



Termodinámica (LFIS 224)

Licenciatura en Física

Profesor: J.R. Villanueva

e-mail: jose.villanueva@uv.cl

Tarea 8

1. Para los procesos de sublimación y vaporización a baja presión es posible introducir aproximaciones razonables a la ecuación de Clausius-Clapeyron asumiendo que la fase de vapor es un gas ideal y que el volumen molar de la fase condensada es despreciable comparada con el volumen molar de la fase de vapor. ¿Cuál es la forma que adopta la ecuación de Clausius-Clapeyron bajo estas aproximación?
2. La presión de vapor, en mmHg, del amoníaco líquido está dado por la expresión

$$\ln P = 19.49 - \frac{3063}{T}, \quad (1)$$

y la del amoníaco sólido por

$$\ln P = 23.03 - \frac{3754}{T}, \quad (2)$$

en donde T es la temperatura absoluta. Determine

- (a) las coordenadas del punto triple.
 - (b) los calores latentes de sublimación, evaporización y fusión en el punto triple.
3. Una olla a presión de uso doméstico, que contiene agua, dispone de una pesa que regula la presión hasta 1.8 atm. ¿Cuál será la máxima presión alcanzada por el agua? Si la pesa permite fluctuaciones de presión de ± 0.01 atm, ¿cuál será la fluctuación de la temperatura calculada? ($\ell_v = 540$ cal/g)
 4. Un cierto líquido, cuyo calor de vaporización es de 1000 cal/mol, hierve a 127°C a la presión de 800 mmHg, ¿a qué temperatura hervirá si la presión se eleva a 810 mmHg?
 5. Se encuentra que un cierto líquido hierve a una temperatura de 95°C en la cima de una colina, mientras que lo hace a 105°C en la base. El calor latente es 1000 cal/mol, ¿cuál es la altura aproximada de la colina?
 6. A partir de los datos entregados en la siguiente tabla determine el calor latente de vaporización del Freón-11 (un refrigerante, muy dañino para la capa ozono) a 91°C.

T (°F)	P (Psi)	v_g (pie ³ /lbm)	v_l (pie ³ /lbm)
90	19.69	2.09	0.01
91	20.06	2.06	0.01
92	20.43	2.02	0.01

7. Demostrar que en el plano PV la pendiente de la curva de sublimación en el punto triple es mayor que la pendiente de la curva de vaporización en el mismo punto.

8. La presión de vapor de un sólido determinado y la de un líquido de la misma sustancia vienen dadas respectivamente por

$$\ln P = 0.04 - 6/T, \quad \ln P = 0.03 - 4/T,$$

en donde P se expresa en atmósfera y T es la temperatura absoluta.

- (a) Determinar la temperatura y la presión en el punto triple de esta sustancia.
 - (b) Determinar los valores de los tres calores de transformación en el punto triple. Haga las aproximaciones adecuadas.
9. Dibujar cualitativamente en un plano g - P y en un plano g - T las curvas correspondientes a las fases de una sustancia que se sublima en lugar de fundirse.
10. Dibujar cualitativamente las curvas que representan las fases sólida, líquida y vapor de agua pura
- (a) en el plano g - P para $T = -10^\circ\text{C}$;
 - (b) en el plano g - T para $P = 2$ atm,
- de modo que puedan indicarse las transiciones de una fase a otra.
11. Demostrar que, durante un cambio de fase de primer orden,
- (a) la entropía de todo el sistema es una función lineal del volumen total;
 - (b) el cambio de energía viene dado por

$$\Delta U = L \left(1 - \frac{d \ln T}{d \ln P} \right).$$

12. Cuando se funde plomo a la presión atmosférica, el punto de fusión es 600 K, la densidad disminuye de 11.01 a 10.65 g/cm³, y el calor latente de fusión es 24.5 J/g. ¿Cuál es el punto de fusión a la presión de 1.01×10^7 Pa?
13. Un resistente recipiente de acero está completamente lleno de agua en su punto de solidificación (P_i, T_i). Manteniendo el volumen constante se reduce la temperatura a T_f , elevándose la presión a P_f .
- (a) Demostrar que la fracción y de agua que solidifica es

$$y = \frac{v_f'' - v_i''}{v_f'' - v_f'}$$

- (b) Enunciar explícitamente las hipótesis simplificadoras que deben hacerse para poder escribir

$$y = \frac{v''[\beta''(T_f - T_i) - \kappa''(P_f - P_i)]}{v_f'' - v_f'}.$$

- (c) Calcular y para $i = 0^\circ\text{C}$, 1.01×10^5 Pa; $f = -5^\circ\text{C}$, 5.98×10^7 Pa; $\beta'' = -67 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$; $\kappa'' = 12.04 \times 10^{-11} \text{ Pa}^{-1}$; $v_f'' - v_f' = -1.02 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{kg}$.
14. (a) Demostrar que, para una sola fase,

$$\left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_S = \frac{c_P}{T v \beta}.$$

- (b) Calcular $(\partial P/\partial T)_S$ para el hielo a -3°C , siendo $c_P = 2.01 \text{ kJ/kg K}$, $v = 1.09 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$ y $\beta = 1.58 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$.
- (c) Se tiene hielo inicialmente a -3°C y $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$. Se aumenta la presión adiabáticamente hasta que el hielo alcanza el punto de fusión. ¿Cuáles son la temperatura y la presión de este punto? [*Indicación:* ¿En qué punto corta una recta cuya pendiente es $(\partial P/\partial T)_S$ a otra recta cuya pendiente es la de la curva de fusión, $-1.35 \times 10^7 \text{ Pa/K}$?]
15. El punto triple del hidrógeno es $T_3 = 14 \text{ K}$. La densidad del H_2 sólido en tal punto es 81 kg/m^3 ; la del H_2 líquido es 71 kg/m^3 . La presión de vapor del líquido viene dada por

$$\ln P \approx 6.8 - \frac{122}{T} - 0.3 \ln T,$$

y la temperatura de fusión por

$$T_f = 14 + \frac{P}{33},$$

en donde la presión está dada en atmósferas.

- (a) Calcular los tres calores latentes en el punto triple en función de la temperatura absoluta.
- (b) Calcular la pendiente de la curva de presión de vapor del sólido en T_3 .