

ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS EN UN LABORATORIO INTEGRADOR DE FÍSICA Y QUÍMICA

Juanto, Susana¹; Iasi, Rodolfo¹; Urruspuru, Juan; Baade, Nieves¹; Zerbino, Lía M.^{1, 2}.

¹IEC-EMEIPACIBA. FRLP-UTN. ² FI-UNLP. y CIOP. CONICET. CIC-BA

Facultad Regional La Plata, Universidad Tecnológica Nacional

Av.60 esq. 124 s/n, La Plata, Buenos Aires, Argentina, sujuanto@yahoo.com.ar

Resumen

Dado que tanto en Física como en Química se realizan laboratorios de calorimetría, se decidió realizar una integración entre ambas Cátedras. Debido a que los alumnos pueden estar cursando ambas materias al mismo tiempo o no, se propuso nivelar las diferencias en conocimientos previos de los alumnos, a través de ejercicios interactivos en la página web. Como primer paso a una integración horizontal, a partir de un intercambio entre los docentes de ambas cátedras, se puso en práctica una guía de preguntas conteniendo y confrontando conceptos involucrados. La guía se retoma y completa luego de cada clase experimental sobre el tema. Esta estrategia permitió no sólo una fluida realimentación entre algunos docentes de ambas cátedras, sino una notable evolución de los comentarios y asociaciones que los alumnos se animan a proponer o analizar durante el desarrollo de las clases.

Palabras clave: calorimetría, integración física-química.

1. Introducción

Dado que tanto en Física como en Química se realizan laboratorios de calorimetría, se decidió realizar una integración entre ambas Cátedras, y nivelar las diferencias en conocimientos previos de los alumnos, a través de ejercicios interactivos en la página web.

2. Marco teórico

Con base en el constructivismo, Bruner afirma que el docente debe convertirse en facilitador y guía del aprendizaje activo de sus alumnos (Bruner, 1998). Por lo tanto, el rol del docente en este marco es el de

plantear cuestionamientos que los alumnos irán resolviendo con su ayuda, y no proveer “una receta” de trabajo de laboratorio.

Este rol implica una relación docente-materiales educativos-alumnos, como sugiere Gowin, quien postula que el producto de esa relación está constituido por los significados compartidos (Moreira, 2012). La formación de conceptos es entonces un instrumento para el proceso cognitivo (Bruner, 1998). Esta formación se realiza desde la experiencia de nivelación (ejercicios interactivos), pasando por la ejecución de los laboratorios, elaboración y discusión de los informes (a través de competencias conceptuales y procedimentales)..

3. Objetivos y Metodología

Nuestro grupo de investigación IEC (Investigación en Enseñanza de las Ciencias) está formado por docentes del Departamento de Ciencias Básicas y desarrolla actualmente el PID EMEiPACIBA (Entornos Multimediales y Estrategias Integradoras para el Aprendizaje de Ciencias Básicas), siendo uno de los objetivos prioritarios el desarrollar estrategias de integración entre las materias correspondientes (Pastorino, 2012)

En este caso el mismo grupo de alumnos (de Ingeniería en Sistemas de Información) realiza cada laboratorio en su correspondiente Cátedra: medida de calor específico, y calor de cambio de estado en Física, y calor de una reacción en Química. La discusión se hace en cada experiencia, basada en la Guía que presentamos más adelante.

Esta estrategia comenzó a implementarse en 2013 con dos cursos piloto en ambas cátedras (Juanto, 2013). Dado que observamos que era necesaria una

nivelación de los conocimientos previos de los alumnos, este año incorporamos la realización de ejercicios interactivos propuestos en la página web, donde se incluye la respuesta, de forma de recibir orientación como si se tratase una clase de consulta, una autoevaluación de proceso.

La evaluación consiste en la entrega de un informe de laboratorio por grupo de trabajo, incluyendo alguna investigación orientada en Internet (webquest): posteriormente, cada grupo realiza una breve exposición oral del informe escrito que presenta, para que haya intercambio de información entre los alumnos, y para responder al pedido de la CONEAU sobre adecuada expresión oral y escrita de los alumnos.

Su validación está prevista mediante la comparación de los resultados de las evaluaciones de estos cursos con los otros, en los que no se utilizó este material, y una encuesta basada en problemas y preguntas integradoras que se propondrá a todos los alumnos de todo los cursos de ambas cátedras.

Los ejercicios interactivos se encuentran en www.frlp.utn.edu.ar/materias/qcasis/multchoice y en www.frlp.utn.edu.ar/materias/emeipaciba.

La guía a través de la cual orientamos el trabajo de laboratorio consta de las siguientes preguntas (y su discusión):

3.1 Preguntas, conceptos y apreciaciones.

1) *Explicita la convención de signos en la expresión del 1er principio de la termodinámica para la variación de energía interna ΔU .*

Tradicionalmente, en Física y Química la variación de energía interna (ΔU) suele escribirse con diferentes convenciones de signo, lo cual en principio desorienta a los alumnos, pero en realidad si se aplica correctamente en base a cada convención, se obtienen los mismos resultados

En Química se suele escribir:

$$\Delta U = Q + W \quad (1)$$

siendo el calor Q positivo cuando ingresa al sistema en estudio y el trabajo W positivo cuando el trabajo es realizado por el medio exterior sobre el sistema en estudio. Allí

W_{ext} es positivo. El trabajo W es negativo cuando lo realiza el sistema en contra de las fuerzas exteriores. La convención proviene de definir el diferencial de trabajo como el producto escalar de la fuerza exterior por el desplazamiento diferencial (Chang, R)

Para recordarlo podríamos poner

$$\Delta U = Q + W_{ext}$$

En Física, se suele escribir

$$\Delta U = Q - W \quad (2)$$

siendo el calor Q positivo cuando ingresa al sistema en estudio y W positivos cuando el trabajo es realizado por el sistema en estudio sobre el medio exterior. Allí W_{sist} es positivo. Dado que las aplicaciones más comunes son las máquinas térmicas, entonces el sistema es el que realiza trabajo (W_{sist}), y dado que

$$W_{ext} = -W_{sist} \quad (3)$$

Se escribe $\Delta U = Q - W_{sist}$, donde el trabajo es positivo cuando lo realiza el sistema (Alonso, Finn, 1995)

El resultado final de ΔU es exactamente el mismo, lo calculemos con la convención de signos de Química, que tiene en cuenta el trabajo externo sobre el sistema, o, con la convención de signos de Física, que tiene en cuenta el trabajo del sistema sobre el medio. Además, como la mayoría de los procesos tienen lugar a presión constante, es conveniente definir otra función de estado, la entalpía H , donde su variación (ΔH), se calcula como

$$\Delta H = \Delta U + p \Delta V \quad (4)$$

Donde p es la presión y ΔV es la variación de volumen. Esta es otra forma de escribir el 1º principio a presión constante (usualmente la presión atmosférica). ΔH puede medirse como el calor puesto en juego a Presión constante, con ciertas condiciones.

La energía contenida en un sistema **NO ES CALOR**, sino ΔU o ΔH (Petrucci, 2003).

Al desarrollar estos aspectos en las clases los alumnos reaccionan de manera similar sea en cursos de Química como de Física:

- i) los que no vieron el tema en la otra materia tienden a desestimar la importancia de estas observaciones y a fijar solamente la convención que se usa en la materia en cuestión.

ii) los que ya vieron el tema en la otra materia se desconciertan primero y luego proponen interesantes discusiones referidas a quién y sobre quién se ejerce trabajo.

2) *Realice una búsqueda orientada en Internet sobre tipos de termómetros (bulbo de vidrio, termocuplas, infrarrojo). También busque si existen instrumentos para medir calor.*

Antes de realizar las medidas experimentales, se solicita a los alumnos una búsqueda orientada (webquest) en Internet sobre los modelos actuales de termómetros, y la adecuación de cada termómetro para un cierto rango de temperatura, reforzando la idea de que lo que se mide es temperatura y no calor.

Se debate sobre la importancia de la medida de las variables macroscópicas (Presión, Volumen, Temperatura y composición), y el hecho que los modelos microscópicos (p.ej. modelo atómico vigente), no influyen sobre las mismas, para los aspectos termodinámicos, dado que las funciones de estado están escritas con las variables macroscópicas.

En Internet se encuentran distintas páginas que se refieren tanto a los distintos tipos de termómetros, como también al calorímetro como un instrumento para medir calor. Es posible discutir sobre las medidas directas e indirectas, las variables intensivas y extensivas, y trabajar sobre la diferencia entre calor y temperatura. Sin embargo, es recurrente, a pesar de las discusiones de clase, la idea de que temperatura y calor se refieren a la misma cualidad. En las discusiones surgió la necesidad de explicar el equilibrio térmico, la diferencia de temperatura como fuerza impulsora para el calor, y muchos fueron capaces de detectar errores o confusión de conceptos en diferentes textos consultados en línea.

3) *En la experiencia de calorimetría se usó agua caliente. ¿Qué mecanismos de transferencia de calor tienen lugar en un vaso con agua colocado sobre una tela metálica, sobre un mechero encendido?*

En la experiencia de calorimetría, el mechero proporciona calor a la tela metálica, expuesta a la llama. La tela metálica, por conducción, proporciona calor al vaso de vidrio y al agua que contiene. La conducción es un mecanismo común en metales. El agua (un fluido) homogeneiza su temperatura por convección.

Los alumnos discuten las diferentes formas de transmisión del calor y se proponen comparaciones y análisis de otros casos (calentamiento de la Tierra por el Sol, corrientes oceánicas, formación de tormentas).

4) *Una vez colocada el agua caliente y un cubito de hielo en el calorímetro, ¿qué imagina que sucede nivel microscópico durante el derretimiento del cubito? ¿Por qué el cambio de fase, hielo a agua líquida, requiere que éste absorba calor?*

Durante la experiencia de determinación del calor de fusión del hielo (<http://www.frlp.utn.edu.ar/labfisica/tp2.html>), se pone de manifiesto que es necesario que el hielo absorba energía para que las moléculas de agua del cubito pasen del estado sólido (hielo), un estado más ordenado, al estado líquido, un estado donde las moléculas poseen mayor energía cinética (de traslación). Un sencillo método para evidenciar esta energía cinética consiste en emplear un cubito de hielo “manchado” con unas gotas de tinta soluble en agua: en estado sólido, las gotas de tinta permanecen aisladas en el cubito, pero en el agua líquida se dispersan rápidamente. Se refuerza la idea que los cambios de fase son procesos físicos, debido a que la identidad de la sustancia no cambia en el proceso (es siempre agua, en estado sólido o líquido)

Los alumnos interpretan que una vez derretido el cubito, las gotas de tinta se mueven arrastradas por el movimiento de las moléculas de agua. Si bien no pueden ver las moléculas comienzan a asociar el aumento de energía de traslación con un aumento de temperatura. Durante el cambio de fase asocian que la energía absorbida se usa para separar las moléculas de agua entre sí, “desarmando” la estructura del sólido. Este

ejercicio de abstracción los ayuda a “imaginar” en el marco del modelo molecular.

Una cuestión de gran interés en este laboratorio, es observar que la magnitud del calor medido en la fusión del hielo 1,44 kcal/mol (proceso físico) es mucho menor que el calor de la reacción química de formación de agua resultante de la experiencia de laboratorio realizado en Química (y a que se refiere la pregunta 7b), lo cual ilustra una de las diferencias entre los procesos físicos y químicos que tienen lugar.

5) *¿Cómo se aprecia la idea de que la materia está formada por átomos en la ley de Dulong y Petit? ¿Cómo se relaciona la ley de Dulong y Petit con el número de Avogadro?*

En la experiencia de determinación del calor específico de un sólido (<http://www.frlp.utn.edu.ar/labfisica/tpln201.html> y

http://catedrafisica2.blogspot.com.ar/search/label/P_ráctica), se emplean dos metales diferentes, cobre y aluminio, para ilustrar la ley de Dulong y Petit: el calor específico molar de los elementos en estado sólido es prácticamente una constante a temperatura ambiente (aprox. 6 cal/mol). (A temperaturas más bajas, ya se aprecian efectos cuánticos que no prevee esta ley)

Para explicarlo, hay que recurrir a la Química: el número de átomos contenido en un mol de sustancia es el mismo (número de Avogadro), para todos los elementos, por lo tanto se requiere aproximadamente la misma cantidad de calor por átomo para producir el mismo aumento de temperatura en todos los sólidos (justamente el calor específico). Es decir, el calor necesario para elevar la temperatura de una cierta masa de sólido depende solamente del número de átomos contenidos en ella, y no de la masa de cada uno de ellos.

Estos resultados sorprenden a los alumnos, y los ayudan a interpretar la importancia de la propuesta del número de Avogadro y la definición del mol. A través de estas correlaciones consiguen hacer la abstracción necesaria para aceptar la existencia de moléculas, el modelo molecular de la materia.

6) *¿Qué significa el calor específico de una sustancia?*

Cuanto mayor sea el calor específico de una sustancia, menos variación de temperatura producirá una cierta cantidad de calor. (Lower, 2012)

La temperatura es una medida de la energía cinética de traslación promedio de las moléculas.

La temperatura está relacionada con la energía cinética de traslación; si hay modos de vibración o rotación activos en las moléculas, éstos aceptan energía térmica, disminuyendo la energía disponible para traslación: se necesita más calor para producir un cambio de temperatura, la capacidad calorífica es más alta. Por lo tanto, las sustancias monoatómicas, que sólo tienen energía cinética de traslación, tienen las capacidades caloríficas más bajas.

Los alumnos tienen dificultad en comprender el modelo microscópico asociado al calor específico. En física no siempre se lo describe en detalle, pero en química contribuye a la apropiación del modelo molecular (traslación de moléculas, vibración y rotación de enlaces)

7a) *¿Cuándo es posible cuantificar con un calorímetro el calor puesto en juego en una reacción química?*

Cuando la reacción es rápida (para que la medida sea experimentalmente posible), y no existen reacciones paralelas ni secundarias (porque esas reacciones enmascararían la que nos interesa). En estos casos, se utiliza un calorímetro: un termo con agua (sistema aislado), en donde se realiza la reacción, de tal forma que el calor que se intercambia modifica la temperatura del agua, la que puede medirse en forma sencilla.

7b) *¿Qué produce calor en una reacción química?*

En el laboratorio de calorimetría (www.frlp.utn.edu.ar/materias/qcasis/calorimetria10), medimos el calor liberado al neutralizar un ácido con una base, obteniendo agua como producto.

Es importante que los alumnos observen que la diferencia fundamental con los procesos

físicos, es que aquí no se requiere aporte externo de energía para variar la temperatura. La misma varía porque se unen iones (H^+ y OH^-) y se forman enlaces (produciendo moléculas), que son más estables que los iones aislados, por lo tanto liberan energía en forma de calor.

Constituye un ejemplo de la variación de ΔU y ΔH , debido a la energía almacenada en los enlaces, no hay aporte externo de calor, y sin embargo la energía liberada por mol de agua es 13,7 kcal (unas 10 veces mayor al calor de fusión del hielo), diferencia entre los procesos físicos y químicos normalmente mencionada pero no explicitada experimentalmente.

7c) ¿y si no es posible medir, ¿se puede conocer el calor de reacción?

En virtud de las leyes de la termoquímica (Ley de Hess y Ley de Lavoisier), dado que la entalpía es una función de estado, conociendo el valor de entalpía del estado inicial y final del sistema, se puede calcular su variación, independientemente del camino seguido entre ambos.

Es decir, siempre se puede calcular ΔH con una tabla de entalpía, que obviamente fue confeccionada midiendo ΔH en las reacciones en las que fue posible hacerlo.

Los alumnos observan inicialmente que al mezclar dos soluciones a la misma temperatura se produce calor, sin encontrar una explicación física para ello. Interpretan que el calor fue liberado por una reacción química, sin intervención de fuente externa de energía. Comparando con los valores obtenidos para el calor de fusión del hielo, deducen que la formación de moléculas de agua pone en juego 10 veces más energía. (recordar pregunta 4)). Los alumnos comentan y discuten porque muchos libros de Química argumentan que la diferencia entre los procesos físicos y los químicos es que en los primeros la identidad de la sustancia no cambia y la energía puesta en juego es menor que en los segundos, encuentran que esta afirmación no es correcta en el caso de los procesos o reacciones nucleares. Se genera una rica discusión sobre qué es Química y qué es Física

4. Resultados

La autoevaluación de proceso: la realización de ejercicios interactivos propuestos en la página web, donde se incluye la respuesta, resultó de gran ayuda para reforzar los conocimientos previos de los alumnos, ya que constituye una “consulta personalizada”, imposible de realizar con el docente por razones de tiempo y relación docente-alumno.

Al realizar cada grupo una breve exposición oral del informe escrito que presenta, se promueve la expresión oral y escrita, hay intercambio de información entre los alumnos, y constituye una excelente oportunidad para que el docente ilustre la diferencia entre calor y temperatura con algunos casos de aplicación (clima, etc) (Lower, 2012)

5. Conclusiones

Integrar contenidos de distintas materias, que los alumnos pueden cursar simultáneamente o no, requiere una intensa preparación de material didáctico, pero el resultado lo vale: los alumnos mejoran la comprensión de conceptos, intercambian destrezas experimentales, discuten sus ideas con moderación del docente, en conclusión: desarrollan competencias.

Al mismo tiempo, a partir de las discusiones generadas estamos reelaborando y enriqueciendo las guías y material de estudio de ambas cátedras.

Referencias

Alonso, M. y Finn, E.J. (1995). *Física*. Addison-Wesley Iberoamericana. USA

Bruner J. (1988). *Desarrollo cognitivo y educación*. Ed. Morata. Madrid.

Chang, R. (1999) *Química*. 6ª edición. McGrawHill, Mexico.

Juanto, Susana¹; Iasi, Rodolfo¹, Prodanoff, Fabiana; Baade, Nieves¹, Zerbino, Lía M. *Compartiendo significados de calorimetría en un laboratorio integrador de física y química*. REF XVIII, 2013. Catamarca.

Lower, S.(2012) *Chem1 virtual textbook*.
<http://www.chem1.com/acad/webtext/energetics/index.html>
<http://www.chem1.com/acad/webtut/thermo/entropy.html#TES>

Moreira, M. A. (2012). *Meaningful Learning*. Review, v2(1),pg 44-65

Pastorino, S.; Iasi, R.; Juanto, S; Prodanoff, F.; Baade, N.; Zerbino, L. M. (2012) *Integración de Contenidos entre Física y Química en Ciencias Básicas*. I Congreso Argentino de Ingeniería (CADI 2012). Mar del Plata. ISBN 978-987-1312-46-7

Petrucci, R.; Harwood, W.; Herring, F. (2003). *Química General*, 8va ed; Pearson Educación, Madrid.