (kJ)	Eficiencia térmica $\eta\%$	
	$T_A$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_B$ ( $^{\circ}\text{C}$ )					
I	283	5	100	55	45	45	Posible
II	540	38	2860	1000	1860	65	Imposible
III	560	60	43.3	17.5	26	60	Reversible

CAPÍTULO IV  
CICLOS TERMODINÁMICOS

1. Indique el equipo en el que se lleva a cabo cada uno de los procesos que componen un ciclo de Brayton (o de Joule).
  - a) Haga un diagrama de bloques del ciclo, donde se señale el flujo de la sustancia de trabajo y el equipo que la maneja.
  - b) Dibuje la secuencia de procesos que compone al ciclo de Brayton (o de Joule).
    - i) En un diagrama de  $(v, p)$
    - ii) En un diagrama de  $(s, T)$
  
2. En un ciclo de Brayton que maneja un gas ideal con capacidades térmicas específicas constantes ( $k = 1.39$ ) se tiene a la entrada del compresor 1 bar y  $15^\circ\text{C}$ , y a la salida  $152^\circ\text{C}$ .
  - a) ¿Cuál es la presión a la que se lleva a cabo la transmisión de calor isobárica?
  - b) ¿Cuál es la razón de presiones?
  - c) ¿Cuál es la eficiencia del ciclo?
  
3. Un ciclo de Otto que maneja un gas ideal con capacidades térmicas específicas constantes ( $k = 1.42$ ), tiene las características siguientes: entrada al principio de la compresión: 0.78 bar,  $19^\circ\text{C}$ . Salida del compresor: 18 bar.
  - a) ¿Cuál es la temperatura a la salida del compresor?
  - b) ¿Cuál es la razón de compresión?
  - c) ¿Cuál es la eficiencia del ciclo?
  - d) Dibuje al ciclo de Otto:
    - i) En un diagrama  $(v, p)$
    - ii) En un diagrama  $(s, T)$

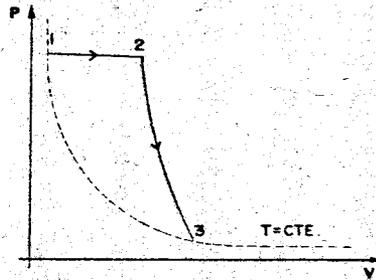
4. Dos kgmol de oxígeno se encuentran inicialmente a la temperatura de 27 °C y ocupan un volumen de 20 dm<sup>3</sup>. Se expande el gas primero a presión constante hasta duplicar su volumen y después adiabáticamente hasta recobrar su temperatura inicial.

$$\hat{C}_p = 29.00 \text{ kJ/kmol K}$$

$$k = 1.4$$

$$\bar{R} = 8.314 \text{ kJ/kmol K}$$

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



5. Un motor de combustión interna funciona con un ciclo Otto reversible, como se muestra en la figura. Trabaja con 8 g de una mezcla de aire combustible, (se le suministran 1900 joules en cada ciclo) con una relación de compresión.

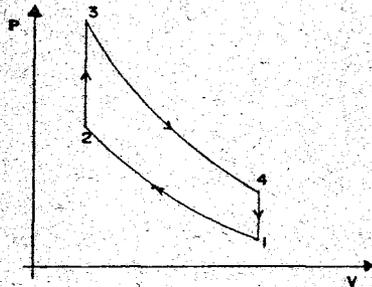
$$r_c = V_1/V_2 = 8. \text{ La mezcla tiene en la entrada una.}$$

$$P_1 = 1 \text{ bar y } T_1 = 27 \text{ °C}$$

$$C_v \text{ mezcla} = 718.15 \text{ J/kg K}$$

$$R_{\text{mezcla}} = 286.45 \text{ J/kg K}$$

- Calcule  $P$ ,  $V$  y  $T$  en cada estado (1, 2, 3 y 4) y llene la tabla correspondiente.
- Calcule el calor, trabajo y cambio de energía interna en cada proceso, llene la otra tabla.
- Calcule la eficiencia del ciclo.
- Si el motor trabaja a 3600 RPM y efectúa dos revoluciones cada ciclo, ¿cuál será la potencia del motor?



EDO	P	V	T
1			
2			
3			
4			

PROCESO	Q	W	$\Delta U$
1-2			
2-3			
3-4			
4-1			

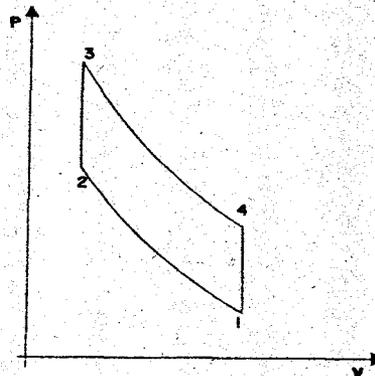
6. Un ciclo de Diesel usa aire, el cual se comporta como un gas ideal con  $k = 1.4$ . Durante el ciclo la razón de compresión es  $15/1$ , las temperaturas máxima y mínima de la máquina son  $1650\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , respectivamente y la presión máxima que se tiene es 45 bar.
- ¿Cuál es la temperatura del aire luego de la compresión?
  - ¿Cuál es la eficiencia del ciclo?
  - Dibuje el ciclo de Diesel:
    - En un diagrama ( $v, p$ )
    - En un diagrama ( $s, T$ )

7. La figura representa un ciclo de Otto que funciona con un gas cuya masa es de 0.0023 kg.

- Diga de qué gas se trata
- Calcule  $Q$  en cada proceso.
- Calcule el trabajo neto.
- La eficiencia del ciclo en %.

Edo.	$V(m^3)$	$P(\text{bar})$	$T(K)$
1	0.002	1	300
2	0.00025	18.5	690
3		37	1380
4		2	600

Gas	$k$	$M$
Aire	1.4	28.97
$O_2$	1.395	32.0
$H_e$	1.665	4.003



8. El motor de un automóvil opera con un ciclo como el que se muestra en la fig. a), y se puede aproximar por el trapecio de la fig. b).

Si el motor tiene 6 cilindros y trabaja a 3600 rpm (efectuando un ciclo en cada revolución), ¿cuál será su potencia?

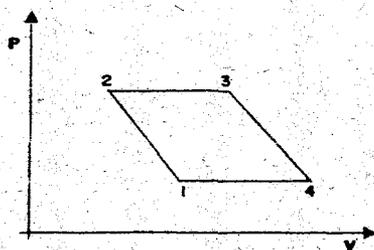


Fig. b)

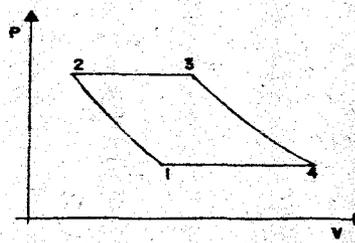


Fig. a)

- 1(0.01 MPa, 0.001 m<sup>3</sup>)  
 2(0.3 MPa, 0.0005 m<sup>3</sup>)  
 3(0.3 MPa, 0.0015 m<sup>3</sup>)  
 4(0.01 MPa, 0.002 m<sup>3</sup>)

9. Un ciclo Rankine normal maneja vapor saturado de la caldera a la turbina, ésta entrega al condensador una mezcla de líquido y vapor. La bomba, que está después del condensador, recibe agua líquida saturada, dicha bomba eleva la presión del agua y así la suministra a la caldera.

Con los datos que aparecen a continuación, resuelva el cuestionario siguiente:

$$h_1 = 2804.2 \text{ kJ/kg}$$

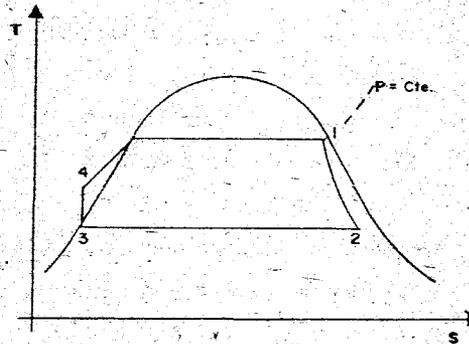
$$s_1 = 6.1869 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$$

$$h_2 = 1925.17 \text{ kJ/kg}$$

$$s_2 = 6.257 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$$

$$h_3 = 158.78 \text{ kJ/kg}$$

$$h_4 = 171.8 \text{ kJ/kg}$$



- Haga un diagrama de bloques donde se vea con claridad por qué equipos pasa la sustancia de trabajo.
- Calcule la potencia neta que entrega el ciclo, si por éste circula un gasto de 3.5 kg/s.
- ¿Qué eficiencia térmica tiene el ciclo?
- Si la expansión del vapor en la turbina fuese reversible, ¿qué valor tendría la entropía de la mezcla en el estado 2?

10. Un ciclo trabaja con 0.681 kg de oxígeno y consiste de los siguientes procesos reversibles:

1-2 a volumen constante

2-3 a presión constante

3-1 expansión isotérmica

$$P_1 = 1.0 \text{ bar}, T_1 = 300 \text{ K}$$

y la relación de expansión isotérmica es:

$$r = V_1/V_3 = 6$$

a) Trace esquemáticamente el ciclo en el plano V-P

b) Determine:

$$P_2, V_2 \text{ Y } T_2$$

$$P_3, V_3 \text{ Y } T_3$$

c) Determine el trabajo realizado en el ciclo y el calor total transmitido:

$$C_v = 0.65 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$$

$$R = 0.26 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$$

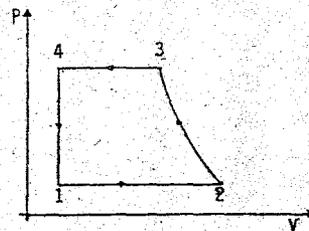
11. Una máquina funciona según el ciclo mostrado en el diagrama P-V.

En el proceso politrópico 2-3,  $n = 1.3$

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

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

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



a) Encuentre el trabajo total realizado por el ciclo.

b) Encuentre la potencia desarrollada si se efectúa un ciclo por segundo.

12. Haga un diagrama de bloques que represente un ciclo de refrigeración por compresión, señalando el equipo que lo compone. Diga la fase en la que se encuentra el refrigerante al entrar y salir de cada equipo.

a) Dibuje el ciclo de refrigeración por compresión:

i) En un diagrama (s, T)

ii) En un diagrama (h, p)

b) Cite las características que debe poseer una sustancia para considerarse un buen refrigerante.

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

1-2 expansión adiabática en que el volumen se duplica.

2-3 compresión a presión constante en que el volumen vuelve a su valor inicial.

3-1 Un proceso a volumen constante para regresar a las condiciones iniciales.

El nitrógeno se encuentra inicialmente a 423 K y  $5 \times 10^5 \text{ N/m}^2$  de presión;  $R = 297 \text{ J/kg K}$ ;  $C_V = 741 \text{ J/kg K}$ ;  $C_P = 1038 \text{ J/kg K}$ .

Encuentre P, V y T en cada uno de los estados comunes a dos procesos.

a) Halle el trabajo efectuado en cada uno de los procesos y el trabajo total del ciclo.

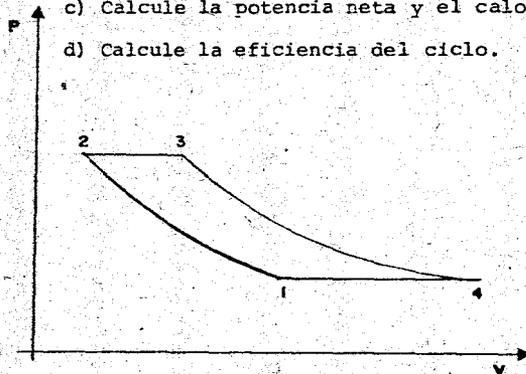
b) Encuentre la transmisión de calor en cada uno de los procesos y el calor neto entregado al ciclo.

c) Encuentre el cambio de energía interna en cada uno de los procesos.

- d) Encuentre el cambio de entalpía en cada uno de los procesos.  
 e) Trace esquemáticamente el ciclo en el plano V-P indicando todos los estados y procesos.

14. Una turbina de gas trabaja en un ciclo de Brayton, como el mostrado. Si el flujo de masa es de 1 kg/s de  $O_2$ , con  $k = 1.4$  y  $C_p = 909$  J/kg K.

- a) Dibuje el ciclo en un diagrama s-T.  
 b) Complete la tabla para  $t = 1$  min.  
 c) Calcule la potencia neta y el calor suministrado.  
 d) Calcule la eficiencia del ciclo.



TABLA

EDO	T (K)	P (bar)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg·K)
1	300	1	0	0
2		8		
3	1000	8		
4		1		

15. Un ciclo de Otto que maneja un gas ideal con capacidades térmicas específicas constantes ( $k = 1.42$ ) tiene las características siguientes antes de la compresión  $p = 0.78$  bar,  $T = 19$  °C. Al finalizar la compresión  $p = 18$  bar.

- ¿Cuál es la temperatura al finalizar la compresión?
- ¿Cuál es la relación de compresión?
- ¿Cuál es la eficiencia del ciclo?

16. Una planta termoeléctrica opera con un ciclo de Rankine. A la salida del generador de vapor se tiene el estado 1. El condensador opera a  $35$  °C, recibiendo vapor húmedo y entregando líquido saturado. Si la planta genera  $30$  MW netos, calcule:

- El flujo de vapor en kg/s .
- La potencia consumida por la bomba en kW.
- La potencia que entrega la turbina en kW.
- La eficiencia del ciclo.

DATOS:

$$\begin{array}{ll} h_1 = 3699.4 \text{ kJ/kg} & h_2 = 2556.4 \text{ kJ/kg} \\ h_3 = 146.68 \text{ kJ/kg} & h_4 = 148.14 \text{ kJ/kg} \end{array}$$

17. En un ciclo de Otto ideal se usa aire ( $k = 1.4$ ). Las temperaturas máxima y mínima son  $1400$  °C y  $15$  °C. El calor que se suministra al aire es  $800$  kJ/kg. Calcule:

- La razón de compresión ( $r_c = V_1/V_2$ )
- La eficiencia térmica.

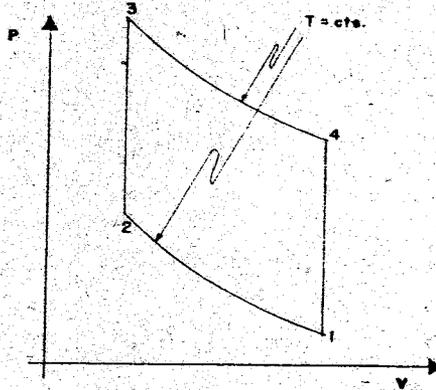
18. Considere un ciclo de Otto ideal con aire, con una relación de compresión de 10. Si la temperatura máxima se limita a 2000 K y las condiciones del aire al iniciarse la compresión son 1 bar absoluto y 40 °C, calcule:
- La eficiencia térmica del ciclo.
  - El calor suministrado.
  - La presión máxima de operación.
  - El trabajo que entrega el ciclo.
19. Una máquina opera con el ciclo de Carnot. Durante la expansión isotérmica a 900 K, se suministran 30000 J, y se rechaza calor a 300 K, calcule:
- El trabajo neto de ciclo.
  - El calor rechazado durante la compresión isotérmica.
  - El trabajo suministrado al sistema en la compresión isotérmica.
  - Dibuje el ciclo en un diagrama s-T.
20. Un kilogramo de aire realiza un ciclo reversible. Las propiedades del gas en los estados 1, 2, 3 y 4 se indican en la tabla siguiente:

Estado	P(bar)	V(m <sup>3</sup> )	T(K)
1	1	0.86	300
2	4	0.319	445
3	4	1.075	1500
4	1	2.89	1008

Considere que  $k = 1.4$  y que  $R = 286.7 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$

- Diga de que ciclo se trata y dibújelo en los planos V-P y s-T.
- Calcule  $Q$ ,  $W$ ,  $\Delta U$  y  $\Delta S$
- Calcule el trabajo neto del ciclo
- Diga cuál es la eficiencia del ciclo.

21. Un ciclo de Stirling que se emplea con fines criogénicos emplea 1.5 kg de nitrógeno. Las temperaturas del ciclo son  $60^\circ\text{C}$  y  $166.15\text{ K}$ . Si la presión máxima que se tiene en el ciclo es 14 bar abs. y la relación isotérmica es 3, ( $V_1/V_2 = V_4/V_3 = 3$ ) calcule:
- El calor que acepta el ciclo.
  - El trabajo neto del ciclo.
  - La eficiencia térmica del ciclo.



22. Calcule las eficiencias para un ciclo de Brayton (llamado también ciclo de Joule) que emplea un gas ideal con los distintos cocientes de presiones: 4, 6 y 8. El cociente de los calores específicos del gas tiene un valor constante igual a 1.39.

23. Calcule la eficiencia del ciclo de Diesel, cuyos datos aparecen a continuación:

$$T_1 = 27 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$p_1 = 1 \text{ bar}$$

$$p_2 = 20 \text{ bar}$$

$$p_4 = 2 \text{ bar}$$

$$V_1 = 1 \text{ litro}$$

$$M = 29 \text{ kg/kmol}$$

$$k = 1.4$$

24. Señale las diferencias que existen entre un refrigerador y un calefactor. Escriba las expresiones de los coeficientes de operación para cada caso.

- Si fuese reversible
- Si fuese irreversible

25. Señale las diferencias que existen un ciclo de gas y un ciclo de vapor.

26. Un refrigerador de Carnot requiere de 1 kW de potencia mecánica por cada tonelada de refrigeración.

- ¿Cuál es el coeficiente de operación?
- ¿Cuánto calor se transmite al condensador?
- Si el condensador está a  $15.556^\circ\text{C}$ , ¿cuál es la temperatura del congelador?

27. Una máquina de combustión interna comprime adiabáticamente  $14 \text{ dm}^3$  de un gas perfecto desde  $101 \text{ kPa}$  y  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  hasta  $2.8 \text{ litros}$ . El gas recibe entonces calor isométricamente hasta llegar a  $1.85 \text{ MPa}$ , mo

mento en el que se expande reversible y adiabáticamente hasta la presión original. El ciclo se completa gracias a un enfriamiento isobárico. Calcule:

- a) El trabajo neto
- b) La eficiencia del ciclo

Considere  $k = 1.4$  y  $R = 0.29 \text{ J/g}\cdot\text{K}$ . Este ciclo se conoce como el ciclo de Atkinson.

28. Un kilogramo de un gas perfecto se expande isotérmicamente a  $230 \text{ }^\circ\text{C}$  desde  $3.45 \text{ MPa}$  hasta  $2 \text{ MPa}$ . Luego se expande isentrópicamente hasta  $140 \text{ kPa}$  para enfriarse isobáricamente y posteriormente completar el ciclo gracias a una compresión adiabática. Considere  $k = 1.4$  y  $C_p = 1.006 \text{ J/g}\cdot\text{K}$  para calcular:

- a) El trabajo neto
- b) La eficiencia del ciclo

29. En un ciclo de Stirling se va a expandir el gas isotérmicamente desde  $724 \text{ kPa}$  y  $56.6 \text{ dm}^3$  hasta  $84.9 \text{ cm}^3$ . Las temperaturas del ciclo son  $26.7 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $315.6 \text{ }^\circ\text{C}$ . Si el ciclo se diseña para producir trabajo, calcule:

- a) El trabajo neto
- b) El calor que se rechaza
- c) La eficiencia del ciclo

30. Un ciclo de Brayton emplea  $500 \text{ g}$  de aire a  $96.5 \text{ kPa}$  y  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ , comprimiéndolos isentrópicamente hasta una presión 6 veces mayor. La adición de calor (que ocurre luego de la compresión) tiene lugar hasta que se duplica el volumen del gas. Considere  $k = 1.4$  y  $R = 0.287 \text{ J/g}\cdot\text{K}$  y calcule:

- a) El trabajo neto
- b) El calor que recibe el gas
- c) La eficiencia del ciclo.

31. En un ciclo de Diesel se tiene que el aire antes de la compresión isentrópica está a 98.5 kPa y 60 °C. La máxima presión que se alcanza en el ciclo es 4.5 MPa y el calor que se capta en cada ciclo es 580 J/g. Si  $k = 1.4$  y  $C_p = 1.003 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ , calcule:

- a) La relación de compresión
- b) La temperatura luego de la compresión
- c) La temperatura luego de la combustión

32. En un cilindro con émbolo se calientan isobáricamente 25 litros de un gas ideal desde 550 kPa y 15 °C hasta 204 °C. Luego se expanden isentrópicamente hasta 120 °C para posteriormente enfriar se isométricamente hasta 15 °C. El ciclo se completa mediante una compresión isotérmica. Si  $k = 1.4$  y  $C_p = 1.0 \text{ J/g}\cdot\text{K}$ , calcule:

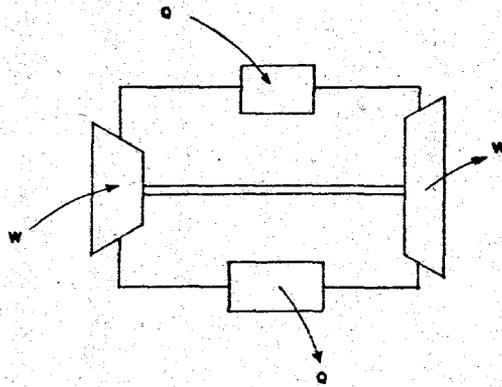
- a) El calor recibido
- b) El trabajo neto
- c) La eficiencia térmica

33. Una cierta cantidad de un gas perfecto efectúa un ciclo en un cilindro que tiene un émbolo.

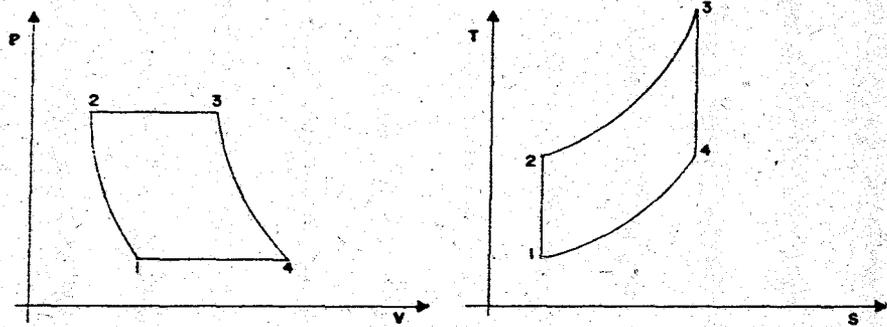
Primero se comprime isentrópicamente hasta  $1/16$  del volumen original; luego se expande isotérmicamente hasta el volumen original y finalmente se enfría hasta 93 °C, completándose el ciclo. Si  $k = 1.4$  y  $C_v = 0.718 \text{ J/g}\cdot\text{K}$ , calcule la eficiencia del ciclo.

CAPÍTULO IV  
CICLOS TERMODINAMICOS  
(SOLUCIONES)

1. a)



b)



2. a)  $P_2 = 3.9998 \text{ bar}$

c)  $\eta = 32.22\%$

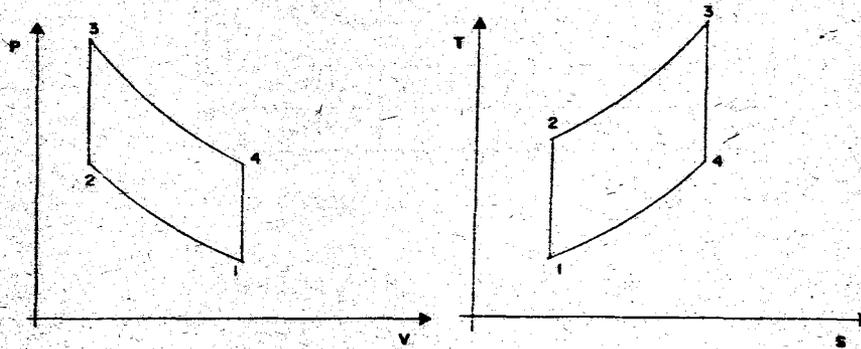
b)  $r_p = 3.9998$

3. a) 739.2980 K

b)  $r = 9.1198$

c)  $n = 60.48\%$

d)



4. a)  $0.2263 \text{ m}^3$

b)  $\Delta U = 0$

c)  $17409.28 \text{ J}$

d)  $-1746.28 \text{ kJ}$

5. a)

Edo.	P (bar)	v ( $\text{m}^3$ )	T (K)
1	1	$1.7196 \times 10^{-3}$	300.16
2	18.3361	$2.1495 \times 10^{-4}$	688.011
3	53.5910	$2.1495 \times 10^{-4}$	2010.85
4	2.9225	$1.7196 \times 10^{-3}$	877.28

b)

Proceso	Q (J)	W (J)	$\Delta u$ (J)
1-2	0	557.21	557.21
2-3	1900	0	1900
3-4	0	-1627.94	-1627.94
4-1	-829.27	0	-829.27

c)  $\eta = 56.35\%$ 

d) 32121.9 W

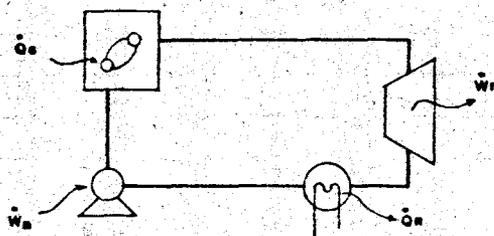
6. a)  $T = 851.28 \text{ K}$ b)  $\eta = 59.10\%$ 

c) P

7. a) Aire

b)  ${}_1Q_2 = 0$  ;  ${}_2Q_3 = 1138.6 \text{ J}$  ;  ${}_3Q_4 = 0$  ;  ${}_4Q_1 = -495 \text{ J}$ c)  $W_{\text{neto}} = -643.6 \text{ J}$ d)  $\eta = 56.53\%$ 8.  $\dot{W} = 5.22 \times 10^4 \text{ W}$ 

9. a)

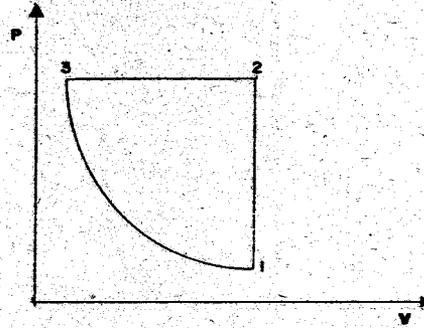


b)  $\dot{W} = -3066.03 \text{ kW}$

c)  $\eta_{\text{ciclo}} = 33.27\%$

d)  $s = 6.1869 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$

10. a)



b)  $P_2 = 6 \text{ bar}$

$P_3 = 6 \text{ bar}$

$V_2 = 0.5312 \text{ m}^3$

$V_3 = 0.0885 \text{ m}^3$

$T_2 = 1800 \text{ K}$

$T_3 = 300 \text{ K}$

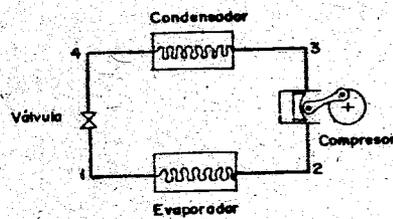
c)  $W = 1.7044 \times 10^5 \text{ J}$

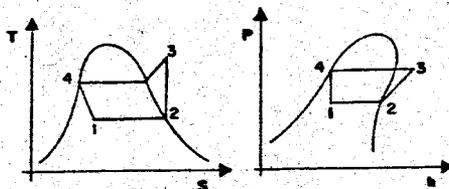
$Q = -0.17044 \times 10^5 \text{ J}$

11. a)  $W = 119.4320 \text{ J}$  se suministra

b)  $\dot{W} = 119.4320 \text{ W}$

12.



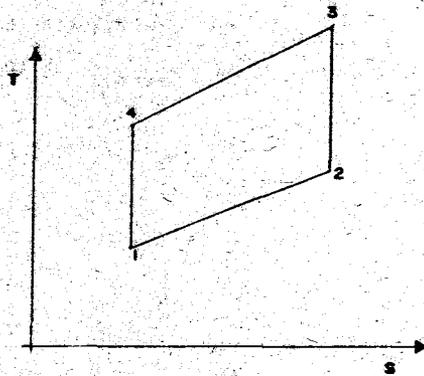


13.

Edo.	P (Pa)	V (m <sup>3</sup> )	T (K)
1	$5 \times 10^5$	$2.5126 \times 10^{-4}$	423
2	189464	$5.0252 \times 10^{-4}$	320.57
3	189464	$2.5126 \times 10^{-4}$	160.28

- a)  ${}_1W_2 = -76.0507 \text{ J}$       d)  ${}_1\Delta H_2 = -106.318 \text{ J}$   
 ${}_2W_3 = 47.6049 \text{ J}$        ${}_2\Delta H_3 = -166.3780 \text{ J}$   
 ${}_3W_1 = 0$        ${}_3\Delta H_1 = 272.6961 \text{ J}$   
 $W_{\text{ciclo}} = -28.4458 \text{ J}$
- b)  ${}_1Q_2 = 0$   
 ${}_2Q_3 = -166.3780 \text{ J}$   
 ${}_3Q_1 = 194.6703 \text{ J}$   
 $Q_{\text{neto}} = 28.2923 \text{ J}$
- c)  ${}_1\Delta U_2 = -76.0507 \text{ J}$   
 ${}_2\Delta U_3 = -118.7727 \text{ J}$   
 ${}_3\Delta U_1 = 194.6703 \text{ J}$

14. a)



b)

Edo.	T(K)	P(bar)	h(kJ/kg)	S(kJ/kg·K)
1	300	1	0	0
2	543.43	8	221.28	0
3	1000	8	636.30	0.5544
4	552.04	1	229.11	0.5544

c)  $\dot{W}_{neto} = -185.91 \text{ kW}$

$\dot{Q}_s = 415.02 \text{ kW}$

d)  $\eta = 44.8\%$

15. a)  $T = 739.2890 \text{ K}$

b)  $r = 9.1198$

c)  $\eta = 60.48\%$

16. a)  $26.2803 \text{ kg/s}$

b)  $\dot{W}_{bomba} = 38.3692 \text{ kW}$

c)  $\dot{W}_{turbina} = -30.0383 \text{ MW}$

d)  $\eta = 32.14\%$

17. a)  $r = 5.195$

b)  $\eta = 48.27\%$

18. a)  $\eta = 60.19\%$

b)  $q = 872.4185 \text{ kJ/kg}$

c)  $P_3 = 63.8651 \text{ bar}$

d)  $W_{\text{neto}} = 525.1087 \text{ kJ/kg}$

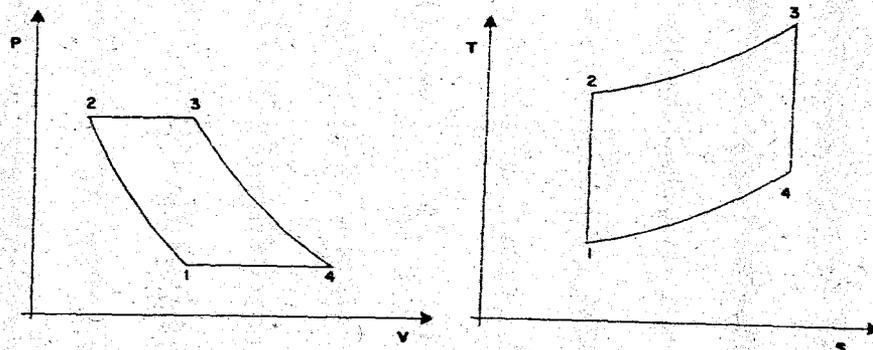
19. a)  $W_{\text{neto}} = 20000 \text{ J}$

b)  $Q_B = 10000 \text{ J}$

c)  $W_{\text{com}} = 10000 \text{ J}$

d)

20. a) Ciclo Brayton



b)

Proceso	Q(kJ)	W(kJ)	$\Delta u(\text{kJ})$	$\Delta s(\text{kJ/K})$
1 - 2	0	103.9	103.9	0
2 - 3	1058.6	-302.4	756.2	1.2
3 - 4	0	-352.6	-352.6	0
4 - 1	-710.4	203.0	-507.4	-1.2

c)  $W_{\text{neto}} = -348.118 \text{ kJ}$

d)  $\eta_{\text{ciclo}} = 32.8\%$

21. a) 81299.5399 J

b) 163019.8901 J

c)  $\beta = 0.4987$

22.  $\eta_s = 32.23\%$

$\eta_s = 39.51\%$

$\eta_s = 44.2\%$

23.  $\eta = 52.63\%$

24.  $\beta_2 = \frac{Q_B}{W_n}$

$\beta_c = \frac{Q_A}{W_n}$

25. Ejemplo: en el ciclo de vapor hay cambio de fase y en el de gas sólo hay fase gaseosa.

26. a)  $\beta = 3.517$

b)  $\dot{Q}_A = 4.517 \text{ kW}$

c)  $T_B = 224.674 \text{ K}$

27. a) 3.31 kJ

b)  $\eta = 52.7\%$

28. a) 44.3 kJ

b) 56.5%

29. a) 8170 J

b) 8.45 kJ

c) 49.15%

30. a) 96 kJ

b) 240 kJ

c) 40%

31. a) 15.3

b) 721 °C

c) 1300 °C

32. a) 31.6 kJ

b) 5.83 kJ

c) 18.45%

33. 39.7%

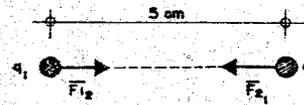
CAPÍTULO V  
ELECTROSTÁTICA

1. En la siguiente figura se muestran 2 esferas que están separadas a una distancia de 5 cm, cuyas cargas son respectivamente:

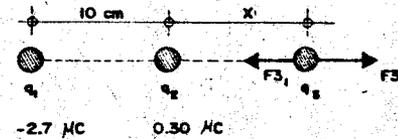
$$q_1 = 3 \times 10^{-9} \text{ C} \quad \text{y} \quad q_2 = -10 \times 10^{-9} \text{ C}$$

encontrar:

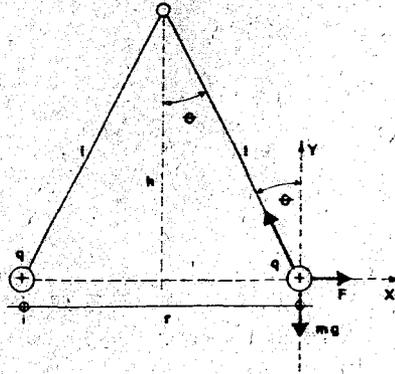
- La fuerza de atracción eléctrica entre ambas
- Si se ponen en contacto las esferas y luego se separan 5 cm, calcular la fuerza de repulsión.



2. Una carga de  $+0.30 \mu\text{C}$  está a  $10.0 \text{ cm}$  de una carga de  $-2.70 \mu\text{C}$  como se muestra. ¿A qué distancia (no infinita) de la carga de  $+0.30 \mu\text{C}$  se puede alinear cualquier carga positiva para que la fuerza eléctrica resultante sobre ellas sea cero?



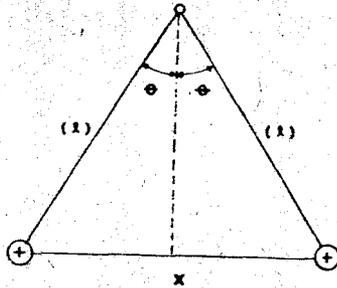
3. Se sabe que cuando 2 bolas de saúco están cargadas se separan 20 cm; si las cargas son iguales, la longitud de la cuerda es de 24 cm y el peso de las bolas es de 0.04 g. ¿Cuál es la carga que hay en cada bola?



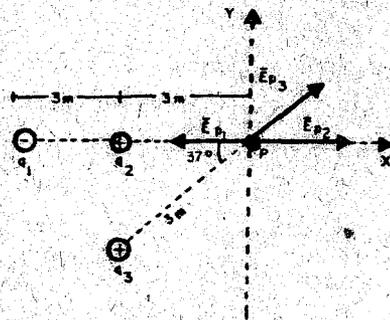
4. Determine las cargas positivas iguales que deben colocarse una en el centro de la tierra y otra en una persona que pese 75 kg, para que ésta parezca no tener peso en la superficie terrestre.
5. Dos bolas similares de masa  $m$  y carga  $q$  que cuelgan de hilos de seda de longitud  $(l)$  como se indica en la figura, demostrar que:

$$x = \left( \frac{q^2 l}{2\pi\epsilon_0 mg} \right)^{1/3}$$

Considerar que  $\sin \theta = \tan \theta$



6. Se colocan dos cargas positivas, cada una de magnitud igual a 1 coulomb(c) , y en los extremos opuestos del hilo de 90 m. Halle la fuerza de repulsión entre ellas.
7. Tres bolitas, cada una de masa 10 g se cuelgan separadamente de un mismo punto mediante hilos de seda, cada uno de 1.0 m de largo. Las bolitas tienen exactamente la misma carga y quedan suspendidas en los vértices de un triángulo equilátero de 0.1 m de largo cada lado. ¿Cuál es la carga que tiene cada bola?
8. Se tiene un sistema de cargas puntuales tal como se indica en la figura. Determine el valor del campo eléctrico en el punto "p".



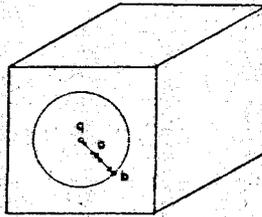
$$q_1 = -64 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$q_2 = 25 \times 10^{-9} \text{ C}$$

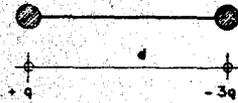
$$q_3 = 1 \times 10^{-8} \text{ C}$$

9. Entre 2 placas planas paralelas cargadas con cargas iguales y opuestas existe un campo eléctrico uniforme. Si un electrón llega de la placa negativa a la placa positiva recorriendo una distancia de 5 cm en un tiempo de  $2.0 \times 10^{-6}$  segundos. Calcule:
- La intensidad de campo eléctrico.
  - La velocidad del electrón al llegar a la placa positiva
10. Se tienen 2 electrodos de una válvula de vacío separados una distancia de 1 cm, a los cuales se les aplica una diferencia de potencial de 117 V. Calcular:
- La intensidad de campo eléctrico.
  - La fuerza constante que actúa sobre un electrón situado en los electrodos.
  - La energía  $W$  adquirida por un electrón que sale del cátodo y se dirige al ánodo a 5 cm de distancia.

11. Una esfera de cobre de 1 centímetro de diámetro se halla en un recipiente con aceite. La densidad del aceite es  $\rho = 800 \text{ kg/cm}^3$ . ¿De qué magnitud será la carga de la esfera si en un campo eléctrico uniforme se encuentra en estado de suspensión dentro del aceite? El campo eléctrico va dirigido verticalmente hacia arriba y su intensidad es  $E = 36,000 \text{ V/cm}$ .
12. Una partícula cargada permanece en reposo en un campo eléctrico vertical y dirigido hacia arriba producido entre dos placas cargadas paralelas y horizontales igualmente cargadas de electricidad de signo contrario, distantes 2 cm. Calcular la diferencia de potencial  $V$  entre ambas placas si la partícula en cuestión tiene masa de  $4 \times 10^{-13} \text{ kg}$  y carga  $2.4 \times 10^{-18} \text{ C}$ .
13. En la figura se muestra una carga de  $5.0 \times 10^{-6} \text{ C}$  en el centro de una cavidad esférica con radio de 2.0 cm en un trozo de metal. Use la Ley de Gauss para encontrar el campo eléctrico en el punto "a", a la mitad del centro de la superficie, y en el punto "b".



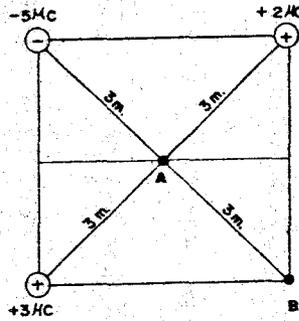
14. Dos grandes placas metálicas de área  $1.0 \text{ m}^2$  están colocadas frente a frente separadas  $5.0 \text{ cm}$  y tienen cargas iguales y opuestas en sus superficies interiores. Si  $E$  entre las placas es de  $55 \text{ N/C}$ , ¿Cuál es la carga en las placas?
15. Una carga punto de  $1.0 \times 10^{-6} \text{ C}$  se encuentra en el centro de una superficie gaussiana cúbica de  $0.50 \text{ m}$  de arista. ¿Cuál es  $\phi_E$  para la superficie?
16. En la siguiente figura localicé los puntos:
- En los cuales  $V = 0$
  - En los cuales  $E = 0$ . Considérese solamente puntos en el eje y tóme  $a = d = 1.0 \text{ m}$ .



17. Cuánto trabajo se requiere para llevar un protón desde la terminal negativa hasta la positiva de una pila seca de  $1.5 \text{ V}$ . ¿Y un electrón?

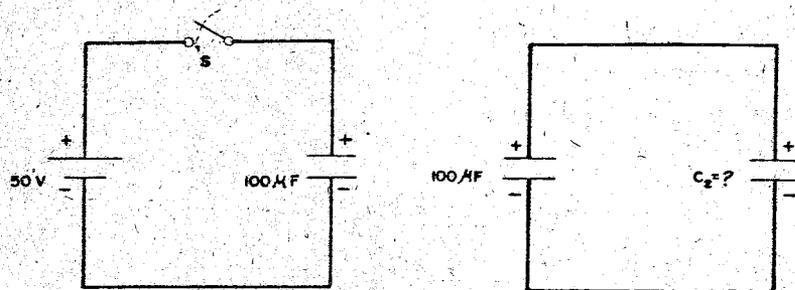
18. Para la siguiente figura determine:

- La diferencia de potencial  $V_B - V_A$ .
- El trabajo necesario para llevar una carga de  $2 \times 10^{-6} \text{ C}$  desde el punto A hasta el punto B.

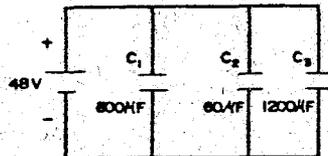


- Una carga  $q_1 = 8,0 \times 10^{-7} \text{ C}$  está en el punto  $x = 0,12 \text{ m}$ ,  $y = 0,08 \text{ m}$ ,  $z = 0$ . Determine la diferencia de potencial entre los puntos  $x = 0,18 \text{ m}$ ,  $y = z = 0$ , y  $x = 0,36 \text{ m}$ ,  $y = z = 0$ .
- En un relámpago típico la diferencia de potencial entre los puntos en que ocurren las descargas es de cerca de  $10^9$  volts y la cantidad de carga transmitida es de cerca de  $30 \text{ C}$ . ¿Qué cantidad de hielo a  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  podría fundir esa descarga si toda la energía desprendida pudiera usarse con esa finalidad?

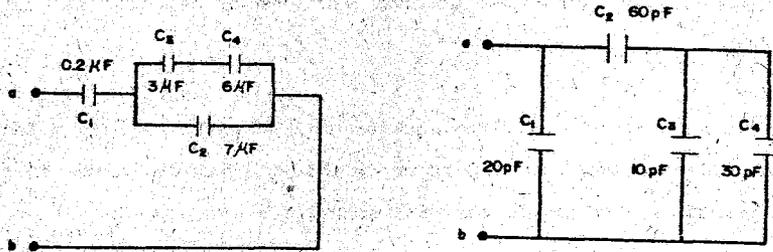
21. La diferencia de potencial entre dos placas conductoras paralelas es de 1000 volts, si la separación entre las placas es de 2 mm y una capa de dieléctrico ( $k_e = 6$ ) ocupa el espacio comprendido entre las placas, cuya área es  $1 \text{ m}^2$ , calcular:
- El campo eléctrico resultante.
  - La susceptibilidad eléctrica.
  - La densidad superficial de carga inducida.
22. Un condensador de  $100 \mu\text{F}$  se carga comunicándole una diferencia de potencial, de 50 volts, con una batería la cual se desconecta instantes después, si el condensador se conecta como se muestra en la figura a un segundo condensador y la diferencia de potencial se reduce a 35 volts, calcule la capacitancia de este segundo condensador.



23. Para almacenar energía eléctrica se usa una batería de 2000 condensadores de  $5.0 \mu\text{F}$  conectados en paralelo.  
¿Cuánto cuesta cargar esta batería hasta 50,000 volts suponiendo que la tarifa de energía eléctrica es de 2  $\$/\text{KW}\cdot\text{h}$ .
24. Si las placas planas paralelas de un capacitor están separadas una distancia de 0.2 mm y tienen un área de  $0.08 \text{ m}^2$ , determine:
- La capacitancia
  - La intensidad de campo eléctrico
  - La carga en cada placa si se aplican a las placas 200 V y el dieléctrico es aire.
  - La energía total almacenada
25. Para el siguiente circuito, determine:
- Capacitor equivalente
  - Carga en cada capacitor.
  - Carga total
  - Energía total almacenada



26. Encuentra la capacitancia total entre los puntos (a) y (b) de las siguientes figuras:



27. Dos capacitores, uno de  $1.0 \mu\text{F}$  y el otro de  $2.0 \mu\text{F}$ , se cargan inicialmente conectándolos a una batería de  $10 \text{ V}$ .
- ¿Cuál será la energía eléctrica almacenada, si se unen las placas positivas y las negativas de los capacitores?
  - Repita el inciso anterior para el caso en el que se conectan las placas de cargas opuestas.
28. Calcúlese la máxima tensión que se puede aplicar a un capacitor de placas planas paralelas de  $0.006 \mu\text{F}$ . El área de una placa es de  $0.02 \text{ m}^2$  y el dieléctrico es mica. Supóngase que existe una relación lineal entre la rigidez dieléctrica y el espesor del material dieléctrico.

29. Determinese la tensión máxima que se puede aplicar a un capacitor de  $0.2 \mu\text{F}$  con un área de sus placas de  $0.3 \text{ m}^2$ . El material dieléctrico es porcelana. Supóngase que existe una relación lineal entre la rigidez dieléctrica y el espesor del material aislante.
30. Se colocan cargas positivas iguales de  $3 \mu\text{C}$  en los vértices de un triángulo equilátero de  $90 \text{ cm}$  de lado. Determine la magnitud, dirección y sentido de la fuerza sobre cada carga.
31. Tres cargas puntuales están distribuidas como se muestra en la figura. La magnitud, signo y coordenadas de cada una se dan como datos anexos a la figura. Calcule:
- a) La magnitud y dirección de la fuerza que experimenta  $q_2$  debido a  $q_1$  y  $q_3$

$$q_1 = -64 \text{ nC } (3, 4)$$

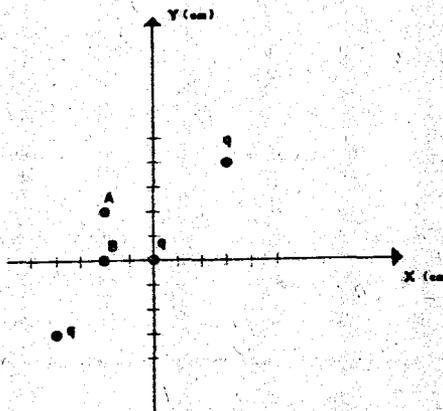
$$q_2 = 25 \text{ nC } (0, 0)$$

$$q_3 = 0.1 \text{ mC } (-4, -3)$$

$$A(-2, 2)$$

$$B(-2, 0)$$

- b) El campo eléctrico que originan  $q_1$ ,  $q_2$  y  $q_3$  en A.
- c) La diferencia de potencial  $V_{AB}$

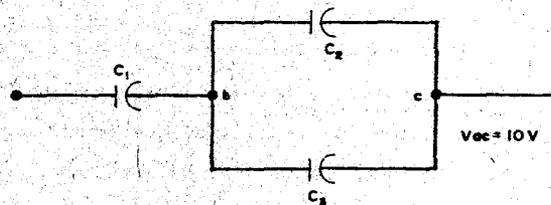


32. Un protón (es decir, un núcleo de hidrógeno) tiene una masa de  $1.67 \times 10^{-27}$  kg y una carga de  $+ 1.6 \times 10^{-19}$  C.  
Si ha de permanecer inmóvil cuando se coloca entre dos placas metálicas horizontales y paralelas, ¿cuál debe ser la intensidad del campo eléctrico entre las placas?
33. Dos placas metálicas están conectadas a una batería de 6 volts. Si el campo eléctrico entre ellas es de 300 V/m. ¿Cuál es la separación entre tales placas? ¿Cuál sería la fuerza sobre un electrón entre las placas? ( $q_e = - 1.6 \times 10^{-19}$  C).
34. Del siguiente arreglo de capacitores, calcule:
- La capacitancia entre los puntos a y c.
  - El área de las placas, si el capacitor equivalente fuese uno de placas planas paralelas con una separación de 0.8 cm y bakelita como dieléctrico.
  - La máxima diferencia de potencial que soporta el capacitor equivalente.

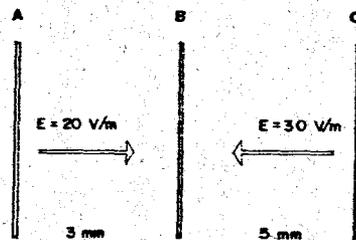
$$C_1 = 1 \mu\text{F}$$

$$C_2 = 2 \mu\text{F}$$

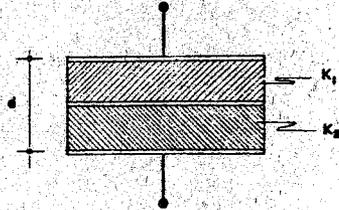
$$C_3 = 2 \mu\text{F}$$



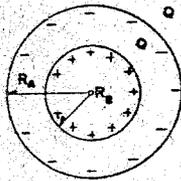
35. Cierta condensador tiene una capacitancia de  $0.2 \mu\text{F}$  cuando se llena de aire, y de  $0.82 \mu\text{F}$  cuando se llena de aceite. ¿Cuál es la constante dieléctrica del aceite?
36. Un dipolo eléctrico consta de dos cargas  $+Q$  y  $-Q$  de  $2 \text{ nC}$  cada una, separadas  $2 \text{ cm}$ , ¿cuál es el número neto de líneas de flujo que atraviesan la superficie esférica punteada que lo rodea? ¿Cuál es la magnitud del campo eléctrico en el centro de la esfera? El centro del dipolo coincide con el centro de la esfera.
37. Considere los tres planos cargados mostrados en la figura. El plano A tiene potencial nulo. ¿Cuál es el potencial en los planos B y C?



38. En el siguiente arreglo se muestra un capacitor de placas planas y paralelas en cuyo interior se ha instalado un par de dieléctricos de igual espesor. Además de igual área. Determine la expresión matemática para la capacitancia equivalente.



39. Determine la capacitancia del condensador esférico mostrado, el cual tiene una carga  $+Q$  en su esfera interior y una carga  $-Q$  en el exterior.



CAPITULO V

ELECTROSTÁTICA

(SOLUCIONES)

$$1. \quad a) \quad F = 10.8 \times 10^{-5} \text{ N} \qquad b) \quad F = 4.41 \times 10^{-5} \text{ N}$$

$$2. \quad x = 5 \text{ cm}$$

$$3. \quad q = 28.27 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$4. \quad q = 1823.71 \text{ C}$$

$$5. \quad \text{TAN } \theta = \frac{E}{mg} = \frac{q^2}{4 \pi \epsilon_0 mg x^2}$$

$$\text{SEN } \theta = \frac{x/2}{l} \approx \text{TAN } \theta$$

igualando:

$$\frac{x^3}{2l} = \frac{q^2}{4 \pi \epsilon_0 mg}$$

$$x = \left[ \frac{q^2 l}{2 \pi \epsilon_0 mg} \right]^{1/3}$$

$$6. \quad F = 1.11 \times 10^6 \text{ N}$$

$$7. \quad q = 60.33 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$8. \quad E_R = 18.02 \text{ N/C}$$

$$\alpha = 19.51^\circ$$

$$9. \quad E = 142.34 \times 10^{-3} \text{ N/C}$$

$$v = 5 \times 10^4 \text{ m/s}$$

$$10. \quad a) \quad E = 11700 \text{ V/m} \qquad b) \quad F = 18.72 \times 10^{-16} \text{ N}$$

$$c) \quad W = 9.36 \times 10^{-17} \text{ J}$$

$$11. \quad q = 11.56 \times 10^{-9} \text{ C}$$

12.  $V = 32\,700\text{ V}$

13.  $E_a = 45 \times 10^7\text{ N/C}$        $E_b = 0$

14.  $q = 486.31 \times 10^{-12}\text{ C}$

15.  $\phi_a = 113.1 \times 10^3\text{ N m}^2/\text{C}$

16. a)  $x = 0.25\text{ m}$  a la derecha de  $q$   
 $x = 0.5\text{ m}$  a la izquierda de  $q$   
 b)  $x = 1.366\text{ m}$  a la izquierda de  $q$

17.  $W_{BA} = -2.4 \times 10^{-19}\text{ J}$

El signo negativo indica que la terminal positiva realiza trabajo sobre el electrón.

18. a)  $V_B - V_A = 985.2814\text{ V}$

b)  $W = 1.971 \times 10^{-3}\text{ J}$

19.  $\Delta V = 43539.5\text{ V}$

20.  $m_h = 89.58\text{ ton}$

21. a)  $E = 500 \times 10^3\text{ V/m}$     b)  $x = 5$     c)  $c_1 = 2.21 \times 10^{-5}\text{ C/m}^2$

22.  $C_2 = 42.86\text{ }\mu\text{F}$



34. a)  $C_{ac} = 0.8 \mu\text{F}$

b)  $Q_3 = 4 \mu\text{C}$

c)  $A = 103.3091 \text{ m}^2$

d)  $V = 126 \text{ kV}$

35.  $K_e = 2.41$

36.  $N = 0$

$E = 0$

37.  $V_B = -0.06 \text{ V}$

$V_C = 0.09 \text{ V}$

38.  $C_{eq} = \frac{2 K_1 K_2 \epsilon_0 A}{d(K_1 + K_2)}$

39.  $C = \frac{R_A \cdot R_B}{R_A + R_B}$

CAPÍTULO VI  
CIRCUITOS ELÉCTRICOS

1. Cuando pasa una corriente de un electrodo a otro, a través de una solución de nitrato de plata, los iones de plata se depositan como átomos sobre el electrodo negativo. Si la corriente es de 0.20 A. ¿Cuánta plata se depositará en 10 min? Supóngase que la corriente circula a través de la solución por medio de los iones plata.

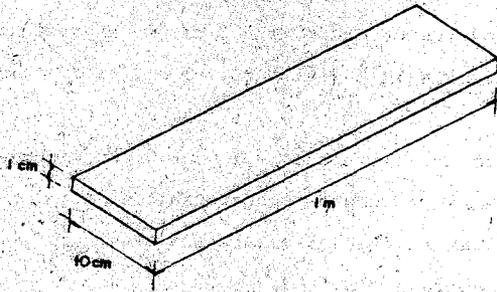
La carga de un ion plata es "e" y su masa es  $18 \times 10^{-23}$  g.

2. Cuando se conecta una lámpara de 60 watts a una fuente de potencia de 120 V, fluye por ella una corriente de 0.50 A. ¿Cuánta carga pasa por la lámpara en una hora? ¿Cuántos electrones pasan por ella durante este tiempo?

3. ¿Cuántos electrones por segundo fluyen por una lámpara de mano cuando se le conecta una batería de 1.5 V y ésta envía una corriente de 0.20 A?

4. ¿Se fundirá un fusible de una capacidad de un ampere si pasan por él 76 coulombs en 1.2 min?

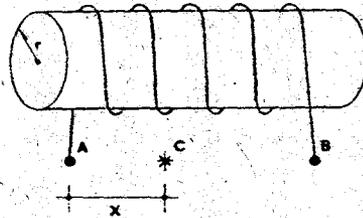
5. ¿Cuál es la resistencia de una barra de cobre utilizada en el tablero de distribución de energía eléctrica de un edificio de oficinas, con las dimensiones indicadas en la figura.



6. Se aplica la misma diferencia de potencial a un alambre de cobre y a un alambre de hierro de la misma longitud.  
¿Cuál debe ser la relación de sus radios para que por los 2 alambres pase la misma corriente?
7. ¿Cuál es la longitud de un alambre de cobre con un diámetro de  $1/32$  de pulgada y una resistencia de 2.5 ohm ( $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ )?
8. Un trozo particular de alambre tiene 10 m de largo y un diámetro de 0.20 cm. Cuando sus dos extremos se conectan a las dos terminales de una batería de 1.5 V fluye a través del alambre una corriente de 0.70 A. Encuentre la resistencia del alambre y la resistividad del material de que está hecho.
9. Una compañía eléctrica emplea dos rollos de alambre de cobre de 50 m cada uno para enganchar desde el tendido general, el local de un abonado. La resistencia eléctrica del hilo es de  $0.3\ \Omega$ , por cada 1000 m. Calcular la caída de tensión en la línea esti-

mando en 120 A de C.C. la intensidad de carga.

10. En un tubo cilíndrico de radio  $r = 2$  cm, se arrolla un alambre de nicromel ( $\rho_{20^\circ\text{C}} = 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$ ) con el objeto de construir un potenciómetro.
- Si se requiere una resistencia de  $0.16 \Omega$  por vuelta, ¿cuál debe ser el área de sección transversal del alambre?
  - ¿Cuántas vueltas se debe arrollar para tener una resistencia total de  $8 \Omega$  entre A y B?
  - Considerando las vueltas muy juntas, ¿a qué distancia de A se debe situar el contacto deslizable "c" para que la resistencia entre estos dos puntos sea de  $3.2 \Omega$ .



11. El alambre de cobre del número 10 puede llevar una corriente máxima de 30 A antes de sobrecalentarse. Su diámetro es 0.26 cm. Halle la resistencia de un metro de longitud del alambre. ¿Qué

caída de voltaje ocurre a lo largo de él, por metro, cuando lleva una corriente de 30 A?

12. Por dos líneas de transmisión de energía se envía la misma potencia desde una estación a una distancia dada, una de las líneas es de 1 kV y la otra de 20 kV. Determinar la relación de las áreas de las secciones rectas de ambas líneas, sabiendo que las pérdidas caloríficas son idénticas.
13. Una estación generadora de energía eléctrica suministra una potencia de 10 kW a 250 V de corriente continua. En una distribución bifilar de 200 m de longitud; el conductor tiene una resistencia de 0.259  $\Omega$  por cada 400 m. Hallar:
  - a) La pérdida de potencia en la red.
  - b) El rendimiento de la red.
  - c) La tensión al final de la red.
14. Si se desea calentar una taza de agua (200 cm<sup>3</sup>) con un calentador de inmersión, desde 20 °C hasta 90 °C en 0.5 min. ¿Cuántas calorías se necesitan? ¿Cuánta potencia se requiere? ¿Cuánta corriente consumiría el calentador a 120 V?
15. Un tostador eléctrico opera en una línea de 110 V, si toma 6 A halle la resistencia del elemento calefactor y el costo de la energía consumida durante un lapso de 30 segundos, durante el cual está en operación a razón de 3 \$ el kilowatt-hora.
16. Una lámpara de 300 watts opera en una línea de 220 V, y se sumerge en 8 kg de agua a 27 °C. Determine la corriente que fluye

a través de la lámpara. ¿Cuál es la temperatura del agua después de 6 minutos?

17. Para determinar el equivalente mecánico de la caloría, un estudiante envía una corriente de 0.75 A, a través de un calentador sumergido en un calorímetro. La diferencia de potencial a través del calentador es de 12 V. El estudiante deja que la corriente fluya durante 4 minutos y el contenido del calorímetro experimenta una elevación en la temperatura de 2.73 °C. El estudiante sabe que el calorímetro y el contenido son equivalentes en capacidad calorífica a 187 g de agua. A partir de estos datos ¿cuántos joules son equivalentes a una caloría?

18. Un calentador de inmersión de 500 watts de potencia se coloca en una cacerola que contiene dos litros de agua a 20 °C.

¿Cuánto tiempo se requeriría para llevar el agua a temperatura de ebullición suponiendo que el 80% de la energía disponible es absorbida por el agua? ¿Cuánto tiempo más se requerirá para que se evapore por ebullición la mitad del agua?

19. a) Si una casa recibe un servicio eléctrico de 120 volts y 100 amperes, determínese la máxima capacidad de potencia.

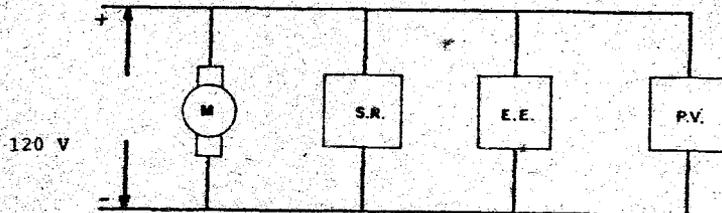
- b) ¿Puede aplicar con seguridad el propietario de la casa las cargas siguientes al mismo tiempo?

Un motor de 5 hp

Una secadora de ropa de 3000 watts

Una estufa eléctrica de 2400 watts

Una plancha de vapor de 1000 watts

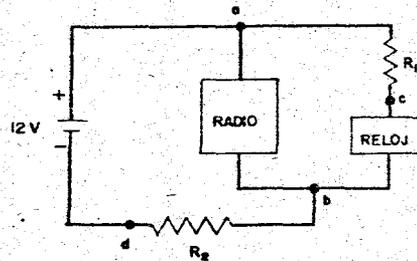


20. a) Un motor esta previsto para suministrar 2 hp. Si funciona a 110 V y tiene una eficiencia del 90%. ¿Cuántos watts tomará de la línea de alimentación?
- b) ¿Cuál es la corriente de entrada?
- c) ¿Cuál será la corriente de entrada si el motor tuviera una eficiencia de sólo el 60%?
21. ¿Cuál es el costo de utilización de:
- a) Un acondicionador de aire de 2000 watts en 24 horas
- b) Una secadora de ropa de 8000 watts durante 30 minutos
- c) Una lavadora de 400 watts en una hora
- d) Una máquina lavaplatos de 1400 watts durante 45 minutos?  
(Investigue el costo actual del kilowatt hora)
22. Un motor eléctrico tiene una eficiencia del 90%. Si la tensión de entrada es de 220 V. ¿Cuál será la corriente de entrada cuando el motor suministre 4 hp?

23. ¿Cuál es el costo de utilización de:

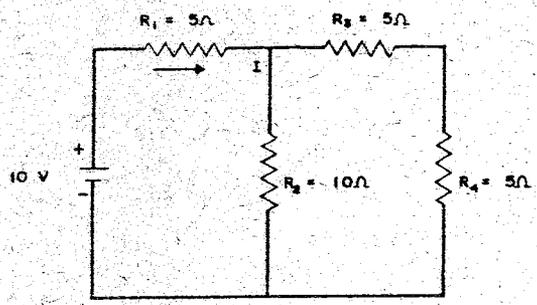
- Un equipo estereofónico de alta fidelidad de 200 watts durante 4 horas.
- Un proyector de 1200 watts durante 3 horas.
- Una grabadora de cinta de 60 watts durante 2 horas.

24. Se tiene una batería de 12 volts a la cual se desea conectar un radio que opera a 9 volts 300 mA y un reloj electrónico que opera a 6 volts 100 mA para conectar los aparatos sin dañarlos fue necesario conectarlos por medio de 2 resistencias tal como lo ilustra la figura.

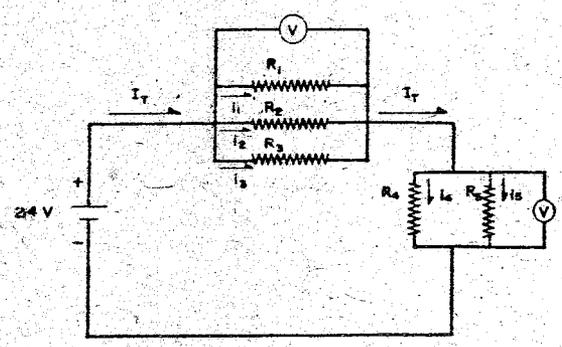


- Encuentre el valor de las resistencias  $R_1$  y  $R_2$  para que los aparatos funcionen en su punto de operación.
- ¿Cuál es la potencia que debe poder disipar cada resistencia sin quemarse?
- ¿Qué porcentaje del total de energía que entrega la fuente es utilizada por los aparatos?

25. En el circuito de la siguiente figura, determine la resistencia equivalente y calcule la corriente I.

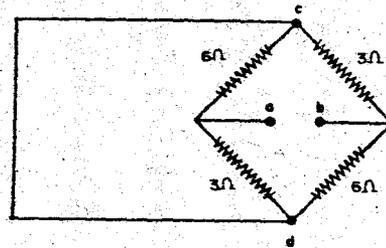


26. Encuentre las corrientes y tensiones indicadas en el circuito de la siguiente figura:

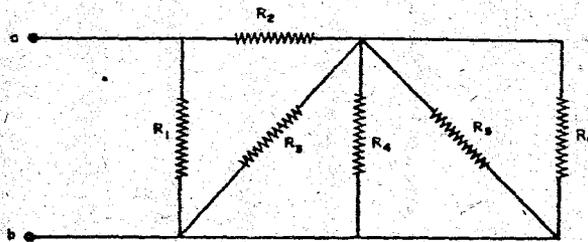


- $R_1 = 6\Omega$
- $R_2 = 6\Omega$
- $R_3 = 2\Omega$
- $R_4 = 8\Omega$
- $R_5 = 12\Omega$

27. Determine la resistencia equivalente entre los puntos (a) y (b) de la figura siguiente:

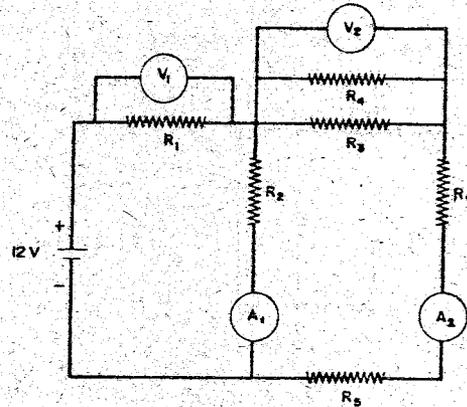


28. Determine la resistencia equivalente entre los puntos (a) y (b) del siguiente circuito:



- $R_1 = 1 \Omega$
- $R_2 = 1.25 \Omega$
- $R_3 = 1.5 \Omega$
- $R_4 = 3 \Omega$
- $R_5 = 6 \Omega$
- $R_6 = 6 \Omega$

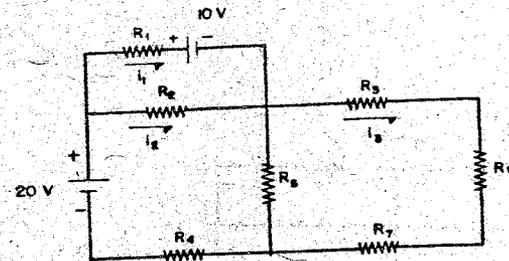
29. Determine las lecturas de los amperímetros y de los voltímetros en el siguiente circuito.



$$\begin{aligned} R_3 &= 10 \ \Omega \\ R_4 &= 10 \ \Omega \\ R_5 &= 2.5 \ \Omega \\ R_6 &= 2.5 \ \Omega \\ R_2 &= 10 \ \Omega \\ R_1 &= 20 \ \Omega \end{aligned}$$

30. Dada la red mostrada en la figura:

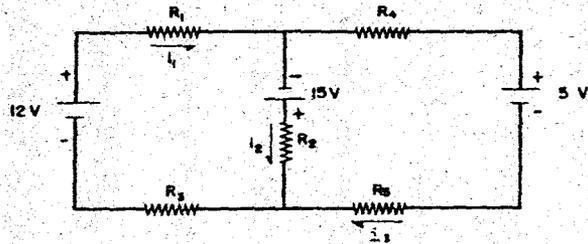
- Determine las corrientes  $i_1$ ,  $i_2$  e  $i_3$ .
- Determine la potencia entregada por las fuentes.
- Determine la potencia disipada por la resistencia  $R_3$ .



$$\begin{aligned} R_1 &= 5 \ \Omega \\ R_2 &= 10 \ \Omega \\ R_3 &= 20 \ \Omega \\ R_4 &= 30 \ \Omega \\ R_5 &= 10 \ \Omega \\ R_6 &= 5 \ \Omega \\ R_7 &= 5 \ \Omega \end{aligned}$$

31. Para el circuito siguiente calcule:

- Las corrientes  $i_1$ ,  $i_2$  e  $i_3$
- La potencia total disipada por efecto Joule



$$R_1 = 1 \Omega$$

$$R_3 = 1 \Omega$$

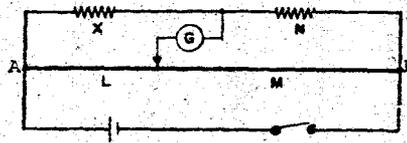
$$R_2 = 2 \Omega$$

$$R_4 = 5 \Omega$$

$$R_5 = 5 \Omega$$

32. La resistencia de una bobina de aislamiento es  $3.35 \Omega$  a  $0^\circ \text{C}$ . Encuentre su resistencia a  $50^\circ \text{C}$  si el coeficiente de temperatura de la resistencia del hilo de cobre vale  $0.00426^\circ \text{C}^{-1}$

33. Para medir una resistencia desconocida "X", se emplea el llamado puente de hilo que se representa en la figura. El hilo AB es de resistencia uniforme;  $L = 40 \text{ cm}$  de hilo;  $M = 60 \text{ cm}$ . La resistencia de  $N = 3 \Omega$ . Si no fluye corriente por el galvanómetro, determine el valor de "X".



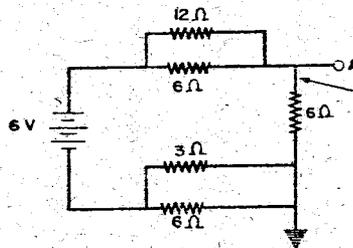
34. Las características impresas en cierta bombilla son 40 watts, 120 volts. ¿Cuál es su resistencia a su temperatura normal de funcionamiento 2000 °C? Si tiene filamento de tungsteno, ¿cuál es su resistencia aproximada a 20 °C?
35. Una máquina electro-soldadora de hierro absorbe 2.9 A a 120 V. Sin embargo, cuando se utiliza por largos períodos de tiempo se daña el extremo debido al sobrecalentamiento. Para ayudar a la eliminación de calor cuando la máquina no se utiliza, se coloca en serie con la varilla, un elemento que aumenta la resistencia en un 50%. En estas condiciones determine la resistencia total y la intensidad de corriente.
36. Un tostador de pan produce mayor cantidad de calor que un foco eléctrico, cuando se conectan en paralelo. ¿Cuál tiene mayor resistencia?
37. Determine el número de resistencias de 40  $\Omega$  necesarias para que, por una línea de 120 V, circulan 15 A.
38. Un alambre conductor tiene una resistencia de 12.64  $\Omega$  a 30 °C y de 11.22  $\Omega$  a 0 °C. Determine:
- El coeficiente de temperatura.
  - La resistencia que presenta a 300 °C.
39. Cuatro grupos de pilas, compuesto cada uno de 5 en serie, se conectan en paralelo. Todas las pilas son iguales y tienen 1.8 V de fem y 0.8  $\Omega$  de resistencia interna. La carga o resistencia

exterior es de  $2 \Omega$ . Determine:

- La fem del sistema de pilas.
- La resistencia total del mismo.
- La corriente que circula por la carga de  $2 \Omega$
- La corriente correspondiente a cada pila

40. La batería de 6 volts de la figura se conecta a una resistencia total de 12 ohms.

- ¿Cuál es el potencial en el punto A?
- Si el alambre se rompe en el punto indicado por la flecha, ¿cuál será ahora el potencial en A?



41. La medida de la capacidad térmica específica de los sólidos constituye uno de los trabajos experimentales más importantes de la física moderna. Casi invariablemente se utiliza el método de arrollar o enrollar un trozo del material con alambre cuya resistividad es conocida o fácilmente calculable, de esta manera se puede medir la energía eléctrica suministrada y la elevación de

temperatura del material.

Un trozo de metal de 50 g se somete a un experimento como el descrito anteriormente, sufriendo un aumento en su temperatura de  $3.26^\circ\text{C}$ , diga usted si dicho material es cobre, aluminio o plata de acuerdo con los datos siguientes:

$$C_{\text{Al}} = 0.902 \text{ J/g}\cdot\text{K}$$

$$C_{\text{Ag}} = 0.233 \text{ J/g}\cdot\text{K}$$

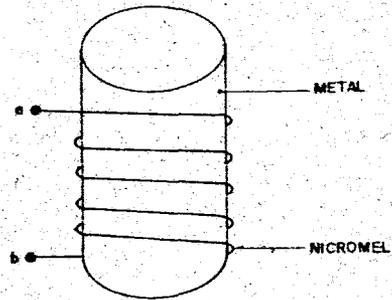
$$C_{\text{Cu}} = 0.386 \text{ J/g}\cdot\text{K}$$

$$V_{\text{ab}} = 5 \text{ V}$$

$$A = 0.785 \text{ mm}^2$$

$$l = 4 \text{ m}$$

$$\rho = 100 \times 10^{-8} \Omega\cdot\text{m}$$



NOTA: El experimento dura medio minuto y consideramos que, toda la energía disipada por la resistencia, la absorbe el metal.

CAPÍTULO VI  
CIRCUITOS ELÉCTRICOS  
(SOLUCIONES)

1.  $m = 127.88 \times 10^{-3} \text{ g}$
2.  $n_e = 1065 \times 10^{19} \text{ electrones}$
3.  $n_e = 1.18 \times 10^{18} \text{ electrones}$
4.  $I = 1.0556 \text{ A}$ , si se funde el fusible
5.  $R = 1.7 \times 10^{-5} \Omega$
6.  $r_{\text{Cu}} = 0.42 r_{\text{Fe}}$
7. 69.852 m
8.  $R = 2.14 \Omega$   
 $\rho = 6.732 \times 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$
9.  $V = 3.6 \text{ V}$
10. a)  $A = 78.53 \times 10^{-8} \text{ m}^2$     b)  $N = 50 \text{ vueltas}$     c)  $x = 2.0 \text{ cm}$
11.  $R = 3.336 \times 10^{-3} \Omega$   
 $\frac{V}{l} = 0.1 \text{ V/m}$
12.  $\frac{A_1}{A_2} = 400$
13. a)  $P = 414.4 \text{ W}$     b)  $\eta = 95.86\%$     c)  $V = 239.64 \text{ V}$

14.  $\Delta U = 14000 \text{ cal}$   
 $P = 1953.47 \text{ W}$   
 $I = 16.28 \text{ A}$
15.  $R = 18.33 \Omega$   
 $\text{costo} = 0.0165 \$$
16.  $I = 1.36 \text{ A}$   
 $T_p = 30.225 \text{ }^\circ\text{C}$
17.  $1 \text{ cal} = 4.2311 \text{ J}$
18.  $t_1 = 27 \text{ min } 54 \text{ s}$   
 $t_2 = 1 \text{ h } 34 \text{ min } 2 \text{ s}$
19. a)  $P = 12000 \text{ W}$   
 $P_{\text{TOT}} = 10130 \text{ W}$   
 Sí pueden funcionar los aparatos al mismo tiempo
20. a)  $P = 1657.78 \text{ W}$       b)  $I = 15.07 \text{ A}$       c)  $I = 22.69 \text{ A}$
21. a)  $\$ 1524.62$       b)  $\$ 127.05$       c)  $\$ 12.71$       d)  $\$ 33.35$   
 Considerando a  $\$ 31.76$  el  $\text{kW}\cdot\text{h}$
22.  $I = 15.07 \text{ A}$
23. a)  $\$ 25.41$       b)  $\$ 114.35$       c)  $\$ 3.81$

24. a)  $R_1 = 30 \Omega$  ,  $R = 7.5 \Omega$

b)  $P = 1.5 \text{ W}$  c)  $P_u = 68.75\%$

25.  $R_{eq} = 10 \Omega$  ,  $I = 1 \text{ A}$

26.  $I_t = 4 \text{ A}$

$V_1 = V_2 = V_3 = 4.8 \text{ V}$   $I_1 = 0.8 \text{ A}$

$V_3 = V_4 = 19.2 \text{ V}$   $I_2 = 0.8 \text{ A}$

$I_3 = 2.4 \text{ A}$

$I_4 = 2.4 \text{ A}$

$I_5 = 1.6 \text{ A}$

27.  $R_{ab} = 4 \Omega$

28.  $R_{ab} = 0.6667 \Omega$

29.  $V_1 = 9.6 \text{ V}$   $I_1 = 0.24 \text{ A}$

$V_2 = 1.2 \text{ V}$   $I_2 = 0.24 \text{ A}$

30. a)  $I_1 = 1.08 \text{ A}$  b)  $P = 1.54 \text{ W}$  c)  $P = 14.32 \text{ W}$

$I_2 = -0.46 \text{ A}$

$I_3 = 0.85 \text{ A}$

31. a)  $I_1 = 4.89 \text{ A}$  b)  $P = 334.65 \text{ W}$

$I_2 = 8.61 \text{ A}$

$I_3 = -3.72 \text{ A}$

32.  $R = 4.06 \Omega$

33.  $X = 2 \Omega$

34.  $R_{2000} = 360 \Omega$

$R_{20} = 35.29 \Omega$

35.  $R = 62.1 \Omega$

$I = 1.93 \text{ A}$

36. El foco tiene mayor resistencia.

37.  $N = 5$  resistencias

38. a)  $\alpha = 4.22 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

b)  $R_{300} = 25.42 \Omega$

39. a)  $V = 9 \text{ V}$

b)  $R_T = 1 \Omega$

c)  $I_T = 3 \text{ A}$

d)  $I = 0.75 \text{ A}$

40. a)  $V_A = 3 \text{ V}$

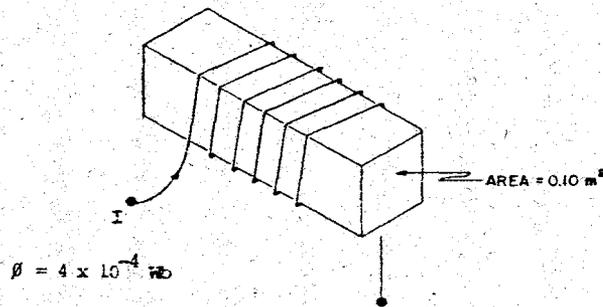
b)  $V_A = 6 \text{ V}$

41. El metal es aluminio

CAPÍTULO VII

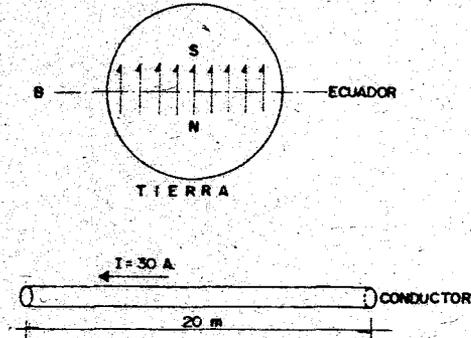
MAGNETISMO

1. Por una circunferencia de 20 cm de radio circula una carga eléctrica de  $4 \times 10^{-6}$  C, a razón de 15 rps. Calcule la inducción magnética creada en su centro.
2. La fuerza ejercida sobre cada polo de un imán, de  $1.5 \text{ A}\cdot\text{m}^2$  de momento magnético situado perpendicularmente en un campo de inducción  $0.16 \text{ T}$  o  $\text{Wb}/\text{m}^2$ , es de  $0.8 \text{ N}$ . Calcular la longitud o separación de los polos de dicho imán.
3. Para el electroimán de la figura
  - a) Determine la densidad de flujo en el núcleo.
  - b) Bosqueje las líneas de flujo magnético e indique su dirección.
  - c) Indique los polos norte y sur del imán.



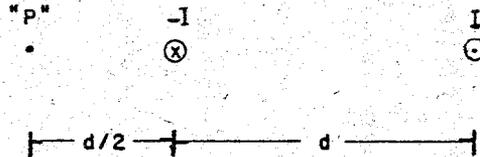
4. En el ecuador el campo magnético de la tierra es casi horizontal y se dirige del hemisferio sur al norte. Su magnitud es de aproximadamente  $0.50 \text{ T}$ . Encuentre la fuerza (dirección y magnitud) ejercida sobre un alambre de  $20 \text{ m}$  paralelo a la tierra que lleva una corriente de  $30 \text{ A}$ . Con dirección este-oeste. Repítase lo

anterior si va de norte a sur



5. Una bobina circular de 20 espiras conductoras y 10 cm de radio se coloca con su plano en posición vertical en el meridiano magnético, en un lugar en que la componente horizontal de la inducción del campo magnético terrestre es de  $2 \times 10^{-5}$  T. ¿Qué intensidad de corriente debe circular por ella si una brújula en el centro de la misma sufre una desviación de  $45^\circ$ ?
6. Un ion con carga  $3e$  se proyecta a un campo magnético uniforme de  $1.5 \text{ Wb/m}^2$ . Viaja a  $10^7$  m/s formando un ángulo de  $45^\circ$  con la dirección del campo. Calcule la magnitud y dirección de la fuerza sobre el ion.
7. Dos alambres rectos paralelos muy largos, separados a una distancia  $d$ , llevan una corriente  $I$  en sentido contrario, como se mues

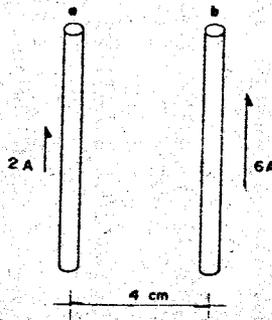
tra en la figura. Obtenga la magnitud y dirección del campo magnético en el punto "p".



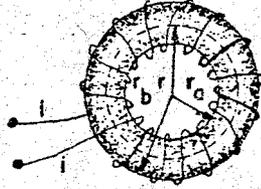
8. Dos conductores rectilíneos, paralelos y de gran longitud, distan 4 cm y transportan una corriente de 2 y 6 A de intensidad respectivamente en el mismo sentido. Hallar la fuerza ejercida entre ambos por unidad de longitud de conductor.

La inducción en b debida a la corriente de 2A es:

$$B_b = \frac{k 2 I_A}{r}$$



9. Dos alambres rectos, largos y paralelos están separados por una distancia de 50 cm y cada uno lleva una corriente de 10 A en la misma dirección. Encuentre el valor de B a la mitad de la distancia entre los dos alambres. Repita lo anterior considerando que las direcciones de las corrientes son opuestas.
10. Una bobina rectangular de 25 espiras se suspende en un campo magnético de inducción  $0.2 \text{ T}$  o  $\text{Wb/m}^2$ . El plano de la bobina es paralelo a la dirección del campo. Las dimensiones del cuadro son 15 cm según la perpendicular y 12 cm según el campo. Hallar la intensidad de corriente que debe circular por la bobina si el momento del par de fuerzas que se ejerce sobre ella vale  $5.5 \text{ Nm}$ .
11. Se coloca una bobina rectangular de 18 cm por 36 cm en un campo de inducción magnética constante de  $0.24 \text{ Wb/m}^2$ . El vector  $\vec{B}$  forma un ángulo de  $53^\circ$  con el plano de la bobina. Halle el flujo magnético que atraviesa la bobina.
12. Una bobina rectangular de 6 por 12 cm contiene 500 vueltas de alambre y lleva una corriente de  $10^{-6} \text{ A}$ . Calcule el máximo momento de rotación sobre la bobina en un campo magnético uniforme de  $0.2 \text{ Wb/m}^2$ .
13. Una bobina toroidal arrollada uniformemente tiene 1000 vueltas de alambre. El radio interior es de 1.5 cm y el radio exterior de 20 cm. Determine el valor del campo magnético en el centro de la bobina cuando la corriente en el devanado es de 10 A.



14. Un solenoide toroidal tienen 1000 espiras de hilo de cobre y el diámetro medio de su núcleo de aire es de 20 cm. Determine la intensidad de corriente que debe circular por él para que origine una inducción magnética de  $2.6 \times 10^{-4}$  T o Wb/m<sup>2</sup> en su núcleo.
15. Un tren se mueve hacia el sur con una velocidad de 10 m/s, sabiendo que la componente vertical de la inducción del campo magnético de la tierra es de  $5.4 \times 10^{-5}$  T, hallar la fem inducida en el eje de un vagón de 1.2 m de longitud.
16. Un devanado (primario) de 1 m de longitud y 2 cm de diámetro, está formada por 2000 espiras. Hallar el número de espiras que debe tener el otro (secundario) que rodee al primero para que la fem inducida en él sea de 2 V cuando en la 1ª se produzca una variación de corriente de 0 a 10 A en 0.01 segundos.
17. Una barra de cobre de 20 cm de longitud es perpendicular a un campo magnético uniforme de 0.5 Wb/m<sup>2</sup>. Como resultado de su mo-

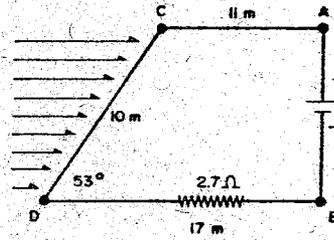
movimiento perpendicular a su longitud, existe una fem de 0.10 V entre sus extremos. Determine la velocidad con la que se mueve la barra a través del campo.

18. En el circuito mostrado en la figura, determinar la fuerza sobre cada sección del circuito y averiguar si la fuerza está dirigida hacia la página o sale de ésta.

El material del conductor es aluminio y tiene un diámetro de 2.053 mm.

$$V_{AB} = 12 \text{ volts} \quad B = 2 \text{ Wb/m}^2$$

NOTA: La temperatura de operación es 20 °C.

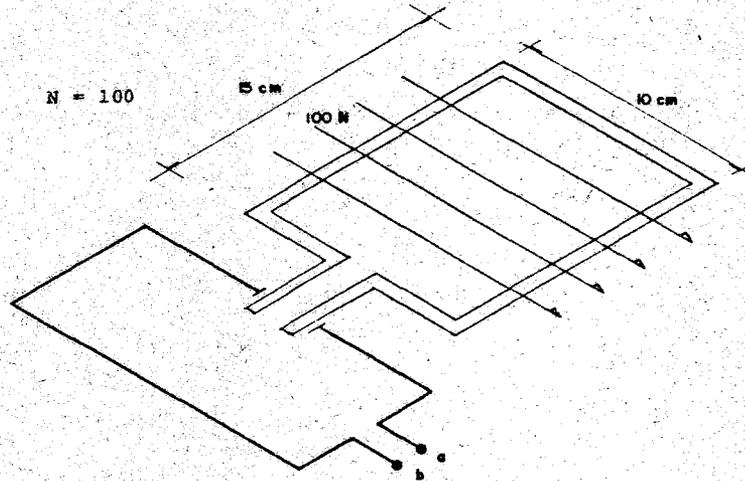


19. Para determinar las características magnéticas de un material se le introduce en un solenoide con resistencia total de 15 ohms, conectado a una batería de 15 V, para el cual  $B$  (vacío) =  $\pi \times 10^{-3}$  T. Si el solenoide tiene 5 cm de radio y 0.5 m de longitud, calcule:

- a) La corriente que circula por el solenoide.
  - b) El número de vueltas del arrollamiento.
  - c) El flujo magnético en la sección del solenoide.
  - d) Si la inducción magnética con el material dentro es de 3.16 mT, clasifique el material como diamagnético, paramagnético o ferromagnético.
20. El devanado de excitación de un motor eléctrico se considera conectado en paralelo con el motor, dicho devanado tiene 50  $\Omega$  de resistencia total, 40 000 espiras y una longitud de 0.5 m, mientras que las espiras del rotor tiene una resistencia de 20 $\Omega$ , suponiendo que el motor utiliza el 100% de la inducción magnética como excitación, calcule:
- a) La corriente de excitación, si el sistema se encuentra conectado a una fuente de 127 V.
  - b) La corriente que circula por el devanado del motor.
  - c) Calcule la inducción magnética de excitación.
21. Una bobina galvanométrica está colgada verticalmente en un campo horizontal uniforme,  $B = 0.5 \text{ Wb/m}^2$ . La bobina tiene 100 espiras de conductor y es cuadrada, de 2 por 2 cm. Determine la magnitud del momento sobre la bobina cuando su plano es paralelo al campo y lleva una corriente de 0.001 A.
22. Un embobinado como se muestra en la figura, gira a 1500 RPM dentro de un campo de 500 mT.
- a) Encuentre el valor máximo del voltaje generado.
  - b) Si el embobinado se hace con alambre de cobre calibre 30 ( $A = 0.0509 \text{ mm}^2$ ).

¿Cuál es el valor de la resistencia de la bobina?

- c) ¿Cuál es la corriente que circula por el devanado, si se cierra el circuito con un foco cuya resistencia es de  $0.6 \Omega$ ?



23. En las pruebas realizadas a un motor de C.D. se le hace funcionar como generador a  $500 \text{ RPM}$  produciendo  $30 \text{ V}$  en sus terminales. Si el embobinado es de  $300$  espiras de  $10 \times 20 \text{ cm}$ , determine:
- El campo magnético en el que funcionará el motor.
  - La corriente que circula por el bobinado si tiene una resistencia de  $20 \Omega$  y se conecta a una fuente de  $60 \text{ V}$ .
  - El par máximo que desarrolla el motor.
  - El momento máximo.
24. Un motor de corriente directa de  $1/2 \text{ HP}$ , gira a  $2000 \text{ RPM}$ , las  $300$  espiras del devanado tienen un área de  $0.12 \text{ m}^2$  y el alambre

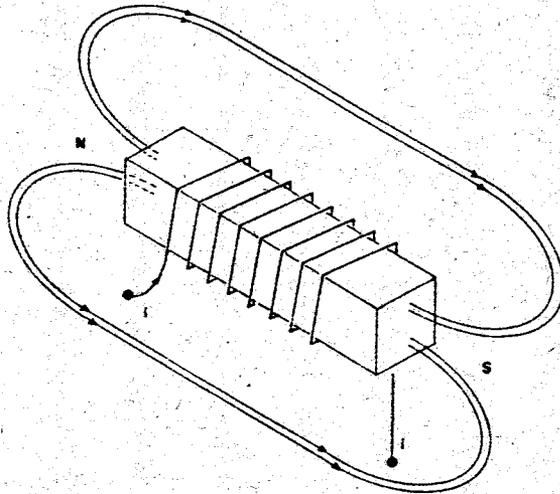
es de cobre calibre 22 ( $A = 0.3 \text{ mm}^2$ ).

Si la corriente que circula por el arreglo es de 1.5 A y el campo de inducción en el que se encuentra girando el rotor es de  $450 \text{ m Wb/m}^2$ , calcule:

- a) El voltaje de alimentación del motor ( $V_m$ ).
- b) La caída del voltaje en el devanado ( $V_{Rb}$ ).
- c) El valor de la fuente  $\epsilon$ .
- d) El momento máximo que desarrolla el motor.

CAPITULO VII  
MAGNETISMO  
(SOLUCIONES)

1.  $B = 1.885 \times 10^{-10} \text{ Wb/m}^2$
2.  $l = 0.3 \text{ m}$
3. a)  $B = 40 \times 10^{-4} \text{ Wb/m}^2$   
 b) Aplicando la regla de la mano derecha podemos obtener la dirección del flujo magnético.



4.  $F_m = 300 \text{ N}$  para  $I$  de este a oeste  
 $F_m = 0$  para  $I$  de norte a sur
5.  $I = 0.159 \text{ A}$
6.  $F = 5.0911 \times 10^{-12} \text{ N}$  dirección perpendicular al plano formado por  $\vec{V}$  y  $\vec{B}$  en el sentido que avanza un tornillo de rosca derecha.
7.  $B = \frac{2}{3} \frac{\mu_0 I}{\pi d}$

8.  $\frac{F}{l} = 600 \times 10^{-7} \text{ N/m}$
9.  $B = 0$  si las corrientes tienen el mismo sentido  
 $B = 1.6 \times 10^{-5} \text{ Wb/m}^2$  para sentidos opuestos
10.  $I = 61.11 \text{ A}$
11.  $\phi = 9.36 \times 10^{-3} \text{ Wb}$
12.  $\tau = 7.2 \times 10^{-7} \text{ N}\cdot\text{m}$
13.  $B = 0.0186 \text{ Wb/m}^2$
14.  $I = 0.26 \text{ A}$
15.  $\epsilon = 6.5 \times 10^{-4} \text{ V}$
16.  $N_2 = 2533 \text{ vueltas}$
17.  $v = 1 \text{ m/s}$
18.  $F_{AC} = F_{BD} = 0$   
 $F_{CD} = 63.85 \text{ N}$  saliendo de la página.
19. a)  $I = 1 \text{ A}$     b)  $N = 5000 \text{ vueltas}$     c)  $2.47 \times 10^{-5} \text{ Wb}$   
 d) Paramagnético

20. a)  $I = 2.54 \text{ A}$       b)  $I = 6.35 \text{ A}$       c)  $B = 0.2553 \text{ T}$
21.  $\tau_T = 2 \times 10^{-5} \text{ N}\cdot\text{m}$
22. a)  $E = 117.81 \text{ V}$       b)  $R = 0.35 \Omega$       c)  $I = 124.28 \text{ A}$
23. a)  $B = 95.5 \text{ mT}$       b)  $I = 3 \text{ A}$       c)  $F_m = 17.19 \text{ N}$   
d)  $\tau_m = 1.72 \text{ N}\cdot\text{m}$
24. a)  $V_m = 248.57 \text{ V}$       b)  $V_{Rb} = 0.1227 \text{ V}$  suponiendo espiras cuadradas.  
c)  $\epsilon = 248.7 \text{ V}$       d)  $\tau_m = 24.3 \text{ N}\cdot\text{m}$



Impreso por la  
Coordinación de Servicios Generales  
a través de la Unidad de Difusión,  
Departamento de Impresión.  
El tiraje consta de 300 ejemplares  
y se terminó de imprimir  
en el mes de octubre de 1989.