

Cambios de energía en un sistema debido a la transferencia de energía por calor: una experiencia de laboratorio



Follari Beatriz del R.¹, Lambrecht Carmen¹, Dima Gilda N.¹, Perrotta M. Teresa¹, María Eugenia Carola²

¹Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa, Av. Uruguay N° 151. Te: 02954-425166, Fax: 02954-432535.

²Instituto María Auxiliadora, Av. Roca N° 63.

E-mail: dimascari@cpenet.com.ar

(Recibido el 26 de Diciembre de 2011; aceptado el 14 de Marzo de 2012)

Resumen

En este trabajo se presenta una guía experimental para evaluar los cambios en la temperatura de un sistema cuando se le transfiere energía por calor y relacionarlos con las variables que intervienen antes del cambio de fase. La propuesta forma parte de las actividades presentadas en un Proyecto de Investigación, el cual propone elaborar, implementar y evaluar estrategias didácticas tomando como hilo conductor la energía, en Primero y Segundo año del nivel Polimodal del Instituto María Auxiliadora de Santa Rosa La Pampa, Argentina. Para la elaboración de esta guía de laboratorio nos basamos en dos aspectos relevantes: por un lado dar continuidad a los conceptos de energía, sistema, energía interna, y el calor y el trabajo como procesos de transferencia que modifican la energía del sistema y por otra parte, implementar las etapas de predicción, observación y contrastación, propias del Aprendizaje Activo. Creemos que esta propuesta permitirá integrar los nuevos conceptos dados en segundo año con los tratados en primero en referencia a la energía, logrando una visión más amplia y unificada de la Ciencia y en particular de la Física. La metodología utilizada puede ser una herramienta valiosa para favorecer el aprendizaje significativo.

Palabras clave: Energía, calor, temperatura, guía experimental, Aprendizaje Activo.

Abstract

The present work presents an experimental guide to evaluate temperature's changes in a system when energy through heat is transferred and relate those temperature's changes with the variables that take part before the phase transition. This proposal is part of several activities presented in a Research Project which proposes, taking energy as a guide, to elaborate, to implement and to evaluate didactic strategies at First and Second year of Polimodal at Instituto Maria Auxiliadora from Santa Rosa La Pampa, Argentina. In order to elaborate this laboratory guide we based on two relevant aspects: on the one hand, to give continuity to concepts like energy, system, internal energy, heat and mechanical work as a transference process that modify the system energy; and, on the other hand, to implement prediction, observation and contrasting stages, typical of Active Learning. We believe that this proposal will allow us to combine new concepts taught at Second year with the ones already taught at First year referring to energy, obtaining a wider and unified vision of the Science and, particularly, of Physics. The methodology utilized could be a valuable tool in order to favor the significant learning.

Keywords: Energy, heat, temperature, experimental guide, Active Learning.

PACS: 01.40.E-, 01.40.ek, 01.40.gb

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Existen abundantes investigaciones educativas sobre tópicos tales como dificultades de aprendizaje e ideas previas, pero no sucede lo mismo respecto de investigaciones que tratan sobre estrategias didácticas referentes a la transferencia de contenidos al aula y su evaluación [1, 2, 3, 4].

En general, se observa que en la totalidad de los niveles educativos el concepto de energía es presentado de manera

disociada, restringiéndolo a situaciones en las que sólo interviene la energía mecánica sin mencionar otros tipos de energía. En los textos tradicionales [5, 6, 7] los fenómenos térmicos generalmente no se explican en términos de transferencia de energía entre sistemas, estableciéndose escasa o nula vinculación entre éstos y lo estudiado en mecánica. Esta situación está cambiando paulatinamente.

Algunas de las nuevas ediciones muestran más cuidado al tratar la energía, incluyendo el concepto de sistema y energía interna. Al momento de presentar el calor y la

temperatura se observa una continuidad conceptual con mecánica, reforzando la idea de calor como proceso de transferencia de energía [8, 9, 10, 11].

Las autoras de este trabajo se encuentran desarrollando un Proyecto de Investigación¹ en el cual se elabora y evalúa una estrategia de enseñanza sobre energía en el nivel Polimodal dando continuidad a lo estudiado en primer año (mecánica) con lo que se trata en segundo año (calor y temperatura) buscando evitar la disociación que suele observarse. Creemos que una continuidad y coherencia conceptual en la presentación de los distintos fenómenos estudiados en Física a lo largo de la educación media favorecería el aprendizaje significativo [12, 13, 14, 15].

La estrategia didáctica tendrá en cuenta los resultados de la investigación educativa relacionados con energía y con las preconcepciones de los alumnos sobre dicho tema, para ayudarlos a interpretar de las transferencias y diferentes transformaciones energéticas.

En una estrategia basada en la enseñanza tradicional, el docente es el emisor de los contenidos conceptuales mientras que los estudiantes tienen un rol de receptor pasivo [16, 17, 18, 19, 20].

Las ideas de los estudiantes no se hacen explícitas, no se promueve la discusión entre pares y en general, el laboratorio se utiliza para confirmar lo “aprendido”. Las conexiones entre conceptos, representaciones formales y el mundo real, con frecuencia están ausentes después de la enseñanza tradicional. Una estructura de trabajo conceptual coherente, no es normalmente un logro de este tipo de enseñanza [21]. En particular el estudio de la energía se encuentra muy alejado del marco social y tecnológico en el cual el alumno se mueve.

Preocupados porque nuestra labor docente ayude en los procesos de enseñanza y aprendizaje, diseñamos acciones basadas en el Aprendizaje Activo que ponen el énfasis en el rol activo de quien aprende con el fin de que sea el alumno el responsable de la construcción de su propio conocimiento [22]. De esta forma los estudiantes son capaces de construir conceptos que luego de aprendidos pueden ser transportados a otros contextos y a distintas situaciones [23, 24]. Es de suma importancia el rol del docente para el desarrollo de las actividades, dado que debe actuar como facilitador o guía de la tarea a desarrollar [23, 24, 25].

Intentamos plantear el trabajo de laboratorio con una aproximación que apunte a unificar conceptos, procedimientos y técnicas de trabajo y que no quede en el mero hecho de ser una etapa de “verificación” de conceptos y/o leyes físicas. En esta aproximación se recurre a la secuencia *predecir, observar, contrastar* y a partir de ella se favorece que el alumno coteje las diferencias entre las

creencias con las que llega a la clase experimental y las leyes de la Física que gobiernan el mundo real.

En el presente trabajo mostramos cómo una experiencia, de características tradicionales, puede ser realizada de tal manera que promueva el Aprendizaje Activo. La tarea experimental tiene por objetivo evaluar los cambios en la temperatura de un sistema cuando se le transfiere energía por calor y relacionarlos con las variables que intervienen antes y del cambio de fase.

A. La experiencia

La tarea de laboratorio se puso en práctica en el segundo año del nivel Polimodal, modalidad Ciencias Naturales, del Colegio María Auxiliadora de Santa Rosa, La Pampa, en el año 2011. Los alumnos que realizaron la experiencia fueron 36. Se presentó luego de que los alumnos han trabajado en clase los conceptos de temperatura como una medida de la energía cinética traslacional promedio de los átomos que contribuye a la energía interna del sistema y el calor como un proceso por el que se transfiere energía a través de la frontera del sistema, debido a una diferencia de temperatura.

La experiencia es conocida: se utilizan ciertas cantidades de agua que se colocan en un recipiente sobre un mechero para medir las variaciones de temperatura que se producen. Se irán registrando las temperaturas del agua a intervalos regulares de tiempo hasta que se produzca la ebullición. Seguidamente se repite la experiencia pero ahora con una masa de otra sustancia, leche o agua azucarada (ver Anexo).

Tradicionalmente, se pretende que a través de este laboratorio los alumnos puedan encontrar o comprobar la relación $Q = c_e m \Delta T$, donde Q es la energía transferida por calor, c_e el calor específico, m la masa y ΔT la variación de temperatura que experimenta el sistema. Generalmente, en este tipo de prácticas se presenta una guía pauta en la que se indica a los alumnos los pasos a seguir. Si se desea que ellos construyan el concepto, se plantean entonces una serie de preguntas que los lleven a identificar las relaciones directas y las inversas a fin de llegar en conjunto a la expresión deseada. Si, en cambio, se propone la experiencia como comprobación de la ecuación ya trabajada en clase, se realiza la misma y se solicita un informe en el que se pueda concluir que la expresión se verifica.

Para la elaboración de este laboratorio, basado en el aprendizaje activo, tuvimos en cuenta dos aspectos relevantes: uno referente a lo conceptual y otro a lo metodológico. Nuestra propuesta, a diferencia del trabajo de laboratorio tradicional, realiza un tratamiento conceptual e integrado de energía: esto es, procura dar continuidad entre el concepto de energía, sus transferencias y transformaciones estudiados en el año anterior en mecánica, con los conceptos de calor y temperatura que se estudian en segundo año.

En primer año se hizo hincapié en el concepto de sistema y en el hecho de que la energía del mismo puede modificarse si se permite su transferencia, desde el medio al

¹ “La energía como concepto integrador en mecánica y calorimetría: elaboración aplicación y evaluación de una estrategia didáctica en el nivel secundario”. Proyecto del Dpto. de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNLPam. Aprobado según Resolución CD N° 191/10. Proyecto incluido dentro del Programa de Incentivos para los Docentes-Investigadores.

sistema o viceversa a través de la frontera. Entre los mecanismos que hacen posible este cambio de energía, destacamos el trabajo y el calor.

Las energías del sistema pueden tomar distintas formas: cinética, potencial e interna. Un cambio de temperatura significa un cambio de la energía interna (cinética microscópica), también esta energía cambia en un cambio de fase (potencial interna). Esto está contemplado en la ecuación:

$$Q + W_{\text{ext}} = \Delta E_c + \Delta E_p + \Delta E_{\text{in}},$$

donde: Q es la transferencia de energía por calor; W_{ext} es el trabajo de las fuerzas externas; ΔE_c es la variación de energía cinética; ΔE_p es la variación de la energía potencial y ΔE_{in} es la variación de energía interna del sistema bajo estudio [8, 9, 10, 11].

En nuestra experiencia, se evalúa el cambio de energía interna que experimenta el sistema cuando se le transfiere energía por calor. Se pide a los estudiantes que tomen nota de los cambios de temperatura que experimenta la muestra y que luego construyan un gráfico de temperatura en función del tiempo. El análisis de las gráficas los conducirá a encontrar que $\Delta E_{\text{in}} = c_e m \Delta T$, antes de que se produzca la ebullición. De manera cualitativa se hace un análisis de la $\Delta E_{\text{in}} = L \cdot m$ durante el proceso de cambio de fase en la ebullición. Este aspecto se profundiza con un trabajo de laboratorio posterior [12].

La otra diferencia con la forma tradicional de desarrollar el tema, es la utilización de la metodología de Aprendizaje Activo. En el diseño de la guía que utilizan los alumnos para realizarla, se respetan las etapas *predecir*, *observar* y *contrastar*, a fin que el alumno coteje las diferencias entre las ideas con las que llega a la clase experimental y los resultados de la experiencia, para que sea consciente de las ideas que debe modificar (ver Anexo).

Etapa de predicción: Se presenta a los estudiantes de manera escrita una serie de preguntas relacionadas con el tema de estudio, las que deben ser respondidas de manera individual y volcadas en su “Hoja de Predicciones”, antes de comenzar con la experiencia. Seguidamente los alumnos discuten sus predicciones en grupos pequeños. Las opiniones más comunes de toda la clase deben registrarse en el pizarrón, a efectos de que una vez finalizada la tarea experimental, los estudiantes cotejen sus predicciones con el resultado hallado. El docente no debe hacer comentarios sobre si las predicciones son correctas o incorrectas.

Etapa de observación: los estudiantes, organizados en distintos grupos, llevan a cabo la experiencia. Los resultados encontrados serán volcados en la “Hoja de Resultados” y luego puestos en común bajo la guía del profesor.

La discusión de los resultados obtenidos, que se registran en el pizarrón, se realiza en una clase posterior. Se

espera que este camino lleve al reconocimiento de las variables que intervienen, de las relaciones directas o inversas y a construir el concepto de calor específico, así como expresar el cambio de energía interna como $\Delta E_{\text{in}} = c_e m \Delta T$, reconociendo que este cambio se produjo por ingreso de energía por calor al sistema, hasta llegar a la ebullición. También se puede observar que durante la ebullición la temperatura se mantiene constante.

Cada grupo de alumnos graficará los resultados, contestará las preguntas que se proponen y elaborará un informe escrito.

Etapa de contrastación: es el último paso de la estrategia, se devolverá a cada estudiante su hoja de predicciones para que contraste los resultados obtenidos con sus ideas anteriores. Estos serán analizados y justificados adecuadamente y se registrarán en la “Hoja de Resultados”, la que los alumnos se llevarán para estudiar.

II. ANÁLISIS Y RESULTADOS

A. De las predicciones de los alumnos

En la Tabla I se presentan los resultados de las respuestas dadas por los estudiantes a las preguntas de la “Hoja de Predicciones”.

Los distintos grupos de trabajo discuten sus predicciones, llegan a un acuerdo, se da por completada la etapa de predicción y se disponen a desarrollar la experiencia.

Luego de analizar las predicciones podemos decir que la mayoría de los estudiantes conoce que al colocar un recipiente con líquido sobre un mechero encendido, el tiempo para alcanzar la misma temperatura, depende de la cantidad y características de la sustancia. Pensamos que contestan en forma correcta porque está muy relacionado con la vida cotidiana.

Respecto a que sucede con la temperatura cuando la sustancia hierve, se observa que la mayoría cree que la temperatura continúa aumentando luego de que comienza la ebullición, desconociendo que la temperatura se mantiene constante en esta etapa. Además en su vida cotidiana no son conscientes que distintas sustancias alcanzan su punto de ebullición a diferentes temperaturas.

También creemos que no les preocupa o no les llama la atención saber que la energía que transfiere el mechero en un cierto tiempo, es la misma, independientemente de la cantidad y característica de la sustancia. Además, se nota que el funcionamiento del mechero no lo tuvieron en cuenta para contestar la pregunta o lo desconocen.

TABLA I. Predicciones de los estudiantes.

PREGUNTAS	PREDICCIONES
<p>N° 1: <i>A dos masas (volúmenes) iguales de sustancias diferentes, inicialmente a igual temperatura, se las coloca sobre mecheros encendidos. El tiempo que necesitan para llegar a la misma temperatura final ¿es el mismo? Justificar</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • La mayoría de los estudiantes, veinticinco (69%) contesta en forma correcta: <i>“No es lo mismo porque es relativo a las propiedades de cada sustancia”</i> • Cinco (14%) contestan que depende de la sustancia pero no justifican. • Seis estudiantes (17%), consideran que necesitan el mismo tiempo, dado que tienen el mismo volumen.
<p>N° 2: <i>Dados 50 ml y 100 ml de una misma sustancia ¿cuál necesita más tiempo para alcanzar la misma temperatura?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Contestan en forma correcta veintidós estudiantes (61%) contestan en forma correcta: <i>“Necesita más tiempo la de 100 ml porque es más cantidad”</i> • Dos (6%) contestan que necesita más tiempo la de 100 ml y no justifican. • Doce (33%) escribieron frases tales como: <i>“ambos el mismo tiempo”</i>; <i>“ninguna, la cantidad no influye en la temperatura”</i>.
<p>N°3: <i>Si ahora cada uno de los volúmenes anteriores se los deja el mismo tiempo sobre mecheros encendidos ¿cuál recibe más energía? Justificar.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • En una primera aproximación aceptamos como respuesta correcta que la energía transferida por el mechero es la misma. Sólo contestan de esta forma cuatro estudiantes. (11%): <i>“Ninguna, ya que la energía dada por el mechero es la misma”</i>. • Contestan bien sin justificar siete (19%). • Contestan que recibirá más energía el de mayor volumen veinticinco alumnos (69%).
<p>N° 4: <i>Teniendo en cuenta el funcionamiento del mechero explicar cómo se transfiere energía a la sustancia.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ninguno contesta en forma correcta. • Contestan en forma regular treinta y dos (89%): <i>“El calor que trasmite el fuego una vez encendido el mechero”</i>. Dentro de este grupo la mitad menciona <i>“el flujo del mechero le trasmite energía calórica a la sustancia que está sobre él”</i>, <i>“que le trasmite “energía”</i>. • Dos no contestan (6%) • Otros dos dicen: <i>“por medio del fuego”</i>, <i>“por el calor”</i>.
<p>N°5: <i>¿Qué ocurre con la temperatura una vez que la sustancia hierve (ha alcanzado el punto de ebullición)? Justificar</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Un alumno solamente responde correctamente esta cuestión • Un 22% lo hace de manera regular, esto es porque hablan de que la temperatura alcanza su punto máximo, o que se mantiene por un ratito. • 64% de estos estudiantes dice que la temperatura aumenta o que las partículas de la sustancia se encuentran en constante movimiento. • Observamos que un 11% no responde la cuestión.
<p>N°6: <i>Trazar una gráfica cualitativa de la variación de la temperatura en función del tiempo. Explicar brevemente por qué las dibujaste así. ¿Hay diferencias en estas gráficas cuando se cambia de sustancia?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Contestan en forma correcta cinco estudiantes. (14%): <i>“Cuando se cambia la sustancia cambia el tiempo que se necesita para que la temperatura aumente”</i>. • Contestan en forma regular dieciséis (44%): <i>“Cuanto más calor se le inyecte más va aumentando la temperatura.”</i>. Dentro de éstas respuestas hay cuatro que escriben <i>“Si, varía más rápido la temperatura de una que otra”</i>. • En esta cuestión once alumnos (31%) consideran que ambas sustancias aumentan su temperatura al mismo tiempo. • No responden cuatro estudiantes (11%).
<p>N°7: <i>Al comparar agua con leche ¿cuál de ellas crees que hervirá a menor temperatura? ¿Y si pusieras aceite o alcohol?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Siete estudiantes contestan en forma correcta. (19%): <i>“Hervirá a menor temperatura la leche y el alcohol”</i>. • Contestan en forma regular dieciocho (50%): <i>“Las dos hierven a menor temperatura. Y en el otro el alcohol se calienta a menor temperatura.”</i>. • Diez alumnos (28%) piensan que el agua hervirá antes que la leche. Y que el aceite lo hace antes que el alcohol. • Un estudiante (3%) no responde.
<p>N°8: <i>Al tomar como sistema solamente la sustancia, ¿es posible estimar la energía que absorbe para elevar su temperatura?, ¿de qué factores depende?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dieciocho estudiantes (50%) contestan que si es posible estimar la energía necesaria para elevar su temperatura. • Doce (33%) no contestan • Seis (17%) dicen: <i>“no es posible”</i>. • Respecto de los factores de los cuáles depende, nueve estudiantes (25%) contestan en forma correcta ya que mencionaron la mayoría de ellos, <i>“depende del calor que reciben, del volumen que tenga y de la sustancia”</i>. • Seis (17%) nombraron sólo un factor, por lo que se le consideró regular: <i>“ya que depende del calor”</i>. • Veintiún estudiantes (58%) no respondieron.

B. De la puesta en común

En la clase posterior al desarrollo de la experiencia, vuelven a formarse los grupos y empiezan a discutir las preguntas de la “Hoja de Resultados” y se realiza una puesta en común con la guía de la profesora.

Se efectuó un primer análisis sobre la forma de las gráficas de temperatura en función del tiempo obtenidas con el propósito de distinguir entre la zona previa a la ebullición y la zona durante la ebullición. A continuación se muestra el gráfico obtenido por un grupo de alumnos (Fig. 1).

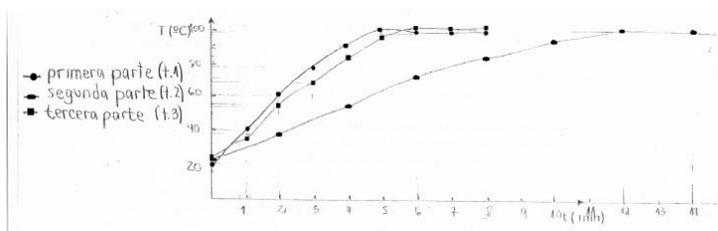


FIGURA 1. Gráfico obtenido por uno de los grupos luego de realizar la experiencia de laboratorio.

Luego se analizó la primera zona, haciendo notar la forma aproximadamente lineal que obtuvieron y las diferentes pendientes para cada caso. La docente presenta el concepto de calor específico como la constante de proporcionalidad entre la energía transferida por calor con la masa y variación de temperatura del sistema, lo que significa un aumento de la energía interna. Además hace hincapié en que esta constante es propia de cada sustancia.

Otro aspecto sobre el que se trabaja es el funcionamiento del mechero y el hecho de que la energía que entrega a la muestra es (en primera aproximación) proporcional al tiempo durante el cual se coloca el

recipiente con agua o leche sobre él. Se discute también si es posible calcular Q a partir de los datos medidos. La conclusión a la que arriban es que necesitan conocer el calor específico de la sustancia.

En el tratamiento del tema se tiene siempre presente la ecuación de conservación de la energía que estudiaron en mecánica:

$$Q + W_{ext} = \Delta E_c + \Delta E_p + \Delta E_{in}$$

Se les hace notar que W_{ext} es cero y que no hay cambios de energía cinética ni potencial macroscópicos. El cambio de energía interna se traduce en un aumento de temperatura, que ellos han medido:

$$\Delta E_{int} = c_e m \Delta T$$

Si bien las preguntas de la “Hoja de Resultados” no son idénticas a las de la “Hoja de Predicciones” las cuestiones que se indagan son las mismas aunque luego de la experiencia se pregunta con más detalle.

C. De los resultados obtenidos luego de realizar la experiencia

Cada grupo contó con un equipo experimental. Las cantidades de agua y de leche se midieron con un vaso de precipitado, ya que en la escuela no se cuenta con una balanza.

El desarrollo de la experiencia fue satisfactorio y todos los grupos trabajaron con entusiasmo.

Se muestra en el Tabla II las respuestas dadas por los estudiantes a las preguntas de la “Hoja de Resultados”.

TABLA II. Conclusiones de los estudiantes.

Pregunta	CONCLUSIONES
1.- Comparar los gráficos obtenidos con los de tu predicción.	<ul style="list-style-type: none"> Sólo un grupo registra las diferencias que existen al comparar los gráficos de sus predicciones con los obtenidos en la hoja de resultados: “...se diferencian fundamentalmente en el hecho de que en la predicción, creíamos que la temperatura aumentaría de manera ilimitada hasta evaporarse. En cambio, a través de la experiencia, logramos observar que esto no es así, sino que una vez que la sustancia llega a su punto de ebullición, la temperatura de la misma se mantiene constante. Esto lo podemos visualizar en el gráfico realizado luego de la experiencia”. Es importante aclarar que, con el acompañamiento de la docente, los grupos discutieron los resultados hallados.
2.- ¿Qué conclusión se puede extraer de comparar las gráficas correspondientes a la primera y segunda parte?	<ul style="list-style-type: none"> Los cinco grupos, tanto en lo que expresaron como en las gráficas que realizaron contestan correctamente. Dos grupos pudieron también encontrar la relación entre los tiempos: “El recipiente con menor cantidad de sustancias tardará menos tiempo en alcanzar su punto de ebullición. En cambio, en el recipiente que contenía el doble de la misma sustancia, tardará el doble de tiempo en alcanzar la máxima temperatura”.
3.- ¿Qué se puede decir al comparar las gráficas	<ul style="list-style-type: none"> Todos los grupos responden que los puntos de ebullición de las sustancias son

<p>correspondientes de la primera parte y la tercera parte?, ¿hay diferencias?</p>	<p>aproximadamente iguales, lo cual se observó en los gráficos realizados: <i>“La leche alcanza con mayor rapidez su punto de ebullición, mientras que el agua necesita más tiempo, podemos observar minúsculas diferencias pues al estar la leche pasteurizada, cuenta con características muy similares al agua”</i>. (En realidad era leche descremada).</p>
<p>4.- ¿Qué se puede decir de los calores específicos del agua y de la leche? ¿Podrías estimar el valor del calor específico de la solución a partir de los datos que se tiene?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dos grupos observan que los calores específicos son muy cercanos ya que necesitan tiempos casi iguales para que dos cantidades iguales alcancen la temperatura de ebullición, sin mencionar si lo pueden calcular o no. • Otros dos grupos agregan a lo anterior, que para estimar el calor específico necesitarían conocer la cantidad de energía transferida por calor, lo que no pueden medir: <i>“al tratarse de sustancias muy similares, el calor específico de cada una también lo es, el cual en ambos casos es aproximadamente $c = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$. No se puede estimar a partir de nuestros datos pues necesitaríamos medir energía”</i>. • Un grupo no responde.
<p>5.- ¿Es posible estimar la energía que absorben las sustancias tomando como datos sólo las medidas obtenidas? Si no es así ¿qué se debería saber? ¿Hay alguna manera de saber cuánta energía es transferida por minuto? ¿Qué otros efectos deberían tenerse en cuenta?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Para esta situación, todos los grupos aclararon que con sólo los datos obtenidos no es posible estimar la energía absorbida. Dos grupos hablan de <i>“grado de calor para calcular dicha energía”</i> (en realidad deberían haber mencionado temperatura, energía que entrega el mechero, etc). • A modo de ejemplo se presenta lo que dijo un grupo: <i>“No, no es posible estimar la energía que absorben las sustancias tomando como datos sólo las medidas obtenidas ya que como $Q = \Delta E_{int}$ y $\Delta E_{int} = c m \Delta t$, se deberían considerar la masa de cada una de ellas, dado que no conocemos, al igual que su calor específico. No hay manera de saber cuánta energía es transferida por minuto en estos casos, por los mismos motivos ya expresados, lo que ni siquiera nos permite calcular Q. Además, entran en juego otros factores, como el hecho de que la llama se mantenga siempre igual, que el jarrito no sea movido, etc.”</i>
<p>6.- Al tomar como sistema solamente la sustancia ¿Cómo plantearías la ecuación de conservación de la energía?, ¿te parece adecuada para ésta experiencia?, si no es así ¿cómo la escribirías ahora?, (piensa la situación en la cual se está lejos del punto de ebullición y durante la ebullición).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tres grupos parten de la ecuación general y reconocen como única energía que varía la interna. <i>“Entonces, como $W + Q = \Delta E_{int}$ y la energía fue transferida por calor, por lo tanto, $Q = \Delta E_{int}$”,</i> concluyendo correctamente. • Un grupo escribe la ecuación general pero no la aplica a la situación. • Otro grupo no responde.

Luego de analizar las respuestas que los estudiantes han dado en la “Hoja de Resultados”, podemos decir que en todos los grupos se representaron correctamente las gráficas de la temperatura en función del tiempo, para diferentes cantidades de una misma sustancia y las correspondientes a distintas sustancias.

Respecto a las comparaciones de las gráficas de la parte 1 y 2 (igual sustancia y distintas cantidades), notamos que la experiencia les permitió a los estudiantes comprobar las predicciones que fueron correctas y modificar aquellas que fueron erróneas. En particular esto último se observó en todo un grupo.

La experiencia también ayudó a corregir la idea respecto de que la energía que proporcionaba el mechero dependía de la masa/volumen considerado.

Dado que en la “Hoja de Resultados” no se pregunta explícitamente sobre el comportamiento de la sustancia una vez alcanzado la ebullición, a pesar que todos realizaron correctamente las gráficas de temperatura en función del tiempo, sólo un grupo menciona que la temperatura permanecerá constante. En la puesta en común la docente hace hincapié en la parte del gráfico correspondiente a la ebullición, justificando qué sucede durante ese proceso.

En este laboratorio se pretende solamente incorporar el concepto de calor específico y los cambios que se producen cuando se transfiere energía por calor fuera de los cambios de fase. Se les presenta el hecho de que la temperatura se

mantiene constante durante la ebullición. En una experiencia de laboratorio posterior se profundiza y trabaja con lo que sucede en un cambio de fase, en particular la fusión del agua al pasar de su estado sólido al líquido, para introducir el concepto de calor latente de fusión, extenderlo al de vaporización y llegar a que $\Delta E_{int} = L \cdot m$ [26].

Finalmente, la profesora les devolvió sus “Hoja de Predicciones” y les pidió que compararan sus respuestas con sus predicciones personales a fin de que cada uno tomara conciencia de las ideas que debía modificar. Esta etapa es muy importante para el aprendizaje.

En clases posteriores se realizarán problemas de lápiz y papel; se les propondrá resolver en grupo Problema Ricos en Contexto [27] referidos al tema en cuestión; luego defenderán sus resultados con fundamento científico ante el resto del alumnado y del docente.

III. CONCLUSIONES

Por las respuestas a la pregunta de las predicciones podemos inferir que los alumnos sabían que la temperatura aumenta si colocamos el vaso con líquido sobre el mechero, pero sólo unos pocos tenían la idea de que ésta aumentaba sólo hasta un cierto límite. La experiencia les mostró que la temperatura alcanza un valor máximo en el momento en

que comienza la ebullición. Éste será el punto de partida para la próxima experiencia de laboratorio.

La forma aproximadamente lineal obtenida para el primer tramo de la gráfica de temperatura en función del tiempo, permitió introducir adecuadamente el concepto de calor específico. Las respuestas de los distintos grupos a las preguntas 2, 3 y 4 de la “Hoja de Resultados” muestran un buen nivel de interpretación de los conceptos tratados. Lamentablemente, se utilizó leche descremada y las diferencias entre las gráficas de ésta y el agua son demasiado pequeñas para ser detectadas en esta experiencia sencilla.

Esta falla en el diseño de la experiencia dificultó la tarea del docente para que los estudiantes entiendan que el calor específico es propio de cada sustancia.

De acuerdo a los resultados obtenidos, pensamos que esta experiencia de laboratorio, basada en el Aprendizaje Activo de la Física, además de favorecer el aprendizaje significativo, contribuyó para a que los estudiantes interpreten los cambios de energía que se ponen en juego en un sistema antes y durante un cambio de fase.

Por último, estamos convencidos que esta metodología ayudará a integrar los conceptos referidos a la energía dados en primer año con los tratados en segundo año acerca de la transferencia de energía por calor, favoreciendo así una visión más amplia e integrada de la ciencia y de la física en particular.

REFERENCIAS

[1] Sanmartí, N., *Contribuciones y desafíos de las publicaciones en el área de educación en ciencias en la construcción y consolidación de la identidad del área: la experiencia de la revista*, Enseñanza de las Ciencias **26**, 301-310 (2008).

[2] Guisasola, J., Almodí, J. M., Zubimende, J. L. y Zuza, K., *Campo magnético: diseño y evaluación de estrategias de enseñanza basadas en el aprendizaje como investigación orientada*, Enseñanza de las Ciencias **23**, 303-320 (2005).

[3] Moreira, M. A., *Una visión toulminiana respecto de la “disciplina”*. Investigación en Educación en Ciencias: el rol del foro institucional, Conferencia dictada en el Séptimo Simposio en Educación en Física, Santa Rosa, La Pampa, Argentina (2004).

[4] De Pro Bueno, A., *Planificación de unidades didácticas por los profesores; análisis de tipos de actividades de enseñanza*, Enseñanza de las Ciencias **17**, 411-429 (1999).

[5] Serway, R., *Física, tomo I y II*, (Ed. McGraw-Hill, México, 1999).

[6] Tipler, P. A., *Física, tomo I y II*, (Reverté, Barcelona, España, 1994).

[7] Young, H. D., *Physics*, (Addison-Wesley Publishing Company, U.S.A, 1992).

[8] Serway, R., Faughn, J., *Física, Volumen I y II*, 6^{ta} Ed. (Thomson, Editores S. A., México, 2006).

[9] Tipler, P. A. y Mosca, G., *Física para la Ciencia y la Tecnología*, Volumen 1 (Reverté, Barcelona, 2005).

[10] Resnick, R, Halliday, D. y Krane, K *Física, volumen I y II*, (Compañía editorial continental, México, 2004).

[11] Sears, F., Freedman, M., Young, H. y Zemansky, M., *Física universitaria, Volumen I y II*, (Pearson Educación, México, 2004).

[12] Follari, B., Perrotta, M. T., Dima, G. N., Gutiérrez, E. E. *Una aplicación del teorema de conservación de la energía como problema integrador*, Revista Brasileira de Ensino de Física **33**, 1311-1316 (2011).

[13] Dima, G. N., Follari, B., Perrotta, M. T., Gutiérrez, E. E., *Estrategia para la enseñanza de la energía y su conservación desde una perspectiva integradora, en las carreras universitarias de química y geología*, Latin American Journal of Physics Education **5**, 273-28 (2011).

[14] Perrotta, M. T., Follari, B., Dima, G. N., Gutiérrez, E. E., *Energía: planificación de la unidad didáctica en el nivel polimodal*, Enviado a Revista Enseñanza de la Física para su evaluación (2011).

[15] Perrotta, M. T., Follari, B., Dima, G. N., Gutiérrez, E. E., *La energía y su conservación. Aplicación en una situación problemática*, Cuaderno Brasileiro de Ensino de Física **27**, 513-527 (2010).

[16] Antúnez, G. C., Pérez, S. M. y Petrucci, D., *Lo que dicen los docentes sobre aprendizaje y enseñanza de física en el laboratorio*, Memorias en CD del Noveno Simposio de Investigación en Física (SIEF9), p. 8. Sesión A2-Área Temática 2. Rosario, Santa Fe (2008).

[17] Redish, E., *Teaching Physics with the Physics Suite*, (Wiley, U.S.A, 2004).

[18] Cotignola, M., Bordogna, C., Punte, G., Capagnini, O., *Reorganización e integración curricular en un curso universitario inicial de Física*, Revista de Enseñanza de la Física **14**, 27-37 (2001).

[19] McDermott, L. C. y Shaffer, P., *Tutoriales para Física Introductoria*, (Prentice Hill, Buenos Aires, 2001).

[20] Porlan, R., Rivero, A. y Martín, R., *Conocimiento profesional y epistemología de los profesores II: estudios empíricos y conclusiones*, Enseñanza de las Ciencias **16**, 271-288 (1998).

[21] McDermott, L. C., *Investigación en Educación en la Física*, Revista Enseñanza de la Física **11**, 17-20 (1998).

[22] Benegas, J. y Villegas, M., *La Enseñanza Activa de la Física: la Experiencia de la UNSL*, IX Conferencia Inter-Americana sobre Educación en la Física. San José -Costa Rica (2006).

[23] Thornton, K. R. and Sokoloff, R. D., *Assessing student learning of Newton's laws: The Force and Motion Conceptual Evaluation and the evaluation of active learning laboratory and lecture curricula*, American Journal of Phys. **66**, 338-352 (1998).

[24] Sokoloff, R. D. and Thornton, K. R., *Using Interactive Lecture Demonstrations to create an active learning environment*, The Physics Teacher **36**, 340 (1997).

[25] Benegas, J., Sokoloff, D., Laws, P., Zavala, G., Gangoso, Z. y Alarcón, H., *Manual de entrenamiento 4to. Taller Regional del Cono Sur sobre Aprendizaje Activo de Física: Termodinámica y Fluidos (AATyF - Córdoba 2011)*,

Follari Beatriz del R., Lambrecht Carmen, Dima Gilda N., Perrotta M. Teresa y María Eugenia Carola
(Universidad Nacional de San Luis, San Luis, Argentina, 2011).
[26] Follari, B., Lambrech, C., Dima, G., Perrotta, M. T., Carola, M. E., *El concepto unificador de la energía en las clases experimentales: Transferencia de energía por calor*,

Memorias en CD de la XVII Reunión Nacional de Educación en Física, Córdoba, Argentina. Trabajo N° 76, p. 12 (2011).
[27] Heller, K., Heller, P., *Cooperative Group Problem Solving in Physics*, (University of Minnesota, 1999).

ANEXO
TRABAJO DE LABORATORIO N ° 1

Cambios en la energía de un sistema en el caso del aumento de temperatura y en los cambios de fase de diferentes sustancias cuando se transfiere energía por calor

- Analizar la relación entre la transferencia de energía por calor entregada y la temperatura para:
 - a) masas diferentes de una misma sustancia
 - b) masas iguales de distinta sustancia.
- Expresar cualitativamente la conservación de la energía durante el proceso de cambios de estado de una sustancia.

Materiales a utilizar: Vasos de precipitados, termómetro, mechero, tela de amianto, trípode, soporte, balanza, cronómetro, agua y leche o agua con azúcar.

Para realizar esta experiencia será necesario que enciendan el mechero y coloquen sobre el fuego sólo la tela de amianto para que se temple durante dos o tres minutos. Tomarán nota de la temperatura ambiente del laboratorio. Medirán cómo varía la temperatura de distintas cantidades de masa de agua y de cantidades de masas iguales de distintas sustancias en el transcurso del tiempo, cuando se colocan sobre el mechero. Mantendrán a éste encendido durante toda la experiencia y la llama con la misma intensidad. El termómetro no deberá tocar las paredes ni el fondo del recipiente, como indica la figura. Primero realizarán las predicciones que se detallan a continuación. Luego llevarán a cabo la experiencia registrando los resultados para analizar y contrastar con sus predicciones. Por último elaborarán sus conclusiones.

Nombre y Apellido:.....

Fecha:.....

Hoja de Predicciones

1.- A dos masas iguales de sustancias diferentes, inicialmente a igual temperatura, se las coloca sobre mecheros encendidos. El tiempo que necesitan para llegar a la misma temperatura final ¿es el mismo?, justificar.

2.- Dadas 100 g y 200 g de una misma sustancia ¿cuál necesita más tiempo para alcanzar la misma temperatura?, justificar.

3.- Si ahora cada una las masas anteriores se las deja el mismo tiempo sobre mecheros encendidos ¿cuál recibe más energía?, justificar.

4.- Teniendo en cuenta el funcionamiento del mechero explicar cómo transfiere energía a la sustancia.

5.- ¿Qué ocurre con la temperatura una vez que la sustancia hierve (ha alcanzado el punto de ebullición)?, justificar.

6.- Trazar una gráfica cualitativa de la variación de la temperatura en función del tiempo. Explicar brevemente por qué las dibujaste así. ¿Hay diferencias en estas gráficas cuando se cambia de sustancia?

7.- Al comparar agua con una solución de agua con azúcar o con leche ¿Cuál de ellas crees que hervirá a menor temperatura? ¿Y si pusieras aceite o alcohol?

8.- Al tomar como sistema solamente la sustancia, ¿es posible estimar la energía que absorbe cierta sustancia para elevar su temperatura?, ¿de qué factores depende?

Nombre y Apellido:.....

Fecha:.....

Hoja de Resultados

Esta hoja te va a servir para estudiar. Haz en ella todas las anotaciones que creas conveniente.

Actividades a realizar.

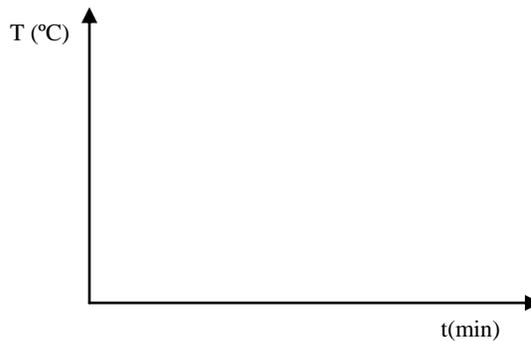
• **Primera parte:**

Colocar 100g de agua de la canilla en un vaso de precipitados. Introducir en dicho vaso un termómetro. Leer la temperatura y luego calentar con el mechero el vaso de precipitados, y se sugiere tomar la temperatura cada minuto. Continuar la lectura hasta registrar tres veces la misma temperatura. Registrar en la Tabla 1. Sacar el vaso de precipitados del fuego, tirar el agua y recordar NO apagar ni modificar el fuego.

TABLA 1

t (min)											
T (°C)											

Confeccionar un gráfico de temperatura en función del tiempo para los 100g de agua.



• **Segunda parte:**

Colocar 200g de agua de la canilla en otro vaso de precipitados. Seguir los mismos pasos que en la primera parte, sólo que tomando la temperatura en intervalos de dos minutos.

TABLA 2

t (min)											
T (°C)											

Representar en el mismo gráfico anterior, de temperatura en función del tiempo, los valores correspondientes a la tabla 2. Sacar el vaso de precipitados del fuego, tirar el agua y recordar NO apagar ni modificar el fuego.

• **Tercera parte:**

En otro vaso de precipitados coloquen 100g de leche o de una solución de azúcar en agua, (para prepararla coloquen aproximadamente volúmenes iguales de agua y azúcar). Repetir el procedimiento anterior.

TABLA 3

t (min)											
T (°C)											

En el mismo gráfico anterior, representar los valores de la tabla 3, con un nuevo color. Sacar el vaso de precipitados del fuego, tirar el agua azucarada o leche y ahora sí apagar el mechero.

CONCLUSIONES

- 1.- Comparar los gráficos obtenidos con los de tu predicción.
- 2.- ¿Qué conclusión se puede extraer de comparar las gráficas correspondientes a la primera y segunda parte?
- 3.- ¿Qué se puede decir al comparar las gráficas correspondientes de la primera parte y la tercera parte?, ¿hay diferencias?
- 4.- ¿Qué se puede decir de los calores específicos del agua y de la solución de azúcar o leche? ¿Podrías estimar el valor del calor específico de la solución a partir de los datos que se tiene?
- 5.- ¿Es posible estimar la energía que absorben las sustancias tomando como datos sólo las medidas obtenidas? Si no es así ¿qué se debería saber? ¿Hay alguna manera de saber cuánta energía es transferida por minuto? ¿Qué otros efectos deberían tenerse en cuenta?
- 6.- Al tomar como sistema solamente la sustancia ¿Cómo plantearías la ecuación de conservación de la energía?, ¿te parece adecuada para ésta experiencia?, si no es así ¿cómo la escribirías ahora?, (piensa la situación en la cual se está lejos del punto de ebullición y durante la ebullición).