

GUIA DE TRABAJOS PRÁCTICOS DE TERMODINÁMICA



2024

TERMODINÁMICA

TRABAJO PRÁCTICO N° 1: ENERGIA

Problema 1: a) Si un cuerpo que está a gran distancia de la tierra comienza a acercarse, cual es su velocidad cuando llega a 100 m de la superficie?

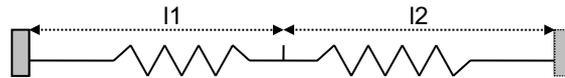
Problema 2: Un bloque cúbico de acero está en reposo sobre la plataforma de una prensa hidráulica. La plataforma ejerce una fuerza de 1000 lb sobre el bloque para equilibrar su peso. Si el mismo es elevado por la prensa a una distancia de un 1 ft (pie), hallar:

- El cambio de energía del bloque
- El W realizado por el bloque debido a la gravedad.

Problema 3: Un instrumento de medida de la gravedad de Marte es construido con un resorte del cual está suspendida una masa de 0,24 kg. En un lugar de la Tierra, donde la aceleración local es de $9,80 \text{ m/seg}^2$, el resorte se extiende 0,61 cm. Cuando el instrumento es llevado a la superficie marciana, los reportes radiales informan que el resorte se ha extendido 0,20 cm. ¿Cuál es la aceleración gravitatoria de Marte?

Problema 4: Un sistema consiste de dos resortes iguales. La función dE/dl son dadas para cada resorte por las relaciones

$$\frac{dE_1}{dl_1} = E'_1(l) = k_1(l_1 - l_{10}) \quad \frac{dE_2}{dl_2} = E'_2(l) = k_2(l_2 - l_{20})$$



donde k_1 y k_2 son 2 y 5 lbf/ft respect., l_{10} y l_{20} son 35 y 30 ft respect. A su vez la suma de l_1 y l_2 es 100 ft. Hallar:

- el estado de equilibrio del sistema.
- el cambio de energía de cada resorte.

Problema 5: a) Cual es el costo de la energía necesaria para elevar una tonelada de material hasta la parte más alta de un edificio de 40 m de altura, si el precio de la energía es de 0,1 USD/KW-h ?
b) Cual es el origen de la energía recibida por el material?

Problema 6: Un grupo de científicos ha llegado a la Luna y quieren determinar la masa de varias rocas. Para ello poseen un resorte calibrado para leer lb masa en un lugar donde la aceleración de la gravedad es de $32,2 \text{ ft/seg}^2$. Una de las rocas lunares da una lectura de 25 en la escala del instrumento. ¿Cuál es su masa? ¿Cuál es su peso en la Luna? El valor de g en la superficie lunar es de $5,47 \text{ ft/seg}^2$.

Problema 7: Un cilindro provisto de un pistón contiene un gas a la presión P . El área transversal del pistón es de 10 cm^2 . El pistón es empujado hacia adentro 1 mm. El trabajo requerido para desplazarlo es 0,025 cal. Calcular la presión en atmósferas.

Problema 8: Un gas ideal confinado en un cilindro cerrado por un pistón se expande isotérmicamente. Probar que el trabajo realizado es proporcional a $\ln(V_2/V_1)$. Cuál es la constante de proporcionalidad. Si la presión requerida para soportar el pistón es de 10000 lbf/ft^2 , hallar el trabajo realizado por el gas mientras es calentado lentamente de manera que su volumen cambia de 1 a 2 ft^3 .

Problema 9: La ecuación para la tensión de una pieza de goma es:

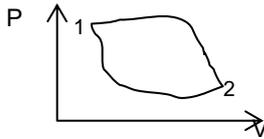
$$\Gamma = k_1 \left(\frac{L}{L_0} - \frac{L_0}{L} \right)^2$$

Donde k_1 es una constante y L_0 es la longitud cuando Γ es cero. Cuanto trabajo es necesario para incrementar L de L_0 a $1,5 L_0$. Compararlo con el necesario para cambiar desde $1,5 L_0$ a $2 L_0$.

Problema 10: Probar que el trabajo necesario para crear una pompa de jabón esférica es necesariamente mayor que $8 \cdot \pi \cdot \tau_s \cdot r^2$

TRABAJO PRÁCTICO N° 2: BALANCE DE ENERGIA EN SISTEMAS CERRADOS

Problema 1: Un sistema sufre el proceso descrito en el diagrama siguiente:



Es válido afirmar que el trabajo realizado por el sistema viene dado por el área encerrada por la curva? Discutir.

Problema 2: Una casa con paredes que conducen el calor es rodeado de una atmósfera cuya temperatura permanece constante. La casa tiene un refrigerador eléctrico que ha estado operando en forma continua por un largo tiempo. Establecer si la transferencia de calor es positiva, negativa o nula. (Sistema: la casa).

Problema 3: Ha sido sugerido que la cocina de una casa puede ser enfriada en verano cerrando todas las puertas y abriendo la heladera. Comentar y sacar conclusiones de esta afirmación.

Problema 4: La energía de cierto sistema es una función de la temperatura solamente y es dada por la expresión $E = 25 + 0,25 T$ cal. Cuando este sistema ejecuta un cierto proceso, la potencia es una función lineal del tiempo t que se expresa por la relación $P = 0,1068 t$ kgm/seg. Un registrador continuo de temperatura indica que a tiempo cero la temperatura es 100°C y la velocidad de cambio de la T del sistema es constante e igual a $1^\circ\text{C}/\text{seg}$. Hallar el calor transferido cuando la temperatura cambia de 100°C a 200°C .

Problema 5: Un mol de gas evoluciona según proceso reversible desde un estado 1 a un estado 2. Si el proceso puede ser representado por una recta sobre un diagrama P-V, mostrar que:

$$W = \frac{1}{2}(P_1 + P_2) * (V_2 - V_1)$$

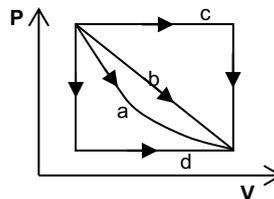
Problema 6: La presión de un gas térmicamente aislado varía con su volumen de acuerdo a la expresión:

$$P * V^\gamma = k \quad \text{Donde } k \text{ es una constante}$$

Determinar el trabajo realizado por el sistema en un proceso cuasi estático desde un macro estado con una presión P_i y volumen V_i hasta otro con una P_f y V_f

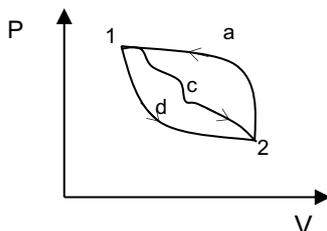
Problema 7: Un sistema es tal que los cambios adiabáticos en el volumen (manteniendo N constante) producen un cambio en la presión de acuerdo con la formula: $P * V^\gamma = k$

Encontrar el W y Q neto al sistema en cada caso, para cada uno de los procesos indicados en la figura.



Problema 8: Las pruebas de un motor eléctrico se realizan valiéndose de un generador de corriente continua conectado a él. La tensión en los bornes del generador es 220 V , la intensidad $i = 50 \text{ A}$ y el rendimiento es $0,98$. Determinar la potencia del motor en el árbol.

Problema 9: Un gas cuyo estado se define en el diagrama P-V por el punto 1 pasa al estado 2 siguiendo el camino c. Al ocurrir esto al gas se le suministran 80 kJ de energía en forma de calor y se obtiene de él 30 kJ de trabajo. Después este mismo gas retorna al estado inicial mediante un proceso definido por la curva a. ¿Qué cantidad de energía habrá que suministrar en otro proceso d para obtener del gas 10 kJ de trabajo? ¿Qué cantidad de calor hay que intercambiar en el proceso 2 a 1 si al efectuarse este se gastan en la compresión 50 kJ de energía en forma de trabajo?



TRABAJO PRÁCTICO N° 3: BALANCE DE ENERGIA EN SISTEMAS ABIERTOS

Problema 1: a) ¿Qué diferencia de altura resulta de un cambio de energía potencial equivalente a 1 kcal/kg?
 b) Un fluido tiene una velocidad de 100 m/seg. cuando entra a un sistema. ¿con qué velocidad sal el fluido del mismo si la diferencia entre la energía entrante y la saliente es de 1 kcal/kg?

Problema 2: Por un canal de forma arbitraria pasan 5 kg/seg de aire. A la entrada del canal la entalpía del gas, la velocidad y la altura de la sección de entrada sobre un plano horizontal son iguales a: $i_1=293$ KJ/kg, $v_1=30$ m/seg. y $h_1=30$ m. A la salida del canal, estos mismo parámetros son $i_2= 300$ KJ/kg, $v_2=15$ m/seg y $h_2=10$ m. Al pasar por el canal el gas recibe del exterior 30 KJ/seg de energía en forma de calor. ¿Qué trabajo técnico realiza la corriente de gas?

Problema 3: Cuando se ensayan los motores para probar su potencia hay que frenarlos. En este caso el trabajo que el motor realiza se gasta en vencer el rozamiento y se convierte en calor, una parte del cual (20%) se disipa en el medio circundante y el resto (80%) lo extrae el agua de refrigeración del freno. ¿Qué cantidad de agua es necesario suministrar al freno en una hora si el momento de torsión (par motor) en el árbol es de 2000 J, la frecuencia de rotación es 1500 r.p.m. y el aumento tolerable de la T es de 35 °C?
 Dato: C_p agua =4,187 KJ/Kg °C

Problema 4: Un compresor comprime 129 kg/h de aire. Durante la compresión el término h aumenta en 190000 KJ/h para el aire y en 10000 KJ/h para el agua que enfría el compresor. Hallar la potencia de accionamiento del compresor. Si el compresor no se refrigerara, ¿aumentará la potencia necesaria?

Problema 5: Un compresor centrífugo comprime 100 kg/h de N₂. Durante la compresión aumenta la entalpía del N₂ en 200 KJ/Kg ¿Qué potencia debe tener el accionamiento del compresor si se desprecia el intercambio de calor con los alrededores?

Problema 6: Un compresor comprime 5,664 m³/min de 0,8437 kg/cm² abs. a 6,328 kg/cm² abs. El volumen específico inicial es de 0,7867 m³/kg, y el final es de 0,2029 m³/kg. Si la tubería de entrada tiene un Φ de 10,16 cm y la de descarga tiene un Φ de 6,35 cm, determínese: el cambio del trabajo del flujo entre los límites en kgm/min. , el caudal másico de la corriente, kg/min y el cambio en la velocidad.

Problema 7: Una bomba centrífuga trabajando en condiciones de flujo uniforme entrega 2300 lt/min de agua a 27 °C desde una presión inicial de 0,84 kg/cm² abs. hasta otra final de 2,8 kg/cm² abs. El diámetro de la entrada de aspiración a la bomba es de 15 cm y el de salida de descarga es de 10 cm. Si la aspiración y la descarga se encuentran a un mismo nivel y si no hay cambio en la energía interna, ¿Cuál es el trabajo en kcal/min?

Problema 8: Un compresor cuyo aire de entrada tiene un peso específico de 1,265 kg/m³, aspira 14,16 m³/min de aire y lo descarga con un peso específico de 4,87 kg/m³. En la aspiración $P_1= 1,055$ kg/cm² abs, en la descarga $P_2= 5,625$ kg/cm² abs. El incremento de la energía interna específica es de 18,78 kcal/kg y el calor procedente del enfriamiento del aire es de 7,22 kcal/kg. Despreciando los cambios en las energías potenciales y cinética, determínese el trabajo hecho sobre el aire en kcal/min y en C.V.

TERMODINÁMICA

TRABAJO PRÁCTICO N° 4: BALANCE DE ENERGIA EN SISTEMAS ABIERTOS

Problema 1: Determinar el consumo diario de combustible de una central de potencia $N= 100000$ KW, si su rendimiento es 0,35 (rendimiento global) y el poder calorífico del combustible $Q_c=30000$ kJ/kg. Determinar también el consumo específico del combustible por mJ de energía producida.

Problema 2: Se bombea agua a $27\text{ }^\circ\text{C}$ desde un tanque a razón de 50 gpm. El motor entrega un potencia de 2 HP. El agua pasa a través de un intercambiador de calor donde entrega 4000 BTU/min y es descargada en un segundo tanque ubicado a 50 ft por encima del primero. ¿Cuál es la temperatura del agua descargada en el segundo tanque?.

Problema 3: Una planta de hidrogenación emplea hidrógeno puro a 5 psig y $180\text{ }^\circ\text{C}$. El gas es calentado desde $20\text{ }^\circ\text{C}$ hasta $180\text{ }^\circ\text{C}$ pasándolo por un serpentín de diámetro pequeño y donde la pérdida de carga es de 4 psia. ¿Cuál es la cantidad de calor transferida por la pared del serpentín por lbs de hidrógeno? Suponer que el hidrógeno es un gas ideal y que el C_p molar es $0,70\text{ cal/}^\circ\text{C mol}$.

Problema 4: Un tanque con un volumen inicial de 1 m^3 está inicialmente al vacío. Aire de la atmósfera fluye dentro del tanque a través de un desperfecto de la soldadura. El proceso es lento y la transferencia de calor con el medio ambiente mantiene al tanque y su contenido a la temperatura ambiente de $27\text{ }^\circ\text{C}$. Calcular la cantidad de calor intercambiado con el ambiente durante el tiempo que tarda la presión en alcanzar 1 atm.

Problema 5: Dos moles de un sistema particular de un simple componente tienen la energía interna dependiente de la presión y el volumen por $U=A.P.V^2$ (para $N=2$) done $A=10\text{ cm}^3$. Demostrar que si se dobla el sistema, dobla el volumen, energía y número de moles, permaneciendo inalterada la presión. Escribir la dependencia de U con P, V y N para un número arbitrario de moles.

Problema 6: Una caja aislada llena con agua contiene un peso sostenido de la parte superior de la caja por un resorte, originalmente el peso es sostenido por un tope, el cual puede ser retirado y el peso alcanza una nueva posición de equilibrio. Para el proceso ocurrido entre los dos estado de equilibrio completar con signo (+), (-) o 0, según corresponda el cuadro que se adjunta:

	Resorte	Agua	Peso	Sistema
Q				
W				
$T_f - T_i$				
$U_f - U_i$				

TRABAJO PRACTICO Nº 5: RELACION FUNDAMENTAL

Problema 1: Las ecuaciones siguientes se proponen como relaciones fundamentales de sistemas termodinámicos. Sin embargo, cinco son inconsistentes con algún, o algunos, de los postulados II, III o IV, y en consecuencia, no son físicamente aceptables. Indicar cuáles son y cual postulado se viola en cada caso:

a)

$$S = \left(\frac{R^2}{v_o \cdot \theta} \right)^{1/3} [N \cdot V \cdot U]^{1/3}$$

b)

$$S = \left(\frac{R}{\theta^2} \right)^{1/3} \left(\frac{NU}{V} \right)^{1/3}$$

c)

$$S = \left(\frac{R}{\theta} \right)^{1/2} \left(NU - \frac{R \cdot \theta \cdot V^2}{v_o^2} \right)^{1/2}$$

d)

$$S = \left(\frac{R^2 \theta}{v_o^3} \right) \frac{V^3}{N \cdot U}$$

e)

$$S = \left(\frac{R^3}{v_o \theta^2} \right)^{1/5} [N^2 \cdot V \cdot U^2]^{1/5}$$

f)

$$S = N \cdot R \cdot \ln \left(\frac{U \cdot V}{N^2 \cdot R \cdot \theta \cdot v_o} \right)$$

g)

$$S = \left(\frac{R}{\theta} \right)^{1/2} [NU]^{1/2} e^{-\frac{V^2}{2N^2 v_o^2}}$$

h)

$$S = \left(\frac{R}{\theta} \right)^{1/2} [NU]^{1/2} e^{-\frac{U \cdot V}{N \cdot R \cdot \theta \cdot v_o}}$$

i)

$$U = \frac{v_o \cdot \theta}{R} \frac{S^2}{V} e^{\frac{S}{NR}}$$

j)

$$U = \left(\frac{R \theta}{v_o} \right) N \cdot V \left(1 + \frac{S}{NR} \right) e^{-\frac{S}{NR}}$$

Problema 2: La relación fundamental de un sistema A es:

$$S_A = \left(\frac{R^2}{v_o \theta} \right)^{1/3} [N_A V_A U_A]^{1/3}$$

Y la de un sistema B es:

$$S_B = \left(\frac{R^2}{v_o \theta} \right)^{1/3} [N_B V_B U_B]^{1/3}$$

¿Cuál es la relación fundamental del sistema compuesto A+B?

Problema 3: Suponer que los dos sistemas anteriores están separados por una pared rígida, impermeable y diatérmica. Graficar $U_A/(U_A+U_B)$ vs. S

Datos: $V_A=9 \text{ cm}^3$; $N_A=3 \text{ moles}$; $V_B=4 \text{ cm}^3$; $N_B=2 \text{ moles}$; $U_A+U_B=20 \text{ cal}$.

¿ Cuales son los valores de U_A y U_B cuando se alcanzó el equilibrio?

Problema 4: a) Encontrar las tres ecuaciones de estado para un sistema que tiene relación fundamental:

$$U = \left(\frac{v_o \theta}{R^2} \right) \frac{S^3}{N \cdot V} \quad v_o, \theta \text{ y } R \text{ constantes } > 0$$

b) Colocar μ en función de T, V y N.

Problema 5: Sustituyendo las ecuaciones: $s=S/N$; $v=V/N$; $u(s,v)=1/N U(S,V)$; en la ecuación $du= T \cdot ds - P \cdot dv$. Mostrar que para un solo componente la forma diferencial de la relación fundamental es:

$$dU= T \cdot ds - P \cdot dV + \mu \cdot dN$$

Problema 6: Dos sistemas particulares tienen las siguientes ecuaciones de estado:

$$\frac{1}{T_1} = \frac{3}{2} \cdot R \cdot \frac{N_1}{U_1} \quad \frac{1}{T_2} = \frac{5}{2} \cdot R \cdot \frac{N_2}{U_2} \quad N_1 = 2; N_2 = 3$$

$$U_{\text{TOTAL}} = 6000 \text{ cal}; R = 1.986 \text{ cal/mol} \cdot ^\circ\text{K}$$

Si los sistemas están separados por una pared diatérmica. ¿Cuál es la energía interna de c/u de ellos en el equilibrio?

Problema 7: Dos sistemas particulares tienen las siguientes ecuaciones de estado:

$$N_1 = 0.5; \frac{1}{T_1} = \frac{3}{2} \cdot R \cdot \frac{N_1}{U_1}; \frac{P_1}{T_1} = R \cdot \frac{N_1}{V_1}$$

$$N_2 = 0.75; \frac{1}{T_2} = \frac{3}{2} \cdot R \cdot \frac{N_2}{U_2}; \frac{P_2}{T_2} = R \cdot \frac{N_2}{V_2}$$

Los sistemas están separados por un cilindro móvil y diatérmico. Las temperaturas iniciales son:

$T_1^i = 200\text{K}; T_2^i = 300\text{K}$ El volumen total es 20 lts. ¿Cuál es el valor de la energía y del volumen cuando se alcanzó el equilibrio en cada subsistema?. ¿Cuál es el valor de la presión y la temperatura?.

Problema 8: La relación fundamental de un sistema particular de dos componente es:

$$S = N \cdot A + N \cdot R \cdot \ln \frac{U^{3/2} \cdot V}{N^{5/4}} - N_1 \cdot R \cdot \ln \frac{N_1}{N} - N_2 \cdot R \cdot \ln \frac{N_2}{N}$$

Donde $N = N_1 + N_2$; $R = 1.98 \text{ cal/}^\circ\text{K} \cdot \text{mol}$ y $A = \text{constante}$.

Un cilindro cerrado de 10 lts. Se divide en dos compartimiento de 5 lts, cada uno mediante una pared rígida, permeable al componente 1 y diatérmica. El estado inicial de los compartimiento es:

Compartimiento A

$N_1 = 0.50$
 $N_2 = 0.75$
 $V = 5 \text{ lt}$
 $T = 300 \text{ K}$

Compartimiento B

$N_1 = 1.00$
 $N_2 = 0.50$
 $V = 5 \text{ lt}$
 $T = 250 \text{ K}$

Encontrar el estado de equilibrio del sistema.

TRABAJO PRACTICO N° 6 - ENTROPIA

Problema 1: Deducir una relación entre las escalas de temperaturas Celsius y Fahrenheit. ¿Son estas escalas aceptables para uso termodinámico? Deducir una relación entre cualquier escala de temperatura y la escala absoluta Rankine. ¿A cuál temperatura absoluta dan el mismo valor numérico las escalas Celsius y Fahrenheit?

Problema 2: Si se mezclan adiabáticamente y a presión constante 2 kg de agua líquida a 90 °C con 3 kg de agua líquida a 10 °C, ¿cuál es la variación de entropía total del proceso? ¿Cómo se imaginaria un proceso reversible que permita a los dos sistemas llegar al mismo estado final?

Problema 3: Obtener la expresión para el cálculo de diferencias de entropía cuando un gas evoluciona según proceso cuasi estático:

- a) Isocoro (V y N constantes)
- b) Isobárico (P y N constantes)
- c) Isotérmico (T y N constantes)
- d) Adiabático (N constante y sin intercambio de calor)
- e) Politrópico (N constante)

Problema 4: Una pieza de cobre de 10 lbm a una temperatura de 1000 °F es introducida en un recipiente aislado que contiene 100 lbm de agua a 70 °F. Si los calores específicos del cobre y del agua son 0,095 y 1 Kcal/kg °C respectivamente, calcular los cambios de entropía del agua, cobre y del sistema total.

Problema 5: En un termostato a -5 °C hay un mol de agua subenfriada a la misma de temperatura y presión de 1 atm, introduciendo un cristal de hielo se transforma el agua en hielo a -5 °C. ¿Cuál es la diferencia de entropía?

Problema 6: Se construye un intercambiador de calor para calentar un caudal de aire ($C_p = 7 \text{ BTU} / \text{lbm} \text{ } ^\circ\text{F}$) de 70 a 200 °F, usando como fluido calefactor otro caudal de aire originalmente a 360 °F. Suponiendo que las pérdidas de calor son despreciables:

- a) Calcular la variaciones de entropía de cada una de las corrientes si se suponen:
 - a-1) flujo de corrientes paralelas
 - a-2) flujo en contra corrientes
- b) ¿Cuál es la variación de entropía total en cada caso?.
- c) Repetir a) y b) para el caso de contra corriente si el aire calefactor entra a 200 °F.

Problema 7: ¿Cual es la variación de entropía en la expansión irreversible de n moles de gas ideal desde un volumen $V_1 = n v_1$ hasta un volumen $V_2 = n v_2$, si esta expansión se realiza sin calor ni trabajo.

Problema 8: Determinar la variación de entropía de 3 kg de nitrógeno en un proceso politrópico cuando la temperatura se eleva de $t_1 = 100 \text{ } ^\circ\text{C}$ a $t_2 = 300 \text{ } ^\circ\text{C}$. El exponente politrópico es $n = 1,2$. El calor específico medio es $C_v = 5 \text{ kcal/kmol } ^\circ\text{C}$ y $\gamma = 1,4$. El proceso se realiza cuasi estáticamente y el gas se comporta en forma ideal. Sugerencia: Obtener primero la expresión de dQ . Dato $PM \text{ N}_2 = 28 \text{ uma}$.

Problema 9: Demostrar que para un gas ideal:

$$\Delta S = N * \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_V}{T} dT + NR * \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

TRABAJO PRACTICO N° 7: MAQUINAS TERMODINAMICAS I

Problema 1: Dos sistemas con ecuación de estado $U=C.T$ y a una T inicial de T_1 y T_2 respectivamente, son empleados para producir trabajo alcanzando una T final común T_f :

- a) Calcular T_f si los cuerpos se ponen en contacto sin realizar W .
- b) Calcular T_f si el calor se transfiere reversiblemente de un cuerpo al otro realizando trabajo.
- c) Calcular ΔS del caso a)
- d) Calcular la máxima cantidad de W si $C=2$ cal/K, $T_1=373$ K y $T_2=273$ K.

Problema 2: Considerar una región de la costa oceánica. Se propone que la superficie ($T=20$ °C) sea usada como fuente caliente y el fondo ($T= 4$ °C) como una fuente fría para que la máquina térmica produzca trabajo. ¿Qué trabajo máximo puede obtenerse por Kcal de calor absorbido de la superficie? ¿Cuánto calor debe transferirse al fondo por hora por cada CV de potencia obtenida?

Problema 3: Un sistema mantenido a $V=$ cte. tiene $C_v=nC_v+f(t)$. El sistema inicialmente tiene una temperatura T_1 y se dispone de una fuente de calor a T_0 . Mostrar que el W máximo posible de obtener cuando el sistema alcanza T_0 es: $W = C_v \left[(T_1 - T_0) - T_0 * \ln \left(\frac{T_1}{T_0} \right) \right]$

Problema 4: Si la T del atmósfera es 5 °C en un día de invierno, calcular el máximo W posible de obtener de 1 kg de agua a 90 °C. Considerar $C_p= 1$ kcal/kg °C.

Problema 5: Una bomba de calor funciona entre una T exterior a un edificio T_0 , y la T interior T_1 . Calcular la máxima cantidad de Kw-h de calor que pueden ser suministrado al edificio por cada Kw-h de consumo si $T_0= 0$ °C y $T_1 = 25$ °C.

Problema 6: La T más baja que se puede alcanzar es del orden de los $0,001$ K. Si el precio de la energía es de $0,2$ \$/Kw-h. ¿Cuál es el mínimo costo de extracción de calor a $0,001$ K si el mismo de envía a la atmósfera a 25 °C?

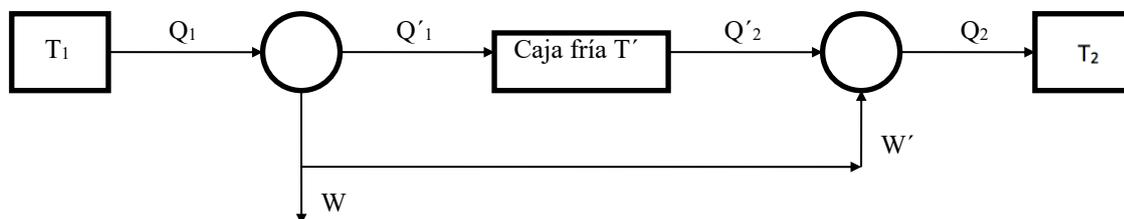
Problema 7: Suponer que un cuerpo tiene ecuación de estado $U=C.T$ donde $C= 2$ cal/K. Cuánto trabajo debe realizarse para enfriar este cuerpo desde la T ambiente (300 K) hasta $0,5$ °C, usando la atmósfera como reservorio de calor.

Problema 8: Considerar un tanque cilíndrico perfectamente aislado con ϕ interior de 3 m y lleno de agua hasta 6 m. Se desea bajar la T del agua desde 20 °C a 10 °C, en 2 hs usando una bomba de calor que trabaja con la atmósfera (38 °C). ¿Cuál es la mínima potencia que debe suministrarse?

Problema 9: Tres cuerpos idénticos tienen ecuación de estado $U=C.T$ con $C= 2$ cal/K. Sus temperaturas iniciales son 200 K, 250 K y 540 K. ¿Cuál es la máxima cantidad de W que se puede obtener en un proceso donde los tres cuerpos alcanzan la misma T_f ?

TRABAJO PRACTICO N° 8: MAQUINAS TERMODINAMICAS II

Problema 1: Una maquina térmica reversible funciona entre dos depósitos de calor con temperaturas T_1 y T_2 respectivamente ($T_1 > T_2$). Se sugiere que una “caja fría” a temperatura T' ($T' < T_2$) sea mantenida a T' removiendo el calor de la caja fría mediante una bomba térmica reversible que descargue el calor en la fuente T_2 según el siguiente esquema:



¿Se mejora de esta forma la eficiencia?

Problema 2: Un sistema tiene capacidad calorífica $C = A \cdot T^2$, donde $A = 0,01 \text{ cal/K}^3$. El sistema tiene una T inicial de 200 K y se dispone de una fuente térmica a 100 K. ¿Cuál es la máxima cantidad de trabajo que se puede recuperar cuando se enfría el sistema hasta la temperatura de la fuente?

Problema 3: Una heladera se mantiene a una temperatura de 2 °C. Cada vez que se abre la puerta, y se colocan en su interior artículos a la temperatura ambiente, se introduce un promedio de 50 kcal, produciéndose, sin embargo, solo un pequeño cambio en la temperatura del frigorífico. La puerta se abre 15 veces al día, y la heladera opera al 15 % del coeficiente de eficiencia ideal. El costo de la electricidad es de 6 \$/kw-h. ¿Cuál es el importe de la factura mensual correspondiente a la heladera?

Problema 4: Una vivienda debe mantenerse a 21 °C y la temperatura exterior es de 3 °C. La calefacción de la vivienda puede realizarse por cualquiera de los métodos alternativos siguientes:

- 1) Consiste en adquirir trabajo de la compañía eléctrica y convertirlo directamente en calor con un rendimiento $E_e = 0,98$ (usando un radiador eléctrico)
- 2) consiste en adquirir trabajo de la compañía eléctrica y emplearlo en hacer funcionar una bomba de calor que opera al 60 % del coeficiente de diseño termodinámico ideal.
- 3) consiste en instalar una estufa que funciona quemando combustible en el interior de una vivienda con una eficiencia del 90 %.

Si la compañía de electricidad genera energía a partir del mismo combustible que el empleado en el método 3 y con una eficiencia del 41 % (eficiencia del ciclo de Rankine). Calcular:

- a) La relación de consumo de combustible entre el método 1 y el 2, entre el 1 y el 3, y entre el 2 y el 3. En base a estos resultados indicar cuál es el método que consume menos combustible.
- b) ¿Cuál sería el método más barato si la bomba de calor trabajara al máximo coeficiente de diseño posible?
Datos: costo kw-h energía vendida por la compañía: 5,2 \$/kw-h; costo combustible: 2 \$/m³; poder calorífico del combustible: 9300 kcal/m³.
- c) ¿Cuál sería el método más barato si la temperatura exterior es de 10 °C?
- d) ¿Cuál es el cambio de entropía por cada 1000 kcal entregadas a la vivienda si el trabajo empleado por la bomba de calor proviene de una fuente de trabajo reversible?

TRABAJO PRACTICO N° 9: CICLOS TERMODINAMICOS

Problema 1: 10 moles de un gas cuyo comportamiento es ideal, describe de manera reversible las siguientes etapas:

- 1-2 Compresión adiabática
- 2-3 Calentamiento isobárico
- 3-4 Expansión isotérmica
- 4-1 Enfriamiento isobárico

a) A partir de los valores dados en la tabla siguiente, calcular los valores faltantes.

Punto	Presión (atm)	Temperatura (K)	Volumen (L)
1	2	300	
2	5		
3		800	
4			

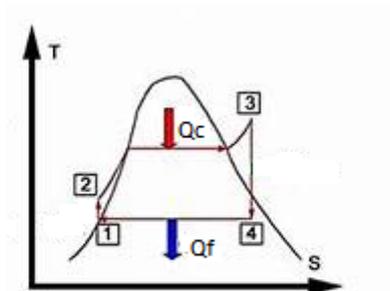
- b) Representar el ciclo en un diagrama P-V
- c) Calcular el rendimiento termodinámico del ciclo.

Datos:

$R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

$\gamma = 1,4$

Problema 2: A partir del siguiente ciclo de Rankine, determinar:



- a) El rendimiento del ciclo
- b) La variación de entropía de la fuente caliente
- c) La variación de entropía de la fuente fría
- d) La pérdida de capacidad de trabajo

Datos:

$Q_c = 5000 \text{ kJ/kg}$

$Q_f = 2000 \text{ kJ/kg}$

Temperatura de la fuente caliente (caldera) = $2000 \text{ }^\circ\text{C}$

Considerar que el rendimiento máximo posible de obtener en base a las condiciones dadas es de $87,11 \%$

TRABAJO PRACTICO N° 10: TRANSFORMADAS DE LEGENDRE

Problema 1: Sea $\psi(x,y,z)=cte$ una función implícita, demostrar que si $z=cte$, se cumple que:

$$\left. \frac{\delta y}{\delta x} \right)_{\psi, z} = - \frac{\left. \frac{\partial \psi}{\partial x} \right)_{y, z}}{\left. \frac{\partial \psi}{\partial y} \right)_{x, z}}$$

si $y=cte$ se cumple que:

$$\left. \frac{\delta z}{\delta x} \right)_{\psi, y} = - \frac{\left. \frac{\partial \psi}{\partial x} \right)_{y, z}}{\left. \frac{\partial \psi}{\partial z} \right)_{x, y}}$$

si $x=cte$ se cumple que:

$$\left. \frac{\delta y}{\delta z} \right)_{\psi, x} = - \frac{\left. \frac{\partial \psi}{\partial z} \right)_{x, y}}{\left. \frac{\partial \psi}{\partial y} \right)_{x, z}}$$

Aplicar esa relación a la función

$$\psi(x, y, z) = 10 \frac{x^3}{yz}$$

Problema 2: Si una función tiene n variables, hay $2^n - 1$ Transformadas de Legendre posibles. Si en un sistema no varia el numero de moles $S=S(U,V)$ Obtener todas las transformadas posibles.

Problema 3: Para una pila electroquímica $U=U(S, V, Q)$; Obtener las Transformadas de Legendre posibles.

Problema 4: Para un gas monoatómico ideal:

$$S = \frac{N}{N_o} \cdot S_o + N \cdot R \cdot \ln \left[\left(\frac{U}{U_o} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \left(\frac{V}{V_o} \right) \cdot \left(\frac{N}{N_o} \right)^{-\frac{5}{2}} \right]$$

Donde S_o es constante.

Obtener las relaciones fundamentales en la representación de Helmholtz, en la representación de Gibbs y en la entalpica.

Problema 5: La relación de las propiedades fundamentales de un sistema simple de composición constante

puede escribirse: $dv = \frac{T}{P} \cdot ds - \frac{1}{P} \cdot du$

Escribir las transformadas de Legendre de V indicando en cada caso las variables naturales.

Problema 6: Deducir la relación:

$$dh = C_p dT + \left[V - T \frac{\partial V}{\partial T} \right] dP$$

TRABAJO PRACTICO N° 11: RELACIONES DE MAXUELL

Problema 1: La relación fundamental en la representación energética de un sistema tiene como variables a la entropía, el área y la carga eléctrica. Encontrar todas las Transformadas de Legendre posibles y con ellas armar los Diagramas mnemotécnicos de Born para deducir las Relaciones de Maxwell correspondientes.

Problema 2: Poner en función de α, k_t y C_p las siguientes derivadas:

$$a) \quad \left(\frac{\partial T}{\partial P} \right)_{S,N} \qquad b) \quad \left(\frac{\partial \mu}{\partial V} \right)_{S,N}$$

Problema 3: Para un proceso cuasi estático se define el coeficiente:

$$B_S = -v \left(\frac{\partial P}{\partial v} \right)_S \qquad \text{Probar que} \qquad B_S = \frac{C_p}{(C_v \cdot k_t)}$$

Problema 4: Demostrando primero que para un sistema cerrado simple

$$\left(\frac{\partial T}{\partial V} \right)_S = \left(\frac{\partial T}{\partial V} \right)_U - \frac{P}{C_V}$$

Deducir la expresión $TV^{(\gamma-1)} = \text{cte.}$ válida para una adiabática reversible de un gas ideal con capacidades caloríficas constantes.

Problema 5: Mostrar que la relación $\alpha = 1/T$ implica que:

$$\left(\frac{\partial C_p}{\partial P} \right)_T = 0 \qquad C_p \neq f(P)$$

Problema 6: Demostrar que para una transformación adiabática en un gas ideal $PV^\gamma = \text{cte.}$

Problema 7: a) Mostrar que el coeficiente de Joule-Thomson se puede escribir en las formas alternativas:

$$\eta = \left(\frac{\partial T}{\partial P} \right)_H = \frac{V}{C_p} \cdot (T\alpha - 1) = - \frac{1}{C_p} \cdot \left[V - T \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P \right]$$

b) ¿Cuál es la temperatura de inversión? ¿Cuánto vale el coeficiente para un gas ideal?.

Problema 8: Usando las transformaciones Jacobianas obtener la relación: $C_v = f(C_p, \alpha, k_T)$

Problema 9: Demostrar que para un gas ideal la pendiente de la curva P-V de una expansión adiabática es mayor que la pendiente de una isoterma.

TERMODINAMICA

TRABAJO PRACTICO N° 12: TRANSICION DE FASE

Problema 1: Un líquido particular hierve a la temperatura de 127 °C a 800 mm de Hg Su calor de vaporización es 1000 cal/mol. ¿A qué temperatura hierve si su presión se eleva a 810 mm Hg ?

Problema 2: La presión del alcohol n-propílico varía con la temperatura según:

T [°C]	50	60	70	80
P [mm Hg]	87.2	147	239	376

a) Calcular el calor latente

b) ¿A qué temperatura la presión es de 200 mm Hg?

Problema 3: La presión de vapor de un determinado líquido puro está expresado por la ecuación:

$$\ln(P_{sat}) = 9,3781 - \left[\frac{3451,8}{(T - 78,67)} \right]$$

Donde P está en atm y T en K. Suponiendo que el vapor se comporte idealmente y que $V_g \gg V_l$. Calcular ΔH a 25 °C.

Problema 4: Calcular el ΔH del n-butano a 280 °F a partir de los siguientes datos:

T (°F)	P (atm)	V_l (ft ³ /lb)	V_g (ft ³ /lb)
260	24.662	0.0393	0.222
270	27.134	0.0408	0.192
280	29.785	0.0429	0.165
290	32.624	0.0458	0.138
305.56	37.470	0.0712	0.0712

Problema 5: En las proximidades del punto triple, la presión de vapor del amoníaco (en atmósferas) viene dado por: $\ln P = 15,16 - \frac{3063}{T}$ Esta es la ecuación de la curva límite líquido - vapor en un diagrama P-T.

Análogamente, la presión del vapor de amoníaco sólido es: $\ln P = 18,7 - \frac{3754}{T}$ curva S-V

¿Cuál es la temperatura y la presión en el punto triple?

¿Cuál es el calor latente de sublimación y vaporización?

¿Cuál es el de fusión en el punto triple?

Problema 6: Una columna vertical de un líquido particular es mantenida a -5 °C. Por debajo de un cierto punto se observa que el material es sólido y por encima líquido. Se varía la temperatura a -5.2 °C y se observa que la interfaz se desplaza 40 cm. El calor latente es 2 cal/g y la densidad del líquido es 1 g/cm³. Calcular la densidad de la fase sólida.

TRABAJO PRÁCTICO N° 13: ECUACIONES DE ESTADO I

Problema 1: Calcúlese la temperatura que posee el CO₂ cuando 70 kg del mismo se encierran en un volumen de 90 l a 200 atm. Usando ley de gases ideales, ecuación de Van der Waals y ecuación de Redlich Kwong.

Problema 2: Determinése el volumen molar del n-butano a 460 K y 15 atm, empleando:

- a) gases ideales
- b) Van der Waals
- c) Ecuación Virial en termino de V con los valores experimentales de $B=-265 \text{ cm}^3/\text{mol}$ y $C=30250 \text{ cm}^6/\text{mol}^2$

Problema 3: Para el SO₂ a 157.5 °C los coeficientes viriales son: $B=-159 \text{ cm}^3/\text{mol}$ y $C=9000 \text{ cm}^6/\text{mol}^2$. Calcular el trabajo una compresión isoterma.

Problema 4: 140 ft³ de metano a 60 °F y 1 atm es equivalente a 1 galón de nafta para el motor de un auto común. Si el metano esta comprimido a 3000 psia y 60 °F. ¿Cuál será el volumen del recipiente para obtener el equivalente a 10 galones de nafta?.

Problema 5: Calcular Z y V para vapor de isopropanol a 200 °C y 10 atm siguiendo los siguientes métodos:

- a) Usar la ecuación Virial truncada $B=-388 \text{ cm}^3/\text{mol}$ $C=-26000 \text{ cm}^6/\text{mol}^2$
- b) Usar la ecuación de Redlich-Kwong.

Problema 6: En un compresor de etapas múltiples el CO₂ se comprime desde 56,64 l P=7.8 atm y T=22 °C, a un volumen de 11,33 l y 30 °C. ¿Cuál es la presión final?.

Problema 7: Un tanque cerrado de 10 ft³ que contiene vapor de etano a 62 F y 360 psia. El etano es calentado hasta alcanzar una temperatura de 400 °F. ¿Cuál es la presión final en psia?

TRABAJO PRACTICO N° 14: ECUACIONES DE ESTADO II

Problema 1: Un gasoducto de 10" de diámetro transporta metano a razón de 70 lbs/seg. a $P=204,12$ atm y $T= 65$ °C. Calcular la densidad del gas a la entrada y su velocidad inicial, suponiendo:

- a) Gases ideales
- b) Ecuación de van der Waals
- c) Ecuación de Redlich-Kwong
- d) Factor de compresibilidad (tablas)

Problema 2: El metano envasado en cilindros de alta presión se utiliza como combustible de emergencia para suplir una demanda de 100000 BTU/h. Si el metano produce 175000 BTU/lbs-mol en la combustión, el volumen de los cilindros es de 2 ft³, la presión de 3000 psia y la temperatura de 70 °F. Cuantos cilindros son necesarios para abastecer la planta de generación de energía durante 48 h?

Problema 3: Calcular el volumen específico del vapor de agua a 1500 psia y 700 °F, usando los siguientes métodos:

- a) Gases ideales
- b) Ecuación de van der Waals
- c) Factor de compresibilidad tablado
- d) Comparar con datos de tablas

Problema 4: Para la producción de oxígeno líquido es necesario que el gas sea comprimido a 100 atm a -90 °C. Oxígeno a presión de 1 atm y 22 °C es llevado hasta estas condiciones. Calcular el volumen del gas comprimido resultante de 280 l originales del gas.

Problema 5: El volumen específico del iso-butano a 70 °F y 45 psia es de 0,0286 ft³/lbs. Calcular el volumen específico a 250 °F y 750 psia.

Problema 6: La densidad del N₂ líquido es de 37,5 lb/ft³ a -153 °C y 25,04 atm. Calcular la densidad a -168 °C y 10,7 atm.

TRABAJO PRACTICO N° 15: DIAGRAMAS TERMODINAMICOS

Problema 1:

1 kg de vapor de agua 6 atm y 250°C se expande reversiblemente en una turbina hasta que se forma una mezcla líquido-vapor con título $x=0,98$.

Dibujar el proceso en un diagrama de Mollier y determinar:

- a) El trabajo realizado por la turbina
- b) El cambio de energía interna
- c) La entalpía del líquido saturado (H_l) equilibrio con la mezcla obtenida.

Problema 2:

Haciendo uso del diagrama T-S para el CO, determinar la cantidad de calor necesaria para llevar el gas desde 100 K y 1 atm hasta 225 K, mediante un proceso isobárico. Representar el proceso en el diagrama. ¿Cuál es la temperatura de inversión del gas en las condiciones de salida?