

## CALOR LATENTE DE VAPORIZACIÓN. TOMA DE DATOS CON ORDENADOR

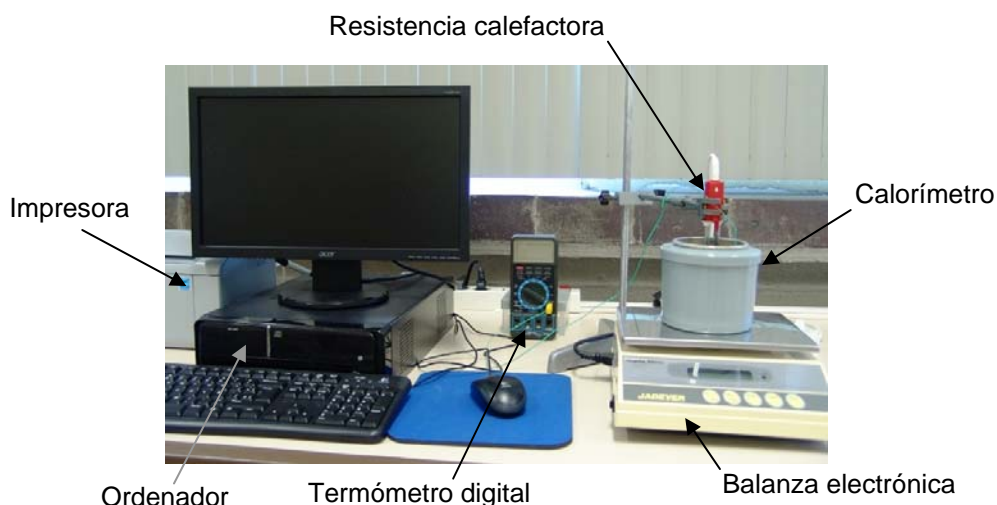
Fecha: 18/11/2014

### 1. Objetivo de la práctica

Medir el calor latente de vaporización del agua, a partir de la pérdida de peso al suministrar una potencia calefactora constante. Ejemplo de uso del ordenador para la toma de datos experimentales.

### 2. Material

- Calorímetro
- Termómetro
- Resistencia calefactora,  $Potencia = (286 \pm 12) W$  a  $(222 \pm 4) V$
- Balanza (con puerto serie de comunicaciones RS-232)
- Ordenador para toma de datos
- Impresora



**Fig. 1.** Elementos del montaje

### 3. Teoría

Cuando a una cierta cantidad de agua (u otro líquido) se le suministra calor, éste se invierte inicialmente en aumentar la temperatura del agua. Dicho aumento de temperatura viene determinado por el calor suministrado, la masa de agua, y la constante llamada calor específico. Pero si la temperatura alcanza el *punto de ebullición* del agua ( $T_e \sim 100^\circ\text{C}$ , dependiendo de la presión, y por tanto de la altitud, local), el agua hierve (entra en ebullición) y se va transformando en vapor con mayor o menor rapidez según la velocidad a la que se le esté suministrando el calor. Mientras que dura la transformación de líquido a vapor (*cambio de fase*), su temperatura permanece constante en  $T_e$ , y la energía que se le suministra se invierte en transformar el líquido en vapor.

Por tanto, el paso de la fase líquida a la fase vapor requiere de un aporte de energía. La cantidad de energía  $Q$  necesaria para pasar una unidad de masa del estado líquido al estado vapor se denomina **calor latente de vaporización**, y normalmente se denota por la letra  $L$ . De esta manera, durante la ebullición, la masa  $m$  de agua evaporada al suministrar una cantidad de calor  $Q$  vendrá dada por la expresión:

$$m = \frac{Q}{L} \quad (1)$$

Las unidades de  $L$  serán por tanto de J/Kg en el sistema SI, aunque también es frecuente usar cal/gr ( $1 \text{ J} = 0,24 \text{ cal}$ ).

#### ◆ PRECAUCION:

En esta práctica se maneja agua hirviendo y un calentador cuya resistencia alcanza rápidamente temperaturas por encima de  $100^\circ\text{C}$  si se saca fuera del agua cuando está enchufada. Si se trabaja de manera descuidada o imprudente se pueden producir quemaduras serias.

### 4. Método experimental

#### 4.1. Dispositivo Experimental

Se llena con agua el calorímetro (un vaso "dewar") hasta  $\sim 2,5 \text{ cm}$  por debajo del borde superior. Si se llena más de la cuenta, el agua salpica fuertemente al her-

vir y falsea la medida; si se llena poco, el agua se puede agotar durante la medida y se puede quemar la resistencia. Se enciende la balanza, y después de que se estabilice, se sitúa el calorímetro sobre ella. Se introduce la resistencia calefactora en el calorímetro, situándola en su centro y hasta que quede poco para tocar el fondo; el agua debe quedar entre las marcas “MAX” y “MIN” que hay en la resistencia. Se introduce también un termómetro para medir la temperatura del agua. Ni la resistencia ni el termómetro deben tocar el calorímetro; si lo tocan, se falsea la medida del peso dado por la balanza. La resistencia se conecta para que el agua se caliente hasta unos 80°C antes de empezar las medidas, puesto que por debajo de esa temperatura las medidas son poco relevantes para el objeto de la Práctica. Para ilustrar la utilidad que tiene el uso de un ordenador en la adquisición de datos experimentales, en esta práctica se tomarán los datos tanto de modo manual como con un ordenador simultáneamente para una mejor comparación; un ordenador de los más simples o antiguos realiza este trabajo a la perfección.

El principio de este experimento consiste en suministrar al agua del calorímetro una potencia constante ( $Potencia = Intensidad \times Voltaje$ ) a través de la resistencia calefactora. Despreciando las pérdidas térmicas del calorímetro, esta potencia se invertirá, según se ha mencionado en la sección de Teoría, en calentar el agua hasta el punto de ebullición y en pasar agua en fase líquida a agua en fase vapor. Se observará que el cambio de fase de líquido a vapor (pérdida de masa indicada por la balanza) se realiza muy despacio a temperaturas bajas y más rápido a temperaturas altas mediante el proceso denominado *evaporación*. Al llegar a la temperatura de ebullición del agua  $T_e$  (algo menos de 100°C a la altitud del laboratorio), el termómetro debe indicar una temperatura constante y toda la potencia se invierte en el cambio de fase (pérdida de masa de agua) mediante el proceso de *ebullición* o *vaporización*. Al mismo tiempo que el ordenador va tomando los datos según se explica más abajo, hay que anotar en la Tabla 1 el tiempo, el peso y la temperatura, cada 30 s a temperaturas bajas, cada 10 s a la temperatura de ebullición.

#### **4.1. Toma de datos con ordenador**

Para la toma simultánea de datos con el ordenador, la balanza electrónica está dotada de un puerto de comunicación serie RS232 que se encuentra conectado al ordenador. Además de visualizar la pesada en la propia pantalla de cristal líquido de la balanza, ésta permite pasar los datos al ordenador a través de la conexión RS232.

De este modo, la toma de datos es más cómoda y más fiable que con el modo manual.

### Ejecución del Programa de Toma de Datos Automática

1. Encender el ordenador, la impresora y la balanza.
2. Entrar en la cuenta **alumnos**.
3. Ejecutar el programa **balanza\_02** haciendo doble click en el icono correspondiente del escritorio.
4. (Se supone que el agua se ha calentado previamente hasta unos 80°C). A continuación, en las casillas correspondientes, hay que introducir los límites de ordenadas (*weight(g)*), que serán el peso mínimo y el peso máximo. Como **peso mínimo** es conveniente introducir unos **50 gramos menos** de lo que indique la balanza en el momento de empezar (50 g es algo más de lo que se espera perder durante el proceso). Como **peso máximo** se introducen **unos gramos más** de lo que indique la balanza. Se introducen también los tiempos inicial y final en segundos en el eje de las abscisas, por ejemplo, 0 y 300 s (5 min.) respectivamente.
5. En la casilla **Total time** introducir en segundos el tiempo que va a durar la toma de datos (300 s, típicamente), y en la casilla **Time step** el intervalo de tiempo entre cada medida que será de 2 s.
6. Para iniciar la adquisición de datos hacer click en el botón **start** que se encuentra a la derecha. Los datos medidos aparecerán representados gráficamente en el recuadro grande. En la parte derecha de este se muestran los valores instantáneos de tiempo y peso de cada medida.
7. Cuando se finaliza la adquisición de datos se puede re-escalar la gráfica cambiando los límites de abscisas y ordenadas y visualizarla seleccionando el botón **redraw**. Con el botón **clear plot** se puede borrar la gráfica, aunque los datos permanecerán, pudiéndose volver a dibujar activando de nuevo el botón **redraw**. Los datos solo se perderán si se empieza una nueva medida haciendo click en el botón **start**. Para salvar los datos seleccionar el botón **save data**, introducir el nombre del archivo, seleccionar la carpeta DATOS y pulsar **OK** (por defecto el archivo se guardará en el escritorio).
8. Desde los programas *Microsoft Excel*, *Origin* o *SciDAVis* se pueden importar los datos guardados (están en formato texto ASCII) para representarlos gráfi-

camente y analizarlos. Si no se conocen estos programas, editar el archivo de datos con cualquier editor de texto, imprimirlos y dibujarlos en papel milimetrado tomando uno de cada tres o cuatro.

## 5 Resultados

Se representan en papel milimetrado los datos obtenidos manualmente (masa y temperatura del agua en función del tiempo de calentamiento). Tanto en esta gráfica como en la dada por el ordenador se observarán tres regiones:

1. Una primera región de peso casi constante, lo que indica que casi no se evapora agua; la temperatura es demasiado baja, aunque sube con cierta rapidez.
2. Una segunda región donde el peso disminuye a un ritmo cada vez más rápido, indicativo de que al subir la temperatura del agua, la evaporación comienza a ser importante, y a mayor temperatura mayor ritmo de evaporación. Como el suministro de potencia es constante, las pérdidas de vapor hacen que la temperatura suba más lentamente.
3. Una región donde la pérdida de peso es grande y constante con el tiempo. El inicio de esta región coincide con la temperatura de ebullición ( $T_e$ ). Todo el calor suministrado en esta región se invierte en el cambio de fase líquido/vapor, y la temperatura se mantiene constante. Despreciando las pérdidas térmicas del calorímetro, el calor de vaporización se obtendrá de la pendiente de esta parte de la gráfica usando la variación (derivada) temporal de la relación (1), es decir:

$$\text{pendiente} = \frac{dm}{dt} = \frac{1}{L} \frac{dQ}{dt} = \frac{1}{L} \text{Potencia} \quad (2)$$

de donde se tiene

$$L = \frac{\text{Potencia}}{\text{pendiente}} \quad (3)$$

Tómese una porción de la gráfica tan amplia como sea posible con tal de que la variación del peso con el tiempo sea lineal (en la región de ebullición). Dibújese sobre esta parte de la gráfica una recta ajustándola lo mejor posible a los datos experimentales. Calcúlese la pendiente de esta recta y, a partir de la expresión (3), el calor de vaporización del agua en unidades del S.I. y en unidades de cal/gramo. (Téngase en cuenta que la tensión nominal de la red eléctrica de la Universidad oscila de modo aleatorio varios voltios hacia arriba o hacia abajo, por lo que la potencia sumi-

nistrada al agua también presenta estas oscilaciones; un promedio razonable es  $Potencia = (286 \pm 12) W$ . Determinése la precisión que da la gráfica del ordenador y la manual. Compárese con el valor dado en la bibliografía, y discútanse las posibles fuentes de errores (salpicaduras de agua inevitables, pérdidas de calor en el calorímetro, toques inadvertidos del mismo, ...). Si el alumno copia los datos del ordenador en una tarjeta o lápiz de memoria, al realizar el Informe de la Práctica puede procesarlos con mayor comodidad y precisión que sobre la gráfica obtenida de la impresora del Laboratorio.

### PRECAUCIONES

1. Cuando se terminen las medidas, hay que **desenchufar la resistencia** calefactora, para que el alumno siguiente **no se quemé** y/o la quemé.
2. **El calorímetro no se puede quedar sin agua.** Si esto sucede, la resistencia calefactora se quemará.

### Bibliografía

Cualquier libro de Física General, por ejemplo:

1. P. A. Tipler y G. Mosca, *Física para la ciencia y la tecnología*, Volumen 1C. Ed. Reverté (2010).
2. F. W. Sears, M. W. Zemansky, H. D. Young y R. A. Freedman, *Física Universitaria*, Volumen 1. Ed. Addison Wesley (2009).

