

PRÁCTICA N°5: Sistemas heterogéneos. El agua como sustancia pura

- 1) ¿Qué entiende por equilibrio interno de un sistema heterogéneo? ¿Cuáles son las diferencias en las expresiones de las variaciones de dG_{total} cuando un sistema heterogéneo es cerrado o abierto?
- 2) ¿Qué implica físicamente la expresión $\sum dn_{iv} = 0$?
- 3) ¿En qué casos resulta útil emplear la función de Gibbs? ¿A qué es igual la variación de G en un cambio de fase para un sistema heterogéneo cerrado en un proceso reversible?
- 4) ¿Qué se entiende por grados de libertad de un sistema? ¿A qué tipos de variables se refiere?
- 5) Probar que el número máximo posible de fases que coexisten en equilibrio es 3 para un sistema heterogéneo de un solo componente.
- 6) Un día de verano en la Ciudad de Buenos Aires la temperatura en superficie es de 35°C y el cielo está cubierto por nubes bajas de buen tiempo (son nubes de escaso desarrollo vertical que en verano no registran presencia de fase sólida).
 - a) Escribir la expresión completa del diferencial de la función de Gibbs.
 - b) ¿Cómo variará esta expresión si se supone equilibrio térmico y mecánico entre sus componentes?
 - c) En un caso ideal, sobre el borde de la nube no habría fuga de masa. ¿Qué forma tendría en ese caso la expresión descripta en a)?
 - d) Describir bajo qué condiciones el sistema está en equilibrio.
- 7) El calor de vaporización del agua es 540 cal/g a 1000 hPa y 100°C. ¿A qué temperatura será la presión de vapor de saturación igual a 600 mm Hg?
- 8) Si el calor de vaporización es $l_v = (764 - 0.6T)$ cal/g (con la temperatura en K), calcular la presión de vapor a 80°C. Se supone conocido el valor a 100°C que es de 1 atm.
- 9) La presión de equilibrio entre las fases agua líquida y hielo a 0°C es de aproximadamente 6 hPa. Si la temperatura disminuye 1°C, ¿cuánto aumentará la presión de equilibrio entre estas dos fases? Datos adicionales: $\rho_{\text{hielo}(0^\circ\text{C})} = 917 \text{ kg/m}^3$, $\rho_{\text{agua}(0^\circ\text{C})} = 1000 \text{ kg/m}^3$
- 10) La presión de vapor de un sólido determinado en el equilibrio y la de un líquido de la misma sustancia están dados por las siguientes ecuaciones:

Sólido: $\ln(e_s) = 0.04 - 6/T$

Líquido: $\ln(e_s) = 0.03 - 4/T$ $[e_s] = \text{atm}$, $[T] = \text{K}$

- a) Determinar la temperatura y la presión del punto triple de la sustancia

- b) Determinar los valores de los tres calores de transformación en el punto triple. Realizar las aproximaciones adecuadas justificándolas.

11) a) Partiendo de la ecuación completa y considerando constantes los valores de l_{v0} y l_{s0} ,

$$\frac{d \ln e}{dT} = \frac{l_v}{R_v T^2}$$

derivar las siguientes expresiones:

$$\ln\left(\frac{e_s}{e_0}\right) = 19.83 - \frac{5417}{T} \quad (\text{para evaporación})$$

$$\ln\left(\frac{e_s}{e_0}\right) = 22.49 - \frac{6142}{T} \quad (\text{para sublimación})$$

b) Ahora considere $l_v(T)$ y derive la ecuación para la evaporación. Esta aproximación se denomina ecuación de Magnus.

12) Calcular los errores porcentuales que se cometen en el cálculo de la presión de equilibrio entre las fases líquido-vapor mediante el uso de diferentes ecuaciones, respecto del valor tabulado (Smithsonian Meteorological Tables). Como sugerencia, utilizar una planilla de cálculo y calcular la presión de equilibrio mediante:

- la derivada en el ejercicio 13a
- la aproximación propuesta por Magnus (13b)
- la aproximación propuesta por Bolton

Recordar: Fórmula de Bolton

$$\ln\left(\frac{e_s}{e_0}\right) = \frac{17.67T}{T + 243.5}$$

En ambos casos, T se ingresa en $^{\circ}\text{C}$ y el resultado de la presión de vapor de saturación se obtiene en unidades de hPa.

13) Sabiendo que al nivel del mar la temperatura es de 20°C y que la misma disminuye con la altura a razón de 10°C por kilómetro, hallar la temperatura de ebullición del agua líquida en:

- Bariloche (800msnm)
- Salta (1100msnm)
- La Quiaca (3440msnm)
- La cumbre del Co. Aconcagua (6960msnm)