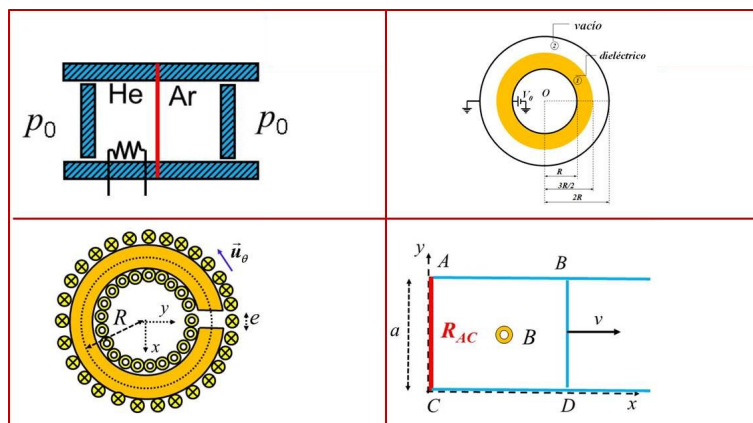


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AERONÁUTICA Y DEL ESPACIO

FÍSICA II

PROBLEMAS PROPUESTOS

José Carlos JIMÉNEZ SÁEZ
Santiago RAMÍREZ DE LA PISCINA MILLÁN



1.- TERMODINÁMICA

1

Termodinámica

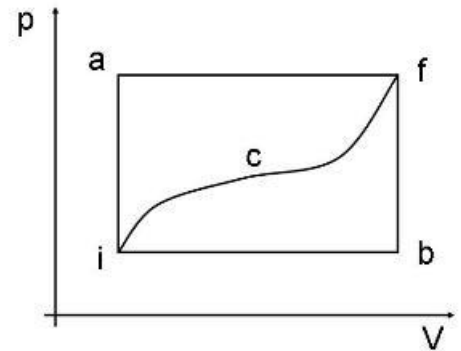
PROBLEMA PROPUESTO 1.1.

Cuando se lleva un sistema del estado i al estado f siguiendo la trayectoria iaf , se suministra al sistema un calor Q_1 y éste hace un trabajo W_1 .

Si se sigue la trayectoria ibf el calor suministrado es Q_2 .

Calcular el trabajo que realiza el sistema en la trayectoria ibf .

DATOS: $Q_1 = 57 \text{ cal}$, $W_1 = -171 \text{ J}$, $Q_2 = 34 \text{ cal}$

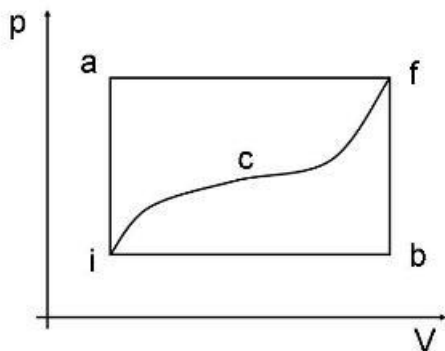


SOLUCIÓN 1.1.

-74.7 J



PROBLEMA PROPUESTO 1.2.



Cuando se lleva un sistema del estado i al estado f siguiendo la trayectoria iaf , se suministra al sistema un calor Q_1 y éste hace un trabajo W_1 .

Si se sigue la trayectoria fci el sistema absorbe un trabajo W_3 .

Calcular el calor que intercambia en este último proceso.

DATOS: $Q_1 = 57 \text{ cal}$, $W_1 = -162 \text{ J}$, $W_3 = 119 \text{ J}$

SOLUCIÓN 1.2.

196 J



PROBLEMA PROPUESTO 1.3.

En un motor de Carnot la expansión isotérmica se realiza a la temperatura T_1 y la compresión isotérmica a la temperatura T_2

Durante la expansión isotérmica se suministra al gas un calor Q_1 .

Calcular:

- 1) El trabajo efectuado durante la expansión isotérmica.
- 2) El calor extraído del gas durante la compresión isotérmica.
- 3) El trabajo sobre el gas durante la compresión isotérmica.
- 4) El rendimiento del ciclo.
- 5) La eficiencia de la máquina si se utiliza como máquina frigorífica.

DATOS: $T_1 = 472 \text{ K}$, $T_2 = 362.6 \text{ K}$, $Q_1 = 423 \text{ cal}$

SOLUCIÓN 1.3.

- 1) -423 cal
 - 2) -325 cal
 - 3) 325 cal
 - 4) 0.232
 - 5) 3.31
-



PROBLEMA PROPUESTO 1.4.

Se tiene un gas perfecto biatómico en un cilindro de paredes adiabáticas vertical cerrado por un émbolo también adiabático de masa M .

Cuando el gas se encuentra a la temperatura t_1 , la superficie inferior del émbolo está a una altura h_1 sobre el fondo del cilindro.

Se calienta el gas hasta observar que el émbolo ha subido Δh .

La presión atmosférica es de 1 atm durante todo el proceso.

Calcular:

- 1) La presión en el interior del cilindro.
- 2) La temperatura final en el interior del cilindro.
- 3) La variación de energía interna del gas.
- 4) La cantidad de calor suministrada al gas.

DATOS: $M = 50 \text{ kg}$, $A = 1 \text{ dm}^2$, $t_1 = 27^\circ\text{C}$, $h_1 = 1 \text{ m}$, $\Delta h = 20 \text{ cm}$

SOLUCIÓN 1.4.

- 1) 1.48 atm
- 2) 360 K
- 3) 7.42 atm.l
- 4) 10.38 atm.l

**PROBLEMA PROPUESTO 1.5.**

Se deja enfriar una masa m de agua desde la temperatura t_2 hasta la temperatura t_1 . Se supone que el agua es incompresible y su calor específico a volumen constante es $c_v = 1 \text{ cal}/(\text{g}\cdot\text{K})$

Calcular la variación de entropía del agua.

DATOS: $m = 8.8 \text{ kg}$, $t_2 = 54^\circ\text{C}$, $t_1 = 17^\circ\text{C}$

SOLUCIÓN 1.5.

-1060 cal/K



PROBLEMA PROPUESTO 1.6.

Se tiene una masa m de hidrógeno a la presión normal ($p_{atm} = 1 atm$). Se aumenta la temperatura en Δt . La masa molecular del hidrogeno es $2 g/mol$.

Calcular el aumento que debe experimentar el volumen para que la presión NO haya variado.

DATOS: $m = 9.1 g$, $\Delta t = 11^\circ C$

SOLUCIÓN 1.6.

4.11 l


**PROBLEMA PROPUESTO 1.7.**

Calcular la cantidad de calor necesaria para duplicar, a presión constante p , un volumen V_1 de hidrógeno (gas perfecto biatómico), que está a la temperatura t_1 .

DATOS: $p = 1.5 atm$, $V_1 = 4.3 m^3$, $t_1 = 16^\circ C$

SOLUCIÓN 1.7.

532 kcal


**PROBLEMA PROPUESTO 1.8.**

Cuantos kilogramos de oxígeno molecular están contenidos en un depósito de volumen V a la presión manométrica p y a la temperatura t . El peso molecular del oxigeno es $32 g/mol$.

DATOS: $V = 57 l$, $p = 186 kgf/cm^2$, $t = 38^\circ C$

SOLUCIÓN 1.8.

12.9 kg

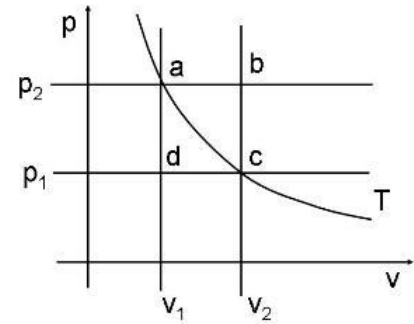


PROBLEMA PROPUESTO 1.9.

El diagrama $p - V$ de la figura corresponde a un gas perfecto. Se conocen p_2 , p_1 , y v_1 . La curva T es una isoterma.

Calcular:

- 1) El valor de la temperatura T de la isoterma.
- 2) El valor de la temperatura en el punto d .
- 3) El volumen molar v_2 .



DATOS: $p_2 = 9.33E6 \text{ N/m}^2$, $p_1 = 4.69E6 \text{ N/m}^2$, $v_1 = 0.9 \text{ l/mol}$

SOLUCIÓN 1.9.

- 1) 101 K
- 2) 50.8 K
- 3) 1.79 l/mol

**PROBLEMA PROPUESTO 1.10.**

Un depósito, de volumen V_1 , contiene oxígeno molecular a la temperatura t_1 y a la presión manométrica p_1 .

Calcular el volumen que ocuparía si se dilata hasta la presión atmosférica a temperatura t_2 .

DATOS: $V_1 = 54 \text{ l}$, $t_1 = 21^\circ\text{C}$, $p_1 = 161 \text{ kgf/cm}^2$, $t_2 = 83^\circ\text{C}$

SOLUCIÓN 1.10.

1.03E4 l



PROBLEMA PROPUESTO 1.11.

La relación de compresión de un motor diesel, V_1/V_2 , es aproximadamente RC . El cilindro, al comenzar la carrera de compresión, contiene aire a presión absoluta p_1 y a temperatura t_1 .

Suponiendo que el aire se comporta como gas perfecto ($\gamma = 1.4$) y que la compresión es adiabática, calcular:

- 1) La presión final de esta carrera.
- 2) La temperatura al final de esta carrera.

DATOS: $RC = 15$, $p_1 = 2.3 \text{ atm}$, $t_1 = 15^\circ\text{C}$

SOLUCIÓN 1.11.

- 1) 102 atm
- 2) 851 K



PROBLEMA PROPUESTO 1.12.

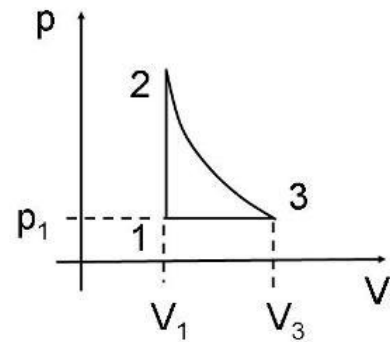
En un motor térmico, n moles de un gas perfecto ($\gamma = 5/3$) efectúa el ciclo 1 – 2 – 3 de la figura. La transformación 1 – 2 es isocora, 2 – 3 es adiabática y 3 – 1 es isobara a la presión p_1 .

Las temperaturas en los vértices son T_1 , T_2 y T_3 .

Calcular:

- 1) El volumen V_1 .
- 2) La presión p_2 en el vértice 2.
- 3) El volumen V_3 .
- 4) El trabajo realizado por ciclo cuando éste se realiza en sentido horario.

DATOS: $n = 0.1 \text{ mol}$, $p_1 = 1 \text{ atm}$, $T_1 = 300 \text{ K}$, $T_2 = 600 \text{ K}$, $T_3 = 455 \text{ K}$

**SOLUCIÓN 1.12.**

- 1) 2.46 l
- 2) 2 atm
- 3) 3.731 l
- 4) -0.512 atm.l

**PROBLEMA PROPUESTO 1.13.**

Se tiene inicialmente una masa M de agua a la temperatura t_m . Se toma una parte m_a de agua y se pone en contacto con una fuente térmica a la temperatura t_a y el resto de agua, m_b , se pone en contacto con una fuente térmica a la temperatura t_b . El calor específico del agua a volumen constante es $c_v = 1 \text{ cal}/(g.K)$

Calcular el incremento de entropía de las fuentes térmicas debido a esta operación en el estado de equilibrio. Considérese el agua como incompresible.

DATOS: $M = 15 \text{ kg}$, $t_m = 43^\circ\text{C}$, $m_a = 9.9 \text{ kg}$, $t_a = 18^\circ\text{C}$, $t_b = 87^\circ\text{C}$

SOLUCIÓN 1.13.

1470 cal/K



PROBLEMA PROPUESTO 1.14.

n moles de un gas perfecto biatómico evolucionan, de forma reversible, según el siguiente ciclo:

1→2 calentamiento isobárico a presión p_1 , desde el volumen inicial V_1 hasta $V_2 = k_2 V_1$.

2→3 compresión isoterma.

3→1 expansión adiabática, volviendo al estado inicial.

Calcular:

1) El volumen V_3 .

2) La temperatura T_3 .

3) El calor intercambiado por el gas en el proceso 1→2.

4) El calor intercambiado por el gas en el proceso 2→3.

5) El trabajo realizado por el gas en el proceso 3→1.

DATOS: $p_1 = 1.2 \text{ atm}$, $V_1 = 1.7 \text{ l}$, $n = 2.9$, $k_2 = 3.1$

SOLUCIÓN 1.14.

1) 0.100 l

2) 26.6 K

3) 15.0 atm.l

4) -25.0 atm.l

5) -10.7 atm.l

**PROBLEMA PROPUESTO 1.15.**

Un cilindro cerrado con un émbolo desplazable contiene un volumen V_1 de helio a presión p_1 . El gas se expande reversiblemente siguiendo la relación $pV^k = cte$, hasta la presión final p_2 . Calcular el trabajo realizado en el proceso de expansión.

DATOS: $k = 1.3$, $V_1 = 2.2 \text{ m}^3$, $p_1 = 74 \text{ atm}$, $p_2 = 19 \text{ atm}$

SOLUCIÓN 1.15.

-1.46E5 atm.l



PROBLEMA PROPUESTO 1.16.

A la presión atmosférica, $p_{atm} = 1 atm$, se mezclan una masa M_a de agua a la temperatura t_a con una masa M_b de agua a la temperatura t_b hasta alcanzar el equilibrio. El calor específico del agua a volumen constante es $c_v = 1 cal/(g.K)$.

Suponiendo el agua incompresible, calcular:

- 1) El incremento de entropía del agua.
- 2) El incremento de entropía del Universo.

DATOS: $M_a = 2.7 kg$, $t_a = 34^\circ C$, $M_b = 9.5 kg$, $t_b = 71^\circ C$

SOLUCIÓN 1.16.

- 1) 13.3 cal/K
 - 2) 13.3 cal/K
-

**PROBLEMA PROPUESTO 1.17.**

El constructor de una máquina térmica que funciona entre dos focos anuncia que ésta es capaz de producir una potencia P cuando se le suministra calor a la temperatura t_1 y cede calor a la temperatura t_2 .

Calcular la mínima cantidad de calor por segundo que será necesario suministrar a la máquina.

DATOS: $P = 2562 CV$, $t_1 = 469^\circ C$, $t_2 = 21^\circ C$

SOLUCIÓN 1.17.

746 kcal/s



PROBLEMA PROPUESTO 1.18.

A la presión atmosférica, $p_{atm} = 1atm$, se mezclan una masa M_a de agua a la temperatura t_a con una masa M_b de agua a la temperatura t_b hasta alcanzar el equilibrio. El calor específico del agua a volumen constante es $c_v = 1 cal/(g.K)$.

Una vez restablecido el equilibrio, se restituyen las cantidades de agua a su estado inicial, colocando la masa M_a en contacto con una fuente térmica Fta a la temperatura t_a y la masa M_b en contacto con una fuente térmica Ftb a la temperatura t_b .

Suponiendo el agua incompresible, calcular:

- 1) El incremento de entropía de la fuente Fta .
- 2) El incremento de entropía de la fuente Ftb .
- 3) El incremento de entropía de ambas fuentes.
- 4) El incremento de entropía del Universo debido a todas las operaciones.

DATOS: $M_a = 3.1 kg$, $t_a = 10^\circ C$, $M_b = 8.8 kg$, $t_b = 57^\circ C$

SOLUCIÓN 1.18.

- 1) 381 cal/K
- 2) -326 cal/K
- 3) 54.2 cal/K
- 4) 54.2 cal/K

PROBLEMA PROPUESTO 1.19.

n moles de un gas ideal monoatómico experimentan, de forma consecutiva, las siguientes transformaciones reversibles:

a) Partiendo del estado (p_0, V_0) aumenta la presión hasta $p_1 = k_2 p_0$, siguiendo la ley $p = kV - p_0$ donde p y p_0 están expresadas en *atm*, V en *l* y k es una constante con unidades.

b) Expansión isotérmica hasta un volumen $V_2 = k_3 V_0$.

Calcular, para el primer proceso:

- 1) La variación de energía interna del gas.
- 2) El trabajo intercambiado por el gas.
- 3) El calor intercambiado por el gas.

Calcular, para el segundo proceso:

- 4) El trabajo realizado por el gas.
- 5) El calor intercambiado por el gas.

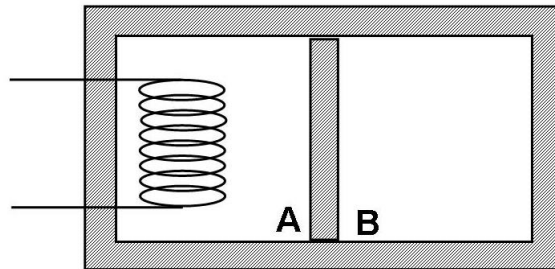
DATOS: $p_0 = 1.3 \text{ atm}$, $V_0 = 1.4 \text{ l}$, $n = 3.6 \text{ moles}$, $k_2 = 2.5$, $k_3 = 5$

SOLUCIÓN 1.19.

- 1) 9.21 atm.l
- 2) -2.39 atm.l
- 3) 11.6 atm.l
- 4) -8.36 atm.l
- 5) 8.36 atm.l

PROBLEMA PROPUESTO 1.20.

Se tiene un cilindro adiabático de volumen V_T dividido en dos partes por una pared adiabática móvil. En el instante inicial en cada compartimento hay las mismas cantidades de gas monoatómico en idénticas condiciones de temperatura T_i y presión p_i . Uno de los compartimentos tiene una resistencia que suministra una cantidad de calor q por unidad de tiempo. Se pide cuando la presión final es $p_f = 3 p_i$:



- 1) El volumen final de la cámara con resistencia.
- 2) La temperatura final de la cámara con resistencia.
- 3) El trabajo realizado sobre la cámara sin resistencia.
- 4) Tiempo que ha funcionado la resistencia.

DATOS: $V_T = 0.044 \text{ m}^3$, $T_i = 385 \text{ K}$, $p_i = 457509 \text{ N/m}^2$, $q = 8.6 \text{ J/s}$

SOLUCIÓN 1.20.

- 1) 0.0326 m^3
- 2) 1710 K
- 3) 8330 J
- 4) 7020 s

PROBLEMA PROPUESTO 1.21.

Se tiene una masa M_A de agua líquida a temperatura 25°C y una masa $M_h = 0.5 M_A$ de hielo en un recinto adiabático. La temperatura del hielo es 0°C . El calor latente de fusión de hielo es $L_f = 80 \text{ cal/g}$ y el calor específico del agua $c = 1 \text{ cal/(gK)}$. Se pide la variación de entropía en el proceso.

DATOS: $M_A = 437 \text{ g}$

SOLUCIÓN 1.21.

26.2 cal/K

**PROBLEMA PROPUESTO 1.22.**

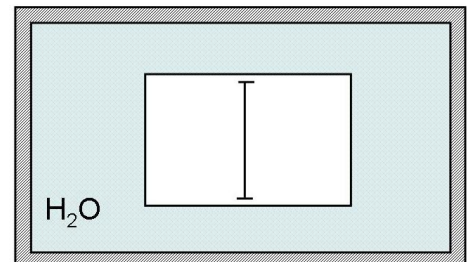
Un recipiente cilíndrico conductor de calor está dividido en dos compartimentos por un pistón conductor móvil de sección S . Inicialmente, el compartimento de la izquierda contiene n_I moles de gas ideal monoatómico a una presión p_I y su longitud es l_I ; y el compartimento de la derecha contiene n_D moles de gas ideal monoatómico a una presión p_D . El cilindro se halla dentro de un recipiente adiabáticamente aislado lleno de agua. Inicialmente la temperatura del conjunto (agua+gas) es T_0 . Las capacidades caloríficas del recipiente cilíndrico y del pistón pueden despreciarse. Tras la evolución del sistema, calcular:

- 1) El volumen final del recinto de la izquierda.
- 2) El incremento de entropía.

Supóngase que el agua sufre un proceso reversible.

DATOS:

$$\begin{aligned} l_I &= 0.341 \text{ m}, & p_I &= 406620 \text{ N/m}^2 \\ n_I &= 4.89 \text{ mol}, & p_D &= 797051 \text{ N/m}^2 \\ n_D &= 7.80 \text{ mol}, & T_0 &= 295.9 \text{ K} \end{aligned}$$

**SOLUCIÓN 1.22.**

- 1) 0.0330 m^3
- 2) 5.85 J/K

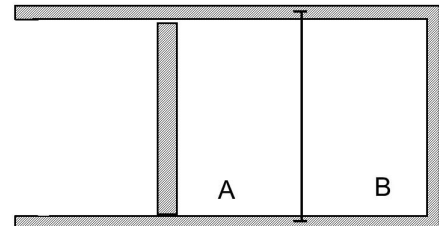


PROBLEMA PROPUESTO 1.23.

Se tiene un sistema aislado por una pared adiabática del exterior. Esta pared consta de un pistón móvil. El sistema se halla dividido en dos recintos, A y B , separados entre sí por una pared fija diatérmica. Uno de los recintos, A , se halla separado del ambiente por el pistón móvil. Inicialmente las cámaras A y B tienen el mismo volumen V_0 , y se hallan llenas de un gas monoatómico a presión p_0 y temperatura T_0 en ambas cámaras. El sistema evoluciona hasta que el volumen de la cámara A es la mitad del inicial, $V_0/2$, a presión exterior constante p_{ext} .

Calcular:

- 1) La temperatura final de la cámara A .
- 2) La variación de energía interna de la cámara B .
- 3) La variación de entropía del sistema formado por ambas cámaras.



DATOS: $p_{ext} = 7.96 \text{ atm}$, $p_0 = 4.95 \text{ atm}$, $T_0 = 287.2 \text{ K}$, $V_0 = 4.4 \text{ l}$

SOLUCIÓN 1.23.

- 1) 77.0 K
- 2) -23.9 atm.l
- 3) 0.108 atm.l/K

**PROBLEMA PROPUESTO 1.24.**

Se tiene un depósito de paredes adiabáticas de He de volumen V_1 , y otro depósito de paredes adiabáticas de Ne de volumen V_2 . El He está a presión p_1 y temperatura T_1 ; y el Ne está a presión p_2 y temperatura T_2 . Ponemos entre los dos depósitos una válvula y la abrimos. Calcular:

- 1) La temperatura final del sistema.

DATOS:

$p_1 = 9.0 \text{ atm}$, $V_1 = 7.80 \text{ l}$, $T_1 = 410 \text{ K}$, $p_2 = 9.8 \text{ atm}$, $V_2 = 6.35 \text{ l}$, $T_2 = 421 \text{ K}$

SOLUCIÓN 1.24.

415 K

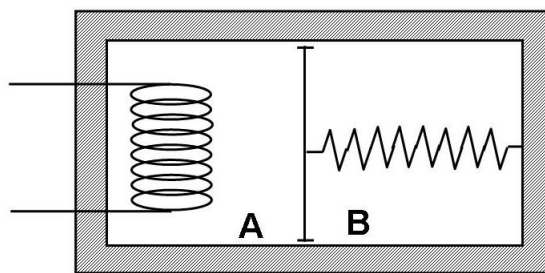


PROBLEMA PROPUESTO 1.25.

Se tiene un recipiente cilíndrico de paredes adiabáticas formado por dos cámaras, A y B , separadas por un émbolo diatérmico móvil de sección S . En una de las cámaras B un muelle de constante elástica K y longitud natural nula unido por un lado al émbolo y por otro al recipiente.

Las dos cámaras contienen gases monoatómicos. Inicialmente, el sistema está en equilibrio: el gas en A tiene n moles a presión $p_A = p$ y el gas en B tiene el mismo número de moles a presión $p_B = 2p$.

De la cámara A se extrae una cantidad de calor Q a través de un sistema de refrigeración, de modo que la longitud final de la cámara B es L_{Bf} .



Calcular:

- 1) La longitud inicial de la cámara B .
- 2) La temperatura inicial del sistema.
- 3) La temperatura final del sistema.
- 4) El calor Q que se debe suministrar para realizar el proceso.

DATOS:

$$p_A = 173E3 \text{ N/m}^2, \quad K = 81.9E3 \text{ N/m}, \quad L_{Bf} = 0.183 \text{ m}$$

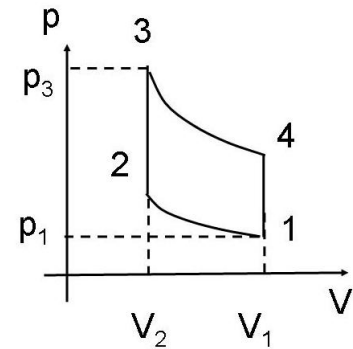
$$S = 0.337 \text{ m}^2, \quad n = 63.3 \text{ mol}$$

SOLUCIÓN 1.25.

- 1) 0.712 m
- 2) 158 K
- 3) 5.75 K
- 4) -2.49E5 J

PROBLEMA PROPUESTO 1.26.

Se tiene un ciclo formado por dos isocoras y dos adiabáticas (ciclo de Otto). Se supone que el ciclo es realizado por un mol de gas perfecto en forma reversible. Se dispone de los siguientes datos: la presión p_1 y la temperatura T_1 de admisión, la presión máxima en el ciclo p_3 , la relación de compresión $\rho = V_1/V_2$, y el índice adiabático del gas $\gamma = c_p/c_v = 7/5$.



Calcular:

- 1) La temperatura en el vértice 3.
- 2) La temperatura en el vértice 4.
- 3) El calor absorbido.
- 4) El rendimiento.
- 5) El incremento de entropía en el proceso 2 – 3.

DATOS: $p_1 = 150632 \text{ N/m}^2$, $p_3 = 728856 \text{ N/m}^2$, $T_1 = 449 \text{ K}$, $\rho = 1.80$

SOLUCIÓN 1.26.

- 1) 1210 K
- 2) 954 K
- 3) 1.33E4 J
- 4) 0.210
- 5) 3.13 J/K