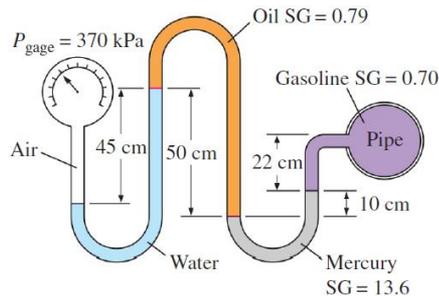


Ejemplos de temas I, II, III y IV

1. Una línea de gasolina es conectada a un dispositivo de medición de presión por medio de un doble manómetro en U (vea la siguiente figura). Si la lectura de la presión manométrica en el dispositivo es de 370 kPa, determine la presión manométrica en la línea de gasolina.



Suposiciones: Todos los líquidos son incompresibles, la densidad del aire es pequeña en comparación con la de los otros fluidos, la densidad de referencia para los pesos específicos será la del agua, y la densidad del agua es de 1000 kg/m^3 (densidad a una temperatura de 0°C de acuerdo a la tabla A-3a del libro de texto).

Ecuaciones básicas:

$$dP = -\rho g dz, \quad SG = \frac{\rho}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}}$$

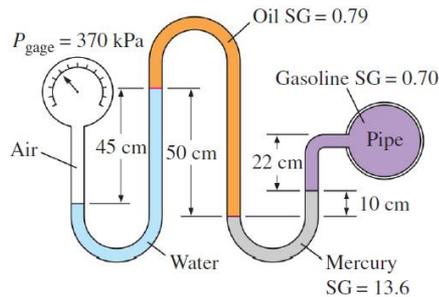
Desarrollo:

Se tomará como referencia ($z = 0$) el punto de contacto entre el aire y el agua.

$$\int_{370 \text{ kPa}}^{P_{\text{gage, gasolina}}} dP = -g\rho\rho_{\text{H}_2\text{O}} \left[\int_0^{0.45 \text{ m}} dz + \int_{0.45 \text{ m}}^{-0.05 \text{ m}} SG_{\text{aceite}} dz + \int_{-0.05 \text{ m}}^{0.05 \text{ m}} SG_{\text{Hg}} dz + \int_{0.05 \text{ m}}^{0.27 \text{ m}} SG_{\text{gasolina}} dz \right]$$

Ejemplos de temas I, II, III y IV

1. Una línea de gasolina es conectada a un dispositivo de medición de presión por medio de un doble manómetro en U (vea la siguiente figura). Si la lectura de la presión manométrica en el dispositivo es de 370 kPa, determine la presión manométrica en la línea de gasolina.



Desarrollo:

$$P_{gage,gasolina} - 370 \text{ kPa} = - \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \left(1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) [0.45 + (0.79)(-0.05 - 0.45) + (13.6)(0.05 + 0.05) + 0.70(0.27 - 0.05)] \text{m}$$

$$P_{gage,gasolina} - 370 \text{ kPa} = -15391.89 \left(\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \right) \left(\frac{1}{\text{m}^2} \right) \left(\frac{1 \text{ kPa}}{1000 \text{ Pa}} \right)$$

$$P_{gage,gasolina} - 370 \text{ kPa} = -15.39189 \text{ kPa}$$

$$P_{gage,gasolina} \cong 354.61 \text{ kPa}$$

Ejemplos de temas I, II, III y IV

2. Vapor saturado de agua a 200°C es condensado hasta un estado de líquido saturado a una temperatura de 50°C en un dispositivo cilindro embolo cerrado (sistema de masa constante). Determine la transferencia de calor para este proceso en kJ/kg.

Suposiciones: La energía cinética y potencial del sistema no cambian durante el proceso, el embolo no está restringido (puede moverse) y la compresión o expansión resultante es tan lenta que el proceso puede ser considerado como uno de quasi-equilibrio, la fricción entre el embolo y el cilindro es despreciable, con excepción del trabajo de frontera móvil no existen otras interacciones de trabajo, y se considerará que la transferencia de calor se da del sistema a sus alrededores (sale calor del sistema).

Ecuaciones básicas:

$$E_{entrada} - E_{salida} = \Delta E_{sistema}$$

$$W_b = \int_{V_1}^{V_2} P(V) dV$$

Desarrollo:

De la tabla A-4 del libro de texto se determinan las propiedades de los diferentes estados.

TABLE A-4
Saturated water—Temperature table

Temp., T °C	Sat. press., P _{sat} kPa	Specific volume, m ³ /kg		Internal energy, kJ/kg		
		Sat. liquid, v _f	Sat. vapor, v _g	Sat. liquid, u _f	Evap., u _{fg}	Sat. vapor, u _g
0.01	0.6117	0.001000	206.00	0.000	2374.9	2374.9
5	0.8725	0.001000	147.03	21.019	2360.8	2381.8
10	1.2281	0.001000	106.32	42.020	2346.6	2388.7
15	1.7057	0.001001	77.885	62.980	2332.5	2395.5
20	2.3392	0.001002	57.762	83.913	2318.4	2402.3
25	3.1698	0.001003	43.340	104.83	2304.3	2409.1
30	4.2469	0.001004	32.879	125.73	2290.2	2415.9
35	5.6291	0.001006	25.205	146.63	2276.0	2422.7
40	7.3851	0.001008	19.515	167.53	2261.9	2429.4
45	9.5953	0.001010	15.251	188.43	2247.7	2436.1
50	12.352	0.001012	12.026	209.33	2233.4	2442.7
55	15.763	0.001015	9.5639	230.24	2219.1	2449.3
60	19.947	0.001017	7.6670	251.16	2204.7	2455.9
65	25.043	0.001020	6.1935	272.09	2190.3	2462.4
70	31.202	0.001023	5.0396	293.04	2175.8	2468.9
75	38.831	0.001026	4.1860	314.00	2161.3	2475.3
80	47.395	0.001029	3.5203	335.00	2146.7	2481.7
85	57.063	0.001032	3.0013	356.00	2132.0	2488.0
90	68.061	0.001035	2.6151	377.00	2117.2	2494.2
95	80.719	0.001038	2.3344	398.00	2102.3	2500.3
100	95.399	0.001041	2.1375	419.00	2087.3	2506.3
105	112.54	0.001044	1.9989	440.00	2072.2	2512.2
110	132.74	0.001047	1.8968	461.00	2057.0	2518.0
115	156.59	0.001050	1.8211	482.00	2041.7	2523.7
120	184.62	0.001053	1.7669	503.00	2026.3	2529.3
125	217.50	0.001056	1.7283	524.00	2010.8	2534.8
130	255.80	0.001059	1.6999	545.00	1995.2	2540.2
135	300.12	0.001062	1.6771	566.00	1979.5	2545.5
140	352.12	0.001065	1.6583	587.00	1963.7	2550.7
145	413.51	0.001068	1.6421	608.00	1947.8	2555.8
150	486.11	0.001071	1.6281	629.00	1931.8	2560.8
155	572.71	0.001074	1.6158	650.00	1915.7	2565.7
160	676.16	0.001077	1.6049	671.00	1899.5	2570.5
165	799.91	0.001080	1.5953	692.00	1883.2	2575.2
170	947.79	0.001083	1.5868	713.00	1866.8	2579.8
175	1123.8	0.001086	1.5793	734.00	1850.3	2584.3
180	1332.1	0.001089	1.5726	755.00	1833.7	2588.7
185	1577.0	0.001092	1.5666	776.00	1817.0	2593.0
190	1864.0	0.001095	1.5612	797.00	1800.2	2597.2
195	2199.0	0.001098	1.5563	818.00	1783.3	2601.3
200	2589.9	0.001101	1.5519	839.00	1766.3	2605.3

Estado 1

$$P_1 = P_{sat@200^\circ C} = 1554.9 \text{ kPa}$$

$$v_1 = v_{g@200^\circ C} = 0.12721 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

Ejemplos de temas I, II, III y IV

2. Vapor saturado de agua a 200°C es condensado hasta un estado de líquido saturado a una temperatura de 50°C en un dispositivo cilindro embolo cerrado (sistema de masa constante). Determine la transferencia de calor para este proceso en kJ/kg.

Desarrollo:

Estado 1

$$u_1 = u_{g@200^\circ C} = 2594.2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Estado 2

$$P_2 = P_{sat@50^\circ C} = 12.352 \text{ kPa}$$

$$v_2 = v_{f@200^\circ C} = 0.001012 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

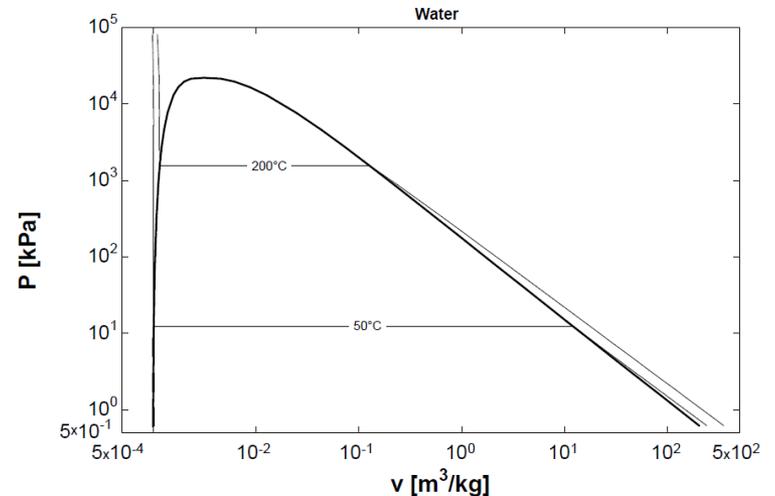
$$u_2 = u_{f@200^\circ C} = 209.33 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

De la imagen anterior se puede ver claramente que el trabajo de frontera es de compresión y está actuando sobre el sistema.

Dividiendo la ecuación de energía entre la masa total (m_{total}) del sistema:

$$e_{entrada} - e_{salida} = \Delta e_{sistema} \quad [\text{kJ}/\text{kg}]$$

$$w_{b,1-2} - q_{1-2} = \Delta u$$



$$-q_{1-2} = (u_2 - u_1) - w_{b,1-2}$$

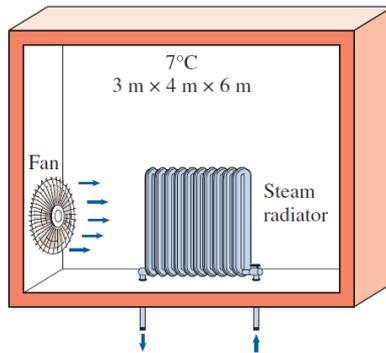
$$-q_{1-2} = (209.33 - 2594.2) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} -$$

$$\left[12.352 \text{ kPa} (0.12721 - 0.001012) \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right]$$

$$q_{1-2} = 2483.76 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Ejemplos de temas I, II, III y IV

3. Una habitación aislada de $3\text{ m} \times 4\text{ m} \times 6\text{ m}$ inicialmente a 7°C es calentada por el radiador de un sistema de calentamiento a vapor (de agua). El radiador tiene un volumen de 15 L y es llenado con vapor sobrecalentado a 200 kPa y 200°C . En este momento tanto las válvulas de entrada como de salida del radiador están cerradas. Un abanico de 120 W es usado para distribuir el aire en la habitación. La presión del vapor se observa que cae a 100 kPa después de 45 minutos como resultado de la transferencia de calor a la habitación. Asumiendo calores específicos constantes para el aire a la temperatura del cuarto, determine la temperatura promedio del aire al llegar a los 45 minutos. Asuma que la presión del aire en la habitación permanece constante a 100 kPa .



Ecuaciones básicas:

$$E_{\text{entrada}} - E_{\text{salida}} = \Delta E_{\text{sistema}}, \quad x = \frac{y_{\text{prom}} - y_f}{y_{fg}}$$

$$Pv = RT, \quad W_b = \int_{V_1}^{V_2} P(V)dV, \quad \Delta h = \int_1^2 c_p(T)dT$$

Suposiciones: Los cambios de energía cinética y potencial se considerarán despreciables, al ser cerradas las válvulas el radiador puede ser considerado como un sistema cerrado, los ductos del radiador son rígidos (el volumen de vapor dentro de los ductos se mantendrá constante), la habitación está aislada (transferencia de calor despreciable de la habitación a los alrededores) y constituye un sistema cerrado (esto se supondrá a pesar de que al ser un proceso isobárico deben darse cambios en el volumen específico y físicamente algo de masa de aire debería salir de la habitación o bien debería haber alguna frontera móvil), a priori se considerará que el aire se comporta como un gas ideal con calores específicos constantes a la temperatura inicial de la habitación (si el cambio de temperatura es pequeño esta aproximación será válida).

Ejemplos de temas I, II, III y IV

3. Una habitación aislada de $3\text{m} \times 4\text{m} \times 6\text{m}$ inicialmente a 7°C es calentada por el radiador de un sistema de calentamiento a vapor (de agua). El radiador tiene un volumen de 15 L y es llenado con vapor sobrecalentado a 200 kPa y 200°C . En este momento tanto las válvulas de entrada como de salida del radiador están cerradas. Un abanico de 120W es usado para distribuir el aire en la habitación. La presión del vapor se observa que cae a 100 kPa después de 45 minutos como resultado de la transferencia de calor a la habitación. Asumiendo calores específicos constantes para el aire a la temperatura del cuarto, determine la temperatura promedio del aire al llegar a los 45 minutos. Asuma que la presión del aire en la habitación permanece constante a 100 kPa .

Desarrollo:

En primer lugar se analizará el radiador.

Estado 1.

De la tabla A-6 para el agua.

TABLE A-6				
Superheated water				
T $^\circ\text{C}$	v m^3/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s $\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$
$P = 0.20\text{ MPa} (120.21^\circ\text{C})$				
Sat.	0.88578	2529.1	2706.3	7.1270
150	0.95986	2577.1	2769.1	7.2810
200	1.08049	2654.6	2870.7	7.5081
250	1.19890	2731.4	2971.2	7.7100
300	1.31623	2808.8	3072.1	7.8941
400	1.54934	2967.2	3277.0	8.2236

$$v_1 = 1.08049 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$u_1 = 2654.6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$m_{H_2O, \text{radiador}} = \frac{V_1}{v_1} = \left(\frac{15\text{ L}}{1.08049\text{ m}^3/\text{kg}} \right) \left(\frac{1\text{ m}^3}{1000\text{ L}} \right)$$

$$m_{H_2O, \text{radiador}} \cong 0.01388\text{ kg}$$

Estado 2.

En vista de que el sistema es cerrado y presenta volumen constante:

$$v_2 = v_1 = 1.08049 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

Y para una presión de 100 kPa se puede ver de la tabla A-5 del libro de texto que:

$$v_{f@100\text{ kPa}} < v_2 < v_{g@100\text{ kPa}}$$

Ejemplos de temas I, II, III y IV

3. Una habitación aislada de $3\text{m} \times 4\text{m} \times 6\text{m}$ inicialmente a 7°C es calentada por el radiador de un sistema de calentamiento a vapor (de agua). El radiador tiene un volumen de 15 L y es llenado con vapor sobrecalentado a 200 kPa y 200°C . En este momento tanto las válvulas de entrada como de salida del radiador están cerradas. Un abanico de 120W es usado para distribuir el aire en la habitación. La presión del vapor se observa que cae a 100 kPa después de 45 minutos como resultado de la transferencia de calor a la habitación. Asumiendo calores específicos constantes para el aire a la temperatura del cuarto, determine la temperatura promedio del aire al llegar a los 45 minutos. Asuma que la presión del aire en la habitación permanece constante a 100 kPa .

Desarrollo:

TABLE A-5

Saturated water—Pressure table

Press., P kPa	Sat. temp., T_{sat} $^\circ\text{C}$	Specific volume, m^3/kg		Internal energy, kJ/kg		
		Sat. liquid, v_f	Sat. vapor, v_g	Sat. liquid, u_f	Evap., u_{fg}	Sat. vapor, u_g
75	91.76	0.001037	2.2172	384.36	2111.8	2496.1
100	99.61	0.001043	1.6941	417.40	2088.2	2505.6
101.325	99.97	0.001043	1.6734	418.95	2087.0	2506.0
125	105.97	0.001048	1.3750	444.23	2068.8	2513.0
150	111.35	0.001053	1.1594	466.97	2052.3	2519.2

Por lo tanto el estado 2 es un estado de mezcla. Para encontrar la energía interna asociada a este estado en primer lugar se debe determinar la calidad de la mezcla.

$$x = \frac{v_2 - v_{f@100\text{ kPa}}}{v_{g@100\text{ kPa}} - v_{f@100\text{ kPa}}}$$

$$x = \frac{1.08049 - 0.001043}{1.6941 - 0.001043} \cong 0.63757$$

$$x = \frac{u_2 - u_{f@100\text{ kPa}}}{u_{g@100\text{ kPa}} - u_{f@100\text{ kPa}}}$$

$$u_2 = x(u_{g@100\text{ kPa}} - u_{f@100\text{ kPa}}) + u_{f@100\text{ kPa}}$$

$$u_2 = 0.63757(2088.2) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 417.40 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cong 1748.77 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Del balance de energía en el radiador se encuentra el calor transferido al aire de la habitación $Q_{1-2,\text{radiador}}$.

$$Q_{1-2,\text{radiador}} = m_{\text{H}_2\text{O},\text{radiador}} \Delta u = 0.01388\text{ kg} (1748.77 - 2654.6) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Ejemplos de temas I, II, III y IV

3. Una habitación aislada de $3\text{m} \times 4\text{m} \times 6\text{m}$ inicialmente a 7°C es calentada por el radiador de un sistema de calentamiento a vapor (de agua). El radiador tiene un volumen de 15 L y es llenado con vapor sobrecalentado a 200 kPa y 200°C . En este momento tanto las válvulas de entrada como de salida del radiador están cerradas. Un abanico de 120W es usado para distribuir el aire en la habitación. La presión del vapor se observa que cae a 100 kPa después de 45 minutos como resultado de la transferencia de calor a la habitación. Asumiendo calores específicos constantes para el aire a la temperatura del cuarto, determine la temperatura promedio del aire al llegar a los 45 minutos. Asuma que la presión del aire en la habitación permanece constante a 100 kPa.

Desarrollo:

$$Q_{1-2, \text{radiador}} \cong 12.57 \text{ kJ}$$

Ahora se analizará el sistema constituido por la habitación.

De acuerdo a la información suministrada, la presión del aire en la habitación se mantendrá constante durante el proceso. Para que esto último sea posible el volumen o la masa deben cambiar ya que $v_2 \neq v_1$. Manteniendo la suposición de sistema cerrado se considerará que el volumen dentro de la habitación cambia.

Del balance de energía se encuentra que:

$$W_{\text{abanico}} + Q_{1-2, \text{radiador}} = \Delta H \cong m_{\text{aire}} c_{p, \text{prom. aire}} \Delta T$$

De la tabla A-2 del libro de texto se encuentra la constante particular del aire R y el calor específico a volumen constante promedio $c_{p, \text{prom. aire}}$ para una temperatura de 300K (el calor específico de 7° a 26.87°C varía casi de forma insignificante).

TABLE A-2

Ideal-gas specific heats of various common gases

(a) At 300 K

Gas	Formula	Gas constant, R kJ/kg·K	c_p kJ/kg·K
Air	—	0.2870	1.005
Argon	Ar	0.2081	0.5203
Butane	C_4H_{10}	0.1433	1.7164

$$W_{\text{abanico}} + Q_{1-2, \text{radiador}} - W_b = \Delta U \cong m_{\text{aire}} c_{v, \text{prom. aire}} \Delta T$$

Ejemplos de temas I, II, III y IV

3. Una habitación aislada de $3\text{m} \times 4\text{m} \times 6\text{m}$ inicialmente a 7°C es calentada por el radiador de un sistema de calentamiento a vapor (de agua). El radiador tiene un volumen de 15 L y es llenado con vapor sobrecalentado a 200 kPa y 200°C . En este momento tanto las válvulas de entrada como de salida del radiador están cerradas. Un abanico de 120W es usado para distribuir el aire en la habitación. La presión del vapor se observa que cae a 100 kPa después de 45 minutos como resultado de la transferencia de calor a la habitación. Asumiendo calores específicos constantes para el aire a la temperatura del cuarto, determine la temperatura promedio del aire al llegar a los 45 minutos. Asuma que la presión del aire en la habitación permanece constante a 100 kPa.

Desarrollo:

Estado 1

$$P_1 V_1 = m_{\text{aire}} R T_1 \rightarrow m_{\text{aire}} = \frac{P_1 V_1}{R T_1}$$
$$m_{\text{aire}} = \frac{(100 \text{ kPa})(3\text{m} \times 4\text{m} \times 6\text{m})}{(0.2870 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K})300\text{K}} \cong 83.62 \text{ kg}$$

Estado 2

$$W_{\text{abanico}} + Q_{1-2,\text{radiador}} \cong m_{\text{aire}} c_{p,\text{prom.aire}} \Delta T$$

$$T_2 \cong \left(\frac{W_{\text{abanico}} + Q_{1-2,\text{radiador}}}{m_{\text{aire}} c_{p,\text{prom.aire}}} \right) + T_1$$

$$T_2 \cong \left[\frac{(0.12 \text{ kW}) \left(45 \text{ min} \cdot \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \right) + 12.57 \text{ kJ}}{(1.005 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K})(83.62 \text{ kg})} \right] + 280.13 \text{ K}$$

$$T_2 \cong 284.13 \text{ K} (11.00^\circ\text{C})$$

Por lo tanto el volumen de la habitación en este segundo estado ha cambiado de 72 m^3 a:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \rightarrow V_2 = \left(\frac{T_2}{T_1} \right) V_1$$

$$V_2 = \left(\frac{11}{7} \right) 72 \text{ m}^3 \cong 113.14 \text{ m}^3$$

¿Fue correcta la suposición de que el aire se comporta como gas ideal?

De la tabla A-1 se leen las propiedades críticas del aire.

Ejemplos de temas I, II, III y IV

3. Una habitación aislada de $3\text{m} \times 4\text{m} \times 6\text{m}$ inicialmente a 7°C es calentada por el radiador de un sistema de calentamiento a vapor (de agua). El radiador tiene un volumen de 15 L y es llenado con vapor sobrecalentado a 200 kPa y 200°C . En este momento tanto las válvulas de entrada como de salida del radiador están cerradas. Un abanico de 120W es usado para distribuir el aire en la habitación. La presión del vapor se observa que cae a 100 kPa después de 45 minutos como resultado de la transferencia de calor a la habitación. Asumiendo calores específicos constantes para el aire a la temperatura del cuarto, determine la temperatura promedio del aire al llegar a los 45 minutos. Asuma que la presión del aire en la habitación permanece constante a 100 kPa .

Desarrollo:

TABLE A-1

Molar mass, gas constant, and critical-point properties

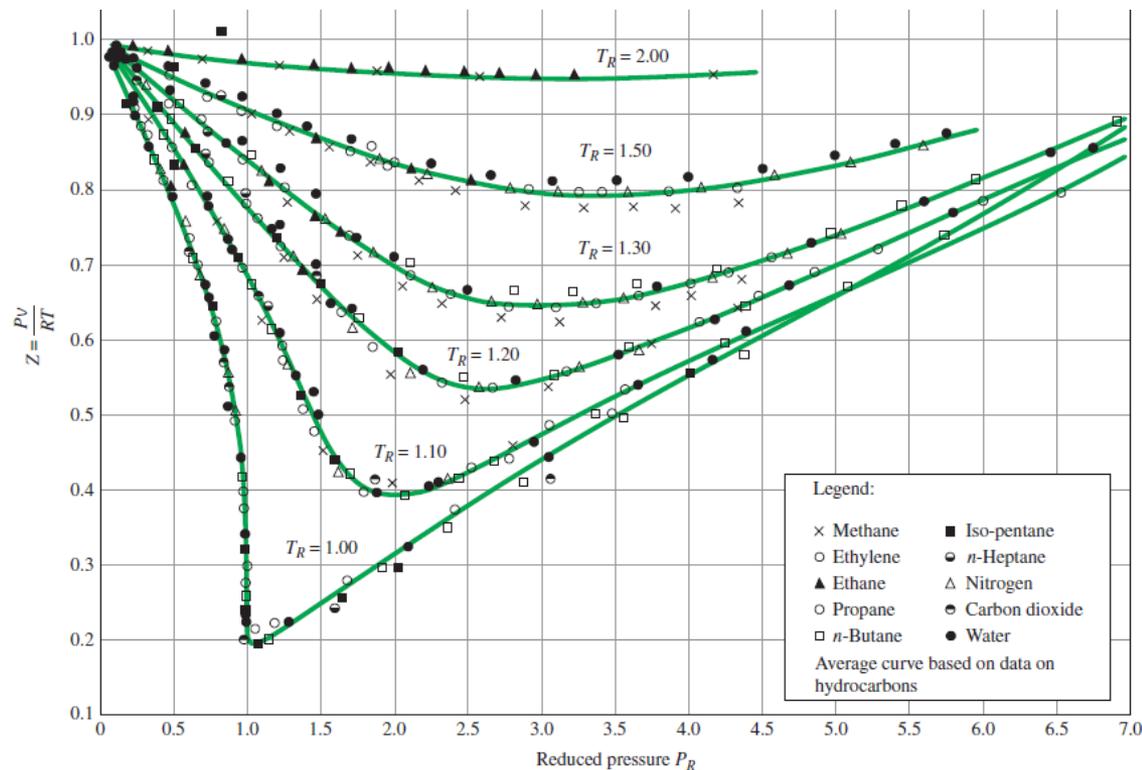
Critical-point properties

Substance	Temperature, K	Pressure, MPa	Volume, m^3/kmol
Air	132.5	3.77	0.0883
Ammonia	405.5	11.28	0.0724

$$T_{R1} = \frac{T_1}{T_{cr}}, T_{R2} = \frac{T_1}{T_{cr}}, P_{R1} = P_{R2} = \frac{P_1}{P_{cr}}$$

$$T_{R1} \cong 2.11, T_{R2} = 2.14, P_{R1} = P_{R2} = 0.0265$$

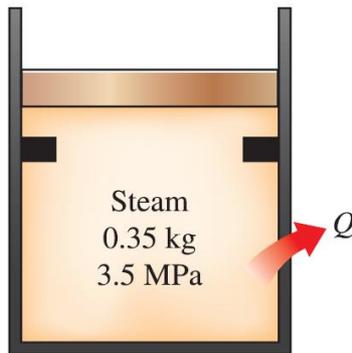
Efectivamente el aire se comporta como gas ideal (para más detalles vea la figura A-15b de su libro de texto).



Ejemplos de temas I, II, III y IV

4. Un dispositivo de cilindro embolo cerrado inicialmente contiene 0.35 kg de vapor de agua a 3.5 MPa sobrecalentados por 7.4°C. Luego el sistema pierde calor sus alrededores, en un proceso isobárico, hasta que llega a un estado de líquido saturado y el embolo se mueve hacia abajo; impactando a un par de topes. Este enfriamiento continúa hasta que el cilindro contiene agua a 200°C. Determine:

- La presión final y la calidad (de haber mezcla) al final del proceso.
- El trabajo de frontera.
- La cantidad de calor transferido cuando el embolo impacta inicialmente con los topes.
- La cantidad de calor transferido al final del proceso.



Suposiciones: La energía cinética y potencial pueden despreciarse, la fricción entre el embolo y el cilindro es despreciable, a parte del trabajo de frontera necesario para llevar al embolo hasta los topes no existe ninguna otra interacción de trabajo actuando sobre el sistema.

Ecuaciones básicas:

$$E_{\text{entrada}} - E_{\text{salida}} = \Delta E_{\text{sistema}}, \quad x = \frac{y_{\text{prom}} - y_f}{y_{fg}},$$

$$W_b = \int_{V_1}^{V_2} P(V) dV$$

Ejemplos de temas I, II, III y IV

4. Un dispositivo de cilindro embolo cerrado inicialmente contiene 0.35 kg de vapor de agua a 3.5 MPa sobrecalentados por 7.4°C. Luego el sistema pierde calor sus alrededores, en un proceso isobárico, hasta que llega a un estado de líquido saturado y el embolo se mueve hacia abajo; impactando a un par de topes. Este enfriamiento continúa hasta que el cilindro contiene agua a 200°C. Determine:

- La presión final y la calidad (de haber mezcla) al final del proceso.
- El trabajo de frontera.
- La cantidad de calor transferido cuando el embolo impacta inicialmente con los topes.
- La cantidad de calor transferido al final del proceso.

Desarrollo:

Estado 1

De la tabla A-6 de vapor sobrecalentado se determinan los datos de interés.

	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg·K
	$P = 3.50 \text{ MPa (242.56}^\circ\text{C)}$			
Sat. 225	0.05706	2603.0	2802.7	6.1244
250	0.05876	2624.0	2829.7	6.1764

$$P_1 = 3.5 \text{ MPa}$$

$$T_1 = T_{sat@3.5 \text{ MPa}} + 7.4^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 242.56^\circ\text{C} + 7.4^\circ\text{C} \cong 250^\circ\text{C}$$

$$v_1 = 0.05876 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$u_1 = 2624 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Estado 2

De la figura A-5 se pueden determinar las propiedades correspondientes al segundo estado.

TABLE A-5						
Saturated water—Pressure table (Concluded)						
Press., P kPa	Sat. temp., T_{sat} °C	Specific volume, m ³ /kg		Internal energy, kJ/kg		
		Sat. liquid, v_f	Sat. vapor, v_g	Sat. liquid, u_f	Evap., u_{fg}	Sat. vapor, u_g
800	170.41	0.001115	0.24035	719.97	1856.1	2576.0
850	172.94	0.001118	0.22690	731.00	1846.9	2577.9
3500	242.56	0.001235	0.057061	1045.4	1557.6	2603.0
4000	250.35	0.001252	0.049779	1082.4	1519.3	2601.7

Ejemplos de temas I, II, III y IV

4. Un dispositivo de cilindro embolo cerrado inicialmente contiene 0.35 kg de vapor de agua a 3.5 MPa sobrecalentados por 7.4°C. Luego el sistema pierde calor sus alrededores, en un proceso isobárico, hasta que llega a un estado de líquido saturado y el embolo se mueve hacia abajo; impactando a un par de topes. Este enfriamiento continúa hasta que el cilindro contiene agua a 200°C. Determine:

- La presión final y la calidad (de haber mezcla) al final del proceso.
- El trabajo de frontera.
- La cantidad de calor transferido cuando el embolo impacta inicialmente con los topes.
- La cantidad de calor transferido al final del proceso.

Desarrollo:

$$P_2 = P_1 = 3.5 \text{ MPa}$$

$$x_2 = 0$$

$$v_2 = v_{f@3.5 \text{ MPa}} = 0.001235 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$u_2 = u_{f@3.5 \text{ MPa}} = 1045.4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Estado 3

Al llegar el embolo a los topes el volumen se mantendrá constante y en vista de que se trata de un sistema cerrado:

$$v_3 = v_2 = 0.001235 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$T_3 = 200^\circ\text{C}$$

De la tabla A-4 se puede ver que para esta temperatura, la sustancia se encontrará en la región de mezcla.

Temp., T °C	Sat. press., P _{sat} kPa	Specific volume, m ³ /kg		Internal energy, kJ/kg		
		Sat. liquid, v _f	Sat. vapor, v _g	Sat. liquid, u _f	Evap., u _{fg}	Sat. vapor, u _g
195	1398.8	0.001149	0.14089	828.18	1763.6	2591.7
200	1554.9	0.001157	0.12721	850.46	1743.7	2594.2

$$v_{f@200^\circ\text{C}} < v_3 < v_{g@200^\circ\text{C}}$$

$$x_3 = \frac{v_3 - v_{f@200^\circ\text{C}}}{v_{g@200^\circ\text{C}} - v_{f@200^\circ\text{C}}}$$

$$x_3 = \frac{0.001235 - 0.001157}{0.12721 - 0.001157} \cong 0.00062$$

Ejemplos de temas I, II, III y IV

4. Un dispositivo de cilindro embolo cerrado inicialmente contiene 0.35 kg de vapor de agua a 3.5 MPa sobrecalentados por 7.4°C. Luego el sistema pierde calor sus alrededores, en un proceso isobárico, hasta que llega a un estado de líquido saturado y el embolo se mueve hacia abajo; impactando a un par de topes. Este enfriamiento continúa hasta que el cilindro contiene agua a 200°C. Determine:

- La presión final y la calidad (de haber mezcla) al final del proceso.
- El trabajo de frontera.
- La cantidad de calor transferido cuando el embolo impacta inicialmente con los topes.
- La cantidad de calor transferido al final del proceso.

Desarrollo:

$$x_3 = \frac{u_3 - u_{f@200^\circ C}}{u_{g@200^\circ C} - u_{f@200^\circ C}}$$

$$u_3 = x_3(u_{g@200^\circ C} - u_{f@200^\circ C}) + u_{f@200^\circ C}$$

$$u_3 = 0.00062 \left(1743.7 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) + 850.46 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cong 851.54 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

A partir de la información anterior se puede determinar lo solicitado.

a. La presión final y la calidad (de haber mezcla) al final del proceso.

Al final del proceso la sustancia se encuentra en mezcla y su presión sería la de saturación a una temperatura de 200°C.

$$P_3 = P_{sat@200^\circ C} = 1554.9 \text{ kPa}$$

$$x_3 \cong 0.00062$$

b. El trabajo de frontera.

$$W_{b,1-2} = (3500 \text{ kPa})(0.35 \text{ kg})(0.05876 - 0.001235) \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$W_{b,1-2} \cong 70.47 \text{ kJ}$$

El cuál es un trabajo de frontera que se hace sobre el sistema.

Ejemplos de temas I, II, III y IV

4. Un dispositivo de cilindro embolo cerrado inicialmente contiene 0.35 kg de vapor de agua a 3.5 MPa sobrecalentados por 7.4°C. Luego el sistema pierde calor sus alrededores, en un proceso isobárico, hasta que llega a un estado de líquido saturado y el embolo se mueve hacia abajo; impactando a un par de topes. Este enfriamiento continúa hasta que el cilindro contiene agua a 200°C. Determine:

- La presión final y la calidad (de haber mezcla) al final del proceso.
- El trabajo de frontera.
- La cantidad de calor transferido cuando el embolo impacta inicialmente con los topes.
- La cantidad de calor transferido al final del proceso.

Desarrollo:

- c. La cantidad de calor transferido cuando el embolo impacta inicialmente con los topes.

$$Q_{1-3} \cong (70.47 \text{ kJ}) - (0.35 \text{ kg})(851.54 - 2624) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$Q_{1-3} \cong 690.83 \text{ kJ}$$

$$E_{\text{entrada}} - E_{\text{salida}} = \Delta E_{\text{sistema}}$$

$$W_{b,1-2} - Q_{1-2} = m_{\text{sistema}}(u_2 - u_1)$$

$$Q_{1-2} \cong (70.47 \text{ kJ}) - (0.35 \text{ kg})(1045.4 - 2624) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$Q_{1-2} \cong 622.98 \text{ kJ}$$

- d. La cantidad de calor transferido al final del proceso.

$$E_{\text{entrada}} - E_{\text{salida}} = \Delta E_{\text{sistema}}$$

$$W_{b,1-2} - Q_{1-3} = m_{\text{sistema}}(u_3 - u_1)$$