

UNITEC^{MR}

Universidad Tecnológica de México

piensa **actúa** avanza

PROCESOS DE TERMODINÁMICA (IM8601)

REVISIÓN EXAMEN

CICLO ESCOLAR: 22-2

DOCENTE: M. en I. José Ulises Cedillo Rangel

REVISIÓN

Una máquina ideal que funciona entre dos depósitos a 463 K y 324 K, respectivamente absorbe 767 J de calor del depósito a alta temperatura durante cada ciclo. ¿Cuál es su eficiencia, cuánto realiza de trabajo y cuánto calor libera al medio?

Solución:

$$e = \frac{T_{entrada} - T_{salida}}{T_{entrada}} = \frac{463K - 324K}{463} = 0.30 \rightarrow 30\%$$

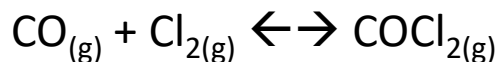
$$W_{SALIDA} = e Q_{ENTRADA} = (0.30)(767J) = 230J$$

$$Q_{SALIDA} = Q_{ENTRADA} - W_{SALIDA} = 767J - 230J = 537J$$

La máquina ideal tiene una eficiencia de 30% toma 767 J de energía, realiza 230 J de trabajo y libera 537 J al medio.

REVISIÓN

El cloruro de carbonilo (COCl_2) también llamado fosgeno, se utilizó en la Primera Guerra Mundial como gas venenoso. Las concentraciones en el equilibrio a 74°C para la reacción entre monóxido de carbono y cloro molecular que produce cloruro de carbonilo



Son $[\text{CO}] = 1.2 \times 10^{-2} \text{ M}$, $[\text{Cl}_2] = 0.054 \text{ M}$ y $[\text{COCl}_2] = 0.14 \text{ M}$.
Calcule la constante de equilibrio.

Solución:

$$K = \frac{[\text{COCl}_2]}{[\text{CO}][\text{Cl}_2]}$$

$$K = \frac{0.14}{(1.2 \times 10^{-2})(0.054)} = 216.05$$

REVISIÓN

La presión de vapor del benceno es de 100 mmHg a 26°C. Se conoce que el ΔH_{vapor} es de 33.899 kJ/mol. Calcule presión de vapor a 32 °C.

Solución:

$$\Delta H_{\text{vap}} = 33.899 \text{ kJ/mol} = 33\,899 \text{ J/mol}$$

$$P_1 = 100 \text{ mmHg}$$

$$T_1 = 26^\circ\text{C} = 299 \text{ K}$$

$$T_2 = 32^\circ\text{C} = 305 \text{ K}$$

$$P_2 = ?$$

Se utiliza la ecuación de Clausius Clapeyron:

$$\ln \frac{P_1}{P_2} = \frac{\Delta H_{\text{vap}}}{R} \left(\frac{T_1 - T_2}{T_1 T_2} \right)$$

$$\ln \frac{100 \text{ mmHg}}{P_2} = \frac{33\,899 \text{ J/mol}}{8.314 \text{ J/K mol}} \left(\frac{299\text{K} - 305\text{K}}{(299\text{K})(305\text{K})} \right)$$

$$\ln \frac{100}{P_2} = -0.2683$$

$$\frac{100}{P_2} = e^{-0.2683}$$

$$P_2 = 130.77 \text{ mmHg}$$

REVISIÓN

Se quema un carbón de Texas con análisis elemental (en masa) de 39.25 por ciento de C, 6.93 por ciento de H₂, 41.11 por ciento de O₂, 0.72 por ciento de N₂, 0.79 por ciento de S y 11.29 por ciento de cenizas (no combustibles). Determine la relación aire – combustible de la combustión teórica.

Solución:

C: 39.25 %

H₂: 6.93 %

O₂: 41.11%

N₂: 0.72%

S: 0.79%

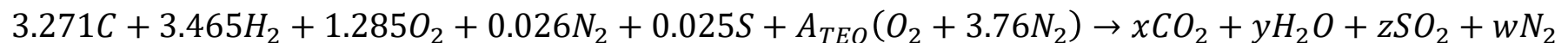
Cenizas: 11.29%

Consideramos una base de 100 kg de carbón, se calculan los números de moles de los constituyentes del carbón:

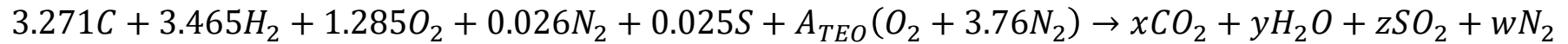
$$N_C = \frac{m_C}{M_C} = \frac{39.25 \text{ kg}}{12 \text{ k g/k mol}} = 3.271 \text{ kmol} \quad N_{N_2} = \frac{m_{N_2}}{M_{N_2}} = \frac{0.72 \text{ kg}}{28 \text{ k g/k mol}} = 0.026 \text{ kmol}$$

$$N_{H_2} = \frac{m_{H_2}}{M_{H_2}} = \frac{6.93 \text{ kg}}{2 \text{ k g/k mol}} = 3.465 \text{ kmol} \quad N_S = \frac{m_S}{M_S} = \frac{0.79 \text{ kg}}{32 \text{ k g/k mol}} = 0.025 \text{ kmol}$$

$$N_{O_2} = \frac{m_{O_2}}{M_{O_2}} = \frac{41.11 \text{ kg}}{32 \text{ k g/k mol}} = 1.285 \text{ kmol}$$



REVISIÓN



Realizando el balance de masa para los constituyentes, se obtiene:

$$C: \quad 3.271 = x \quad \rightarrow \quad x = 3.271$$

$$H: \quad 3.465 = y \quad \rightarrow \quad y = 3.465$$

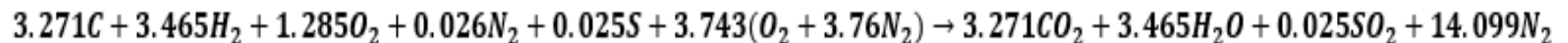
$$S: \quad 0.025 = z \quad \rightarrow \quad z = 0.025$$

$$O: \quad 1.285 + A_{TEO} = x + (1/2)y + z \quad \rightarrow \quad A_{TEO} = 3.271 + (0.5)(3.465) + 0.025 - 1.285$$

$$A_{TEO} = 3.743$$

$$N: \quad 0.026 + A_{TEO}(3.76) = w \quad \rightarrow \quad w = 14.099$$

Entonces la reacción se escribe con estos coeficientes estequiométricos:



$$AC = \frac{m_{AIRE}}{m_{COMBUSTIBLE}} = \frac{(3.743 \times 4.76 \text{ kmol}) \left(29 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \right)}{100 \text{ kg}} = 5.167 \frac{\text{kg aire}}{\text{kg combustible}}$$

PROCESOS DE TERMODINÁMICA (IM8601)

CLASE 12: Tablas de Propiedades Termodinámicas

CICLO ESCOLAR: 22-2

DOCENTE: M. en I. José Ulises Cedillo Rangel

Tablas de Propiedades Termodinámicas

Para la mayor parte de las sustancias, las relaciones entre propiedades termodinámicas son demasiado complejas para expresarse por medio de ecuaciones simples; por lo tanto, las propiedades suelen presentarse en forma de tablas.

Algunas propiedades termodinámicas se miden con facilidad, pero otras no y deben calcularse a través de las relaciones que involucren propiedades medibles. Los resultados de estas mediciones y cálculos se presentan en tablas con un formato conveniente.

En el siguiente análisis se utilizan tablas de vapor de agua para mostrar el uso de tablas de propiedades termodinámicas. Para otras sustancias, las tablas de propiedades se utilizan de la misma manera. Para cada sustancia las propiedades termodinámicas se listan en más de una tabla, ya que se prepara una para cada región de interés, como las de vapor sobrecalentado, de líquido comprimido y de saturación (mezcla).

Estados de líquido saturado y de vapor saturado

Las propiedades de líquido saturado y de vapor saturado para el agua se enumeran en las tablas **A-4** y **A-5**, las cuales proporcionan la misma información pero con una única diferencia: en la **A-4** las propiedades se enumeran a partir de la temperatura y en la **A-5** por la presión. En consecuencia, es más conveniente utilizar la **A-4** cuando se tiene la temperatura y la **A-5** cuando se tiene la presión.

Tablas de Propiedades Termodinámicas

Uso de la tabla A-4

El subíndice ***f*** se emplea para denotar propiedades de un líquido saturado y el subíndice ***g*** para expresar las propiedades de vapor saturado. Estos símbolos son de uso común en termodinámica y provienen del alemán.

Otro subíndice común es ***fg***, el cual denota la diferencia entre los valores de vapor saturado y líquido saturado de la misma propiedad. Por ejemplo:

v_f = volumen específico del líquido saturado

v_g = volumen específico del vapor saturado

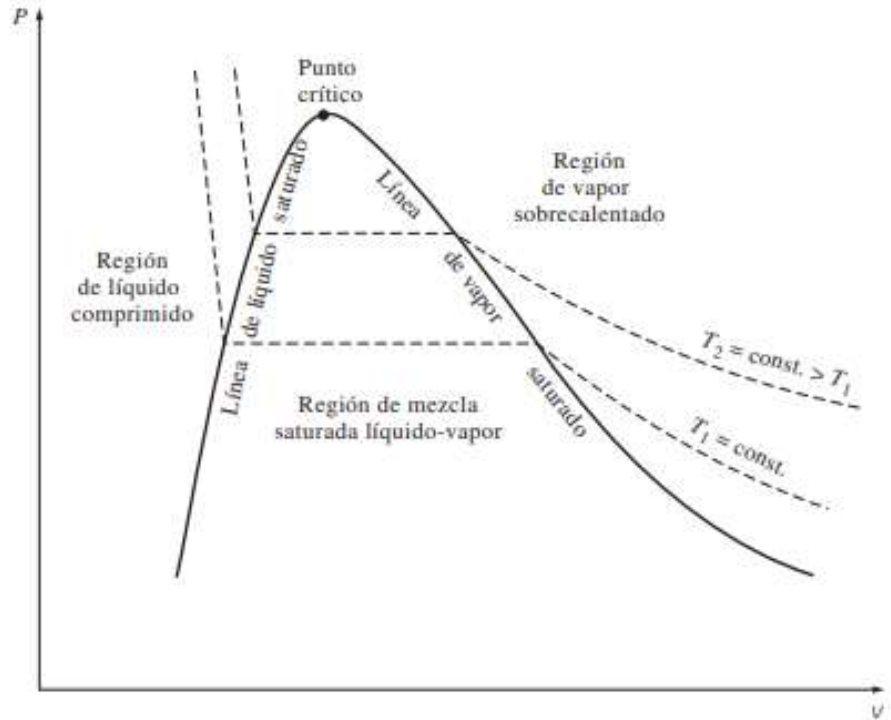
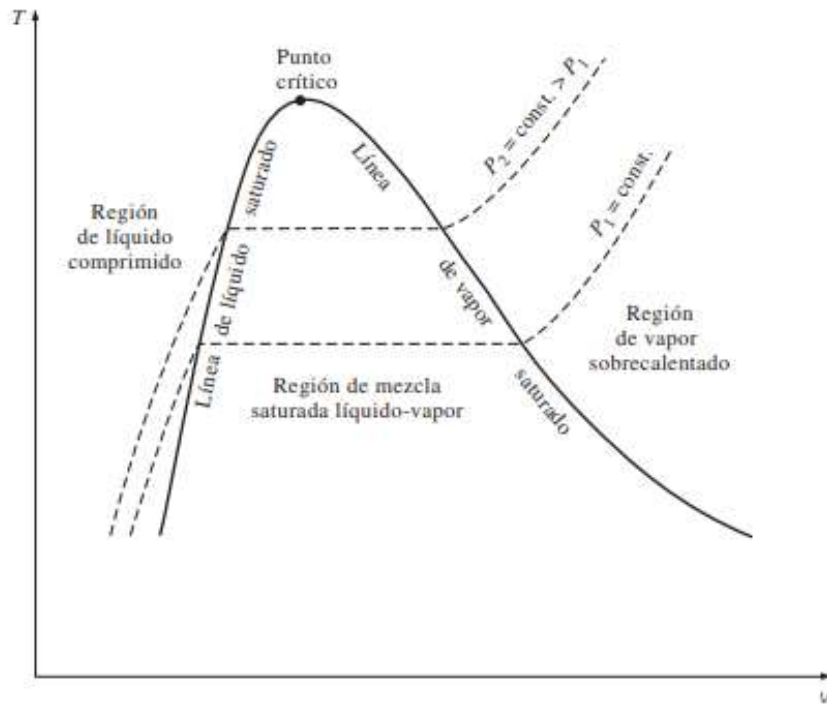
v_{fg} = diferencia entre v_g y v_f (es decir, $v_{fg} = v_g - v_f$)

La cantidad h_{fg} es la entalpía de vaporización (o calor latente de vaporización) y representa la cantidad de energía necesaria para evaporar una masa unitaria de líquido saturado a una temperatura o presión determinadas. Disminuye cuando aumenta la temperatura o la presión y se vuelve cero en el punto crítico.

Temp. sat. °C T	Pres. sat. kPa P_{sat}	Volumen específico m ³ /kg	
		Líquido sat. v_f	Vapor sat. v_g
85	57.868	0.001032	2.8261
90	70.183	0.001036	2.3593
95	84.609	0.001040	1.9808

↑ Temperatura especificada
 ↑ Presión de saturación correspondiente
 ↑ Volumen específico del líquido saturado
 ↑ Volumen específico del vapor saturado

Tablas de Propiedades Termodinámicas



Tablas de Propiedades Termodinámicas

Ejemplo 1.

Un recipiente rígido contiene 50 kg de agua líquida saturada a 90 °C. Determine la presión en el recipiente y el volumen del mismo.

Solución:

El estado del agua líquida saturada se muestra en un diagrama T-v. Puesto que en el recipiente existen condiciones de saturación, la presión debe ser la presión de saturación a 90 °C

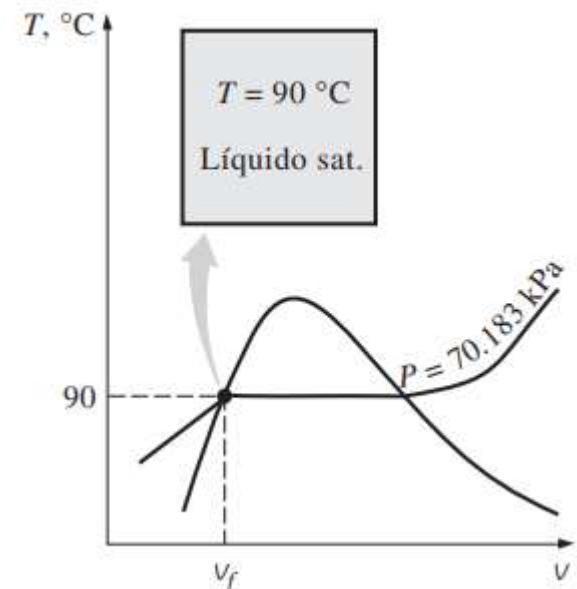
Lectura de la Tabla A – 4 $\rightarrow P = P_{\text{sat @ } 90^{\circ}\text{C}} = \mathbf{70.183 \text{ kPa}}$

Para determinar el volumen:

Lectura de la Tabla A – 4 $\rightarrow v = v_f @ 90^{\circ}\text{C} = \mathbf{0.001036 \text{ m}^3/\text{kg}}$

Por lo tanto el volumen total del recipiente es:

$$V = m v = (50 \text{ kg}) (0.001036 \text{ m}^3/\text{kg}) = \mathbf{0.0518 \text{ m}^3}$$



Tablas de Propiedades Termodinámicas

Ejemplo 2.

Un dispositivo que consta de cilindro-émbolo contiene 2 ft³ de vapor de agua saturado a 50 psia de presión. Determine la temperatura y la masa del vapor dentro del cilindro.

Solución:

El estado del vapor saturado se muestra en un diagrama P-v. Puesto que el cilindro contiene vapor saturado a 50 psia, la temperatura interior debe ser la temperatura de saturación a esta presión:

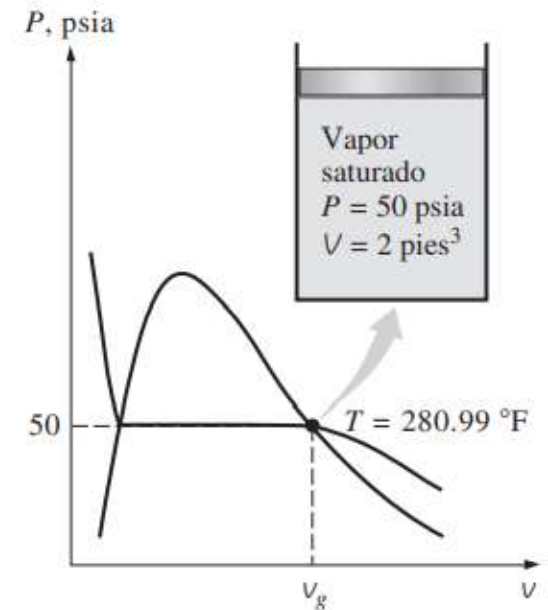
Lectura de la Tabla A – 5E $\rightarrow T = T_{\text{sat @ 50 psia}} = \mathbf{280.99\text{ }^{\circ}\text{F}}$

Para determinar el volumen específico a 50 psia:

Lectura de la Tabla A – 5E $\rightarrow v = v_{\text{g @ 50 psia}} = \mathbf{8.5175\text{ ft}^3/\text{lbm}}$

Por lo tanto la masa del vapor de agua dentro del cilindro es:

$$m = V / v = (2\text{ ft}^3) / (8.5175\text{ ft}^3/\text{lbm}) = \mathbf{0.235\text{ lbm}}$$



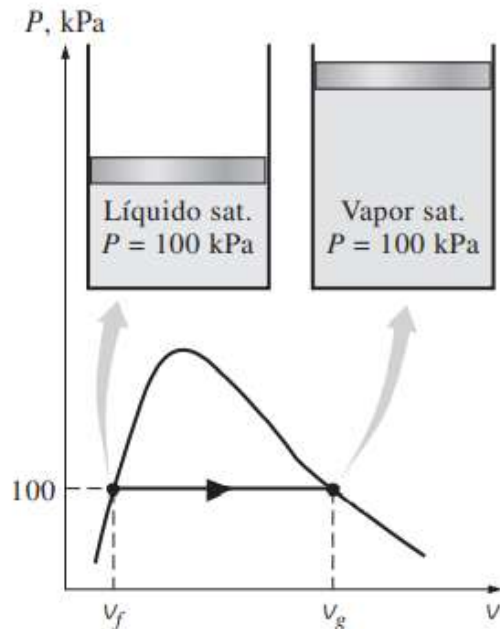
Tablas de Propiedades Termodinámicas

Ejemplo 3.

Una masa de 200 gramos de agua líquida saturada se evapora por completo a una presión constante de 100 kPa. Determine a) el cambio de volumen y b) la cantidad de energía transferida al agua.

Solución:

Se evapora agua líquida saturada a presión constante. Se determinarán el cambio de volumen y la energía transferida. El proceso descrito se ilustra en un diagrama P-v.



Tablas de Propiedades Termodinámicas

Ejemplo 3.

Una masa de 200 gramos de agua líquida saturada se evapora por completo a una presión constante de 100 kPa. Determine a) el cambio de volumen y b) la cantidad de energía transferida al agua.

Solución:

a) El cambio de volumen por unidad de masa durante el proceso de evaporación es v_{fg} , que es la diferencia entre v_g y v_f .

Al tomar de la Tabla A-5 estos valores a 100 kPa y sustituir, se obtiene:

$$v_{fg} = v_g - v_f = 1.6941 - 0.001043 = 1.6931 \text{ m}^3 / \text{kg}$$

$$\Delta V = m v_{fg} = (0.2 \text{ kg}) (1.6931 \text{ m}^3/\text{kg}) = \mathbf{0.3386 \text{ m}^3}$$

b) La cantidad de energía necesaria para evaporar una masa unitaria de sustancia a una determinada presión es la entalpía de evaporación a esa presión, que es $h_{fg} = 2\,257.5 \text{ kJ/kg}$ para el agua a 100 kPa. Por lo tanto, la cantidad de energía transferida es:

$$m h_{fg} = (0.2 \text{ kg}) (2\,257.5 \text{ kJ} / \text{kg}) = \mathbf{451.5 \text{ kJ}}$$

Tablas de Propiedades Termodinámicas

INTERPOLACIÓN

$$y = y_1 + (x - x_1) \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}$$

y = valor de interpolación lineal

x = variable independiente

x_1, y_1 = valores de la función en un punto

x_2, y_2 = valores de la función en otro punto

TABLA A-17

Propiedades de gas ideal del aire

T K	h kJ/kg	P_r	u kJ/kg	v_r	s° kJ/kg · K	T K	h kJ/kg	P_r	u kJ/kg	v_r	s° kJ/kg · K
200	199.97	0.3363	142.56	1707.0	1.29559	580	586.04	14.38	419.55	115.7	2.37348
210	209.97	0.3987	149.69	1512.0	1.34444	590	596.52	15.31	427.15	110.6	2.39140
220	219.97	0.4690	156.82	1346.0	1.39105	600	607.02	16.28	434.78	105.8	2.40902
230	230.02	0.5477	164.00	1205.0	1.43557	610	617.53	17.30	442.42	101.2	2.42644
240	240.02	0.6355	171.13	1084.0	1.47824	620	628.07	18.36	450.09	96.92	2.44356
250	250.05	0.7329	178.28	979.0	1.51917	630	638.63	19.84	457.78	92.84	2.46048
260	260.09	0.8405	185.45	887.8	1.55848	640	649.22	20.64	465.50	88.99	2.47716
270	270.11	0.9590	192.60	808.0	1.59634	650	659.84	21.86	473.25	85.34	2.49364
280	280.13	1.0889	199.75	738.0	1.63279	660	670.47	23.13	481.01	81.89	2.50985
285	285.14	1.1584	203.33	706.1	1.65055	670	681.14	24.46	488.81	78.61	2.52589

Ejemplo 4. Se requiere el valor correspondiente de temperatura de un $v_f = 84.512 \text{ m}^3/\text{kg}$
 $y = ?$

$x = 84.512 \text{ m}^3/\text{kg}$

$x_1 = 85.34 \text{ m}^3/\text{kg}$ $y_1 = 650 \text{ K}$

$x_2 = 81.89 \text{ m}^3/\text{kg}$ $y_2 = 660 \text{ K}$

$$y = 650 \text{ K} + \left(84.512 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} - 85.34 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right) \left(\frac{(660 \text{ K} - 650 \text{ K})}{\left(81.89 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} - 85.34 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right)} \right) = \mathbf{652.4 \text{ K}}$$

UNITEC^{MR}

Universidad Tecnológica de México

piensa **actúa** avanza