

Experimento 2

Equilibrio sólido-líquido - Purificación de ácido acético

Introducción:

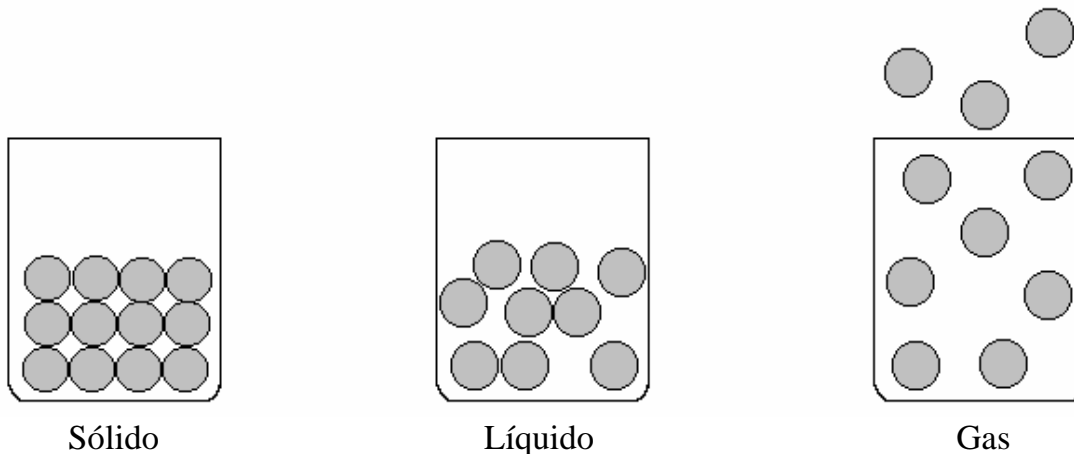
Los cambios de estado son fenómenos físicos corrientes observados a diario por los alumnos. Éstos, cuando se refieren al componente más importante de los organismos vivos, el agua, ya han sido estudiados previamente cuando se introducen los conceptos del “*ciclo del agua*”. Sin embargo, existen problemas para relacionar conceptos teóricos tales como intercambio de calor con procesos naturales o con su utilización corriente en la vida cotidiana.

Una manera de abordar el tema puede ser la utilización del siguiente ejemplo. En un día caluroso, uno de los alumnos desea tomar una bebida fresca, sin embargo todo lo que tiene a su disposición se encuentra a temperatura ambiente. El recurso más utilizado en estos casos es la adición de cubos de hielo a la bebida. En unos pocos minutos el alumno encontrará la bebida más fría, aunque algo más aguada.

¿Qué hechos tuvieron lugar en este simple y corriente procedimiento?. Aún sin saberlo, el alumno se valió del proceso de intercambio de calor involucrado en un cambio de estado para lograr un fin práctico (y para nada científico, aunque los científicos también tienen sed...). Cuando el hielo se pone en contacto con un líquido más caliente, el sistema tiende a alcanzar el equilibrio: el líquido cede energía al sólido (en forma de calor), enfriándose, mientras que dicha energía cedida es utilizada por el sólido para pasar al estado líquido (aguando la bebida).

Este proceso común también puede utilizarse con otros fines, como en el caso de esta práctica, para purificar una sustancia en presencia de otra, aprovechando la diferencia en sus puntos de fusión y por lo tanto, las diferentes condiciones en que se produce el cambio de estado (de líquido a sólido).

Cuando una sustancia se encuentra en estado sólido, las moléculas se encuentran fuertemente ligadas entre sí, es decir, la interacción entre cada una de ellas es grande, y en general, se encuentran ordenadas de una manera regular, como se muestra en la figura:



Al pasar a la fase líquida, debido a un aumento de la energía del sistema, las moléculas se encuentran en un estado más desordenado que en el sólido. En el estado gaseoso, el desorden es aún mayor, disminuyendo la fuerza de atracción entre las moléculas.

El pasaje de un sólido al estado líquido requiere de una cantidad variable de energía para vencer las fuerzas intermoleculares existentes en el sólido. Esta cantidad de energía depende de la naturaleza del sólido y a su vez determina la temperatura a la que funde una determinada sustancia. De manera análoga, el pasaje de una sustancia líquida a su estado gaseoso requiere una cantidad de energía que dependerá de la naturaleza del líquido.

Como consecuencia de esto, **a una dada presión**, cada sustancia pura tiene una temperatura, que depende de la naturaleza de la sustancia, a la cual se verifica un cambio de estado. Si en particular se trata del pasaje del estado líquido al gaseoso, tal temperatura se denomina **punto de ebullición** (también definida como la mayor temperatura a la que una determinada sustancia puede existir como líquido a la presión dada) y si se trata del pasaje del estado sólido al líquido, dicha temperatura se denomina **punto de fusión** (o sea que es la mayor temperatura a la que una determinada sustancia puede encontrarse al estado sólido a la presión dada).

Pregunta: ¿qué diferencia hay entre los términos “gas” y “vapor”?

En el caso particular de los puntos de ebullición y como se mencionó en el cuadro anterior, debe indicarse la presión a la cual se ha medido la temperatura de ebullición. Esto se debe a que la temperatura de ebullición puede definirse como la temperatura a la cual la presión de vapor del líquido iguala a la presión externa:

$$p_A^0 = P_{ext}$$

Donde p_A^0 es la presión de vapor de un líquido A puro y $P_{ext.}$ es la presión externa. De esta manera, si hervimos agua a nivel del mar, con una presión de 1 atmósfera, encontraremos que la temperatura del líquido es de 100°C, mientras que si lo hacemos en la cumbre de una montaña, el agua hervirá a menor temperatura, dado que la presión externa es menor.

En el caso de esta práctica utilizaremos la diferencia de puntos de fusión que existe entre el agua y el ácido acético para poder separarlos y así purificar uno en presencia del otro.

Desarrollo experimental:

La técnica a emplear es muy sencilla y puede implementarse fácilmente. El ácido acético comercial se vierte dentro de un vaso de precipitados (en ausencia de éste, puede usarse cualquier otro recipiente de vidrio mediano). Luego se coloca éste dentro de otro recipiente que contenga un baño de hielo y agua (pequeñas cacerolas, latas de boca ancha u otro recipiente de cocina pueden ser apropiados para tal fin).

Deben adoptarse las precauciones pertinentes durante la realización de esta experiencia: el ácido acético, si bien tiene un aroma familiar ya que está presente en el vinagre, al estar mucho más concentrado que este último provoca irritaciones en la nariz y tracto respiratorio. Por lo tanto, esta experiencia debe realizarse en un lugar bien ventilado y en lo posible con un extractor de aire o campana. Para reducir la exposición de los presentes a vapores desagradables, una vez trasvasado el líquido, el vaso debe ponerse inmediatamente en el baño con hielo ya que al bajar la temperatura del sistema se reduce la presión de vapor del líquido y el olor es menos intenso. Además, el vaso con acético debe taparse con un vidrio de reloj invertido para minimizar el escape de los vapores, sin olvidar cerrar rápidamente la botella de la cual se lo obtuvo.

Debe considerarse además que a pesar de ser un ácido orgánico, mucho más débil que los ácidos minerales, también puede provocar quemaduras si entra en contacto con la piel. Si se trabaja con cuidado no existen mayores riesgos, pero si no se tiene mucha experiencia en el manejo del material de laboratorio o se quiere adoptar una precaución extra, es conveniente utilizar guantes de látex. Otra precaución conveniente es trabajar con anteojos de seguridad, **sobre todo si se usan lentes de contacto**. Proyecciones ocasionales del líquido en los ojos pueden producir severos daños que pueden evitarse con la utilización de los anteojos de seguridad. En caso de usar anteojos de armazón, éstos pueden considerarse como anteojos de seguridad sin ningún inconveniente.

Una vez que se ha puesto a enfriar la mezcla en el baño de hielo, se inserta una varilla de vidrio dentro del vaso de precipitados (**cuidado:** si la varilla es muy larga para el vaso utilizado puede volcar la mezcla por acción de su propio peso, en ese caso se la puede acortar utilizando una lima triangular). Pasados unos minutos, comenzarán a aparecer los cristales de ácido acético, generalmente desde las paredes del recipiente hacia el interior. Esto se debe a que el intercambio de calor entre el baño frigorífico y el vaso con el sistema líquido tiene una velocidad de difusión determinada, enfriándose primero las paredes y por último el centro, donde se acumula el líquido de menor punto de fusión, en este caso el agua. Si tarda en verificarse la precipitación de cristales de acético, puede rasparse la pared interna del vaso. Por este procedimiento se crean núcleos de cristalización a partir de partículas microscópicas de vidrio desprendidas al raspar.

El agua (con algo de acético) que queda en el centro se vuelca dentro de un frasco con tapa (cerrar inmediatamente para evitar la proliferación de vapores). El sólido remanente adherido a las paredes es el ácido acético puro, el cual se deja llegar a temperatura ambiente para volver a obtenerlo líquido (siempre tapado con el vidrio de reloj) y una vez en este estado se lo introduce en un frasco con buen cierre.

De esta manera se completa la práctica, habiendo separado ambos líquidos de diferente punto de fusión. No deseches los líquidos obtenidos, a los efectos de reciclar el material para poder usarlo con otros alumnos, vuelva a mezclarlos en el frasco original.

Ideas útiles:

Con la intención de motivar aún más la participación de los alumnos y facilitarles así la apropiación de los contenidos vinculados a esta experiencia, puede organizarse alguna otra demostración con algo más de colorido.

Un proceso similar al utilizado para separar el acético del agua se utiliza para concentrar determinado tipo de soluciones acuosas. Cuando se desea concentrar una solución acuosa, lo que debe hacerse es eliminar el agua en exceso por algún método apropiado, como por ejemplo, calentar el sistema para que el vapor de agua pase a la atmósfera dando como resultado una solución más concentrada.

Este método no resulta útil en el caso de que las sustancias disueltas sean sensibles al calor, por lo tanto se debe considerar otra alternativa: la **crioconcentración**. Cuando existe un soluto disuelto en agua, la temperatura de ebullición de la solución es superior a la del agua pura, mientras que el punto de congelación disminuye en forma proporcional a la cantidad de partículas disueltas. De esta manera sabemos que el agua pura se congelará antes que una solución, y

haciendo uso del tiempo de difusión en la transmisión del calor en un sistema podremos concentrar una solución acuosa.

Para esta experiencia utilizaremos una solución acuosa de sulfato de cobre, la cual resulta coloreada y la intensidad del color es proporcional a la concentración de la sal. La solución se introduce en un vaso de precipitados y se procede igual que en el caso descrito para el ácido acético, sólo que ahora debemos usar un baño refrigerante de agua y sal de mesa para obtener temperaturas bajo cero. A medida que la solución se enfría, comienzan a precipitar los cristales de *agua pura* en las paredes del recipiente, resultando que en la fase líquida aumenta gradualmente la proporción de la sal de cobre. El líquido remanente en el interior del vaso se vuelca en otro recipiente, obteniéndose así una solución más concentrada. Con fines comparativos pueden prepararse dos soluciones idénticas y crioconcentrar una de ellas. Al terminar la experiencia se comparan las coloraciones de ambas soluciones para verificar, en este caso, el proceso de concentración.

El procedimiento de separación del agua y el acético también es una crioconcentración: el acético comercial puede verse como una mezcla de una cierta proporción de agua disuelta en acético puro, en este caso el agua es el componente minoritario y se concentrará en el centro de vaso, por lo tanto, el líquido descartado oportunamente no es más que una solución más “concentrada” en agua.

Modelo de informe:

Una vez realizada la práctica, ya sea demostrativa o participativa es conveniente que los alumnos confeccionen un informe acerca de las actividades realizadas. La realización del informe suele ser una actividad resistida entre los alumnos, sin embargo, sería deseable interesarlos en esta tarea como introducción a la utilización del método científico para la reflexión y el análisis. Un modelo de informe sugerido es el siguiente:

Objetivos:

Toxicidad de las sustancias utilizadas:

Descripción del método experimental:

Observaciones:

Conclusiones:

En el informe confeccionado por el alumno es necesario que conste el objetivo de la experiencia expresado con las propias palabras del interesado de modo que sirva al propósito de evaluar el proceso de enseñanza-aprendizaje que ha tenido lugar. Dado que las modalidades de enseñanza muchas veces están

supeditadas a las características de un determinado grupo humano, siempre diferente, este punto resulta muy adecuado para la autoevaluación docente.

Otro de los puntos importantes es la descripción de la experiencia, en la cual debe evitarse una transcripción de la guía de trabajos prácticos, sino que más bien debe reflejar la comprensión de la metodología utilizada, consignando claramente qué finalidad tiene cada uno de los pasos efectuados durante el procedimiento.

Tanto las observaciones como las conclusiones que deben constar en el informe son el fruto de la participación del alumno en la realización de la experiencia y la elaboración de sus contenidos constituyen una inmejorable oportunidad para favorecer la toma de conciencia de la estrategia desarrollada (metacognición). Una acción docente adecuada en este sentido, permitirá luego extraer del informe datos relevantes, como por ejemplo, qué hecho le pareció más importante al alumno o bien lo impactó más por alguna razón determinada, además de qué conocimiento se ha apropiado en cada caso.

La toxicidad y precauciones que deben tomarse para manipular cada uno de los reactivos utilizados es un punto importante y ayuda a la toma de conciencia de las consecuencias de actos irresponsables. Este tipo de datos se encuentra en catálogos especializados y algunas publicaciones como el *Merck Index*, que pueden conseguirse en establecimientos universitarios de la zona. Si es que esta posibilidad está al alcance de los alumnos favorecería además el contacto entre estudiantes de nivel medio y los institutos de enseñanza superior.

Cuestionario sugerido:

1.- Los cambios de estado son un proceso físico cotidiano. Elige un ejemplo que exhiba un cambio de estado de líquido a vapor y otro de sólido a líquido (o viceversa) distintos a los consignados en la guía.

2.- Si las fuerzas de atracción intermoleculares de un sólido **A** son mayores que las de un sólido **B** ¿qué relación cualitativa habrá entre los puntos de fusión de ambas sustancias?

3.- Describe cómo modificarías el experimento realizado si el punto de fusión del ácido acético fuese menor al del agua.