

CONOCIMIENTOS BÁSICOS

CRISTALIZACIÓN

La cristalización es una operación básica de la ingeniería de procesos térmicos, que sirve ante todo para la separación y la purificación, pero también para la conformación de materiales. Una característica de la cristalización es la formación de una nueva fase sólida (cristalizado). El cristalizado se puede formar a partir de una solución, de una masa fundida o de un vapor. En la ingeniería industrial química y de procesos se sitúa en un primer plano la técnica de cristalización a partir de fases líquidas, especialmente de soluciones. Desempeña un papel importante la producción de materias cristalinas en grandes cantidades, como son la obtención del azúcar, la de sal común y la de fertilizantes, a partir de soluciones acuosas.

Un disolvente (p. ej. agua) es capaz de disolver una determinada cantidad de una sustancia (sal) a una temperatura dada. Mientras no se alcance la capacidad de absorción límite (concentración de saturación) de sustancia disuelta en el disolvente, sólo existe una fase, la líquida. Al superarse la concentración de saturación, comienza a cristalizar la sustancia disuelta. Se forma una segunda fase, sólida, el cristalizado.

La cristalización se puede lograr por tres operaciones básicas:

■ **Cristalización por Enfriamiento**

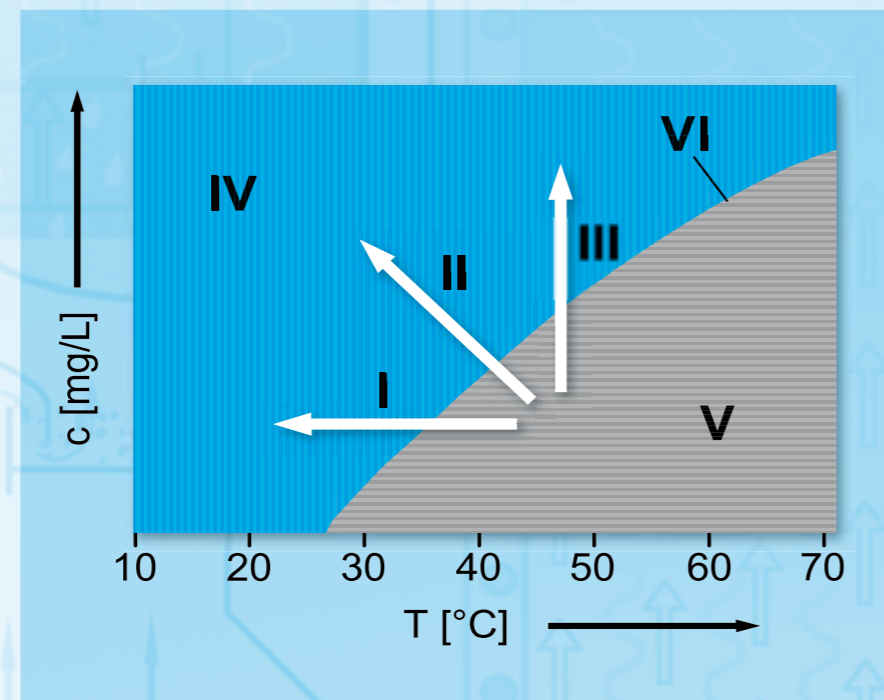
Si la solubilidad variase mucho con la temperatura, la concentración de saturación se puede sobrepasar por enfriamiento.

■ **Cristalización por evaporación**

Se evapora una parte del disolvente, hasta que la cantidad de sustancia disuelta en la solución restante supere la concentración de saturación. Esta operación básica se emplea en los casos en que la solubilidad depende poco de la temperatura.

■ **Cristalización a vacío**

En esta operación básica se aprovecha una combinación de los dos efectos antes mencionados. En un evaporador a vacío se evapora una parte del disolvente. La eliminación del calor necesario enfría además la solución. Esta operación básica es ventajosa, ante todo, para los casos de sustancias sensibles a la temperatura, ya que la evaporación en vacío tiene lugar a temperaturas más bajas.



Representación simplificada de las operaciones básicas de cristalización en el diagrama de temperatura-solubilidad: T temperatura, c cantidad de sustancia disuelta, I cristalización por enfriamiento, II cristalización a vacío, III cristalización por evaporación, IV solución sobresaturada, V solución insuficientemente saturada, VI curva de solubilidad

CONOCIMIENTOS BÁSICOS

PROCESOS DE SEPARACIÓN MEDIANTE MEMBRANAS

En comparación con la filtración, los procesos de separación mediante membranas eliminan del agua sustancias de un tamaño significativamente menor (p.ej. virus o iones disueltos). Las fuerzas impulsoras de separación pueden ser, por ejemplo, diferencias de concentración o de presión entre ambos lados de la membrana. En el tratamiento de aguas se emplean los siguientes procesos de separación mediante membranas:

1. Microfiltración
2. Ultrafiltración
3. Nanofiltración
4. Ósmosis inversa

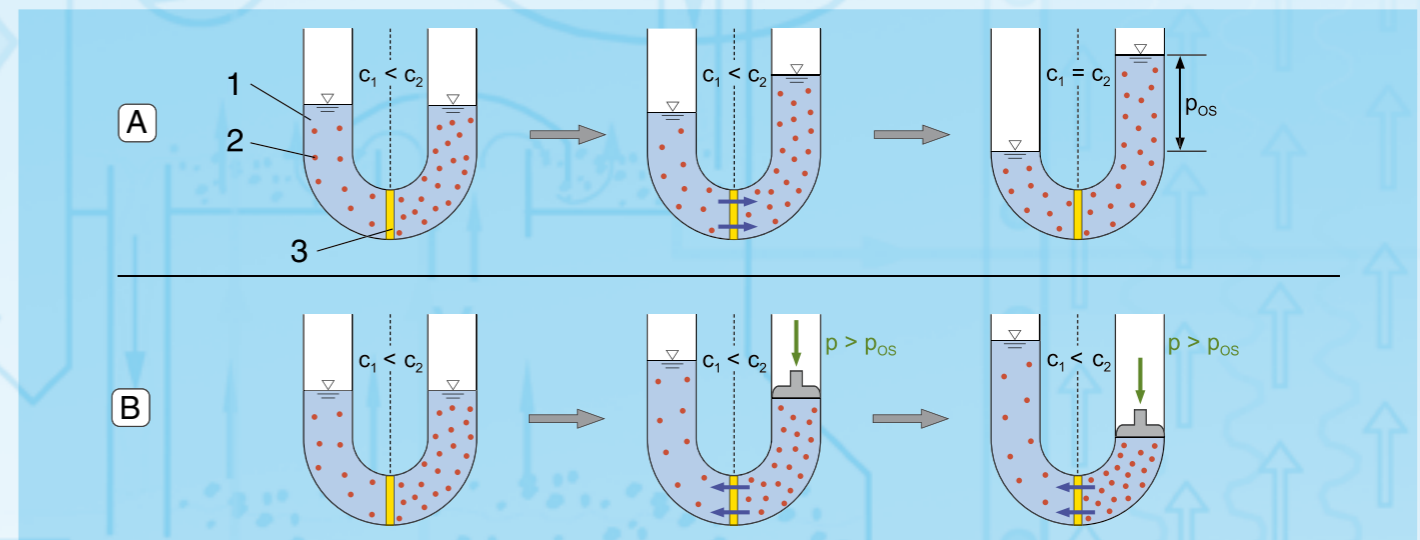
La diferencia de presiones (denominada presión transmembrana) aumenta en el orden indicado anteriormente. Al mismo tiempo disminuye el límite de separación (tamaño de las menores sustancias separables). El agua depurada se denomina permeato y la fracción del agua bruta retenida recibe el nombre de retentado.

Ósmosis inversa

La ósmosis inversa es especialmente importante. Esta operación básica permite obtener agua de alta pureza. Esto es necesario para muchos procesos industriales. Otro ejemplo de aplicación es la desalinización del agua de mar.

Para comprender el proceso de ósmosis inversa, consideramos el siguiente ejemplo (ilustración). Dos disoluciones salinas de concentraciones diferentes están separadas por una membrana semipermeable. La membrana sólo deja pasar las moléculas de agua. Para compensar la diferencia de concentración el agua pasa a través de la membrana desde el lado izquierdo hacia el derecho. El nivel del agua sube en el lado derecho hasta que se establece un estado de equilibrio, el llamado equilibrio osmótico. A ambos lados de la membrana se alcanza entonces la misma concentración de sal. La diferencia de presión hidrostática originada entre ambos lados de la membrana se conoce como presión osmótica.

Para invertir el sentido de flujo del agua (ósmosis inversa) se ha de superar la presión osmótica. Para lograr esto es necesario ejercer en el lado derecho de la membrana una presión mayor que la osmótica. El agua fluye entonces de derecha a izquierda a través de la membrana. En el lado derecho se obtiene el retentado y en el izquierdo el permeato. Para los ejemplos de aplicación mencionados son necesarias presiones hasta 100 bares aproximadamente.



Principio básico de la ósmosis (A) y la ósmosis inversa (B): 1 agua, 2 iones salinos, 3 membrana semipermeable, p presión, p_{os} presión osmótica, c₁ concentración de sal en el lado izquierdo de la membrana, c₂ concentración de sal en el lado derecho de la membrana