

PRÁCTICA 15

EQUILIBRIOS LÍQUIDO-VAPOR EN MEZCLAS BINARIAS

OBJETIVO

Obtención de las curvas "liquidus" y "vapor" del sistema binario etanol-agua.

MATERIAL NECESARIO

- ✓ Aparato de Othmer para destilación, con resistencia calefactora y termómetro 50-100 °C ($\pm 0.1^\circ\text{C}$)
- ✓ Refractómetro de Abbe
- ✓ Vaso de precipitados aforado de 100 mL
- ✓ Agua destilada
- ✓ 12 tubos de ensayo provistos de tapón
- ✓ Pinza de madera
- ✓ Secador de aire
- ✓ Etanol (tóxico, densidad= 0.7893 g/cm³)
- ✓ Embudo
- ✓ Erlenmeyer de 100 mL
- ✓ Varilla para la toma de muestras

INTRODUCCIÓN TEÓRICA

Inicialmente en el matraz tenemos 3 componentes: agua (1), alcohol (2) y aire (3), y dos fases (vapor y líquido); la descripción de sus estados viene dada por las variables temperatura T , presión p , y las concentraciones c_2 y c_3 . Si fijamos la presión en el valor de 1 atmósfera, a cada estado le corresponde un punto en el diagrama de tres ejes (T, c_2, c_3), tal como muestra la figura 1. En los planos Tc_2 y Tc_3 se han señalado los cortes de las superficies que limitan las regiones en donde el sistema se encuentra en fase líquida o vapor; los trazos gruesos corresponden a fase sólida.

En este diagrama se puede situar el estado inicial de la disolución que vamos a estudiar. Se dan como probables valores los siguientes: $T = 22^\circ\text{C}$, $c_2^l = 45\%$ y $c_2^v = 4\%$; $c_3^v = 94\%$ y $c_3^l = 0.004\%$. A este estado le corresponden dos puntos en el diagrama, uno de ellos en la superficie de *liquidus* y el otro en la superficie de *vapor*, ambos a la misma temperatura.

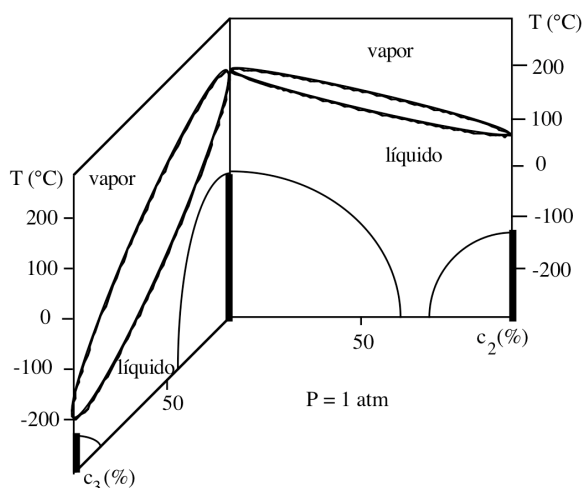


Figura 1. Diagrama de las fases del sistema agua (1) + alcohol (2) + aire (3). Sólo se indican los cortes de las superficies *liquidus* y *vapor* sobre los planos Tc_2 y Tc_3 . Las líneas *solidus* vienen representadas con trazo grueso.

Con la ebullición, uno de los componentes, el aire, es eliminado en la primeras burbujas. El sistema se queda sólo con dos componentes: agua y alcohol. Por lo tanto al hacer: $c_3^v = c_3^l = 0$ estamos en el plano Tc_2 . Los equilibrios vapor-líquido 1+2 son puntos de las líneas *liquidus* y *vapor* a la misma temperatura.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Obtención de las muestras

Primero se introduce en el aparato de Othmer (Figura 2) 100 mL de alcohol y 100 mL de agua destilada. Estas cantidades y las que aparezcan en lo sucesivo son valores indicativos que facilitan el desarrollo rápido y eficaz de la práctica: no se requiere medirlas con precisión.

Después se conectan los sistemas de refrigeración (un flujo pequeño suele ser suficiente) y calefacción. Cuando la mezcla alcance la ebullición empezará a condensarse vapor en el colector debido a la acción del refrigerante. Cuando el colector está lleno y los nuevos aportes de líquido vuelven al matraz esférico puede considerarse que se ha alcanzado un equilibrio dinámico. En esta etapa la temperatura permanecerá constante. Esperad 3 minutos y anotad la temperatura de equilibrio.

A continuación se apaga la resistencia calefactora y en dos tubos de ensayo (numerados convenientemente) se toman muestras (de unos 10 mL) del líquido destilado en el colector y del líquido residuo, tapando los tubos rápidamente para evitar que se desprendan vapores y varíe la composición de los líquidos.

Al recoger las muestras del colector y del residuo, se deben desechar los primeros 3 mL ya que, en las zonas más próximas a las llaves de vidrio, la concentración puede ser algo distinta de la masa del sistema. Tirad todo el líquido sobrante del colector (no del residuo) cada vez que se recoge una muestra.

El proceso se repite varias veces, añadiendo únicamente 50 mL de agua destilada cada vez, hasta que tenemos casi agua pura (la temperatura de equilibrio es aproximadamente 100 °C a 1 atm).



Figura 2. Aparato de Othmer.

Medida de la concentración de alcohol en las muestras

La concentración de las muestras se determina midiendo su índice de refracción con el refractómetro (Figura 3), tras dejarlas enfriar unos 20 minutos y haciendo uso de la curva índice de refracción-concentración. Para construir la curva índice de refracción-concentración, $n = f(c_2)$, se requiere medir el índice de refracción del agua pura n^0 y reconstruir la tabla 1. A partir de dicha tabla, por interpolación, se puede obtener la proporción de alcohol en la mezcla, una vez conocido el índice de refracción.



Figura 3. Refractómetro de Abbe.

Tabla 1.- Índice de refracción n de las mezclas etanol-agua en función de la concentración c_2 del alcohol (en % en masa).

$c_2(\%)$	n
0	n^0
10	$n^0 + 0.0065$
20	$n^0 + 0.0139$
30	$n^0 + 0.0205$
40	$n^0 + 0.0253$
50	$n^0 + 0.0286$
60	$n^0 + 0.0308$
70	$n^0 + 0.0322$
80	$n^0 + 0.0328$

La medida del índice de refracción en el refractómetro se realiza de la siguiente forma:

- ▲ Abrid la unidad de los prismas y depositad una gota del líquido problema en el prisma base.
- ▲ Apretad el punto rojo del interruptor POWER.REFRACTOMETRO **WYA**
- ▲ Girad el brazo de la lámpara hasta situarlo a 1 cm de la unidad de prismas.
- ▲ Mirad por el visor mientras giras el mando lateral derecho hasta observar dos zonas, una luminosa arriba y otra oscura abajo.
- ▲ Localizad el mando cilíndrico de aluminio situado 7 cm por debajo del visor. Volved a mirar por el visor y girando este mando podrás eliminar las bandas coloreadas que difractan los prismas. A continuación desplazad el mando lateral derecho hasta situar la línea divisoria claro- oscuro sobre el asa del objetivo.
- ▲ Apretad el botón READ. En pantalla aparece el índice de refracción del líquido problema.
- ▲ Apretad el botón TEMP y en pantalla podéis leer la temperatura de la muestra.

Para secar las muestras depositadas en el prisma utilizad primero un poco de papel secante pero sin restregarlo sobre el vidrio para no rayarlo y, a continuación, el secador de aire a temperatura ambiente.

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

- Tabla con los valores c_2^l , c_2^v y temperatura de ebullición obtenida para cada mezcla (siendo c_2^l y c_2^v la concentración en % en masa de etanol en el residuo y en el colector, respectivamente).
- Representación de las curvas "liquidus" y "vapor", es decir, las curvas $t = f(c_2^l)$ y $t = f(c_2^v)$. Discusión de las mismas.