

Problemas de Termo

Segunda Prueba

Capacidad Calorífica: gases reales y ecuaciones de estado

Ecuación Virial: calculo del segundo coeficiente virial

Ecuaciones de estado: flujo a través de una válvula

Bomba de agua: cálculo de la temperatura de salida

Compresión de aire: cálculo de la temperatura de salida

Primera ley: Trabajo de un compresor

Primera ley: trabajo de una bomba

Compresión de gases: trabajo de un compresor cerrado

Compresión de gases: trabajo de un compresor abierto

Primera ley: llenado de un estanque vacío y aislado

Primera Ley: calentamiento de un estanque cerrado y rígido

Primera Ley: mezcla de dos corrientes

Primera Ley: transferencia de calor líquido-gas

Primera ley: balance de materia y energía

Primera ley: balance de materia y energía

Primera Ley: balance de energía con cambio de fases solido-líquido

Primera Ley: balance de energía con cambio de fases líquido-vapor

Capacidad Calorífica: gases reales y ecuaciones de estado

Si para el gas ideal, $(C_p - C_v) = R$, entonces para un gas real que sigue la ecuación $P = RT/(V-b)$, siendo "b" una constante, la diferencia $(C_p - C_v)$ es...

a) R	d) $0.5 \cdot R$
b) $R(1-V/b)$	e) No se puede calcular.
c) $2 \cdot R$	f) Ninguna de las anteriores.

Solución

En la página 59 de los apuntes del curso de termodinámica básica, encontramos la siguiente expresión:

$$C_p - C_v = T \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V \cdot \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_P$$

Con la expresión dada ($P = RT/(V-b)$), podemos calcular las derivadas que aparecen en la ecuación anterior (no olvidemos que el subíndice en cada derivada parcial significa que dicha propiedad permanece constante en la derivación):

$$\left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V = \frac{R}{V-b} \quad \text{y} \quad \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_P = \frac{R}{P}$$

Reemplazando estos resultados en la primera ecuación da:

$$C_p - C_v = T \left[\frac{R}{V-b} \right] \cdot \left(\frac{R}{P} \right)$$

y como $\frac{P}{T} = \frac{R}{V-b}$, queda

$$C_p - C_v = T \left(\frac{P}{T} \right) \left(\frac{R}{P} \right)$$

O sea que:

$$C_p - C_v = R$$

Es decir, la alternativa correcta es la (a).

Ecuación Virial: calculo del segundo coeficiente virial

Para el amoníaco, el segundo coeficiente virial "B" en atm⁻¹ en la ecuación virial en P a 360 K es aprox...

a) -0.0053	d) 0.031
b) -0.53	e) No se puede calcular.
c) 0.0012	f) Ninguna de las anteriores.

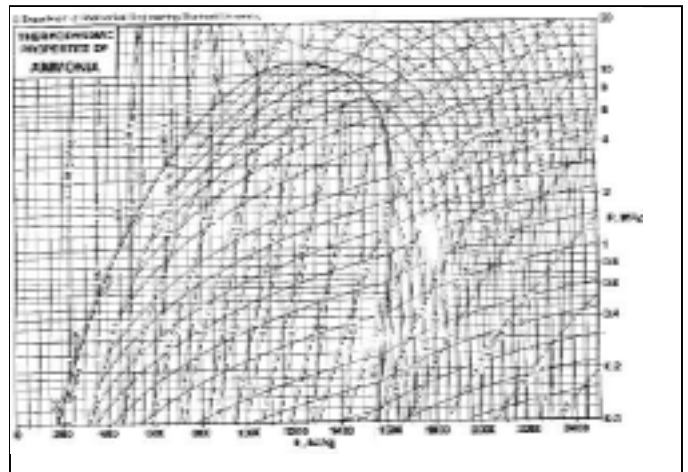
Solución

Recordamos la ecuación virial en P:

$$\frac{P \cdot V}{R \cdot T} = 1 + B' P$$

De la figura de la página 70 de los apuntes (diagrama PH del amoníaco):

T=360 K	T=360 K
P= 30 atm	P= 43 atm
V= 0.05 m ³ /kg	V=0.03 m ³ /kg
V=0.85 m ³ /kmol	V=0.51 m ³ /kmol
Z=0.8638	Z=0.743



Para P=30 atm:

$$\frac{30 \cdot 0.85}{0.082 \cdot 360} = 1 + B' \cdot (30)$$

El valor de B' obtenido es -0.00454.

Para P=43 atm:

$$\frac{43 \cdot 0.51}{0.082 \cdot 360} = 1 + B' \cdot (43)$$

En este caso, el valor de B' es -0.0598.

Se obtiene el promedio entre ambos valores... $B' = -0.00526(\text{atm}^{-1})$

La alternativa (a) es la correcta.

Nota: un mejor valor se obtiene graficando (PV/RT)-vs-P a 360 K y obteniendo la pendiente de la recta, que corresponde a B'.

Ecuaciones de estado: flujo a través de una válvula

Un gas obedece la ecuación de estado $P=RT/(V-b)$, siendo $b=30$ (cc/mol) constante y V el volumen molar. Si el gas se expande en una válvula, determine qué le sucederá al gas...:

a) T permanecerá igual.	d) Se puede enfriar o calentar (quién sabe)
b) El gas se enfriará.	e) Falta información (no se puede saber)
c) El gas se calentará.	f) Ninguna de las anteriores.

Solución

La Primera Ley de la Termodinámica aplicada a una válvula da: $\Delta H = 0$

Se observa que la ecuación de estado dada:

$$P = \frac{R \cdot T}{V - b}$$

Se trata del primer término de la ecuación de van der Waals, o sea que en la ec. de VdW, $a=0$. Luego, la expresión para ΔH que está en los apuntes, es:

$$\Delta H = RT_1 \left[\frac{2a}{RT_1 V} + \frac{b}{v - b} \right]_{T_1, P_1}^{T_1, P_2} + \int_{T_1}^{T_2} C_p dT$$

que con $a=0$, se reduce a:

$$\Delta H = \frac{b}{V - b} \Big|_{T_1, P_1}^{T_1, P_2} + \int_{T_1}^{T_2} C_p dT = \frac{P \cdot b}{R \cdot T} \Big|_{T_1, P_1}^{T_1, P_2} + C_p \Delta T$$

$$\Delta H = \frac{P_2 \cdot b}{R \cdot T_1} - \frac{P_1 \cdot b}{R \cdot T_1} + C_p \Delta T = 0$$

Despejando ΔT , se obtiene:
$$\Delta T = \frac{b}{C_p R \cdot T_1} [P_1 - P_2]$$

Observando el lado derecho de la ecuación, se ve que en cualquier caso éste será de signo positivo. Esto se debe a que el término $b/C_p R T_1$ siempre será positivo (note que el parámetro "b" es positivo en este ejemplo), y a través de la válvula, la presión del fluido siempre caerá ($P_1 > P_2$). Como el valor de C_p también siempre es positivo, el valor de ΔT también lo será.

La respuesta correcta es la alternativa (c): el fluido se calentará

Bomba de agua: cálculo de la temperatura de salida

Agua líquida es bombeada a razón de 100 (lt/min) desde 1 atm y 25°C, hasta 1000 atm. La bomba tiene una eficiencia del 100%. La temperatura del agua a la salida de la bomba es, aproximadamente:

a) 50°C	d) 82°C
b) 25°C	e) Falta información.
c) 65°C	f) Ninguna de las anteriores.

Solución

Para una bomba, la aplicación de la Primera Ley de la Termodinámica resulta en la siguiente expresión: $dH = dW$

Ya que el agua a la entrada y a la salida de la bomba es un líquido comprimido, el cálculo de entalpía no es fácil ni exacto. Las Tablas del agua tampoco dan valores exactos.

Por lo tanto conviene aquí usar otra expresión para encontrar el trabajo de la bomba:

$$dW = -VdP$$

Y como V es aproximadamente constante: $W = -V\Delta P$

Obteniendo el volumen específico del agua de tablas: 1 (cc/gr), se tiene:

$$W = -V \cdot \Delta P = -1 \cdot (1000 - 1) = -24.2 \left(\frac{\text{cal}}{\text{gr}} \right)$$

Transformando unidades: 1 cal = 41.3 atm L, se tiene: $W = -24.2(\text{cal} / \text{gr})$

Por otro lado:

$$W = \Delta H = C_p \Delta T = 1(\text{cal} / \text{gr}) \cdot \Delta T$$

Igualando ambas expresiones, se obtiene: $\Delta T = 24.2 \rightarrow T_2 = 25 + 24.2 \approx 50^\circ\text{C}$.

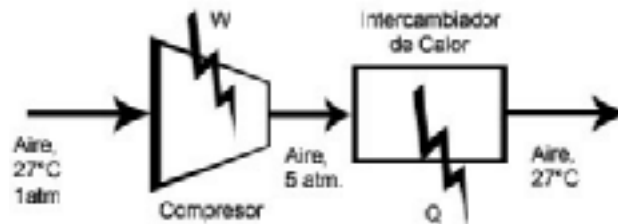
La alternativa (a) es la correcta: $T \approx 50^\circ\text{C}$

Compresión de aire: cálculo de la temperatura de salida

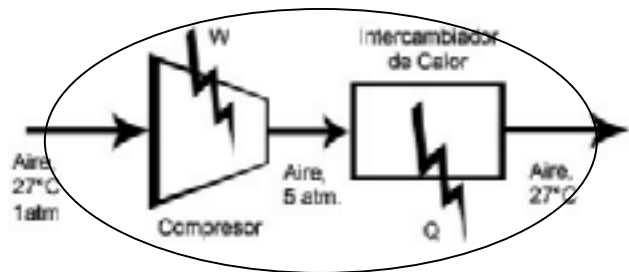
Se comprime aire desde 27°C y 1 atm hasta 5 atm en un compresor con una eficiencia del 50%. Luego el aire, que se calentó al ser comprimido, se enfría hasta 27°C en un intercambiador de calor. Entonces...

a) $W=Q$	d) $Q=-W$
b) $W=2Q$	e) Falta información
c) $Q=2W$	f) Ninguna de las anteriores.

Solución



El diagrama muestra ambos procesos (compresión e intercambio de calor) esquematizados. En el compresor al aire sólo recibe trabajo, y en el intercambiador, pierde calor. Aplicando la Primera Ley de la Termodinámica al sistema formado por ambos dispositivos (sistema abierto, estacionario), se tiene:



$$\Delta H = Q - W$$

Se sabe que, para bajas presiones, la entalpía depende casi exclusivamente de la temperatura. Como la temperatura del sistema a la salida es la misma de la entrada (27°C), se tiene:

$$\Delta H = 0$$

Luego, aplicando este resultado a la ecuación de balance de energía (Primera Ley), se obtiene: $Q = W$

La alternativa (a) es correcta: $Q=W$

Primera ley: Trabajo de un compresor

El trabajo requerido para comprimir amoníaco vapor saturado a 2 atm., en un compresor continuo hasta 16 atm., es aprox...:

a) 5 Kcal/kg	d) 0.5 Kcal/kg
b) 80 Kcal/kg	e) Falta información.
c) 800 Kcal/kg	f) Ninguna de las anteriores.

Solución:

Para un compresor ideal, sin intercambio de calor, la Primera Ley de la Termodinámica se reduce a: $W = -\Delta H \approx H_2 - H_1$

De la figura en la página 70 de los apuntes del curso de termodinámica básica, se obtienen los valores de la entalpía para el vapor saturado a ambas presiones:

$$H_1 = 1560 \left(\frac{kJ}{kg} \right) \quad \text{y} \quad H_2 = 1900 \left(\frac{kJ}{kg} \right)$$

$$\text{Luego: } W = -340 \left(\frac{KJ}{kg} \right) = -81.3 \left(\frac{Kcal}{kg} \right)$$

Alternativamente, el valor de ΔH puede encontrarse como: $\Delta H \approx C_p \Delta T$

Para encontrar el valor de la variación de temperatura, debemos consultar una tabla de vapor saturado. Encontramos que $T_1=255$ K, $T_2=415$ K. El valor de C_p también se obtiene de tablas: 8.51 cal/mol.

Considerado que el amoníaco tiene $M=17$:

$$C_p = 8.51 \left(\frac{cal}{mol} \right) 17 \left(\frac{mol}{kg} \right) = 0.5 \left(\frac{cal}{gr} \right) \}$$

Por lo tanto:

$$W = 0.5 \left(\frac{cal}{gr} \right) (415 - 255)(K) = 80 \left(\frac{Kcal}{kg} \right)$$

La alternativa (b) es la correcta: $W = 80$ Kcal/kg

Notamos que aunque la diferencia de presiones es la misma que la aplicada en el ejercicio anterior, el trabajo realizado es diferente ya que si bien se trata de la misma sustancia, está en diferentes fases: líquida en el ejemplo anterior, y gaseosa (vapor saturado) en este ejemplo, por lo que la energía requerida es diferente.

Primera ley: trabajo de una bomba

El trabajo requerido para bombear amoníaco líquido saturado a 2 atm en una bomba continua hasta 16 atm., es aprox...:

a) 5 Kcal/kg	d) 0.5 Kcal/kg
b) 80 Kcal/kg	e) Falta información.
c) 800 Kcal/kg	f) Ninguna de las anteriores.

Solución

Si en el proceso de bombeo no se añade calor, la Primera Ley de la Termodinámica aplicada a una bomba se reduce a:

$$W \approx V \cdot \Delta P$$

De tablas, determinamos que el volumen específico del amoníaco líquido saturado a 2 atm es $0.0015 \text{ m}^3/\text{kg}$, ó bien, 1.5 cc/gr .

La diferencia de presión a la que se somete el amoníaco durante el bombeo es de 14 atmósferas (16-2). Luego:

$$W = 1.5 \left(\frac{\text{cc}}{\text{gr}} \right) \cdot \frac{14(\text{atm})}{41.3(\text{atm} \cdot \text{cc}/\text{cal})} \approx 0.5 \left(\frac{\text{cal}}{\text{gr}} \right) = 0.5 \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{kg}} \right)$$

La alternativa correcta es la (d): $W = 0.5 \text{ kcal/kg}$.

Compresión de gases: trabajo de un compresor cerrado

Se comprime metano (CH₄) en un proceso cerrado y adiabático desde P₁=1 atm., y T₁=20°C hasta P₂=20 atm. El trabajo de compresión es aprox...

a) 3800 cal/mol	d) 380 cal/mol
b) 1930 cal/mol	e) falta información
c) 191 cal/mol	f) ninguna de las anteriores

Solución

El siguiente diagrama muestra el proceso al cual es sometido el metano:

Para un proceso adiabático/reversible, se tiene que: $\Delta S = 0$

Además:

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{R}{C_p}} = 293 \left(\frac{20}{1} \right)^{\frac{1.987}{8.55}} = 587.4(K)$$

De la primera ley: $dU = dQ - dW$

Como el proceso es adiabático, no existe transferencia de calor, por lo tanto:

$$dW = -dU$$

El trabajo realizado puede encontrarse mediante integración:

$$W = - \int_{T_1}^{T_2} C_v dT$$

Debido a que el intervalo de presiones dentro del cual se desarrolla el proceso no es muy grande, podemos representar el metano mediante la ecuación de gas ideal.

Para un gas ideal, se cumple que:

$$C_v = C_p - R$$

Reemplazando esta expresión en la integral anterior se obtiene:

$$W = -(C_p - R)[T_2 - T_1] = -(8.55 - 1.987)[587.4 - 293] = 1932 \left(\frac{\text{cal}}{\text{mol}} \right)$$

La respuesta correcta es la alternativa (b): $W = 1930 \text{ (cal/mol)}$

Compresión de gases: trabajo de un compresor abierto

Se requiere un flujo de aire de 100 (mol/seg) a 5 atm., y se dispone de aire ambiental a 294 K. Se dispone de varios compresores en la bodega, pero son de bajo rendimiento (50%), por lo que habían sido dados de baja. Como no hay alternativa, debo usar uno de estos compresores. Debo buscar un compresor que proporcione al menos un trabajo de...

a) 1000 KW	d) 500 KW
b) 100 KW	e) falta información
c) 2000 KW	f) ninguna de las anteriores

Solución

Planteando la 1ª ley para un compresor isoentrópico, se obtiene:

$$W_s = \Delta H_{ideal} = m \cdot C_v \cdot \Delta T$$

El valor de ΔT se obtiene de aplicar la 2ª ley al compresor. Como consideramos un compresor isoentrópico, se tiene $\Delta S=0$.

A bajas presiones $\Delta S=C_p \cdot \ln(T_2/T_1) - R \cdot \ln(P_2/P_1)$. Por lo tanto: $T_2 = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{R}{C_p}} \cdot T_1$

El valor de C_p se obtiene de tablas. El aire se calienta al ser comprimido, por lo que suponemos una temperatura de salida de 500 K. La temperatura media da $T=400$ K y $C_p \approx 7$ (cal/mol*K). Reemplazando este valor en la ecuación anterior:

$$T_2 = \left(\frac{5}{1}\right)^{\frac{1.987}{7}} \cdot 294 = 465(K)$$

$$\text{Luego: } \Delta H_s = 100 \left(\frac{\text{mol}}{\text{seg}}\right) [465 - 294](K) \cdot 7 \left(\frac{\text{cal}}{\text{mol} \cdot K}\right) = 119700 \left(\frac{\text{cal}}{\text{s}}\right) = 119.7 \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{s}}\right)$$

El compresor real requiere mas energía para realizar este trabajo. De la definición de eficiencia para el compresor:

$$\eta = \frac{W_s}{W_{real}} = \frac{\Delta H_s}{\Delta H_{real}}$$

$$\text{Despejamos: } \Delta H_{real} = \frac{\Delta H_s}{\eta} = \frac{119.7}{0.50} = 239.4 \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{s}}\right) \cdot 4.184 \left(\frac{\text{KJ}}{\text{Kcal}}\right) = 1001.6 \left(\frac{\text{KJ}}{\text{s}}\right)$$

La alternativa (a) es la correcta: $W = 1000$ (kW)

Primera ley: llenado de un estanque vacío y aislado

Vapor saturado y seco a 1 atm. entra y llena un contenedor completamente vacío y aislado. La temperatura del agua en el contenedor justo cuando se llena es aprox...:

a) entre 450 y 500 K	d) mayor a 510 K
b) 373 K	e) falta información
c) unos pocos grados sobre 373	f) ninguna de las anteriores

Solución

Se plantea la ecuación de conservación de la energía (primera ley) para el vapor:

$$d(m \cdot \hat{U}) + (\Delta \hat{H} + \Delta E_c + \Delta E_p) d\dot{m} = dQ - dW_m$$

De acuerdo al enunciado, podemos suponer que las energías potencial y cinética permanecen constantes, y que no hay adición de calor y trabajo externos. Con ello:

$$d(m \cdot \hat{U}) + \Delta \hat{H}_{cond} \cdot d\dot{m} = 0$$

Para el proceso de llenado del contenedor: $m_2 \hat{U}_2 - m_1 \hat{U}_1 + (\hat{H}_e - \hat{H}_s)(m_2 - m_1) = 0$

Notamos que, al iniciar el proceso, el recipiente se encuentra vacío, es decir, $m_1=0$. La ecuación se reduce a: $m_2 \hat{U}_2 + m_2 \hat{H}_e = 0$

Es decir: $\hat{U}_2 = \hat{H}_e$

Esto significa que la energía interna del vapor al concluir el llenado es igual a la entalpía que posee la corriente que entra. El valor de H_e es el valor de la entalpía de vapor seco a 1 atm., y es igual a 2675.6 KJ/kg. El recipiente sigue a 1 atm de presión, por lo que buscamos a qué temperatura la energía interna del aire tiene ese valor, en tablas de propiedades para el agua (apuntes pág 62). Encontramos que la temperatura se sitúa entre 450 y 500 K. Por lo tanto, la respuesta (a) es la correcta.

P.Mpa (Tsat.K)	T.K				
	sat	400	450	500	550
0.070 v.m3/kg	2.366	2.617	2.958	3.287	3.619
(363.1) h.kj/kg	2659.6	2732.7	2830.8	2929.1	3028.3
s.kj/(kg-K)	7.4789	7.6707	7.9019	8.1090	8.2980
u.kj/kg	2494.0	2549.5	2624.1	2699.0	2774.9
0.101325 v.m3/kg	1.673	1.802	2.036	2.268	2.498
(373.1) h.kj/kg	2675.6	2729.7	2829.0	2927.9	3027.4
s.kj/(kg-K)	7.3541	7.4942	7.7281	7.9365	8.1261
u.kj/kg	2506.0	2547.2	2622.7	2698.1	2774.3

Primera Ley: calentamiento de un estanque cerrado y rígido

Se calienta y presuriza, en un recipiente cerrado de volumen variable (cilindro con pistón de presión variable), 10 kg., de HFC-134a líquido de -10°C y 2.01 bar a 140°C y 10 bar. El trabajo requerido es:

a) 3390 KJ	d) 188 KJ
b) 315 KJ	e) falta información
c) 526 KJ	f) ninguna de las anteriores

Solución

Como el recipiente está cerrado, la ecuación de conservación de energía queda:

$$dU = dQ - dW$$

No se conoce ni dQ ni dW . El valor de dW , puede calcularse como:

$$dW = \int P \cdot dV$$

Sin embargo, no se conoce la "trayectoria" o variación de P en función de V , y no se puede determinar el trabajo.

La alternativa (e) es la correcta.

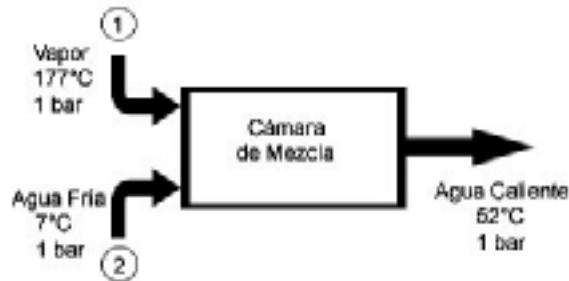
Primera Ley: mezcla de dos corrientes

Se mezcla vapor sobrecalentado a 177°C y 1 bar con agua fría a 7°C y 1 bar que fluye a razón de 2761 kg/hr, para tener agua caliente a 52°C y 1 bar. El flujo de vapor requerido es, aprox....:

a) 2000 kg/hr	d) 372 kg/hr
b) 200 kg/hr	e) falta información
c) 100 kg/hr	f) ninguna de las anteriores

Solución

El siguiente esquema muestra los procesos que siguen el vapor y el agua al mezclarse:



Para este proceso, la aplicación de la 1ª Ley es (régimen estacionario, $Q=0$, $\Delta E_c=0$, $\Delta E_p=0$):

$$\Delta H = 0$$

Considerando los índices de cada estado en el esquema, la relación anterior se reduce a:

$$m_{vapor}(H_3 - H_1) + m_{agua}(H_3 - H_2) = 0$$

En tablas o diagramas encontramos que:

$$H_1 \approx 2829 \text{ KJ/kg}$$

$$H_2 = 28.1 \text{ KJ/kg}$$

$$H_3 = 217.3 \text{ KJ/kg}$$

Reemplazando los valores anteriores, tenemos:

$$m_{vapor}(217.3 - 2829) + 2761(217.3 - 28.1) = 0$$

Ahora puede despejarse el valor de la masa de vapor, y obtenemos $m_{vapor}=200 \text{ kg/h}$.

La alternativa correcta es la (b): $m_{vapor}=200 \text{ kg/h}$.

Primera Ley: transferencia de calor líquido-gas

Se hace burbujear aire seco en un recipiente con agua. La temperatura del aire que entra es de 40°C, la temperatura del agua es de 22°C, y la temperatura de las burbujas que llegan a la superficie y abandonan el recipiente es de 30°C. Determine la cantidad de agua (kg agua/kg de aire seco) que es capaz de retirar el aire si su temperatura de salida es de 30°C.

Solución

En un diagrama psicrométrico se ubica el primer punto, ya que se conoce tanto su temperatura de bulbo seco como su temperatura de bulbo húmedo (T_w).

La humedad absoluta es, aproximadamente, 0.009 (H_1). Se observa además que el aire no se encuentra saturado, por lo cual aún tiene capacidad de absorber agua.

Esto significa que una vez que ingrese al recipiente, absorberá parte del agua que se encuentra en él. Esto es efectivamente un proceso de humidificación de aire, el que ocurre a temperatura de bulbo húmedo constante, hasta llegar a la temperatura final de salida del aire, de 30 °C.

En ese punto la humedad absoluta del aire es aproximadamente igual a 0.0135 (H_2). Por lo tanto, la cantidad de agua que puede absorber el aire es:

$$\text{Agua absorbida} = H_2 - H_1 = 0.0135 - 0.009 = 0.0045 \text{ (kg. agua/kg aire seco)}$$

Es decir, cada kilogramo de aire puede retirar 0.0045 kilogramos de agua.

Primera ley: balance de materia y energía

Se calienta un kilogramo de agua inicialmente a 20°C y 1 atm. En un recipiente abierto a la atmósfera. Se usa un calefactor eléctrico de 2000 watts. Determine el tiempo transcurrido cuando se ha evaporado la mitad del agua (medio kilo).

Solución

Elaboramos el siguiente esquema del proceso...



Para este sistema, la aplicación de la primera ley resulta en

$$dU = dQ - dW$$

Utilizando las definiciones de entalpía y trabajo, obtenemos:

$$dH - P \cdot dV - V \cdot dP = dQ - P \cdot dV$$

Los términos PdV se cancelan, mientras que al mantenerse la presión constante en el proceso, $dP=0$, con lo que la ecuación anterior queda:

$$dH = dQ$$

Luego, el calor total entregado es:

$$Q = \Delta H = \dot{Q} \cdot t \Rightarrow t = \frac{Q}{\dot{Q}}$$

Siendo \dot{Q} el flujo de calor dado (2000 watts=28.7 Kcal/min=28700 cal/min)

Por otra parte, el calor recibido por el agua durante el proceso puede expresarse como:

$$Q = m \cdot \Delta \hat{H}_{\text{agua}} = m \cdot C_p (373 - 293) + \frac{m}{2} \cdot \Delta H_{\text{vap}}$$

$$Q = 1000 \cdot 1 \cdot 80 + \frac{1000}{2} \cdot 540 = 350000 \left(\frac{\text{cal}}{\text{min}} \right)$$

$$\text{Despejando } t \text{ de la ecuación: } t = \frac{Q}{\dot{Q}} = \frac{350000}{28700} = 12.2(\text{min})$$

La alternativa (a) es la correcta: $t=12 \text{ min}$.

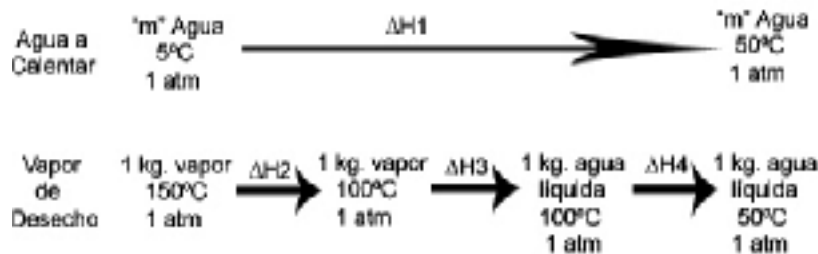
Primera ley: balance de materia y energía

Se desea agua caliente para una ducha en una planta de procesos y se dispone de agua fría a 5°C y 1 atm., y de vapor de desecho sobrecalentado a 150°C y 1 atm. Se desea tener agua caliente a 50°C. Por cada kilo de vapor sobrecalentado a 150°C, la cantidad máxima de agua fría a 20°C que puede ser calentada a 50°C es aprox...

a) 10 kg.	d) 1.36 kg.
b) 136 kg.	e) falta información
c) 13.6 kg.	f) ninguna de las anteriores

Solución

Se elabora el siguiente diagrama para el proceso, considerando el agua fría y el vapor por separado:



Se observa que, al aplicar la 1ª Ley, la energía transferida a cada corriente es igual a la variación de entalpía experimentada por dicha corriente:

Agua a calentar: $\Delta H_1 = m \cdot C_{p,liq} \cdot \Delta T$

Vapor que se enfría hasta saturarse: $\Delta H_2 = m_{vapor} \cdot C_{p,vapor} \cdot \Delta T$

Vapor que se condensa: $\Delta H_3 = m_{vapor} \cdot \Delta H_{condensación}$

Agua (del vapor) que se enfría: $\Delta H_4 = m_{vapor} \cdot C_{p,liq} \cdot \Delta T$

La energía que pierde la corriente de vapor es igual a la energía que gana el agua que se va a calentar:

$$\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4$$

Reemplazando las expresiones para cada variación de entalpía:

$$m \cdot 1 \cdot 45 = 1000 \cdot 0.45 \cdot 50 + 1000 \cdot 540 + 1000 \cdot 1 \cdot 50$$

Despejando el valor de m: $m = 13.6(kg)$

La alternativa (c) es la correcta: $m = 13.6(kg)$

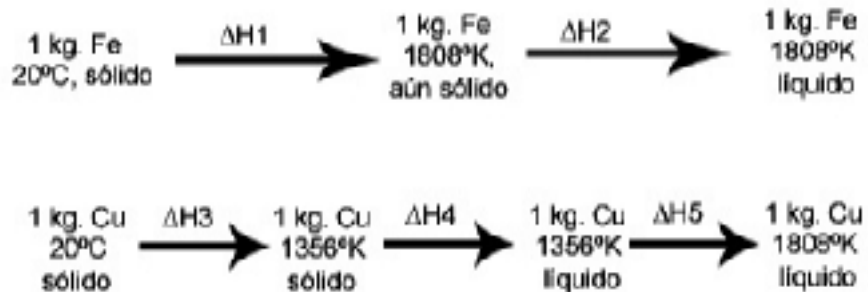
Primera Ley: balance de energía con cambio de fases solido-líquido

Una mezcla de 1 kilo de trocitos de hierro y un kilo de trocitos de cobre, inicialmente a 20°C se funden en un recipiente cerámico abierto a la atmósfera. El calor gastado desde el comienzo del calentamiento (desde los 20°C) hasta que se funde el último trocito de hierro es aprox...

a) 1110 Kcal	d) 4160 Kcal
b) 260 Kcal	e) falta información
c) 416 Kcal	f) ninguna de las anteriores

Solución

Se busca la temperatura de fusión de ambos metales a presión atmosférica (pag.). Para el cobre, la temperatura es 1356 K, mientras que para el hierro, es de 1808 K. Entonces se elabora el siguiente diagrama que muestra los pasos que conforman el proceso...



Planteando la 1ª Ley para el sistema mostrado:

$$Q = \Delta H_{total} = m_{Cu} \cdot \Delta \hat{H}_{Cu} + m_{Fe} \cdot \Delta \hat{H}_{Fe}$$

Observando el diagrama, es posible determinar que para el hierro:

$$\Delta \hat{H}_{Fe} = \Delta \hat{H}_1 + \Delta \hat{H}_2 = C_{p(Fe)} \Delta T + \Delta H_{f(Fe)}$$

Mientras que para el cobre:

$$\Delta \hat{H}_{Cu} = \Delta \hat{H}_3 + \Delta \hat{H}_4 + \Delta \hat{H}_5 = C_{p,Cu(sólido)} \Delta T_{sol} + \Delta H_{f(Cu)} + C_{p,Cu(liq)} \Delta T_{liq}$$

Los valores de las capacidades caloríficas de ambos metales se encuentran en los Apuntes. Reemplazando estos valores en la ecuación:

$$Q = \Delta H_{total} = 1000[(0.1 \cdot 1515) + 64.2] + 1000[(0.1 \cdot 1063) + 48.9 + (0.1 \cdot 452)] = 416$$

La alternativa (c) es la correcta: Q = 416 Kcal.

Primera Ley: balance de energía con cambio de fases líquido-vapor

Un recipiente cerrado de 400 lts. contiene solamente 10 kg de agua líquida a 27°C. Se empieza a calentar y se evapora toda el agua y se sigue calentando hasta llegar a 100 atm. La cantidad de energía (q en Kcal gastada) es aprox...

a) 760 Kcal	d) 3700 Kcal
b) 7600 Kcal	e) Falta información
c) 8600 Kcal	f) ninguna de las anteriores

Solución

Aplicando la 1ª Ley al recipiente: $dU = dQ - dW$

Realizando la siguiente manipulación de la ecuación...

$$dH - P \cdot dV - V \cdot dP = dQ - P \cdot dV$$

$$dQ = dH - V \cdot dP$$

Se obtiene: $\hat{Q} = \Delta\hat{H} - \hat{V} \cdot \Delta P$

El volumen específico se obtiene mediante: $\hat{V} = \frac{V}{M} = \frac{0.4}{10} = 0.04 \left(\frac{m^3}{kg} \right)$

El cambio en la entalpía se obtiene de un diagrama de propiedades termodinámicas:

$$\Delta H = \frac{3700 - 112}{4.184} = 858 \left(\frac{Kcal}{kg} \right)$$

Y el término $V\Delta P$ se obtiene reemplazando valores:

$$V \cdot \Delta P = 0.04 \left(\frac{lt}{gr} \right) \cdot 1000 \left(\frac{cc}{lt} \right) (100 - 0.035)(atm) / 41.3(cc \cdot atm / cal) = 96.9 \left(\frac{cal}{gr} \right)$$

Reemplazando en la ecuación de la energía: $\hat{Q} = \Delta\hat{H} - \hat{V} \cdot \Delta P = 858 - 96.9 = 761.1 \left(\frac{Kcal}{kg} \right)$

Luego, para el total de masa en el recipiente:

$$Q = 10 \cdot 761.1 = 7611(Kcal)$$

La alternativa (b) es la correcta: Q = 7600 kcal