



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS



Ejercicios propuestos para las asignaturas

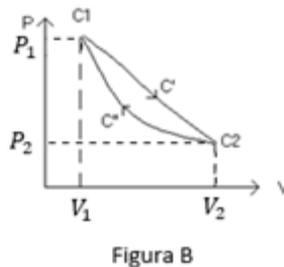
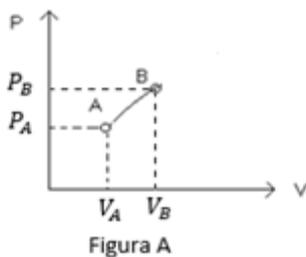
SISTEMAS TERMODINÁMICOS Y ELECTROMAGNETISMO

FUNDAMENTOS DE TERMODINÁMICA Y ELECTROMAGNETISMO

Plan de Estudio 2016

1. Indique la frontera de cada sistema de la lista siguiente y clasifíquelo como abierto, cerrado o aislado:
 - a) El motor de un automóvil.
 - b) Una olla de presión con agua hirviendo.
 - c) Un ser humano. Un río.
 - d) El planeta Tierra y su atmósfera.
 - e) Un compresor de aire.
 - f) Una cafetera.
 - g) Una hielera con hielo y alimentos en su interior.
2. Clasifique a las variables siguientes como intensivas o extensivas, señale las razones por las que las clasifica en una o en otra categoría:
 - a) color
 - b) volumen
 - c) masa
 - d) peso
 - e) densidad
 - f) presión
 - g) tensión superficial
 - h) resistividad
 - i) índice de refracción

3. Identifique en las gráficas siguientes, cuál corresponde a un proceso y cuál corresponde a un ciclo, explique por qué.



4. Describa el experimento que permitió a **J.P. Joule** hallar o determinar el equivalente mecánico del calor. ¿Cuántas calorías equivalen a un joule?
5. Dé al menos cinco ejemplos de sustancias puras, que a temperatura ambiente (20 [°C]) estén en:
- Fase sólida.
 - Fase líquida.
 - Fase gaseosa.
6. Investigue de qué trata el Postulado de Estado en Termodinámica y qué tiene que ver con las propiedades físicas.
7. Una unidad térmica británica (1 [BTU]) eleva la temperatura de una masa de una libra (1 [lb]) de agua en 1 [°F] ¿cuántos [joules] equivalen a un [BTU]? *
8. Transforme 20 [J] en calorías y transforme 40 [cal] en joules.
9. Suministrando una energía de 10 [J] a un bloque de una aleación de aluminio de 5 [g]; su temperatura varía de 20 [°C] a 22 [°C]. Determine la capacidad térmica específica de la aleación, en el SI.
10. Para calentar 800 [g] de una sustancia de 0 [°C] a 60 [°C] fueron necesarias 4000 calorías. Determine, en el SI, la capacidad térmica específica y la capacidad térmica de la sustancia.
11. Para calentar 2000 [g] de una sustancia desde 10 [°C] hasta 80 [°C] fueron necesarias 12000 [J]. Determine, en el SI, la capacidad térmica específica y la capacidad térmica de la sustancia.
12. Considere un bloque de cobre, de masa igual a 500 [g], a la temperatura de 20 [°C]. Donde: $C_{\text{cobre}} = 0.3892 \text{ [J/g}^\circ\text{C]}$. Determine: a) la cantidad de calor que se debe ceder al bloque para que su temperatura aumente de 20 [°C] a 60 [°C] y b) ¿cuál será su temperatura cuando sean cedidas al bloque 10 000 [cal]?*

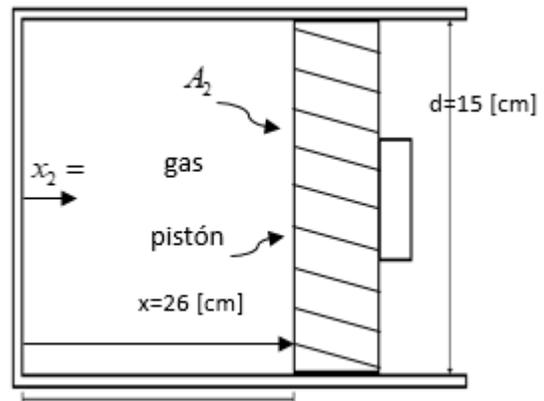
13. ¿Cuál es el cambio de energía interna de un bloque de aluminio de 250 [kg], si pasa de una temperatura inicial de 40 [°C] hasta 5 [°C] y si su capacidad térmica específica es de 910[J/kg·K]? ¿El bloque cedió o ganó energía? Justifique su respuesta.
14. ¿Cuál es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 200 [g] de cobre de 10 [°C] a 80 [°C]? Considere la capacidad térmica específica del cobre como 0.3892 [J/g °C].
15. Durante un ejercicio ligero una persona genera calor a razón de 600 [kcal/h] (697.67 [J/s]). Si 60 [%] del calor se utiliza para evaporar el agua, calcule la masa de agua que pierde la persona en 2 [h] de ejercicio. Se sabe que la entalpia de ebullición del agua, a nivel de mar es $h_{fg} = 2257000$ [J / kg] .
16. Calcule la cantidad de energía necesaria para fundir 25 [g] de oro, si éste está originalmente a 20 [°C]. Se sabe que la capacidad térmica específica del oro sólido es 129 [J/(kg·K)], la temperatura de fusión del oro es 1063[°C] y su entalpia de fusión es 64500 [J/kg].
17. ¿Cuánta energía se requiere para tener vapor de mercurio a 357[°C] si este está líquido originalmente a 15 [°C] y tiene una masa de 10 [g]? La capacidad térmica específica del mercurio líquido es 138 [J/(kg·K)], la temperatura de ebullición del Hg es 357 [°C] y su entalpia de ebullición es 272×10^3 [J/kg].
18. ¿Cuál es la temperatura de equilibrio cuando a 10 [g] de leche a 10[°C] se le agregan 160 [g] de café a 90[°C]?, nota: suponga que la leche y el café tienen una capacidad térmica específica igual a la del agua; es decir $c = 4186$ [J / (kgΔ°C)].
19. Se tienen 1.4 [kg] de hielo a 0 [°C] a nivel del mar y se introducen en una olla. Considere como el sistema sólo a la masa de hielo. Se ponen en contacto con la flama de una hornilla hasta que el sistema alcanza una temperatura de 190 [°C]. Obtenga:
 - a) La cantidad de energía necesaria para transformar el hielo en agua líquida.
 - b) La cantidad de energía necesaria para transformar el agua líquida en vapor de agua.
 - c) El total de la energía que se suministró al sistema.
 - d) La gráfica del proceso del calentamiento sólido a 0[°C] hasta vapor a 100 [°C]. $Q=f(T)$. Considere que la entalpia de fusión del hielo es $h_{sf} = 334880$ [J / kg] , la capacidad térmica específica del agua líquida es 4186[J / kgΔK] y que la entalpia de ebullición del agua es 2,256254[J / kg] .
20. Se usa un litro de agua a 30 [°C] para hacer té helado, se requiere que el té esté a una temperatura de 10 [°C]. Determine:
 - a) La cantidad de hielo necesaria, si éste tiene una temperatura de 0 [°C].
 - b) La masa final de la cantidad de té elaborado.
 - c) El volumen final del té elaborado. Considere que: $h_{fg} = 334000$ [J / kg] , $C_1 = 4486$ [J / kgΔ°C] y $\rho_{\text{agelq}} = 10^3$ [kg / m³] .

Elaboración: Martín Bárcenas Escobar **Revisión:** Gabriel Alejandro Jaramillo Morales, Alicia María Esponda Cascajares, Violeta Bravo Hernández, Jorge Isunza Hernández

21. ¿Cuánto calor hay que transferir para fundir una barra de hierro de masa 10 [kg] que se encuentra a 0 [°C]? Datos: Temperatura de fusión del hierro 1535 [°C], $h_{\text{fusFe}} = 25.080[\text{J}/\text{g}]$, $C_{\text{Fe}} = 0.489[\text{J}/\text{g}\cdot\text{K}]$.
22. En un experimento se suministran 5820 [J] de energía en forma de calor y esto eleva la temperatura de un bloque de aluminio 30 [°C]. Si la masa del bloque de aluminio es de 200 [g], ¿cuál es el valor de la capacidad térmica del aluminio?
23. A una mezcla formada por 30 [g] de agua ($C_a = 4.186[\text{J}/\text{kg}\Delta\text{K}]$) y 60 [g] de alcohol ($C_{\text{al}} = 2.45[\text{J}/\text{g}\cdot\text{K}]$) a 45 [°C] se le agregan 90 [g] de glicerina ($C_g = 2.43[\text{J}/\text{g}\cdot\text{K}]$) a 10 [°C] todo dentro de un calorímetro, y esperamos hasta que alcance el equilibrio térmico. Calcular:
 - a) La temperatura final de la mezcla.
 - b) La cantidad de calor cedido por cada una de las sustancias.
24. Ponemos en contacto en un calorímetro de paredes adiabáticos, 1 [kg] de agua a 60 [°C] con 200 [g] de hielo ($h_{\text{fus}} = 334.4[\text{J}/\text{g}]$, $C_h = 2.13[\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})]$) a -10 [°C]. Calcular la temperatura final de la mezcla.
25. Un sistema termodinámico recibe una cantidad de calor de 100 [cal] y realiza un trabajo de 200 [J]. ¿Cuál fue la variación de energía interna del sistema? Considere que $1[\text{cal}]=4.186[\text{J}]$.
26. Un sistema termodinámico cede una cantidad de calor de 2000 [J], realizándose un trabajo sobre el sistema de 3000 [J]. ¿Cuál fue la variación de energía interna del sistema? Considere que $1[\text{cal}]=4.186[\text{J}]$.
27. Averigüe en la bibliografía de la asignatura el concepto de energía interna. Explíquelo aquí con sus propias palabras.
28. Un trozo de 300 [g] de cobre eleva su temperatura en un horno y enseguida se deja caer en un calorímetro de 500 [g] de aluminio que contiene 300 [g] de agua. Si la temperatura del agua se eleva de 15 a 30 [°C] ¿cuál era la temperatura inicial del cobre? Considere que las capacidades térmicas específicas son: $C_{\text{Cu}} = 390[\text{J}/\text{kg}\Delta\text{K}]$, $C_{\text{Al}} = 910[\text{J}/\text{kg}\Delta\text{K}]$ y $C_{\text{ag}} = 4186[\text{J}/\text{kg}\Delta\text{K}]$.
29. Determinar el caudal de un fluido hidráulico que circula por una tubería con un diámetro interior de 30 [mm] sabiendo que su velocidad es 4 [m/s]. Expresar el resultado en [l /min], [m³/s] y [l /hora].

30. Un caudal de agua circula por una tubería de $1 \text{ [cm}^2\text{]}$ de sección transversal interior a una velocidad de 0.5 [m/s] . Si deseamos que la velocidad de circulación aumente hasta los 1.5 [m/s] , ¿qué sección transversal ha de tener la tubería que conectemos a la anterior?*
31. Por una tubería horizontal de 20 [mm] de diámetro interior circula un fluido con una velocidad de 3 [m/s] .
- Calcular el caudal en $[\ell / \text{min}]$.
 - Calcular la velocidad en otra sección de la misma línea de 10 [mm] de diámetro.
32. Averigüe que es una sustancia simple y una sustancia simple compresible.
33. En una cisterna para agua se sabe que entra un flujo de agua de 10 [kg/min] y salen de ésta, mediante una bomba, 1.3 [kg/min] . Obtenga:*
- El gasto másico en unidades del SI $[\text{kg/s}]$.
 - El aumento de masa por unidad de tiempo. *
 - La cantidad de masa que se acumula en 15 minutos.*
34. En un tanque cilíndrico de oscilación o alivio para gasolina se tienen dos entradas y dos salidas de gasolina; las dos entradas tienen un gasto másico de 1.6 y 2.1 [kg/s] ; mientras que las salidas tienen gastos de 1.8 y 1.9 [kg/s] respectivamente. Obtenga:*
- La variación de masa en el tanque de oscilación (volumen de control).
 - Si la entrada de 1.6 [kg/s] aumenta su flujo a 2.0 [kg/s] , ¿Cuánta masa se acumula en el tanque en 2 minutos?
 - Calcule la altura mínima que debe tener el tanque cilíndrico si se sabe que antes de la variación indicada en el inciso b), éste contenía 1000 [kg] de gasolina y un radio de 90 [cm] . La densidad de masa de dicha gasolina es de $968 \text{ [kg/m}^3\text{]}$. $h_{\text{min}} = 0.4060 \text{ [m]}$.
35. Una manguera para agua de 2 [cm] de diámetro interior se usa para llenar una cubeta de 20 litros. Si la cubeta tarda 1 [minuto] en llenarse, obtenga en el SI:*
- La rapidez v con la que sale el agua de la manguera.
 - Si el diámetro de la manguera se reduce de 2 a 1 [cm] y suponemos el mismo flujo de agua. ¿cuál será la rapidez con la que sale el agua de la manguera?
36. Por una tubería horizontal de 20 [mm] de diámetro circula un fluido con una velocidad de 3 [m/s] .
- Calcular el caudal en $[\ell / \text{min}]$.
 - Calcular la velocidad en otra sección de la misma línea de 10 [mm] de diámetro.
37. Por una manguera de riego de 2 [cm] de diámetro interior circula un flujo de agua de 15 litros en cada minuto. La boquilla de la manguera tiene un diámetro interior de 1 [cm] . Determinar la velocidad de salida del agua y el tiempo que tardaremos en llenar un recipiente de 45 [litros] empleando esta manguera. ¿Cambiaría dicho tiempo si se cambia la boquilla de salida por otra cuyo diámetro interior sea $0,75 \text{ [cm]}$?

38. Un tanque de agua de 4000 [litros] de capacidad y 2 [m] de altura tiene un grifo situado en su base que puede considerarse como una abertura de 1 [cm²] de sección. Hágase una suposición razonable para determinar la velocidad de salida del agua cuando se abre el grifo, y calcular el tiempo que tardaríamos en llenar un cubo de 20 [litros].
39. Por una tubería de 45 [cm] de diámetro circula un fluido de densidad relativa [0.85], con una velocidad de 25 [cm/s]. Si el orificio de salida de la tubería es de 1 pulgada, determinar el gasto másico de salida.
40. Por un conducto cilíndrico de 2 [pulgadas] de diámetro circula aire que tiene una densidad de 2.71 [kg/m³]. Si la velocidad del aire es de 4.2 [m/s], ¿cuál es el gasto másico de aire que circula por la tubería?
41. Una cierta cantidad de gas ejerce una presión uniforme de 1.35 [bar] (manométricos) sobre un pistón de [25.5] [cm] de diámetro dentro de un cilindro horizontal, haciendo que se desplace 15 [cm]. En un barómetro se lee una columna de 700 [mm] de mercurio, ¿cuánto trabajo realiza el gas? Considere que la densidad del mercurio es 13600[kg/m³] y que la aceleración gravitatoria es $g = 9.81[m/s^2]$.



42. El pistón de la figura tiene un diámetro de 15 [cm] y un peso de 35.6 [N]. Cuando el pistón se encuentra a una distancia $x_1 = 26 \text{ cm}$ del fondo del cilindro, la presión en el gas atrapado en el cilindro es 1.01325 bar. Si la presión es inversamente proporcional al volumen, calcule el trabajo que se requiere para situar el pistón en $x_2 = 6.5 \text{ cm}$. Considere que el pistón se mueve sin fricción.
43. Una embotelladora de agua tiene una tubería que es capaz de llenar 220 botellas de 355 [ml] en cada [minuto]. A la entrada de la tubería se tienen 152 [kPa] y un área del tubo de 8 [cm²]; a la salida de la tubería tiene una altura de 1.35 [m] y un área de 2 [cm²] Calcule en el SI:*
- El gasto másico de la tubería.
 - El gasto volumétrico.
 - La rapidez a la entrada y a la salida de la tubería.
 - La presión manométrica a la salida.

Elaboración: Martín Bárcenas Escobar **Revisión:** Gabriel Alejandro Jaramillo Morales, Alicia María Esponda Cascajares, Violeta Bravo Hernández, Jorge Isunza Hernández

44. Averigüe los valores de las capacidades térmicas específicas C_p (a presión constante) y C_v (a volumen constante) para el aire y algunos otros gases, en el SI:

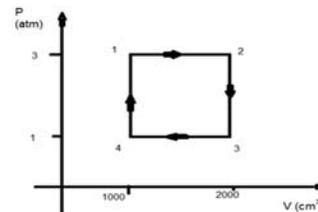
Gas ideal	k[1]	C_p [kJ/kgK]	C_v [kJ/kgK]	R [J/kg°K]
aire				
argón				
helio				
hidrógeno				
neón				
nitrógeno				
oxígeno				

45. ¿Qué se entiende por *gas ideal*? Describa las características principales.
46. Realice un diagrama VP del siguiente proceso: 2 [litros] de un gas ideal a presión atmosférica se enfrían a presión constante hasta alcanzar un volumen de 1 [litro] y luego se expanden isotérmicamente hasta recuperar el volumen inicial. A partir de allí, la presión aumenta a volumen constante hasta que alcanza la presión original.
47. Un gas ideal con un volumen de 400 [dm³] se expande a presión constante 450 000 [Pa] hasta ocupar un volumen de 720 [dm³]. Luego, se enfría a volumen constante hasta que alcanza la temperatura inicial. Determine:
- El trabajo de expansión.
 - El calor trabajo desarrollado por el gas durante el segundo proceso.
 - La variación de energía interna desde el estado inicial 1 al final 3.
48. Una cierta cantidad de gas neón que se encuentra a 1 atmósfera de presión (101325 [Pa]) y 273 [K] experimenta una compresión adiabática reduciendo su volumen a la mitad. Determine la presión y la temperatura finales. Considere que para el neón $C_p = 1029.98$ [J/kg°K] y $C_v = 617.99$ [J/kg°K].
49. Un [mol] de hidrógeno a 1 atmósfera (101325 [Pa]) de presión y 0 [°C] se comprime isotérmicamente hasta que su volumen se reduce a la mitad. Luego se expande adiabáticamente hasta recuperar la presión inicial; considerando que para este gas $C_p = 14307$ [J/kg°K] y $C_v = 10183$ [J/kg°K]. Calcule:
- El trabajo realizado en cada proceso y el trabajo neto en los dos procesos.
 - El calor transferido en cada proceso y el calor neto transferido en los dos procesos.
 - La variación de energía interna en cada proceso y la variación neta de energía interna en los dos procesos.

Elaboración: Martín Bárcenas Escobar **Revisión:** Gabriel Alejandro Jaramillo Morales, Alicia María Esponda Cascajares, Violeta Bravo Hernández, Jorge Isunza Hernández

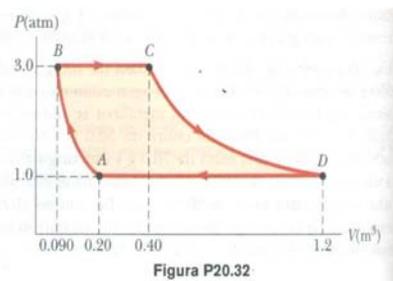
50. Calcular el trabajo que se realiza cuando se comprimen 0.1 [mol] de He a 298 [K], desde un volumen de 2 [l] hasta un volumen de 1 [l], frente a una presión externa de 2.44 [atm].
51. Calcular el trabajo que se realiza cuando se expanden 0.100 [mol] de He a 298 [K] desde un volumen inicial de 1.00 [l] hasta un volumen final de 2.00 [l], frente a una presión externa de 1.22 [atm].

52. Supóngase que 0,1 [mol] de un gas sufre el proceso cíclico que muestra la figura. Calcular el trabajo [W] en cada proceso y en el ciclo completo. Considere que 1 [atm]=101 325 [Pa].



53. Un [mol] de un gas ideal realiza 3000 [J] de trabajo sobre su entorno cuando se expande de manera isotérmica a una presión final 1.00 [atm] y volumen de 25.0 [l]. Determine:
- El volumen inicial.
 - La temperatura del gas.
54. Un gas ideal inicialmente a 300 [K] experimenta una expansión isobárica a 2.50 [kPa]. Si el volumen aumenta de 1.00 [m³] a 3.00 [m³], 12.5 [kJ] se transfieren al gas por calor, ¿Cuáles son:
- El cambio de su energía interna.
 - Su temperatura final.
55. Un gas se comprime a una presión constante de 0.8 [atm] de 9 [l] a 2 [l]. En el proceso, 400 [J] de energía salen del gas por calor.
- ¿Cuál es el trabajo realizado sobre el gas?
 - ¿Cuál el cambio en su energía interna?

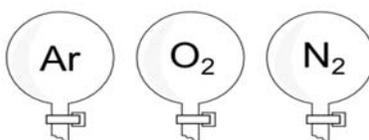
56. Una muestra de un gas ideal pasa por el ciclo que se muestra en la figura. De A a B, el proceso es adiabático; de B a C es isobárico con 100 [kJ] de energía entrando al sistema por calor. De C a D, el proceso es isotérmico; de D a A es isobárico con 150 [kJ] de energía saliendo del sistema por calor. Calcule para cada uno de los cuatro procesos ΔU , Q y W, así como el trabajo neto y el calor neto del ciclo. Considere 1 [mol] de aire, como la muestra del gas ideal.



57. Se tiene un gas a una presión constante de 560 [mm] de Hg, el gas ocupa un volumen de 23 [cm³] a una temperatura que está en 69[°C]. ¿Qué volumen ocupará el gas a una temperatura de 13[°C]?

58. El volumen de una muestra de oxígeno es 2.5 [litros] a 50[°C] ¿Qué volumen ocupará el gas a 25[°C] si la presión permanece constante?
59. Un gas, a una temperatura de 35[°C] y una presión de 440 [mm] de Hg, se calienta hasta que su presión sea de 760 [mm] de Hg. Si el volumen permanece constante, ¿Cuál es la temperatura final del gas en [°C]? Considere que $\rho_{\text{Hg}} = 13600[\text{kg}/\text{m}^3]$ y $g = 9.78[\text{m}/\text{s}^2]$.
60. La presión del aire en un matraz cerrado es de 460 [mm] de Hg a 45[°C]. ¿Cuál es la presión del gas si se calienta hasta 125[°C] y el volumen permanece constante? Considere que $\rho_{\text{Hg}} = 13600[\text{kg}/\text{m}^3]$ y $g = 9.78[\text{m}/\text{s}^2]$.
61. Una muestra de oxígeno ocupa 4.2 litros a 760 [mm] de Hg. ¿Cuál será el volumen del oxígeno a 415 [mm] de Hg, si la temperatura permanece constante? Tome $\rho_{\text{Hg}} = 13600[\text{kg}/\text{m}^3]$ y $g = 9.78[\text{m}/\text{s}^2]$.
62. Un gas ocupa 1.5 [litros] a una presión de 2.5 [atm]. Si la temperatura permanece constante, ¿Cuál es la presión en [mm] de Hg, si se pasa a un recipiente de 3 [litros]? Considere que $1\text{atm} = 101325[\text{Pa}]$.

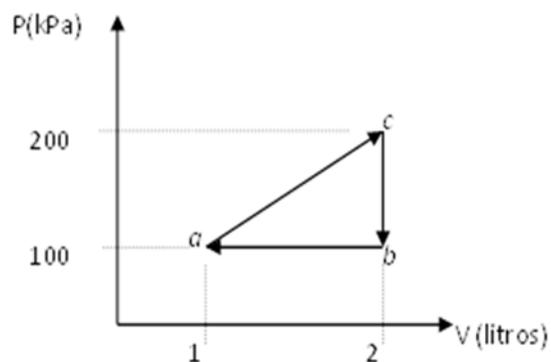
63. La hipótesis y la ley de Avogadro describen la relación entre las moles de un gas y el volumen del mismo. Resultados de la experimentación han determinado que bajo condiciones normales de presión y temperatura (273 [K] y 760 [mm] Hg), el volumen molar de un gas es $k = 22.4$ [litros/mol]. ¿Cuántas [moles] de un gas están presentes en 10 [litros] en condiciones normales?



Volumen	22.4 lt	22.4 lt	22.4 lt
Masa	40 gr	32 gr	28 gr
Cantidad	1 mol	1 mol	1 mol
Presión	1 atm	1 atm	1 atm
Temperatura	273 K	273 K	273 K

64. Conservando la presión y temperatura constantes, redujimos 3.4 [moles] de un gas desconocido desde 14 [litros] hasta 7 [litros], ¿Cuántas [moles] de ese gas tenemos ahora?
65. A presión de 17 [atm], 34 [l] de un gas a temperatura constante experimenta un cambio ocupando un volumen de 15 [l] ¿Cuál será la presión que ejerce?
66. ¿Qué volumen ocupa un gas a 980 [mm]Hg, si el recipiente tiene finalmente una presión de 1,8 [atm] y el gas se comprime a 860 [cc]? Considere que $\rho_{\text{Hg}} = 13600[\text{kg}/\text{m}^3]$ y $g = 9.78[\text{m}/\text{s}^2]$ además la temperatura permanece constante.

67. A presión constante, un gas ocupa 1.500 [ml] a 35 [°C] ¿Qué temperatura es necesaria para que este gas se expanda hasta alcanzar los 2.6 [L]?
68. ¿Qué volumen ocupa un gas a 30 [°C], a presión constante, si esta temperatura empírica disminuye un tercio (1/3), ocupando 1.200 [cc]?
69. A volumen constante un gas ejerce una presión de 880 [mm]Hg a 20[°C] ¿Qué temperatura habrá en el gas si la presión aumenta en 15 %? Considere que $\rho_{\text{Hg}} = 13600[\text{kg}/\text{m}^3]$ y $g = 9.78[\text{m}/\text{s}^2]$.
70. Cuando un gas a 85[°C] y 760 [mm]Hg, a volumen constante en un cilindro, se comprime, su temperatura empírica (la que se mide en °C) disminuye dos tercios (2/3) ¿Qué presión ejercerá el gas?
71. Un gas refrigerante entra en un volumen de control (sistema abierto), que está en estado estacionario, a través de un tubo con diámetro interno de 1.50 [cm] a una velocidad de 4.53 [cm/s] y tiene un volumen específico de 24.07 [cm³/g]. Sale del volumen de control a través de un tubo con área de sección transversal interior de 0.35 [cm²] y con una rapidez de 33.2 [m/s]. Determine:
- El gasto o flujo másico de gas en [kg/s] y [kg/min].
 - La densidad, en kg/m³, del gas refrigerante a la salida del volumen de control.
72. Un gas está confinado en un cilindro vertical por un émbolo de 2 [kg] de masa y 1 [cm] de radio. Cuando se le proporcionan 5 [J] en forma de calor, el émbolo se eleva 2.4 [cm]. Si la presión atmosférica es de 10⁵ [Pa] Considere que $g = 9.78[\text{m}/\text{s}^2]$, obtenga:
- El trabajo realizado por el gas.
 - El cambio en la energía interna del gas.
73. Un gas confinado en un cilindro-émbolo experimenta el proceso representado por la línea recta *ac* de la figura, el sistema absorbe 180 [J] de energía en forma de calor. Determine:
- El trabajo realizado por el sistema al pasar de "a" a "c".
 - Si $U_a = 100$ [J], cuánto vale U_c .
 - El trabajo realizado por el gas cuando regresa a "a" pasando por "b".
 - El calor transferido en el proceso "c-b-a".



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

Gas		Masa (m)	Masa molecular (M)	Constante particular (R_p)	Número de moles (n)
Hidrógeno	H ₂	1.36 [kg]	2.01 [kg/kmol]		
Nitrógeno	N ₂	7.29 [kg]	28.0 [kg/kmol]		
Oxígeno	O ₂	15.9 [kg]	32.0 [kg/kmol]		
Helio	He	11.3 [kg]	4.0 [kg/kmol]		
Neón	Ne	17.82 [kg]	20.18 [kg/kmol]		

Recuerde que: $n = \text{masa} / \text{masa molecular} = m/M$; $R_u = R_p M$ y $R_u = 8\,314 \text{ [J/kmol K]}$

75. El conjunto de procesos mostrado describe un ciclo, comienza en el estado A. El proceso de A a B es una reducción de presión a volumen constante. El proceso de B a C es un aumento de volumen a presión constante. El proceso de C a A es una compresión isotérmica. La sustancia de trabajo (sistema) es un gas ideal con $n = 0.75 \text{ [mol]}$, $k = 1.4$, $c_p = 29.1 \text{ [J/molK]}$ y $c_v = 20.8 \text{ [J/molK]}$. Las presiones absolutas en A y en B son respectivamente: 3.2 [kPa] y 1.2 [kPa] . Si el volumen inicial, en A, es $0.21 \text{ [m}^3\text{]}$, calcule Q, W y ΔU para cada uno de los tres procesos que forman este ciclo.

Recuerde que: $n = \text{masa} / \text{masa molecular} = m/M$; $R_u = R_p M$ y $R_u = 8\,314 \text{ [J/kmol K]}$

76. Un tanque, a nivel del mar ($P_{\text{atm}} = 10^5 \text{ [Pa]}$) que contiene 5 [kmol] de H₂ a $P_{\text{man}} = 10 \times 10^5 \text{ [Pa]}$ y 303 [K] tiene una válvula de seguridad que abre cuando la presión en el tanque alcanza un valor de $P_{\text{man}} = 11 \times 10^5$.

a) ¿Cuál es el volumen del tanque?

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

77. Escriba la ley del gas ideal en función de la densidad de masa, en $[\text{kg/m}^3]$. Para una $T = 0 \text{ [}^\circ\text{C]}$ y una $P_{\text{abs}} = 1 \text{ [atm]}$ determinar la densidad de los gases:

a) Oxígeno.

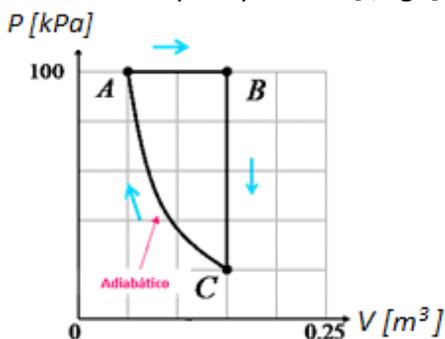
b) Hidrógeno.

c) Nitrógeno.

78. Un cubo de 10 [cm] de lado se llena de oxígeno a 0[°C] y una atmósfera de presión. A continuación, el cubo se sella y se eleva su temperatura a 30[°C]. ¿Cuál es la fuerza que ejerce el gas sobre cada cara del cubo?

Recuerde que: $n = \text{masa} / \text{masa molecular} = m/M$; $R_u = R_p M$ y $R_u = 8\,314 \text{ [J/kmol K]}$

79. La figura siguiente muestra un ciclo con aire como gas ideal. Si la temperatura del aire en el estado A es 550 [K], llene la tabla con los cálculos de: Q, W y ΔU en cada proceso, en el SI. También calcule la cantidad neta de energía en forma de trabajo realizado por el gas en este ciclo. ¿En cuál proceso de este ciclo fue suministrada energía en forma de calor y en qué cantidad? Considere que $R_p = 286.7 \text{ [J/kgK]}$ y $C_p = 1003.7 \text{ [J/kgK]}$.



	Q	W	ΔU
A → B			
B → C			
C → A			

80. Por una tubería, a nivel del mar ($g = 9.81 \text{ [m/s}^2\text{]}$), circula agua con un flujo uniforme. En una sección la presión es 25 [kPa] y tiene un diámetro de 8.0 [cm] y en otra sección, 50 [cm] más alto, la presión es 15 [kPa] y su diámetro de 4.0 [cm].

- Encuentre la velocidad del agua en ambos puntos.
- Determine el flujo de masa en la tubería.

81. Se emplea una bomba para tomar agua de un lago a razón de 1 [m³/s] y elevar su presión de 120 a 700 [kPa], con el fin de alimentar la tubería principal de los bomberos de una estación cercana al lago. Si la bomba es adiabática y sin fricción, ¿cuál es la potencia necesaria para la bomba?

82. Una corriente de 9 [kg/s] de un fluido entra a un equipo a 30 [m/s], 13.8 [bar], 0.122 [m³/kg] y una energía interna específica de 422 [J/g]. Sale del equipo a 140 [m/s], 1.013 [bar], 0.805 [m³/kg] y una energía interna específica de 208 [kJ/kg]. Si la sustancia recibe 4.22 [kJ/s] en su paso por el equipo, ¿cuál es la potencia mecánica que desarrolla la corriente del fluido?

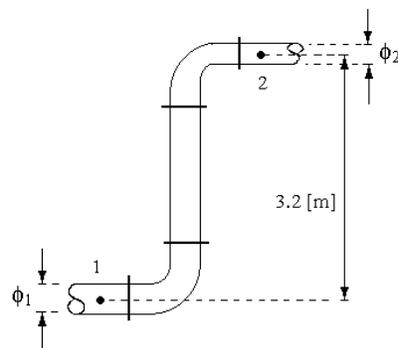
83. Para el nuevo edificio de Ingeniería Civil, es necesario comprar un compresor para disponer de aire desde la presión atmosférica y 25 [°C], hasta 10 [atm] y 600[°C]; además la velocidad de salida del aire del compresor no debe exceder 10 [m/s]. Considere que el compresor es adiabático y sin fricción; ya que la capacidad térmica específica del aire es $1003.7 \text{ [J/kgK]} = \text{cte}$.

- ¿Cuánto trabajo se requiere para comprimir cada kilogramo de aire?

b) ¿Cuál es la potencia requerida para impulsar el compresor, si se desean comprimir 2 [kg/s] de aire?

84. En un conducto, como el que se muestra en la figura, circula un líquido no viscoso de 860 [kg/m³]. Se midió la diferencia de presiones entre los puntos 1 y 2, registrándose $P_1 - P_2 = 30.5$ [kPa]. Sabiendo que el sistema opera bajo régimen estacionario y que puede considerarse en un proceso adiabático, determine:

- La rapidez del líquido en el punto 1 en función de la que tiene en el punto 2, es decir $v_1 = f(v_2)$.
- La rapidez del fluido en el punto 1, es decir v_1 .
- El gasto volumétrico que circula por el ducto. Exprese el resultado en [λ/min].



$$g = 9.78 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$\phi_1 = 2.5 \text{ [cm]}$$

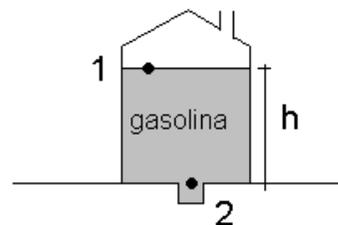
$$\phi_2 = \frac{1}{2} \phi_1$$

85. Entra agua en una casa por un tubo con diámetro interior de 2.0 [cm] a una presión manométrica de 40 [kPa]. Un tubo de 1.0 [cm] de diámetro interior va al cuarto de baño del segundo piso, 5 [m] más arriba. Si la rapidez del flujo en el tubo de entrada es de 1.5 [m/s], si $g = 9.78 \text{ [m/s}^2\text{]}$ calcule, en el cuarto de baño:

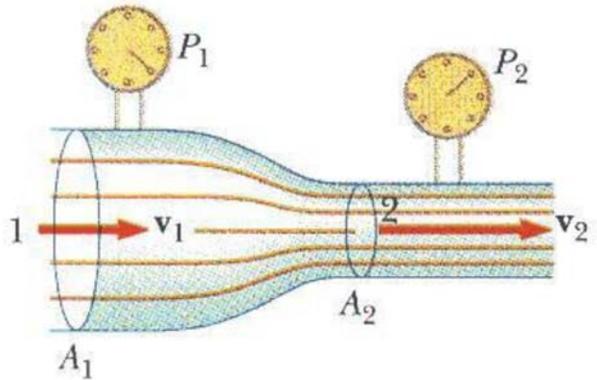
- La rapidez con la que sale el agua.
- La presión manométrica con la que sale el agua.
- El gasto volumétrico.

86. La figura muestra un tanque de almacenamiento de gasolina con área transversal A_1 y abierto a la atmósfera. La gasolina en el tanque alcanza una altura $h=3.5$ [m] y lo restante es aire a la presión atmosférica. La gasolina sale por un tubo corto de área A_2 . Si el tanque es cilíndrico, con 3 [m] de diámetro y el tubo corto tiene un diámetro interior de 20 [cm] y $g = 9.78 \text{ [m/s}^2\text{]}$, obtenga:

- La rapidez del flujo en el tubo corto.
- El gasto o flujo volumétrico en el tubo
- Compare la rapidez obtenida en a), con la que se obtendría si se calcula con $v_2 = \sqrt{2gh}$.



87. El tubo horizontal estrecho ilustrado en la figura, conocido como tubo de Venturi, puede utilizarse para medir la velocidad de flujo en un fluido incompresible. Determine la ecuación para determinar la velocidad de flujo en el punto 2 si se conoce la diferencia de presiones ($P_1 - P_2$).



Respuestas

1. Solución:

- Sistema abierto, pues toma aire de la atmósfera y expulsa gases de combustión a temperaturas elevadas, disipa calor al ambiente.
- Sistema abierto, pues recibe calor del entorno y deja escapar vapor.
- Es un sistema abierto (mientras está vivo).
- Es un sistema abierto.
- Es un sistema abierto.
- Es un sistema abierto, en tanto esté operando.
- Es un sistema cerrado en tanto no hierva el agua.
- Es un caso típico de sistema aislado.

2. Solución:*

- Intensiva
- Extensiva
- Extensiva
- Extensiva
- Intensiva
- Intensiva
- Intensiva
- Intensiva
- Intensiva
- Intensiva

3. Solución:*



4. Solución:

$$1[\text{cal}] = 4.186[\text{J}] \text{ o } 0.2389[\text{cal}] = 1[\text{J}]$$

5. Solución:

- Oro, plata, hierro, cobre, silicio, germanio.
- Agua, mercurio, alcohol, benceno, gasolina.
- Hidrógeno, oxígeno, argón, helio, nitrógeno.

6. Solución:

Postulado de Estado.

La palabra estado representa la totalidad de las propiedades macroscópicas asociadas con un sistema. Cualquier sistema que muestre un conjunto de variables identificables tiene un estado termodinámico, ya sea que esté o no en equilibrio. Se dice que dos sistemas termodinámicos separados, A y B, tienen el mismo estado termodinámico si cualquier propiedad termodinámica medida en el sistema A es igual a la del sistema B.

Ha resultado de la experiencia y del conocimiento de las propiedades de las sustancias un postulado, llamado **postulado de estado** que establece lo siguiente:

El número de propiedades intensivas e independientes necesarias para determinar el estado termodinámico de un sistema, es igual al número de formas relevantes de realizar trabajo, más uno.

$$N_0 = F_R + 1$$

Donde:

N_0 : número de propiedades intensivas e independientes necesarias para determinar el estado termodinámico de un sistema.

F_R : número de formas relevantes que tiene el sistema de realizar trabajo.

Esto es, en el caso más simple, conociendo dos de las propiedades independientes del sistema se puede conocer el valor de las demás propiedades, utilizando gráficas, tablas de propiedades termodinámicas o ecuaciones de estado. Así mismo, se dice que ocurre una transformación en el sistema si, cambia al menos el valor de una variable de estado del sistema a lo largo del tiempo. Si el estado inicial es distinto del estado final, la transformación es abierta. Si los estados inicial y final son iguales, la transformación es cerrada. Si el estado final es muy próximo al estado inicial, la transformación es infinitesimal. Cualquier transformación puede realizarse de muy diversas maneras. El interés de la Termodinámica se centra en los estados inicial y final de las transformaciones, independientemente del camino seguido. Eso es posible gracias a las funciones o ecuaciones de estado.

7. Solución:

$$1 \text{ BTU} = 1055 \text{ [J]}$$

8. Solución:

$$\text{a) } 20 \text{ [J]} = 4.7778 \text{ [cal]}$$

$$\text{b) } 40 \text{ [cal]} = 167.44 \text{ [J]}$$

Elaboración: Martín Bárcenas Escobar **Revisión:** Gabriel Alejandro Jaramillo Morales, Alicia María Esponda Cascajares, Violeta Bravo Hernández, Jorge Isunza Hernández

9. Solución:

$$C_{Al} = 1000 \left[\frac{J}{kg \Delta^{\circ}C} \right]$$

10. Solución:

$$c_s = 348.83 \left[\frac{J}{kg \Delta^{\circ}C} \right]$$

$$C = 279.07 \left[\frac{J}{\Delta^{\circ}C} \right]$$

11. Solución:

$$c_s = 85.7143 \left[\frac{J}{kg \Delta^{\circ}C} \right]$$

$$C = 171.4286 \left[\frac{J}{\Delta^{\circ}C} \right]$$

12. Solución:

a) $Q = 7784 [J]$

b) $T_3 = 235.108 [^{\circ}C]$

13. Solución:

$\Delta U = -7962500 [J]$, el bloque cedió esta energía al ambiente ya que su temperatura disminuyó.

14. Solución:

$$Q = 5448.8 [J]$$

15. Solución:

$$m_{\text{agua}} = 1.335 [kg]$$

16. Solución:

$$E_{\text{TOT}} = 4976.2 [J]$$

17. Solución:

$$E_{\text{TOT}} = 3191.96 [J]$$

18. Solución:

$$T = 85.29 [^{\circ}C]$$

19. Solución:

a) $Q_{fus} = 468832 [J]$

b) $Q_{ebull} = 3158755.6 [J]$

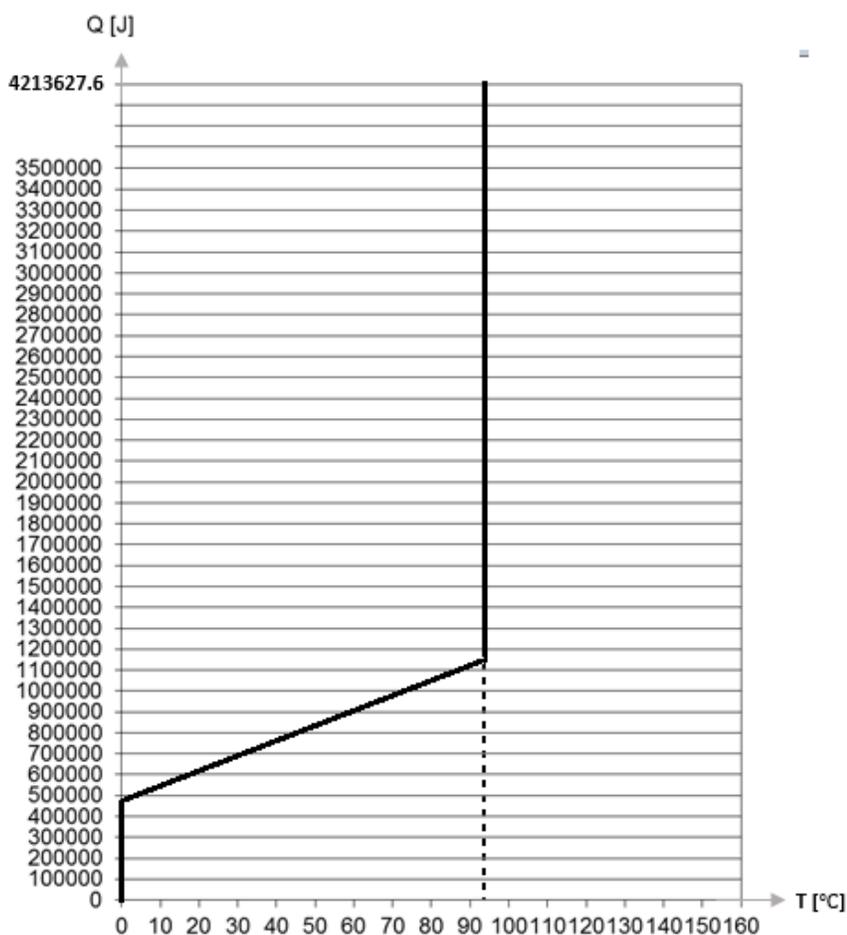
$Q_{fus} = 498832 [J]$, la temperatura cte = $0 [^{\circ}C]$; $Q_{acum.} = 468832 [J]$

c) $Q_{100} = 586040 [J]$, la temperatura sube de 0 a $100 [^{\circ}C]$; $Q_{acum.} = 1054872 [J]$

$Q_{ebull} = 3158755 [J]$, la temperatura cte = $100 [^{\circ}C]$; $Q_{acum.} = 4213627.6 [J]$

d) La gráfica.

T [°C]	Q [J]
0	468832
5	498134
10	527436
15	556738
20	586040
25	615342
30	644644
35	673946
40	703248
45	732550
50	761852
55	791154
60	820456
65	849758
70	879060
75	908362
80	937664
85	966966
90	996268
95	1025570
100	4213627.6



20. Solución:

a) $m_h = 0.2227 [kg]$

b) $m_{liq. final.} = 1.2227 [kg]$

c) $v_{liq} = 1.2227 [l]$

Elaboración: Martín Bárcenas Escobar **Revisión:** Gabriel Alejandro Jaramillo Morales, Alicia María Esponda Cascajares, Violeta Bravo Hernández, Jorge Isunza Hernández

21. Solución:

$$Q = 7756950[\text{J}]$$

22. Solución:

$$C_{Al} = 970\left[\frac{\text{J}}{\text{kg}\Delta^{\circ}\text{C}}\right].$$

23. Solución:

a) $T = 29.42[^{\circ}\text{C}]$

b) El agua cede $\approx -1956.54[\text{J}]$ y el alcohol cede $\approx -2290[\text{J}]$.

24. Solución:

$$T = 35.84[^{\circ}\text{C}]$$

25. Solución:

$$\Delta U_{12} = 218.6[\text{J}]$$

26. Solución:

$$\Delta U_{12} = 1000[\text{J}]$$

27. Solución:

La energía interna o energía propia es toda aquella energía que se asocia a los materiales debido a su masa o a su carga eléctrica, es aquella energía que nos permite hacer el balance de la energía de acuerdo con el principio de conservación. Se distingue claramente de la energía potencial gravitatoria, de la cinética y por supuesto del trabajo y del calor.

28. Solución:

$$T_{icu} = 249.33[^{\circ}\text{C}]$$

29. Solución:

$$Q = 10178.76\left[\frac{1}{\text{h}}\right]$$

30. Solución:

$$A_2 = \frac{1}{3}[\text{cm}^2]$$

31. Solución:

a) $Q = 56.5487\left[\frac{1}{\text{min}}\right]$

b) $U_2 = 12\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]$

32. Solución:

Sustancia simple es aquella que tiene solo una forma de realizar trabajo al variar sus propiedades.

Sustancia simple comprensible es la que realiza trabajo a partir de sus variaciones de volumen, con su expansión; los gases son sustancias de este tipo.

33. Solución:

$$\frac{\Delta m_e}{\Delta t_e} = 0.1667 \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$

a)

$$\frac{\Delta m_s}{\Delta t_s} = 0.0217 \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$

b)

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = 0.145 \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$

c)

$$\Delta m_{15\text{min}} = 130.5 \text{ [kg]}$$

34. Solución:

a) $\frac{\Delta m}{\Delta t} = 0 \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$

b) $\Delta m = 48 \text{ [kg]}$

c) $h_{\text{min}} = 0.4060 \text{ [m]}$

35. Solución:

De la ecuación de continuidad $\rho G = \rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$, donde ρ es la densidad del fluido:

a) $v = 1.061 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$

b) $V_2 = 4.244 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$

36. Solución:

a) $Q = 56.549 \left[\frac{\text{l}}{\text{min}} \right]$

b) $Q = 12 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$

37. Solución:

$$\Delta t = 3 \text{ [min]}$$

38. Solución:

$$\Delta t = 31.98 \text{ [s]}$$

39. Solución:

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = 33.80 \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$

40. Solución:

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = 0.02307 \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$

41. Solución:

$$W_2 = -1749.59 [\text{J}]$$

42. Solución:

$$W_2 = +645.38 [\text{J}]$$

43. Solución:

a) $\frac{\Delta m}{\Delta t} = 1.302 \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$

b) $Q = 1.302 \times 10^{-3} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$

c) $v_s = 6.508 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$

d) $P_{\text{mans}} = 0 [\text{Pa}]$

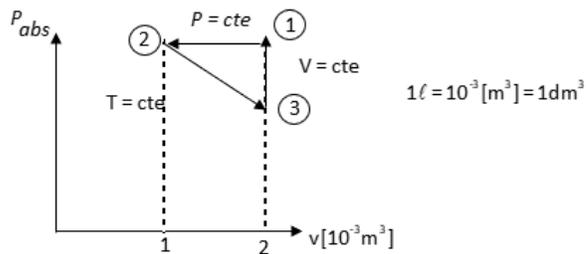
44. Averigüe los valores de C_p y C_v para el aire y algunos gases.

Gas ideal	k [1]	C_p [kJ/kgK]	C_v [kJ/kgK]	R [J/kg°K]
aire	1.4	1.0052	0.7180	287.2
argón	1.6668	0.5207	0.3124	208.3
helio	1.6666	0.5207	3.1156	2077.0
hidrógeno	1.405	14.307	10.183	4124.0
neón	1.6666	1,029.975	0.617985	411.99
nitrógeno	1.400	1.0393	0.7423	2970.0
oxígeno	1.3945	0.9190	0.6590	260.0

45. Solución:

El gas ideal también se conoce como gas perfecto y es una idealización del comportamiento de los gases reales. El gas ideal es aquel que se comporta de acuerdo con las leyes de Boyle Mariote, de Charles, de Gay-Lussac, de Joule y de Avogadro.

46. Solución:



47. Solución:

- a) ${}_1W_2 = -144000[\text{J}]$
- b) ${}_2W_3 = 0[\text{J}]$
- c) $\Delta U_{13} = 0$

48. Solución:

$$P_2 = 321694.26[\text{Pa}]$$

$$T_2 = 433.37[\text{K}]$$

49. Solución:

- a) $W_3 = 548.34[\text{J}]$
- b) $Q_3 = -1574.1[\text{J}]$
- c) $\Delta U_{23} = -1028.88[\text{J}]$
 $\Delta U_{13} = (0 - 1028.88)[\text{J}]$

50. Solución:

$$W_2 = 247.233[\text{J}]$$

51. Solución:

$$W_2 = -123.6165[\text{J}]$$

52. Solución:

$$W_{\text{neto}} = -202.650[\text{J}]$$

53. Solución:

$$V_1 = 7.64895 \times 10^{-3}[\text{m}^3]$$

54. Solución:

$$T_2 = 900[\text{K}]$$

55. Solución:

$$\Delta U_{12} = 167.42[\text{J}]$$

56. Solución:

$${}_A W_B = 42907.25[\text{J}]$$

$${}_B W_C = -94232.25[\text{J}]$$

$${}_C W_D = -121590[\text{J}]$$

$${}_D W_A = 101325[\text{J}]$$

$${}_A Q_B = 0$$

$${}_B Q_C = 100000[\text{J}]$$

$${}_C Q_D = 121590[\text{J}]$$

$${}_D Q_A = -150000[\text{J}]$$

$$\Delta U_{AB} = 42907.25[\text{J}]$$

$$\Delta U_{BC} = 5767.75[\text{J}]$$

$$\Delta U_{CD} = 0$$

$$\Delta U_{DA} = -48675[\text{J}]$$

57. Solución:

$$V_2 = 19.23557[\text{cm}^3]$$

58. Solución:

$$V_2 = 2.3066[\text{l}]$$

59. Solución:

$$T_2 = 259.1[^\circ\text{C}]$$

60. Solución:

$$P_2 = 575.67[\text{mm}] \text{ de Hg.}$$

61. Solución:

$$V_2 = 7.69[\text{l}]$$

62. Solución:

$$P_2 = 1.25[\text{atm}]$$

63. Solución:

$$n = 0.44617[\text{mol}]$$

64. Solución:

$$n_2 = 3.4[\text{mol}]$$

65. Solución:

$$P_2 = 3904390[\text{Pa}]$$

66. Solución:

$$V_1 = 1.2033 \times 10^{-3}[\text{m}^3]$$

67. Solución:

$$T_2 = 260.98[^\circ\text{C}]$$

68. Solución:

$$V_1 = 1.2409 \times 10^{-3} [\text{m}^3]$$

69. Solución:

$$T_2 = 63.97[^\circ\text{C}]$$

70. Solución:

$$P_2 = 85295.2 [\text{Pa}]$$

71. Solución:

$$n_e = 0.0199 \left[\frac{\text{kg}}{\text{min}} \right]$$

$$\rho_s = 0.2862 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

72. Solución:

$${}_1W_2 = -1.225 [\text{J}]$$

$$\Delta U_{12} = 3.775 [\text{J}]$$

73. Solución:

a) ${}_aW_c = -150 [\text{J}]$

b) $U_c = 130 [\text{J}]$

c) ${}_bW_a = 100 [\text{J}]$

d) $\Delta U_{ca} = -30 [\text{J}]$

74. Solución:

Gas		Masa [m]	Masa molecular [M]	Constante particular [R _p]	Número de moles [n]
Hidrógeno	H ₂	1.36 [kg]	2.01 [kg/kmol]	4 136.32 [J/kgK]	676.6 [mol]
Nitrógeno	N ₂	7.29 [kg]	28.0 [kg/kmol]	296.93 [J/kgK]	260.36 [mol]
Oxígeno	O ₂	15.9 [kg]	32.0 [kg/kmol]	259.81 [J/kgK]	496.875 [mol]
Helio	He	11.3 [kg]	4.0 [kg/kmol]	2 078.5 [J/kgK]	2 825 [mol]
Neón	Ne	17.82 [kg]	20.18 [kg/kmol]	411.99 [J/kgK]	883.05 [mol]

75. Solución:

Proceso de A→B proceso ITSOMÉTRICO:

$$\Delta U_{AB} = -1050.82[\text{J}]$$

Proceso de B→C proceso ISOBÁRICO:

$${}_B Q_C = 1470.82[\text{J}]$$

Proceso de C→A proceso ISOTÉRMICO:

$${}_C W_A = 659.12[\text{J}]$$

76. Solución:

a) $V_1 = 11.45[\text{m}^3]$

b) $T_2 = 330.33[\text{K}]$

77. Solución:

a) $\rho_{O_2} = 1.409\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$

b) $\rho_{H_2} = 0.0885\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$

c) $\rho_{N_2} = 1.2329\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$

78. Solución:

$$F_{\text{cara}} = 1124.54[\text{N}]$$

79. Solución:

Proceso	Q[J]	W[J]	ΔU
A → B expansión isobárica	35001.8	-10000	25001.8
B → C dism. de presión isométrica	-30002.15	0	-30002.15
C → A compresión adiabática	0	5000	5000.4

En el proceso isobárico fue suministrada energía en forma de calor con $Q = 35001.8[\text{J}]$

80. Solución:

a) $|\bar{V}_e| = 0.8242\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]$

$|\bar{V}_s| = 3.2969\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]$

b) $\dot{m} = 4.1429\left[\frac{\text{kg}}{\text{s}}\right]$

81. Solución:

$$\dot{W}_{\text{bomba}} = 580[\text{kW}]$$

82. Solución:

$${}_e \dot{W}_s = -2.6273915[\text{MW}]$$

83. Solución:

a) $e w_s = 577177.5 \left[\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right]$

b) $e \dot{W}_s = 1154.355 [\text{kW}]$

84. Solución:

a) $|\bar{V}_1| = \frac{1}{4} |\bar{V}_2|$

b) $|\bar{V}_1| = \left[\frac{-8.338}{-15} \right]^{\frac{1}{2}}$

c) $Q = 21.9588 \left[\frac{\text{l}}{\text{min}} \right]$

85. Solución:

a) $|\bar{V}_2| = 6 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$

b) $P_2 = -25775 [\text{Pa}]$

c) $G = 4.7124 \times 10^{-4} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$

86. Solución:

a) $|\bar{V}_2| = 8.2867 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$

b) $G = 0.2603 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$

c) $|\bar{V}_2| = 8.2867 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$

87. Solución:

$$|\bar{V}_2|^2 = A_1 \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho[A_1^2 - A_2^2]}}$$