



CIENCIAS

Actualmente los ordenadores realizan gran variedad de trabajos, pero no debemos olvidar que en sus orígenes nacieron como instrumentos de cálculo científico.

Un laboratorio científico de hoy en día, tanto de investigación básica como aplicada, es inimaginable sin la presencia de los ordenadores, donde se utilizan no sólo para el cálculo sino también como sistemas para realizar control y medidas en los experimentos. Parece razonable que si los ordenadores nacieron para resolver problemas científicos y desempeñan un papel importante en el desarrollo actual de la ciencia también lo juegan en su enseñanza, en la que se pretende que los alumnos adquieran hábitos y destrezas que se ponen de manifiesto durante la investigación científica.

EL ORDENADOR EN EL LABORATORIO DE FÍSICA Y QUÍMICA

Determinación de la potencia de un mechero de gas

BENJAMÍN ARGÜELLES*



Si algo caracteriza a la investigación científica es el uso del laboratorio. Sin embargo en la enseñanza de las ciencias casi siempre se acude a él esporádicamente y con poca conexión con las clases teóricas. Los alumnos realizan las prácticas siguiendo una "receta" que guía sus pasos sin participar en el diseño del dispositivo experimental. Sin duda esto es mejor que nada, pero tiene escaso valor desde una aproximación constructivista en la que se valora el papel de la actividad personal en la construcción del conocimiento; se ha comprobado que cuando los alumnos diseñan sus propios experimentos, alcanzan un entendimiento mucho más profundo de los conceptos científicos.

Para que el alumno diseñe sus dispositivos experimentales puede utilizarse el material del que disponen habitualmente los centros, pero no hay por qué limitarse a las cajas de material de laboratorio. También pueden y deben utilizarse materiales más sofisticados como el ordenador, el láser o la balanza electrónica, que acerquen las nuevas tecnologías a los laboratorios escolares rompiendo así el divorcio entre el laboratorio "real" y el laboratorio "escolar".

La utilización del ordenador en el laboratorio proporciona a las actividades experimentales una cierta espectacularidad, con lo que esto lleva consigo de motivación. Por otra parte, la utilización del ordenador puede llegar a ser un instrumento imprescindible en ciertos experimentos en los que el intervalo de tiempo entre cada medida es o muy pequeño o muy grande, cuando las medidas a realizar escapan de la sensibilidad de los instrumentos clásicos, o cuando el número de medidas a realizar es demasiado elevado. A esto hay que añadir su potencia de cálculo para procesar el gran volumen de datos que él mismo ha adquirido, su capacidad para almacenarlos, presentarlos gráficamente, incluirlos en informes escritos, etc.

A la vista de la situación actual de los laboratorios escolares de ciencias, y con los ordenadores cada vez más asequibles para los centros de enseñanza, el uso del ordenador como instrumento de laboratorio es un campo de investigación didáctica que promete ser muy fructífero.

Equipo de adquisición de datos por ordenador

El equipo de adquisición de datos con el que se ha realizado esta experiencia ha sido su-

ministrado por el Programa de Nuevas Tecnologías del MEC, dentro del Proyecto Experimental LAO (Laboratorio Asistido por Ordenador). Consta de los siguientes elementos:

- Sensores de temperatura, luz, sonido, pH, puertas ópticas... etc. Un sensor es un dispositivo que convierte una señal no eléctrica, como la temperatura o la luz, en una señal eléctrica como la resistencia, la tensión o la intensidad de corriente. La señal eléctrica debe ser amplificada para permitir su utilización por otros dispositivos.

- Interface CENT de la casa Phywe. Es el intermediario entre la señal emitida por los sensores y el ordenador.

- Tarjeta de conversión analógico/digital. Instalada en la placa base del ordenador, convierte la señal analógica que envía el interface en señal digital procesable por el ordenador.

- Programa LAO (Laboratorio Asistido por Ordenador). Ejecutado por el ordenador, procesa instantáneamente los datos enviados por las sondas situándolos en una hoja de cálculo y representándolos sobre una gráfica.

- Ordenador INVES 286/12 e impresora.

Diseño de la actividad

La experiencia que se describe a continuación se concibió como una actividad de síntesis dentro de una unidad didáctica de "Calor y temperatura", dirigida a alumnos de edades comprendidas entre 14 y 16 años (Segundo Ciclo de Enseñanza Secundaria Obligatoria, 1º de FP-II y 2º de BUP). Ha sido diseñada en el Instituto de F.P. de Cangas de Onís, y se ha experimentado con alumnos de dicho centro durante el curso 1990/91.

Es una actividad de nuevo desarrollo, muy difícil de plantearse sin el equipo de toma de datos por ordenador debido al elevado número de medidas que se realizan: durante las distintas fases de la actividad llegan a tomarse hasta 700 medidas de temperatura a intervalos de 5 segundos, que supone un tiempo acumulado de una hora tomando datos. Además de las dificultades operativas que significa la realización de una actividad de esta envergadura con el instrumental clásico de laboratorio, el hecho de efectuar tal cantidad de medidas de forma manual seguramente desmotivaría a los alumnos y en el caso de llegarse a realizar distraería su atención de los conceptos fundamentales que se deben trabajar.

A modo de recapitulación de la unidad didáctica "Calor y Temperatura" y para consolidar los conceptos que habían estado trabajando se propuso a los alumnos buscar un problema pertinente que al abordarlo pusiera en juego estos conceptos, y que supusiese la realización de algún experimento de laboratorio en que los datos serían tomados por el ordenador.

El problema elegido por consenso fue la determinación de la potencia calorífica de los mecheros de gas que habían utilizado ellos mismos en el laboratorio en varias actividades.

La resolución del problema se realizó como una pequeña investigación dirigida. Durante la misma se favoreció en todo momento que los alumnos escogiesen el problema según sus motivaciones personales, planteándolo de la forma más clara, tras buscar información sobre el tema, emitiesen las hipótesis, las validasen por medio de experimentos diseñados por ellos mismos y aplicasen de una forma personal los conceptos adquiridos. La intervención del profesor se limitó a sugerencias y orientaciones para mantener la viabilidad del trabajo y evitar la dispersión de esfuerzos en divagaciones.

Se puso especial cuidado en evitar que la actividad se convirtiese en una práctica de laboratorio al modo clásico como un recetario que el alumno debe seguir al pie de la letra. Por el contrario se intentó dar rienda suelta a la creatividad del alumno y permitirle enfrentarse a los problemas en condiciones semejantes a como lo hacen los científicos en sus investigaciones. En suma, se pretende que el alumno tome contacto con la investigación científica de la forma más real posible, para que pueda adquirir los hábitos y destrezas que los científicos ponen de manifiesto durante sus investigaciones.

Conceptos que se trabajan

A través de diversas actividades los alumnos ya han trabajado en esta misma unidad didáctica los conceptos de calor, temperatura, intercambios de energía, cambio de estado y calor específico. El concepto de potencia se ha trabajado en unidades didácticas anteriores.

"Desde una aproximación constructivista se valora el papel de la actividad personal en la construcción del conocimiento: se ha comprobado que cuando los alumnos diseñan sus propios experimentos, alcanzan un entendimiento mucho más profundo de los conceptos científicos"



Fundamentos

Podemos hablar de potencia calorífica del mechero como la energía calorífica que comunica en la unidad de tiempo. Cuando el mechero se utiliza para calentar un cuerpo, la transferencia de energía de aquél a éste produce un aumento de la temperatura del cuerpo; este aumento de temperatura puede utilizarse como indicador de la energía transferida.

Variables

Para delimitar el problema los alumnos buscaron las variables que intervienen en la potencia calorífica; encontraron las siguientes:

- Flujo de gas regulado por la llave de paso.
- Proporción de la mezcla gas-aire.
- Posición del objeto a calentar respecto a la llama.

Estas variables se mantendrán fijas durante los distintos experimentos con el fin de simplificar el problema, para lo que se toman las debidas precauciones:

- Marcar la llave de paso del mechero para utilizar siempre el mismo flujo de gas.
- No variar la composición aire-gas.
- Utilizar siempre el mismo soporte.

Procedimiento

El procedimiento elegido fue medir el aumento de temperatura que produce el mechero en una masa de agua en un intervalo de tiempo determinado; el aumento de temperatura permite calcular la energía transmitida por el mechero al agua según la fórmula:

$$Q = C_e \times m \times (T_2 - T_1)$$

Y el tiempo permite calcular la potencia calorífica:

$$P = \frac{Q}{t_2 - t_1} = C_e \times m \times \frac{T_2 - T_1}{t_2 - t_1}$$

Aparentemente el problema se reduce a determinar la variación de tempe-

TOMÁS MALDONADO

ratura con el tiempo, para lo que se dispondría un montaje adecuado que permitiese medir la temperatura alcanzada por el agua a intervalos de tiempos regulares. Se propone a los alumnos que diseñen el dispositivo experimental correspondiente y surge una pregunta:

¿Es lo mismo tomar la temperatura en un punto de la masa de agua que en otro? Es decir: ¿Habrá una diferencia de temperatura sustancial entre las distintas partes del agua durante el calentamiento?

Esta pregunta dio lugar a una investigación previa cuyo desarrollo se describe en el ANEXO I: *Distribución de temperaturas durante el calentamiento de un líquido*.

Resuelta esta cuestión se decantan por tomar la temperatura en la parte superior para no introducir en lo posible elementos extraños en el líquido (posteriormente se percataron de que es una precaución innecesaria) y porque evoluciona con más estabilidad que en el fondo. Además proponen que las medidas se realicen en un intervalo amplio de temperaturas para obtener un resultado más fiable. En este punto surge otra pregunta:

¿La magnitud $(T_2 - T_1)/(t_2 - t_1)$ se mantendrá constante en el tiempo?

Para responder a esta pregunta se realiza otra investigación que se describe en el ANEXO II: *Variación de la temperatura durante el calentamiento de un líquido*.

Resuelta esta segunda cuestión estamos en condiciones de continuar con nuestro problema, cuando surge otra pregunta:

¿Cómo medir el calor absorbido por el vaso, la rejilla, el aro y los demás accesorios?

Se proponen diversas alternativas:

– Despreciarlo. Desechada porque restaría rigor al resultado.

– Calcularlo por medio de los calores específicos de los materiales: Vidrio, hierro, amianto, etc., y de su masa. Es viable pero no obstante siempre quedaría por calcular el calor absorbido por el aire del que podemos conocer su calor específico pero no podemos medir su masa.



TOMÁS MALDONADO

"La utilización del ordenador en el laboratorio proporciona a las actividades experimentales una cierta espectacularidad, con lo que esto lleva consigo de motivación. Por otra parte, la utilización del ordenador puede llegar a ser un instrumento imprescindible en ciertos experimentos"

– Obtenerlo por vía experimental. Puesto que tenemos dos incógnitas (Potencia calorífica del mechero y calor absorbido por los materiales) es posible calcularlas por un procedimiento de doble medida a través de dos experimentos.

Efectivamente, para una masa m_1 de agua, llamando q a la capacidad calorífica de los materiales y llamando a_1 al cociente $(T_2 - T_1)/(t_2 - t_1)$:

$$Q = (m_1 \times C_e + q) \times (T_2 - T_1) \Rightarrow \\ \Rightarrow P = (m_1 \times C_e + q) \times a_1$$

y para una masa m_2 de agua:

$$Q = (m_2 \times C_e + q) \times (T_2 - T_1) \Rightarrow \\ \Rightarrow P = (m_2 \times C_e + q) \times a_2$$

Estas dos ecuaciones forman un sistema en el que se puede calcular la potencia calorífica P y la capacidad calorífica q :

$$P = \frac{m_1 - m_2}{a_2 - a_1} \times C_e \times a_1 \times a_2$$

$$q = \frac{m_1 \times a_1 - m_2 \times a_2}{a_2 - a_1} \times C_e$$

Determinación

Llegados a este punto sólo queda calcular el valor de la magnitud

$$(T_2 - T_1)/(t_2 - t_1)$$

para dos masas conocidas de agua por medio del experimento descrito en el ANEXO II. El experimento se realizó dos veces para cada masa de agua y el resultado se resume en la siguiente tabla:

	$m_1 = 150 \text{ g}$	$m_2 = 200 \text{ g}$
realización 1	$a_1 = 0.0936$	$a_2 = 0.0805$
realización 2	$a_1 = 0.0932$	$a_2 = 0.0815$
media	$a_1 = 0.0934$	$a_2 = 0.0810$
$P = 172 \text{ J/s} = 30 \text{ cal/s}$		
$q = 738 \text{ J/}^\circ\text{C} = 176 \text{ cal/}^\circ\text{C}$		

"La resolución del problema se realizó como una pequeña investigación dirigida. Durante la misma se favoreció en todo momento que los alumnos escogiesen el problema según sus motivaciones personales, emitiesen las hipótesis, las validasen por medio de experimentos diseñados por ellos mismos y aplicasen de una forma personal los conceptos adquiridos"

ANEXO I: Distribución de temperaturas durante el calentamiento de un líquido

Objetivo

• Averiguar si hay diferencias sustanciales de temperatura entre la parte superior e inferior de una masa de líquido durante el calentamiento.

- Materiales
- Vaso de 250 ml. con agua
- Soporte
- Rejilla de amianto
- Mechero
- Dos sondas de temperatura
- Amplificador de temperaturas
- Interface CENT
- Programa LAO

Procedimiento

Se monta el dispositivo que se muestra en la figura 1, en el que se coloca una sonda de temperatura en el fondo del vaso y otra en la superficie. Se efectúan las conexiones de las sondas, el amplificador de temperaturas, la interface CENT y el ordenador.

Se instruye al programa LAO para realizar la toma de temperaturas a intervalos de tiempo de 5 segundos y durante un tiempo total de 1000 segundos, lo que supone 200 medidas.

Se inicia el calentamiento y se da la orden de empezar la toma de datos tras esperar un tiempo prudencial para permitir el equilibrio térmico rejilla-vaso.

Resultados

Al finalizar el tiempo establecido se obtiene la tabla de valores correspondiente y las gráficas de T_{sup} y T_{inf} frente al tiempo que se muestran en la figura 2.

Análisis

Se aprecia a simple vista en la gráfica que no hay una diferencia significativa entre la temperatura del fondo y de la superficie del agua a

temperaturas moderadas (15 °C a 50 °C). A partir de 50 °C aparece un gradiente de temperatura apreciable que va en aumento. Además, la temperatura del fondo sufre ciertas oscilaciones, mientras que la temperatura superficial evoluciona establemente.

Se puede realizar un análisis más detallado estudiando la evolución de la diferencia de temperaturas $T_{inf}-T_{sup}$. El resultado se muestra en la figura 3, y corrobora las conclusiones anteriores.

Conclusión

• En el intervalo 15 °C – 50 °C no hay diferencia apreciable de temperatura entre el fondo del líquido y la superficie.

• La temperatura evoluciona establemente en la superficie y con oscilaciones en el fondo.

La causa de que haya menor temperatura en la superficie a temperaturas altas puede ser que comienza a ser apreciable la evaporación del líquido. Esta evaporación consume una gran cantidad de energía (2257 J/g a 100°C) que se extrae del líquido superficial, el cual en consecuencia se enfría.

ANEXO II: Variación de la temperatura durante el calentamiento de un líquido

Objetivo

Averiguar si el aumento de temperatura es lineal durante el calentamiento de un líquido.

Materiales

- Vaso de 250 ml con agua
- Soporte
- Rejilla de amianto
- Mechero
- Una sonda de temperatura
- Amplificador de temperaturas
- Interface CENT
- Programa LAO

Procedimiento

Se monta el dispositivo que se muestra en la figura 4, en el que se coloca una sonda de temperatura en la superficie del líquido. Se efectúan las conexiones de las sondas, el amplificador de temperaturas, la interface CENT y el ordenador.

Se instruye al programa LAO para que realice la toma de temperaturas a intervalos de 5 segundos y durante un tiempo total de 500 segundos, lo que significa tomar 100 medidas.

Se inicia el calentamiento y se espera un tiempo prudencial antes de iniciar la toma de da-

Figura 1

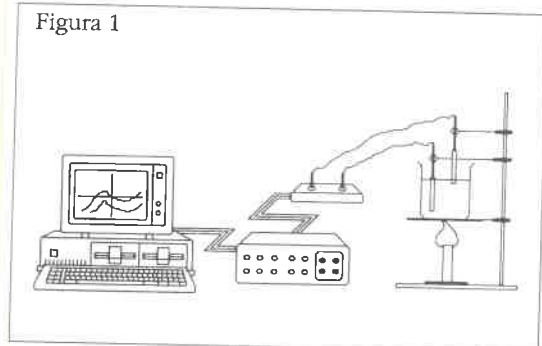


Figura 2

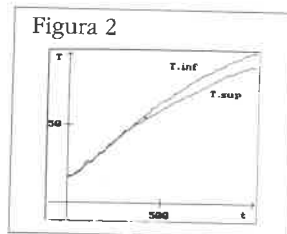


Figura 3

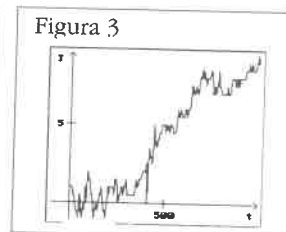


Figura 4

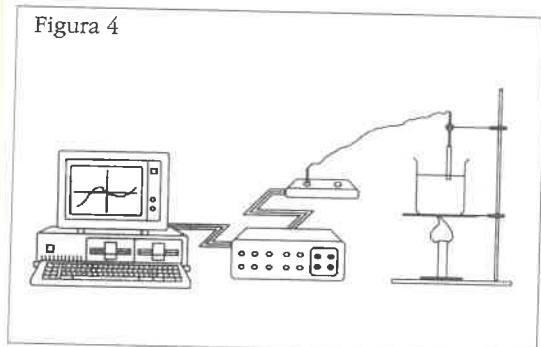


Figura 5

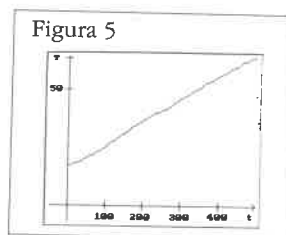
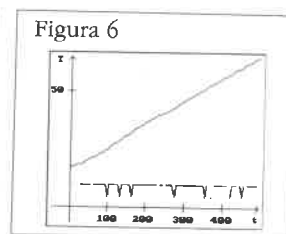


Figura 6



tos para permitir el equilibrio térmico rejilla-vaso, transcurrido el cual se da la orden de comenzar.

Resultados

Al finalizar el tiempo establecido el ordenador presenta la tabla de temperaturas correspondiente y la gráfica temperatura-tiempo que se muestra en la figura 5.

Análisis

Se aprecia en la gráfica que el aumento de temperatura es lineal a temperaturas moderadas ($15^{\circ}\text{C} - 60^{\circ}\text{C}$).

Para afinar más el análisis se puede estudiar la evolución en el tiempo de la magnitud $(T_2 - T_1)/t_2 - t_1$ por medio de la función derivada. El profesor debe valorar la conveniencia o no de introducir aquí este concepto, que puede ser desconocido o insuficientemente estudiado por los alumnos de este nivel.

El programa LAO dispone de una utilidad que calcula la derivada de los datos de una columna de la hoja de cálculo con respecto a otra columna, lo que permite obviar el aparato matemático ligado al concepto de derivada y obtener un resultado muy clarificador con gran economía de esfuerzo.

La derivada de la temperatura respecto al tiempo puede representarse gráficamente en el mismo sistema de coordenadas que hemos representado la temperatura, y esto hace posible apreciar claramente hasta qué punto la derivada es constante y por consiguiente hasta qué punto la evolución de la temperatura es lineal, como se muestra en la figura 6.

La misma gráfica temperatura-tiempo permite calcular el valor de la magnitud $(T_2 - T_1)/t_2 - t_1$ por medio de la pendiente de la recta ajustada a la gráfica. Una vez más el programa LAO nos ayuda a obtener un resultado evitando los tediosos cálculos a que nos obligaría el método de ajuste por mínimos cuadrados, pues dispone de una utilidad que realiza los cálculos automáticamente y que ofrece como salida los valores de pendiente y ordenada en el origen de la recta que mejor se ajusta a la curva.

Conclusión

En un intervalo de temperaturas $15^{\circ}\text{C} - 60^{\circ}\text{C}$ el valor del cociente $(T_2 - T_1)/t_2 - t_1$ es constante y se puede calcular fácilmente como la pendiente de la recta ajustada a la gráfica.

(*) Benjamín Argüelles Cuesta es profesor en el Instituto de Formación Profesional de Cangas de Onís (ASTURIAS). Teléfono de contacto: (98) 584 87 34