

EL MODELO DEL CALOR LATENTE DE FUSIÓN. REGULACIÓN DE SU APRENDIZAJE EN LA ETAPA FORMATIVA

**CERVANTES ESPINOSA, LETICIA; DELGADO HERRERA, TERESA; FLORES ALMAZÁN, SUSANA
y TREJO CANDELAS, LUIS MIGUEL**

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, Departamento de Fisicoquímica. Edificio B (102), Circuito Escolar, C.U. México, D.F. 04510, México.

Palabras clave: Calor latente fusión; Regulación enseñanza.

OBJETIVOS

Innovar la enseñanza en un curso de laboratorio de termodinámica básica a nivel universitario, utilizando una secuencia de enseñanza que permita regular los aprendizajes. Presentamos una serie de actividades que han sido elegidas para emplearse en la etapa formativa del proceso de regulación sobre el tema de “calor latente de fusión”.

MARCO TEÓRICO

Tradicionalmente la evaluación se ha considerado como una actividad que ha servido para comprobar y certificar lo que se ha aprendido; sin embargo desde el punto de vista constructivista la evaluación es una actividad que se realiza de manera constante si queremos que los alumnos reconstruyan personalmente el conocimiento científico. Por eso entendemos por evaluación-regulación al proceso en el que se identifican cosas, ideas, hechos, relaciones, analogías, lenguajes, valores, maneras de hacer razonar que no son suficientemente coherentes o consistentes o que hacen más comprensible algún fenómeno o idea. En este proceso, también se emiten juicios sobre las posibles causas o razones de las incoherencias o del aumento de la comprensión y finalmente se toman decisiones de acuerdo con este juicio. Es importante mencionar que si el estudiante aprende a controlar su proceso de aprendizaje, aprenderá a ser autónomo y por ende, tendrá mayores éxitos escolares (Sanmartí, 2002).

Publicaciones recientes sobre didáctica de las ciencias coinciden al reportar que las ideas previas más recurrentes (Kind, 2004) con respecto a los cambios de fase son: a) creer que cuando una sustancia cambia de estado, cambia también su masa; b) no distinguir entre fusión y disolución; c) no reconocer que la fusión ocurre a una temperatura particular; d) no entender que una sustancia pura tiene un punto de ebullición específico; e) saber que el vapor de agua puede transformarse en agua, pero pocos aplican este conocimiento para explicar la aparición de gotas de agua en una superficie de vidrio frío.

Creemos que estas dificultades se deben a que el concepto científico actual sobre cambios de fase es diferente en cobertura y estructura de las concepciones personales que los estudiantes han adquirido del mundo, ya que son muchas las situaciones cotidianas donde se manifiestan los cambios de fase. Así, el significado personal será el punto de partida para lograr un conocimiento científicamente aceptado.

DESARROLLO DEL TEMA

Revisamos los avances en la didáctica de la ciencia en general y del concepto de calor latente de fusión en particular, dentro del contexto de la investigación educativa más reciente con el objeto de seleccionar, analizar y organizar la información relevante. Entonces diseñamos una propuesta de enseñanza basada en el constructivismo, que emplea diferentes estrategias de aprendizaje para que los estudiantes aprendan significativamente y donde la evaluación les permite autorregularse y ser autónomos al aprender.

La siguiente tabla resume las actividades propuestas con su estrategia de enseñanza, objetivo y la forma de trabajo sugerida. Para identificar la etapa en que se debe utilizar cada actividad, utilizamos “D” para indicar que se trata de un instrumento adecuado para la evaluación diagnóstica inicial, “F” para la etapa formativa y “S” para la sumativa. Asimismo, la secuencia a seguir en la forma de trabajo se indica mediante el signo “/”.

Actividad	Estrategia	Objetivo	Forma de trabajo
1-D	Cuestionario y análisis de un texto	Detectar deficiencias en los prerrequisitos y mostrar concepciones explicativas variadas	Individual/comentar resultados en clase/revisión posterior para corregir
2-D	Cuestionario	Detectar concepciones alternativas	Individual/comentar resultados/regresar en etapa formativa para comparar y autoevaluar
3-D	Demostración experimental	Motivacional y conocer los modelos de los estudiantes sobre calor latente	Individual/equipos de 5-6 personas/grupal
1-F	Seminario. Historicidad del concepto	Reconstrucción contextualizada del concepto de calor latente	Conducido por 2-3 alumnos
2-F	Lectura	Contrastación de modelos	Individual/equipos de 5-6 personas/grupal
3-F	Lectura	Estructuración del conocimiento (calor-cambio de fase)	Individual/equipos de 5-6 personas/grupal
4-F	Preguntas	Promover habilidades de reflexión e identificar la evolución del modelo inicial	Individual/equipos de 5-6 personas/grupal
5-F	Problemas numéricos	Aplicar el modelo a situaciones específicas	Individual/equipos de 5-6 personas/grupal
6-F	Interpretación de gráficos	Relacionar el modelo con representaciones gráficas	Individual/equipos de 5-6 personas/grupal
1-S	Lectura	Relación ciencia-tecnología-sociedad	Individual/equipos de 5-6 personas/grupal
2-S	Cuestionario	Evaluar los modelos desarrollados	Individual
3-S	Mapa conceptual	Integración y relación de los conocimientos	Equipos de 3 personas/grupal
4-S	Determinación experimental	Fomentar la creatividad diseñando un experimento	Equipos de 3 personas/grupal
5-S	V de Gowin	Evaluar la organización teoría-trabajo práctico	Individual
6-S	Diario de clase	Reconstrucción del conocimiento reflexionando individualmente	Individual

El contenido de la propuesta es extenso. Las evaluaciones diagnósticas están dirigidas básicamente a detectar las ideas previas que poseen los estudiantes sobre el modelo de calor latente de fusión y consideramos que existe un gran número de publicaciones que abordan este aspecto, por lo que presentaremos exclusi-

vamente los instrumentos de evaluación correspondientes a la etapa formativa, o sea, aquellos que consideramos adecuados para que los estudiantes autorregulen los aprendizajes y el profesor pueda planear nuevas estrategias de corrección. Por otra parte, las evaluaciones sumativas contempladas en nuestro proyecto serán presentadas próximamente en otro trabajo.

Es importante recordar que se pueden utilizar los mismos materiales para las evaluaciones inicial, formativa y sumativa, aunque la utilización de los resultados será muy diferente, de manera que si el profesor lo considera pertinente, las evaluaciones que aquí se presentan podrán emplearse en alguna otra etapa del proceso de regulación.

Actividad 1-F. Antecedentes históricos del fenómeno

Aspectos históricos que muestran los problemas que generaron la construcción de un conocimiento, son importantes para inducir una actitud positiva en los estudiantes. Para ello, es interesante revisar la biografía de Joseph Black y sus descubrimientos acerca del calor latente. Existen muchas fuentes bibliográficas que contienen esta información, así como sitios en Internet.

A continuación se presenta, un ejemplo del tipo de material que puede recopilarse y utilizarse como tema de seminario (Güemez, 2002):

“Si colgare hielo en un hilo, en medio del aire en un cuarto caliente, podrá notar con la mano o con un termómetro cómo sin cesar baja del hielo una corriente de aire frío; porque el aire que se pone en contacto con él queda privado de parte de su calor; y por eso se condensa y se hace más pesado que el aire del resto del cuarto; de resultas de lo cual, desciende, y al punto acude a tomar su puesto en derredor del hielo algo de aire más caliente; más este queda despojado presto de algo de calor, y listo para bajar del mismo modo; de esa suerte se produce una corriente constante de aire caliente que va hacia los lados del hielo, y una bajada de aire en estado frío que se desprende de la parte inferior del trozo; durante la cual operación el hielo debe recibir una cantidad grande de calor. Salta a la vista, pues, que el hielo, al derretirse, recibe calor con mucha celeridad; pero el único efecto de dicho calor es mudarlo en agua; la cual no es sensiblemente más caliente de lo que antes lo era el hielo. Si, en seguida de retirado del hielo, se aplica un termómetro a las gotas o chorrillos de agua, marcará la misma temperatura que cuando se aplica el hielo mismo, o, de haber alguna diferencia, es ella de tan poca monta, que no merece notarse.

Por lo tanto, una gran porción del calor o de la materia del calor que entre en el hielo que se derrite no produce otro efecto que darle fluidez, sin aumentar su calor sensible; al parecer se absorbe y esconde dentro del agua, de modo que no es posible descubrirlo aplicando el termómetro... el calor está oculto o latente, y yo lo denomino calor latente”. (Joseph Black 1728-1790).

Actividad 2-F. Lectura “El calentamiento con hielo y con agua hirviendo”

En esta lectura se plantean las siguientes preguntas: ¿Se puede calentar un trozo de hielo con otro trozo de hielo?, ¿Se puede enfriar un trozo de hielo con otro trozo de hielo?, ¿Se puede calentar una porción de agua hirviendo con otra porción de agua hirviendo?

Al intentar los estudiantes dar respuesta a éstas preguntas, primero de manera individual y después en pequeños grupos, necesariamente se manifiestan los diferentes modelos que tienen sobre el fenómeno. Con la discusión grupal se pretende llegar a la conclusión de que es completamente posible enfriar o calentar hielo con hielo (siempre y cuando ambos trozos de hielo se encuentren a diferente temperatura). Sin embargo, es imposible calentar agua hirviendo con otra porción de agua hirviendo (a la misma presión), ya que, a una presión determinada, la temperatura del agua hirviendo es siempre la misma.

Por último, se discute, ¿Se puede hervir agua en agua hirviendo?. Para dar respuesta al enunciado, se propone una actividad experimental, donde se introduce un frasquito con agua en un baño María y se espera a que el agua del baño alcance la temperatura de ebullición. Se hace evidente que, para hacer que el agua del frasco hierva, no basta con calentarla hasta 100°C, ya que se requiere comunicarle una reserva consi-

derable de calor que se llama calor latente, o sea, que cada gramo de agua calentado hasta 100°C requiere más de 500 calorías más para pasar al estado de vapor.

Para hacer hervir el agua de la botella se le debe agregar sal al agua de la cacerola, ya que el agua salada no hierve a 100°C, sino a una temperatura un poco mayor y, por lo tanto, puede a su vez hacer que hierva el agua pura que hay dentro del frasquito.

Actividad 3-F. Lectura “Casos curiosos relacionados con cambios de fase”

Con esta lectura, se analiza una situación particular que corresponde a un hecho de la vida cotidiana y favorece la estructuración del conocimiento adquirido (Perelman, 2002).

¿Encima del hielo o debajo de él? Cuando queremos calentar agua colocamos la vasija que la contiene encima del fuego y no junto a él. Esta manera de proceder es justa, ya que el aire calentado por las llamas se hace más ligero y al ser desplazado hacia arriba envuelve por todos lados nuestro recipiente.

¿Pero qué hacer si queremos enfriar un cuerpo cualquiera con hielo? Muchos, por costumbre, ponen el cuerpo encima del hielo; ponen, por ejemplo, la jarra de la leche sobre el hielo. Esto no es lo más conveniente porque el aire que hay sobre el hielo desciende al enfriarse y es sustituido por el aire caliente que lo rodea. De aquí se puede hacer una deducción práctica: si queremos enfriar una bebida o algún manjar, deberemos ponerlos no sobre el hielo, sino debajo de él.

Actividad 4-F. Habilidades de reflexión

A través de preguntas que intentan aplicar un contenido académico particular a un contexto diferente, se promueve la habilidad de reflexión de los estudiantes y sus respuestas permiten evaluar la evolución de los modelos que tenían antes de iniciar la instrucción. Para este ejercicio se sugieren enunciados que no requieran de cálculos numéricos para responderse, del tipo:

1. El hielo seco (anhídrido carbónico), el alcanfor y el yodo pasan directamente del estado sólido al gaseoso (se subliman). ¿Estos cuerpos, absorben o ceden calor en dicho proceso?
2. Un trozo de hielo a cero grados Celsius funde en un vaso de vidrio. ¿Cuál es la temperatura de la mezcla de hielo-agua cuando el hielo está (a) a medio fundir, (b) fundido en un 90%?
3. Una persona que usa lentes observa que se empañan cuando en un día frío pasa de una habitación caliente al exterior. Explíquese por qué.

Actividad 5-F. Problemas numéricos

Éste tipo de ejercicios son los que normalmente se encuentran en los libros de texto. Para ilustrar el tipo de problemas que consideramos convenientes para esta sección, se presentan los siguientes ejemplos:

1. Se llenan dos vasos con cantidades iguales de agua a 60°C. Se añade un poco de hielo a uno de ellos e igual masa de agua a 0°C al otro. ¿Cuál de las dos mezclas alcanzará menor temperatura? ¿Por qué?
2. Se suministran 2880 Btu a 30 lb de hielo a 32°F. ¿Cuánto hielo queda sin fundir?
3. Se coloca un cubo de hielo a 0°C en 500 g de agua a 60°C. La temperatura final es de 18°C. ¿Cuál era la masa del cubo de hielo?

Actividad 6-F. Interpretación de gráficos

Mediante esta actividad se pretende medir la capacidad de los estudiantes para describir los gráficos relativos a curvas de enfriamiento o de calentamiento de sustancias puras, así como ensayar su capacidad para reconocer los fenómenos asociados a los cambios de estado y, en particular, al rol de la energía. Se recomiendan las preguntas 5, 6, 7, 9 y 10 del *cuestionario sobre los cambios de estado y los estados de agregación* de Borsese et al (1996).

CONCLUSIONES

El contenido de este trabajo forma parte de una propuesta que considera a la evaluación como una parte fundamental del proceso de enseñanza aprendizaje. Consideramos que las actividades que se muestran pueden ayudar a que los estudiantes logren un aprendizaje significativo sobre el concepto de calor latente de fusión (DH_{fus}). Estamos conscientes de que la aplicación de todos los instrumentos de evaluación que se han presentado en este trabajo requieren de una inversión de tiempo que puede ser considerable, por lo que el profesor podrá dosificar los materiales, el tiempo y la forma de trabajo de acuerdo a los resultados que se obtengan en el proceso de regulación. Nuestra intención fue la de realizar una búsqueda de información académica y educativa para integrar una propuesta que es susceptible de mejorarse al introducirla en nuestras aulas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORSESE, A., LUMBACA, P. y PENTIMALLI, R. (1996). Investigación sobre las concepciones de los estudiantes acerca de los estados de agregación y los cambios de estado. *Enseñanza de las ciencias*, Vol. 14 (1), pp. 15-24.
- GÜEMEZ, J., FIOLEAIS, C. y FIOLEAIS, M. (2002) Revisiting Black's experiments on the latent heats of water. *The Physics Teacher*, Vol. 40 (1), pp. 26-31.
- KIND, V. (2004) *Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química*. México: Facultad de Química-UNAM-Santillana.
- PERELMAN, Y. (2002). *Física recreativa. Tomo 2*. México: Quinto Sol.
- SANMARTÍ, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la secundaria obligatoria*. Madrid: Síntesis.