

Práctica experimental con equipos cotidianos para los alumnos, y de mejores resultados experimentales

Experimental practice with daily equipment for students, and better experimental results

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Juan C. Bigliani¹, Vicente C. Capuano¹, Edgardo A. Gutierrez¹ y Javier Martín¹

¹Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Av. Vélez Sarsfield 1611, Ciudad Universitaria, CP 5000, Córdoba, Argentina.

E-mail: bigliani@gmail.com

Resumen

Se propone llevar a cabo una práctica experimental para determinar el calor específico de una sustancia, con equipamiento de construcción sencilla, de bajo costo (inferior al de aquellos equipos fabricados para trabajar en el ámbito específico del laboratorio), de mantenimiento viable en razón de que se nutre de elementos comerciales de fácil adquisición, que se complementa con un instrumento de uso cotidiano por parte del alumno (su teléfono celular), y que permite la obtención de resultados con sensibles mejoras en relación a los que se obtienen con un equipo e instrumental tradicional, puesto que se pueden registrar valores instantáneos de temperatura y las incertezas asociadas al proceso de medición son razonablemente menores. Además se busca acrecentar el proceso de adquisición de nuevos conocimientos, al lograr que el alumno "motivado", por el uso de un elemento "familiar" como su celular, se muestre mejor predispuesto a desarrollar la actividad propuesta.

Palabras clave: Práctica experimental; Nuevas tecnologías; Equipo sencillo y familiar; Mejores resultados experimentales.

Abstract

It is proposed to carry out an experimental practice to determine the specific heat of a substance, with simple construction equipment, low cost (less than those equipment manufactured to work in the specific field of the laboratory), viable maintenance because is nourished by commercial elements of easy acquisition, which is complemented by an instrument of daily use on the part of the student (his cell phone), and that allows the obtaining of results with sensible improvements in relation to those that are obtained with a equipment and instrumental. Since instantaneous temperature values can be recorded and the uncertainties associated with the measurement process are reasonably lower. It also seeks to increase the process of acquiring new knowledge, by making the student "motivated" by the use of a "familiar" element such as his cell phone, is more likely to develop the proposed activity.

Keywords: Experimental practice; New technologies; Simple and familiar equipment; Better experimental results.

I. INTRODUCCIÓN

En el marco de la formación general que la escuela debe impartir a los jóvenes como parte de su educación obligatoria, ocupa un lugar importante la formación en el área de las ciencias naturales en general y de la física en particular. Los adelantos de estas ciencias han provocado muchos cambios en el mundo y obviamente dichos adelantos, que luego se hacen presentes en el ámbito de los desarrollos tecnológicos, deberían formar parte de la cultura del hombre moderno (Maiztegui, 1991). No se trata en esta educación obligatoria de formar futuros científicos, sino de formar ciudadanos capaces de comprender los fenómenos naturales y el modo de trabajar de los científicos, y que puedan actuar de forma equilibrada y responsable, en aquellos ámbitos en los cuales deban tomar decisiones en relación con dichos fenómenos (Driver, 1988).

La física se hace presente con distintos matices en el nivel superior. En el nivel terciario aparece con una carga horaria importante en los profesorados de física, de química y en el tecnológico, y con una carga menor en otros profesorados como, el de biología y el de ciencias naturales. En el ámbito universitario, es un cuerpo de conocimientos troncal del plan de estudio en la Licenciatura en Física, como así también en casi todas las Ingenierías y en otras licenciaturas como la de físico-química. A su vez, con menor fuerza y operando como ciencia de apoyo, se hace presente en el ciclo básico de carreras como Medicina, Odontología, Arquitectura, Bioquímica, Farmacia, Biología y Geología, por nombrar solo algunas. Creemos innecesario garantizar con citas de investigaciones, la afirmación contenida en este párrafo.

Tanto en el nivel secundario como el nivel superior, es importante el porcentaje de jóvenes que fracasan en el aprendizaje de la física (Novak, 1990; Maiztegui, 1991; Moreira 1993). A mediados del siglo pasado, surge en el seno de la comunidad educativa, una genuina preocupación por los magros resultados del proceso de enseñanza y de aprendizaje de la física, y en todo el mundo se instala un movimiento orientado a introducir mejoras en la enseñanza de las ciencias naturales y de la física. Del conjunto de resultados que se obtienen en respuesta a esta problemática, solo se tomarán para este trabajo aquellos que destacan la importancia del trabajo experimental y los que señalan la brecha existente entre la física real (FR) y la física enseñada (FE), en referencia a la enseñanza de la física y a sus pobres resultados.

Por otra parte, numerosos autores se ocuparon de abordar los problemas asociados directamente a la enseñanza experimental (Tricárico, 1985; Gil Pérez, y Paya, 1988; Salinas y Cudmani, 1992; Gil Pérez y González, 1993; Capuano y otros, 1999; Martín y Capuano, 2005) y el denominador común de los trabajos resultantes es la necesidad de elaborar estrategias para la actividad en el laboratorio, que favorezcan la construcción del conocimiento en el proceso de enseñanza y aprendizaje (Calvo, 1995). El funcionamiento del sistema cognitivo humano, en lo que se refiere a la construcción de conceptos en el ámbito de la física, es altamente sensible a su interacción con la naturaleza (Pozo y Gómez Crespo, 1998). Quienes enseñamos física no aprovechamos, en general, los ejemplos de la vida diaria, ni las necesidades que el hombre tiene de encontrar respuestas a sus interrogantes, como un camino para despertar el interés de los jóvenes; ni tampoco usufructuamos convenientemente las ventajas que presentan las prácticas de laboratorio, como herramientas útiles en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física (Sebastiá, 1987; Salinas y Cudmani, 1992; Capuano y otros, 1999).

En relación con la práctica experimental (PE) y a modo de resumen, se destaca que: a) a partir de la misma se pueden lograr evidencias para confiar en las leyes que gobiernan las ciencias naturales; b) es posible consolidar la importancia de la instancia observacional y experimental propia de la metodología científica; y c) puede lograr, en el caso de que existan ideas previas que dificulten el aprendizaje de conceptos, que el alumno entre en un conflicto cognitivo como antesala de un probable enriquecimiento conceptual.

Cuando una PE es asistida con herramientas TIC y recurre al uso de sensores para la adquisición de datos, estos se incorporan al sistema mediante un software adecuado, que los procesa y puede mostrar tablas, representaciones gráficas y calcular los principales parámetros que caracterizan el fenómeno. En general, al alumno le resulta desconocido o de difícil comprensión el procesamiento de datos que realiza el sistema, lo cual no contribuye para que haga suya la práctica y se sienta motivado por la misma. Lo antedicho, nos lleva al planteo de algunos interrogantes con relación a que este tipo de práctica realmente garantice un aporte favorable en el proceso de construcción del conocimiento (Yanitelli y otros, 2007; Vicario y otros 2013; Bigliani y otros, 2014).

La brecha no resuelta entre la FE y la FR que se presenta en lo cotidiano en el gran laboratorio que es la naturaleza, se manifiesta también a través de la realización de prácticas de laboratorio provistas de una estructura que no despierta el interés de los jóvenes, puesto que estas prácticas no están relacionadas con una enorme cantidad de sucesos atrayentes que ocurren en un mundo en transformación (Maiztegui, 1995). La brecha que existe entre la *disciplina real* (aquella de la cotidianeidad de los problemas que debemos resolver a diario) y la *disciplina que se enseña* (aquella de los modelos que se alejan fuertemente de la realidad, del uso excesivo de la herramienta matemática, del planteo de situaciones problemáticas abstractas que en general no generan discusiones acerca de los resultados, etc.) no contribuye a motivar al alumno para que haga suya la problemática que se intenta abordar (Maiztegui, 1991, 1995; Tricárico, 1985). En este mismo sentido, puede operar el uso de un equipamiento para la realización de la práctica experimental, que no le resulte amigable y familiar.

Si en lugar de utilizar en el laboratorio de enseñanza de la física equipos fuera del alcance del alumno en su cotidianeidad, se intentara emplear un equipamiento sencillo, de bajo costo y de uso frecuente para el alumno, no solo estaríamos motivando el uso de “su” instrumento (por ejemplo “su” teléfono celular) para medir, sino que por otro lado, contribuiríamos a facilitar el proceso de adquisición de nuevos conocimientos al lograr que el alumno “motivado” se muestre mejor predisposto a desarrollar la actividad propuesta.

No es nueva la intención de realizar una PE, con una metodología que acentúe la importancia de lo afectivo, empleando la motivación y el interés que naturalmente surgen del uso en el desarrollo de la práctica experimental de equipamiento sencillo, que cotidianamente utiliza el alumno en su quehacer diario, y sobre el cual conoce en detalle su funcionamiento (Haudemand y otros, 2013; Vergara y otros, 2013). En contraposición, vale resaltar las dificultades que experimentan los alumnos cuando utilizan instrumentos especialmente diseñados para trabajar en los laboratorios de enseñanza, que les resultan desconocidos, puesto que seguramente no los hayan utilizado antes y muy probablemente no vuelvan a emplearlos fuera de ese ámbito. Este desconocimiento del equipo, sumado a que se utiliza para realizar una PE poco relacionada con su entorno cercano, alimenta aún más la brecha entre la FR y la FE.

II. PLANTEO DEL PROBLEMA

Cuando, al desarrollar una PE, se intenta medir una variable en función del tiempo, resulta necesario analizar qué instrumento resulta más adecuado para registrar valores de las variables presentes (Bigliani y otros, 2014). Por ejemplo, y entre otros, se puede pensar en experimentos que necesiten:

- registrar la posición de un cuerpo en movimiento, en función del tiempo;
- conocer cómo se modifica la temperatura de un líquido contenido en un recipiente, en función del tiempo;
- conocer la evolución en una especie vegetal, a lo largo de días;
- registrar los cambios de diferencia de potencial eléctrico en los bornes de un condensador, en función del tiempo, etc.

En general, la dificultad en la medición de los tiempos ocurre fundamentalmente:

- cuando se trata de analizar procesos que se desarrollan durante intervalos de tiempo muy breves. Por ejemplo, el de cuerpos en caída libre, colisiones, experimentos de mecánica y particularmente los que se llevan a cabo en los laboratorios de enseñanza, donde las distancias recorridas son pequeñas y en consecuencia los tiempos en los cuales evoluciona el movimiento de los cuerpos también; y
- cuando los experimentos demandan horas o días. Por ejemplo, en la medida “hora por hora” de la radiación solar, o en el estudio de sistemas biológicos que evolucionan en varios días.

En el caso específico de este trabajo, interesa medir para sucesivos instantes de tiempo la temperatura de uno o dos líquidos y de un cuerpo en un experimento calorimétrico. Las ventajas que ofrece tener información prácticamente instantánea de la temperatura del o los líquidos y del cuerpo, permite llevar a cabo un análisis de las variables y del fenómeno en sí, que de otro modo no podría realizarse.

La propuesta (no implementada en el aula aún) está referida a resolver problemas que se advierten en un trabajo práctico de laboratorio (TPL), referido a la determinación del calor específico del material con el cual se ha construido un cuerpo. Este TPL es usualmente desarrollado en el tratamiento del tema “calorimetría”, y en su versión “tradicional” el equipo con el cual se realiza la práctica consta de: un calorímetro, un agitador, un termómetro de mercurio, un cuerpo (del material cuyo calor específico se quiere averiguar), un calentador, un recipiente con tapa (para calentar agua), una balanza y un cronómetro.

El método de las “mezclas”, utilizado habitualmente para determinar el calor específico de una sustancia que no reacciona químicamente con el resto del sistema, consiste, para el caso de un cuerpo sólido de masa conocida, en introducir éste en una masa también conocida de agua, que se encuentra a una temperatura diferente de la del sólido, y que generalmente es la temperatura ambiente. Si se prescinde de los intercambios de calor con el ambiente (difíciles de evitar), se tendrá que la mezcla sólido-agua-calorímetro alcanza una temperatura de equilibrio, de modo que el calor cedido por el sólido será igual al calor absorbido por el agua y el resto del equipo.

Para ello se determina la masa del calorímetro, junto con el agitador y el termómetro. Se coloca una cantidad conocida de agua “fría” (a temperatura ambiente) en el calorímetro y se mide con el termómetro su temperatura. Se sumerge el sólido en un recipiente con agua en estado de ebullición y se lo mantiene allí durante unos minutos, hasta considerar que “cuerpo y agua caliente” se encuentran en equilibrio térmico. Se mide la temperatura del agua en ebullición, y se considera que esa es la temperatura del cuerpo. Se retira rápidamente el cuerpo del agua hirviendo y se lo introduce dentro del calorímetro con agua “fría”. Mientras se agita el agua para homogeneizar su temperatura, se comienzan a realizar registros de la misma cada 30s (aproximadamente) hasta notar que la mezcla alcanza una temperatura que no se modifica con el tiempo. Luego se procede a calcular el calor específico de la sustancia del cuerpo. Así, sencillamente descripta esta práctica, exhibe los siguientes inconvenientes, a saber:

Para registrar la temperatura del cuerpo, antes y después de introducirlo en el calorímetro, se mide la temperatura del agua (caliente primero y fría después) y se considera que en equilibrio la temperatura del agua es igual a la del cuerpo. Pero aquí vale preguntarse, ¿qué tiempo es considerado razonable esperar que transcurra, para asegurarnos que la temperatura del agua que medimos, es la temperatura del cuerpo?

Resulta solo una sospecha que la temperatura del cuerpo sea igual a la del agua. Por cierto que, dejando un tiempo el cuerpo en contacto con ella, a temperatura constante, podemos considerar que la temperatura del cuerpo y la del agua son iguales, pero sigue siendo solo una suposición.

Un problema serio, es que de acuerdo a cuales sean las masas del cuerpo “caliente” y del agua “fría” que se ponen en contacto térmico, el incremento de temperatura del agua del calorímetro, $\Delta t = (t_{\text{equilibrio}} - t_{\text{agua}})$ suele ser pequeño y los errores asociados a las mediciones de temperatura, tienen asociada una incertidumbre de un orden de magnitud comparable al valor de la misma diferencia Δt . Esto conlleva un resultado final para el cálculo del calor específico, con un error relativo cercano al 15%, que no resulta deseable en una experiencia de laboratorio.

Un modo de conocer la temperatura del cuerpo, no comparándola con la del agua en la cual está inmerso, es colocar un termómetro en el mismo cuerpo. Para ello, se podría realizar un orificio en el cuerpo del tamaño del bulbo del termómetro de mercurio, introducir el mismo realizando luego un buen sellado. En este caso, tanto cuando el cuerpo se encuentra en el recipiente en el cual se calienta, como cuando se encuentra en el calorímetro, se operaría con dos termómetros: uno midiendo la temperatura del agua y otro la temperatura del cuerpo. Se podría así verificar experimentalmente, cuando las temperaturas del agua y del cuerpo son iguales. Un inconveniente de este montaje, es que por tratarse de un termómetro de vidrio, resultaría muy complicado evitar roturas al tener que manipularlo.

A su vez, suponiendo que se decidiera trabajar con dos termómetros de mercurio (e incluso digital), como lo indicado en el apartado anterior, los registros de temperatura no se podrían efectuar en instantes de tiempos muy próximos entre sí. Si en cada instante se tienen que medir valores de temperatura (del agua y del cuerpo) en dos escalas, por más que un equipo de tres estudiantes trabaje sincronizada y organizada (uno indica el instante de tiempo, otro lee y anota la temperatura del agua y finalmente, otro lee y anota la del cuerpo), le llevará un tiempo leer y anotar esos registros, y estimamos que medidas de temperatura cada 5s constituirían una meta razonable, pero de muy difícil consecución.

En esta práctica “habitual”, cuando los alumnos registran valores de temperaturas del sistema “calorímetro-agua-cuerpo” lo hacen generalmente cada 30s y resulta usual que si trabajan con termómetros de mercurio, para poder leer los valores tienen que levantar el termómetro del calorímetro, corriendo el riesgo que deje de hacer contacto con el agua, siendo a su vez bastante dificultoso evitar el error de paralaje al tomar la lectura.

III. PROPUESTA

La propuesta a implementar en el aula, consiste en el *diseño* de una práctica experimental para determinar el calor específico de una sustancia y la *construcción* de un registrador de temperatura para llevar a cabo la misma. El equipo diseñado es de bajo costo (inferior al de aquellos equipos fabricados para trabajar en el ámbito específico del laboratorio), de mantenimiento viable en razón de que se nutre de elementos comerciales de fácil adquisición, que se complementa con un instrumento de uso cotidiano por parte del alumno (su teléfono celular), y que permite la obtención de mejores resultados en relación a los que se obtienen con un equipo e instrumental tradicional, puesto que se pueden registrar valores de temperatura con una frecuencia de un segundo y las incertezas asociadas al proceso son razonablemente menores. Además se contribuye a facilitar el proceso de adquisición de nuevos conocimientos, al lograr que el alumno “motivado”, por el uso de un elemento “familiar”, como su celular, se muestre mejor predisposto a desarrollar la actividad propuesta.

IV. EL EQUIPO

Lo novedoso de esta propuesta, es la incorporación al equipamiento tradicional o habitual, de un dispositivo electrónico que permite medir dos temperaturas diferentes e instantáneas, para luego ser enviadas a un teléfono celular que disponga de una aplicación (gratuita), programada para leer y registrar los datos en la memoria del celular, generando un archivo que luego puede abrirse con *Excel*. Para realizar el diseño del equipo se tuvo presente, además de los puntos que se querían mejorar de la práctica tradicional, el hecho de que éste pueda ser fácilmente reproducido en cualquier institución, a un bajo costo y sin grandes conocimientos de electrónica. El diseño en términos generales se muestra en el diagrama de bloques de la figura 1. Lo que controla todo el sistema es la placa *Arduino UNO* (figura 2. a) (hardware libre) que cuen-

ta con un micro controlador con entradas y salidas programables. Esta placa *Arduino UNO* puede ser programada para administrar las señales que ingresen por los puertos que están configurados como entradas, y generar señales en puertos configurados como salidas para realizar distintas acciones, como por ejemplo conectarse con otros dispositivos.

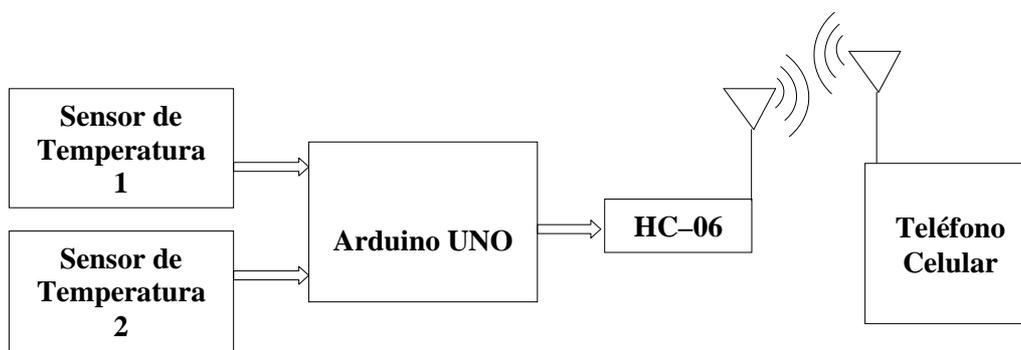


FIGURA 1. Se muestra el diagrama de bloques del equipo.

El equipo fue construido conectando a la placa *Arduino UNO* dos sensores de temperatura de la firma *Dallas Semiconductor* modelo *DS1820* (figura 2. c) y un módulo *BlueTooth HC-06* (figura 2. b) que permite enviar de forma inalámbrica información al teléfono celular utilizando el protocolo *BlueTooth*.

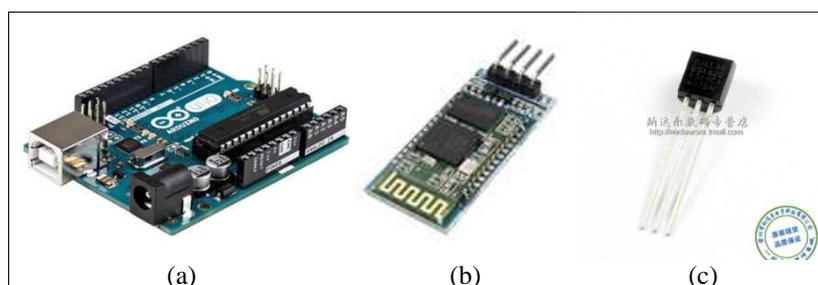


FIGURA 2. a) Placa *Arduino UNO*; b) Módulo *BlueTooth HC-06*; c) Sensor de temperatura *DS1820*.

La placa *Arduino UNO* está programada para leer los sensores de temperatura *DS1820* y enviar estos datos al módulo *HC-06* para que este a su vez los transmita por *BlueTooth*. Además se programó una aplicación en *java* para ser instalada en el teléfono celular, que permite leer, visualizar y registrar los datos de temperatura leídos.

Cuando el equipo es encendido, la placa *Arduino UNO* comienza a leer los sensores de temperatura cada 1(un) segundo y luego de cada lectura manda los datos al módulo *HC-06* para que sean transmitidos por *BlueTooth*. Esta señal puede ser leída por cualquier dispositivo que tenga *BlueTooth*, como lo son la gran mayoría de los teléfonos celulares que se utilizan hoy en día. Esta señal es recibida por el teléfono celular, que debe tener instalada la aplicación, y a través de esta pueden visualizarse los datos de temperatura recibidos de los sensores. Pulsando un botón pueden comenzar a guardarse estos datos junto con el tiempo transcurrido en un archivo con extensión *csv* que luego podrá abrirse, por ejemplo con *Excel*. En la aplicación puede configurarse la frecuencia de muestreo con que se registraran los datos, cambiarse el nombre del archivo en donde se guardarán, y puede verse el tiempo en segundos que va transcurriendo desde que se inició el registro.

Para poder recibir estos datos se debe instalar la aplicación *RegiUNC* en el celular, activar el *BlueTooth* del dispositivo, emparejar el dispositivo que está emitiendo los datos utilizando la clave 1234 y luego ejecutar la aplicación instalada (el proceso de emparejar dos dispositivos a través de *BlueTooth* es para indicar que está permitido el intercambio de información entre estos). Al abrir la aplicación, uno debe buscar el dispositivo con el que quiere comunicarse (en este caso el módulo *HC-06*) y luego conectarse pulsando el botón de conexión. Al hacer esto, la aplicación comienza a leer los datos del módulo *HC-06* y se visualizan en la pantalla del celular. Una vez hecho esto se debe configurar la frecuencia de muestreo con la que se quieren registrar los datos, ingresar el nombre del archivo, pulsar iniciar para comenzar el registro y volver a pulsarlo para detenerlo.

V. METODOLOGÍA

A continuación se detallan las acciones que se proponen realizar para determinar experimentalmente el valor del equivalente en agua del calorímetro, primero, y el calor específico del cobre, luego.

A. Primera parte, determinación del equivalente en agua del calorímetro (π)

- a) Se comienza a calentar agua en un recipiente, y se inicia también el registro de su temperatura con uno de los sensores. Se llega hasta el punto de ebullición del agua;
- b) Usando la balanza de precisión ($A = \pm 0,1g$), se determina la masa del calorímetro “vacío”. (m_{cal});
- c) Se introduce una masa de agua (a temperatura ambiente) en el calorímetro, y recurriendo nuevamente al uso de la balanza de precisión, se determina la masa del calorímetro con el agua introducida. ($m_{cal+agua-fría}$);
- d) Por diferencia de “pesas”, se conoce la masa de agua introducida en el calorímetro. ($m_{agua} = m_{cal+agua-fría} - m_{cal}$);
- e) Con el otro sensor (colocado en el calorímetro) se comienza a registrar la temperatura del agua “fría”;
- f) Se vierte una masa de agua caliente ($m_{agua-caliente}$), desconocida por ahora, en el calorímetro que ya contiene el agua fría;
- g) El sensor que está en el calorímetro sigue registrando temperaturas, ahora lo hace con la “mezcla”, y permite determinar la temperatura de equilibrio;
- h) Una vez detectada la $T_{equilibrio}$, para conocer la masa de agua caliente ingresada al calorímetro, se pesa nuevamente el calorímetro, pero que ahora contiene agua “fría” y agua “caliente”. ($m_{cal+agua-fría+agua-caliente}$);
- i) Nuevamente, por diferencia de pesadas, se conoce la masa de agua caliente ingresada al calorímetro. ($m_{agua-caliente} = m_{cal+agua-fría+agua-caliente} - m_{cal+agua}$);
- j) Se procede a calcular el equivalente en agua del calorímetro (π) y su incerteza asociada ($\Delta\pi$).

B. Segunda parte, determinación experimental del calor específico del cobre:

- a) Para determinar el calor específico del cobre se trabaja con una muestra cilíndrica de la sustancia, cuya masa (m_{cuerpo}) se determina usando una balanza de precisión ($A = \pm 0,1g$);
- b) En el cuerpo de cobre, se introduce el sensor de temperatura en un orificio especialmente realizado (y luego sellado) y se comienzan a registrar valores de su temperatura (desde antes de que sea puesto en contacto con el agua caliente, para visualizar este proceso);
- c) Se determina la masa del calorímetro “vacío” (m_{cal});
- d) Se introduce una masa de agua (a temperatura ambiente) en el calorímetro y recurriendo nuevamente al uso de la balanza de precisión, se determina la masa del calorímetro con el agua introducida ($m_{cal+agua}$);
- e) Por diferencia de “pesas”, se conoce la masa de agua introducida en el calorímetro ($m_{agua} = m_{cal+agua} - m_{cal}$);
- f) El otro sensor de temperatura del equipo es puesto en contacto con el agua del calorímetro y se comienzan a registrar valores de la temperatura del agua allí contenida;
- g) En otro recipiente, se calienta agua hasta una temperatura cercana a la de ebullición, cuando está hirviendo es trasladada a otro recipiente y en contacto con ella se lo pone al cuerpo de cobre con el sensor de temperatura incorporado previamente. Se deja que transcurran unos minutos hasta que se igualen sus temperaturas;
- h) Se retira rápidamente el cuerpo de cobre del recipiente que contiene agua caliente, y se lo introduce en el calorímetro que contiene agua a temperatura ambiente. La temperatura del cuerpo registrada justo antes de que el mismo es puesto en contacto con el agua del calorímetro, pasa a ser la temperatura inicial del cuerpo “caliente” (T_{cuerpo});
- i) Con el agitador, se remueve permanentemente el agua del calorímetro para homogeneizarla;
- j) Los dos sensores de temperatura siguen registrando valores con el transcurso del tiempo, e indican tanto la temperatura del cuerpo como la del agua del calorímetro;
- k) La información “térmica” que registran los sensores, es recibida por *BlueTooth* en el teléfono celular del alumno (que tiene la aplicación cargada) y puede ser visualizada en una tabla o directamente en un gráfico;
- l) Analizando la tabla o el gráfico, se determina la temperatura de equilibrio ($T_{equilibrio}$);
- m) Se procede finalmente a calcular el calor específico del cobre (c_{Cu}) y su incerteza asociada (Δc_{Cu}).



FIGURA 3. Imágenes del equipo registrando temperaturas instantáneas y enviándolas por *BlueTooth* al teléfono celular.

VI. RESULTADOS

De la “prueba” realizada en el laboratorio de física, se obtuvieron los siguientes resultados.

A. Primera parte: determinación del equivalente en agua del calorímetro

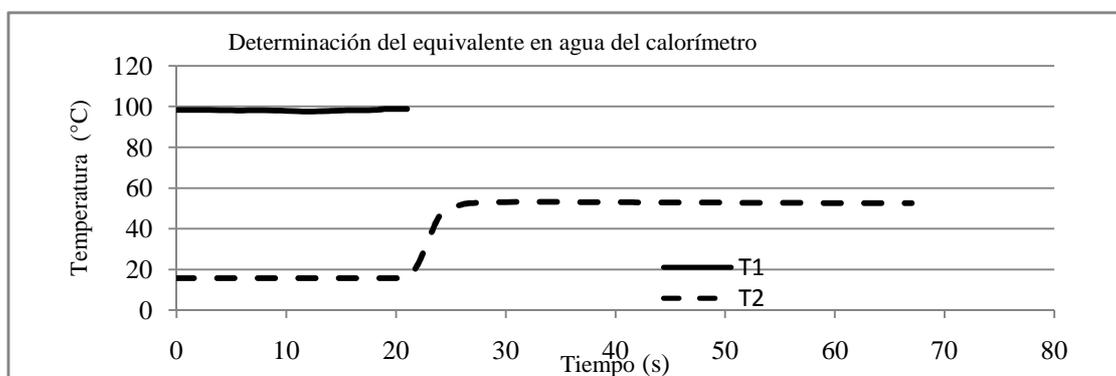


FIGURA 4. Gráfico que muestra la variación de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) del agua “fría” (Sensor T2) y del agua “caliente” (Sensor T1), en función del tiempo (s).

Datos obtenidos del gráfico:

- $T_{\text{agua-fría}} = (15,6 \pm 0,3) ^{\circ}\text{C}$;
- $T_{\text{agua-caliente}} = (98,8 \pm 0,3) ^{\circ}\text{C}$;
- $T_{\text{equilibrio}} = (53,1 \pm 0,3) ^{\circ}\text{C}$.

Datos medidos:

- $m_{\text{agua-fría}} = (0,0302 \pm 0,0001) \text{ kg}$;
- $m_{\text{agua-caliente}} = (0,0283 \pm 0,0001) \text{ kg}$.

Otra información:

- $c_{\text{agua}} = (4,18 \pm 0,01) \text{ kJ/K.kg}$;
- T1 está registrando la temperatura del agua “caliente” y T2, del agua “fría”;
- La mezcla se obtuvo vertiendo el agua caliente sobre el agua fría, es decir que la $T_{\text{equilibrio}}$ se ve en el sensor T2;
- Cálculo del equivalente en agua del calorímetro: $\pi \pm \Delta\pi = (0,004 \pm 0,001) \text{ kg}$

B. Segunda parte: determinación del calor específico del cobre

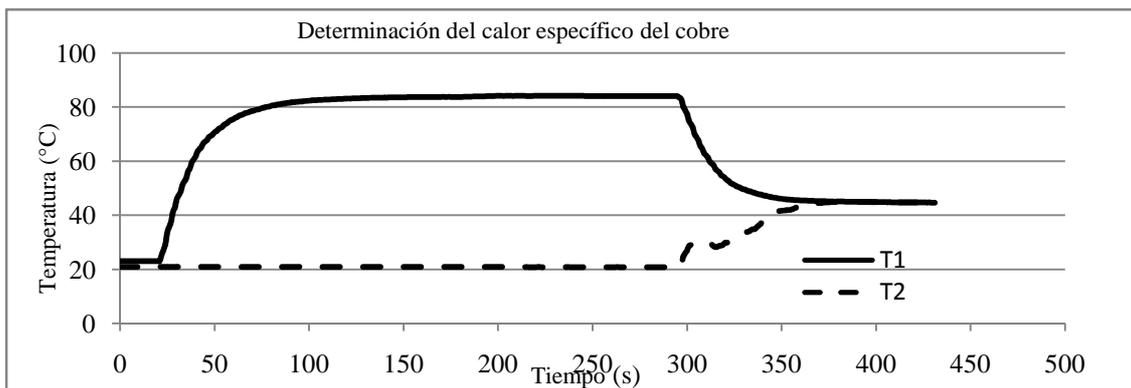


FIGURA 5. Gráfico que muestra la variación de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) del cuerpo de cobre (Sensor T1) y el agua “fría” del calorímetro (Sensor T2), en función del tiempo (s).

Datos obtenidos del gráfico:

- $T_{\text{cuerpo}} = (84,0 \pm 0,3) ^{\circ}\text{C}$;
- $T_{\text{agua}} = (20,8 \pm 0,3) ^{\circ}\text{C}$;
- $T_{\text{equilibrio}} = (44,9 \pm 0,3) ^{\circ}\text{C}$.

Datos medidos:

- $m_{\text{cuerpo}} = (0,407 \pm 0,001) \text{ kg}$;
- $m_{\text{agua fría}} = (0,0572 \pm 0,0001) \text{ kg}$.

Otra información:

- $\pi \pm \Delta\pi = (0,004 \pm 0,001) \text{ kg}$ (calculado previamente);
- $c_{\text{agua}} = (4,18 \pm 0,01) \text{ kJ/K}\cdot\text{kg}$.

Cálculo del calor específico del cobre:

TABLA I. Resultados del cálculo del calor específico del cobre y su incerteza asociada

Valores calculados		
C_{Cu}	0,39	$\text{kJ}/(\text{K}\cdot\text{kg})$
ΔC_{Cu}	0,02	$\text{kJ}/(\text{K}\cdot\text{kg})$

$$c_{Cu} = (0,39 \pm 0,02) \text{ kJ/K}\cdot\text{kg}$$

Informacional adicional: se utilizó un recipiente de poliestireno expandido, *Telgopor* (envase de 1 kg de helado), para receptar el agua caliente a $(84,06 \pm 0,01) ^{\circ}\text{C}$ y allí calentar el cuerpo, y otro recipiente (también envase de helado del mismo material) de 0,250 kg como calorímetro.

T1 es el sensor que está dentro del cuerpo y T2 está midiendo la temperatura del agua del calorímetro.

Aproximadamente a los 19s se introdujo el cuerpo en el agua caliente (para ser calentado) y a los 290s se lo puso en contacto con el agua del calorímetro.

VII. CONCLUSIONES

Si bien se trata de una práctica experimental no implementada aún con los alumnos en el aula, y que se está poniendo a punto en el laboratorio, la forma en que fue pensada y los ensayos realizados hasta el momento, permiten enunciar las siguientes ventajas en relación a la práctica tradicional o “habitual”:

El equipo así diseñado permite realizar registros instantáneos de la temperatura, es decir permite conocer detalladamente cómo evoluciona la temperatura del agua y del cuerpo “segundo a segundo”, ya sea que se analice la tabla de valores registrados o mejor aún, se mire la gráfica asociada. Esta gráfica mues-

tra de manera clara y evidente que los cambios de temperatura son mucho más rápidos al principio del proceso que luego de transcurrido un tiempo, y permite detectar de manera precisa el valor de la temperatura de equilibrio, cuando se observa que las curvas se comienzan a solapar.

Los sensores de temperatura utilizados registran valores con una incerteza asociada que es de $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$, a diferencia de lo que ocurre con los termómetros de mercurio, que operan con una apreciación de $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Al estar los sensores permanentemente en contacto, ya sea con el agua o con el cuerpo, evita como ocurre en la práctica “habitual” usando termómetros de mercurio, tener que levantar el termómetro del calorímetro para hacer los registros (lo que implica que pueda dejar de hacer contacto con el agua) y ante el apuro de la toma, cometer algún error de paralaje.

La movilidad, conectividad e instantaneidad que ofrece el uso del teléfono celular, ha convertido a la telefonía móvil en la tecnología de comunicación personal más usada en todo el mundo, y en uno de los objetos de consumo más deseados por grandes segmentos de la población, en especial por el sector juvenil. Además de su función básica como medio de comunicación interpersonal, el celular brinda acceso a una amplia gama de servicios y alcanza un valor simbólico muy importante para los jóvenes, que sobrepasa su valor funcional, y se consume por sí mismo como un objeto de moda o estatus, convirtiéndose en un verdadero bien cultural. Con esta práctica experimental, se propone incorporar al celular como una herramienta didáctica, incentivando su uso para aprovechar la carga afectiva que deposita el alumno en este dispositivo. Si se logra que el alumno se sienta más cercano a la PE al ver que puede agregarle un uso formativo a los muchos otros que tiene su teléfono móvil, se estima que esto puede contribuir a lograr una motivación extra, acercándolo a la problemática planteada, y con ello facilitar su proceso de aprendizaje. Esto último deberá ser investigado a partir de la implementación de la práctica en los cursos regulares de física II (Cs. Biológicas) en la Facultad de Ciencias Exactas, físicas y Naturales de la UNC.

REFERENCIAS

Bigliani, J., Capuano, V., Martín, J., Bordone, E., y Ruderman, A. (2014). Reflexiones sobre las nuevas tecnologías, la medida de los tiempos y las incertezas asociadas. *Revista de Enseñanza de la física*, 26(2), 333–345.

Calvo, M. I. B. (1995). *Construcción del conocimiento: aplicaciones para la enseñanza de la física*. Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid.

Capuano, V., Dima, G., Follari, B., de la Fuente, A., Perrotta, T. y Gutiérrez, E. (1999). Determinación del diámetro de los hilos y su separación, en una tela de Serigrafía. *Memoria de la XI Reunión Nacional de Educación en la física*. 250–256.

Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 109–120.

Gil Pérez, D y Paya, J. (1988). Los Trabajos Prácticos de física y Química y la metodología Científica. *Revista de Enseñanza de la física*, 2(2), 73–79.

Gil Pérez, D. y González, E. (1993). Las Prácticas de Laboratorio de física en la formación del profesorado. (I) Un análisis crítico. *Revista de Enseñanza de la física*, 6(1), 47–61.

Haudemand, N., Echazarreta, D. y Haudemand, R. (2013). Afectividad y Creatividad: Una Propuesta para el Aula. *Memorias REF XVIII, Catamarca* (estrategias didácticas).

Maiztegui, A.P. (1991). Los Fundamentos para realizar el Simposio–Escuela. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias*. Tomo 60 – entregas 1era. y 2da. Establecimientos Gráficos de Pugliese Siena S.R.L. Córdoba, Argentina.

Maiztegui, A. (1995). Física real y física enseñada. *Revista de Enseñanza de la Física*, 8(1) 51–56.

Martín, J. y Capuano, V. (2005). La validación experimental de modelos teóricos en la enseñanza de las ciencias naturales. *XIV Reunión Nacional de Educación en la física*. Bariloche, octubre de 2005.

Moreira, M. A. (1993). A Teoria de Educação de Novak e o modelo de ensino–aprendizagem de Gowin. *Fascículos do CIEF, Série Ensino–Aprendizagem*, 1–18.

Novak, J. (1990). *Teoría y Práctica de la Educación*. Madrid: Alianza.

Pozo, J. y Gómez Crespo, M. (1998). *Aprender y Enseñar Ciencia*. Madrid: Morata.

Salinas, J. y Cudmani, L. (1992). Los laboratorios de física de Ciclos Básicos Universitarios Instrumentados como procesos colectivos de Investigación Dirigida. *Revista de Enseñanza de la física*, 5(2), 10–16.

Sebastiá, J. (1987). ¿Qué se pretende en los Laboratorios de física Universitaria? *Enseñanza de las Ciencias*, 5(3), 196–204.

Tricárico, H. (1985). Física ¿Enseñanza Experimental? *Revista de Enseñanza de la física*, 1(1), 26–29.

Vergara, C., Barros Olivera, P. O., Enio Elí, R., Páez, S., Esteban, E. y Torres, G. (2013). *Propuesta de Enseñanza de las Leyes de la física a través del Estudio de una Bicicleta. Memorias REF XVIII, Catamarca* (estrategias didácticas).

Vicario, J., Fernández, A., Amieva, R. y Ortiz, F. (2013). Del Pizarrón al Facebook para la Enseñanza de la física: ¿Podemos Vivir (Enseñar) sin las TIC? *Memorias REF XVIII, Catamarca* (estrategias didácticas).

Yanitelli, M., Rosolio, A. y Massa, M. (2007). Un sistema informático para adquirir y procesar datos experimentales: De “caja negra” a instrumento de medida. *Memorias XV Reunión Nacional de Educación en física*.