



CALOR DE VAPORIZACIÓN DEL NITRÓGENO LÍQUIDO

1. Objetivos

- Determinación del calor latente de vaporización del nitrógeno líquido.

2. Fundamentos teóricos

ADVERTENCIA: El nitrógeno líquido debido a su baja temperatura puede producir quemaduras.

Para que un sistema pase de fase líquida a fase gaseosa es necesario administrar una cierta cantidad de calor por unidad de masa: el calor latente de vaporización, l .

En el recipiente depositamos nitrógeno líquido. La apariencia del mismo es incolora e inodora. La temperatura de ebullición del nitrógeno líquido es 77 °K. A temperatura ambiente (25 °C = 298 °K) estamos por encima del punto de ebullición del nitrógeno. El nitrógeno líquido se está evaporando, Figura 1.



Figura 1.

Al estar en contacto con la atmósfera y con el vaso, el ambiente está suministrando una cierta cantidad de calor por unidad de tiempo (ϕ_A). Este calor se emplea en evaporar el nitrógeno líquido:

$$\varphi_A = l \times \left(\frac{dm}{dt} \right)_0 \quad [1]$$

Para determinar el calor latente de vaporización, l , se divide φ_A por $(dm/dt)_0$ (masa evaporada por unidad de tiempo). Esta masa evaporada por unidad de tiempo es fácil de medir. Se mide el peso de líquido que perdemos por unidad de tiempo con ayuda del cronómetro y de la balanza. No conocemos φ_A .

Si se introduce una cantidad adicional de calor por unidad de tiempo a través de la resistencia eléctrica ($\varphi_E = IV$ producto de corriente por intensidad) todo el calor se empleará, nuevamente, en evaporar nitrógeno líquido:

$$\varphi_A + \varphi_E = l \times \left(\frac{dm}{dt} \right)_1 \quad [2]$$

dónde $(dm/dt)_1$ es la cantidad de masa de nitrógeno líquido que se evapora en estas condiciones. Sustituyendo la ecuación (1) en (2) y teniendo en cuenta que el calor por unidad de tiempo que aporta la resistencia (φ_E) es igual a IV , queda:

$$l \times \left(\frac{dm}{dt} \right)_0 + I \times V = l \times \left(\frac{dm}{dt} \right)_1 \quad [3]$$

despejando l obtenemos:

$$l = \frac{I \times V}{\left(\frac{dm}{dt} \right)_1 - \left(\frac{dm}{dt} \right)_0} \quad [4]$$

3. Para saber más...

- Tipler-Mosca. Volumen 1, 5ª edición. Capítulo 18, apartado 2.

4. Material

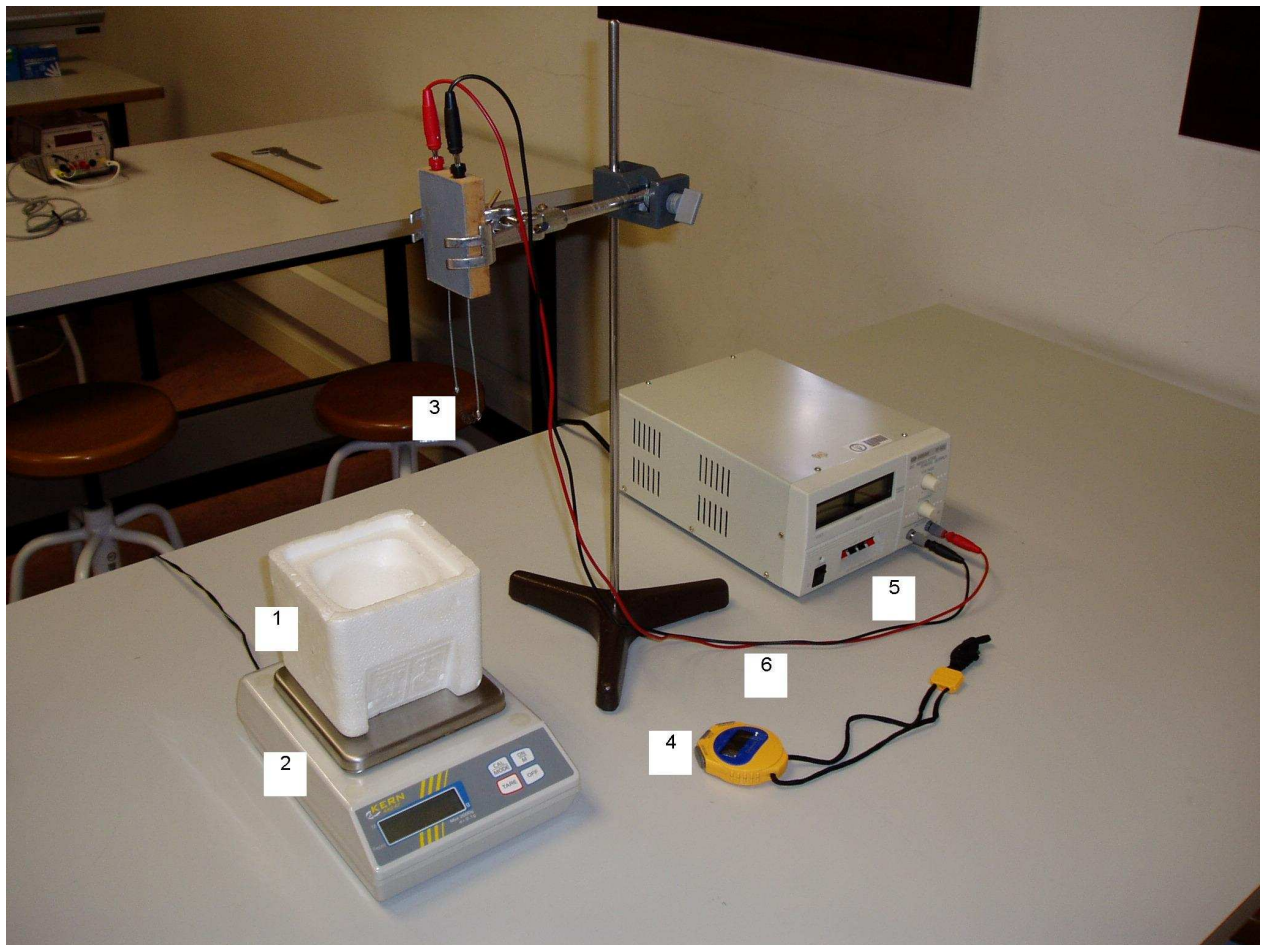


Figura 1.

1. Vaso de poliestireno.
2. Balanza.
3. Resistencia eléctrica.
4. Cronómetro.
5. Fuente de alimentación.
6. Cables.

5. Método experimental

5.1 Descripción del sistema de medida

Realizamos el montaje de la Figura 1. Sobre la balanza situamos el vaso de poliestireno lleno de nitrógeno líquido. En él introducimos una resistencia que estará conectada a la fuente de alimentación. Suponemos que la intensidad que circula por la resistencia, I , así como la caída de potencial en la misma, V , son las que marcan la fuente.

5.2 Medidas

Las medidas que se precisan para obtener a partir de la ecuación [4] el calor de vaporización del nitrógeno líquido son: intensidad de corriente que pasa por la resistencia, I , caída de potencial en la resistencia, V , velocidad de evaporación del nitrógeno líquido con intensidad de corriente nula ($v_0=(dm/dt)_0$) y velocidad de evaporación del nitrógeno líquido a intensidad de corriente no nula ($v_1=(dm/dt)_1$).

El calor procedente del ambiente cambia con el tiempo según se evapora el nitrógeno. Se alteran las condiciones en que se transfiere este calor.

Teniendo en cuenta éste y otros efectos y para tener un mayor número de medidas se determina v_0 a partir de la media de los valores obtenidos antes y después de medir v_1 .

5.2.1 Primera medida de V_0 . Completar en la plantilla el punto 5.2.1.

- Preparar el montaje experimental con la fuente de alimentación apagada.
- Tomar los datos de la masa del conjunto vaso-nitrógeno líquido (m_I) cada 20 segundos hasta llegar a 4 minutos.
- Calcular para cada tiempo la masa de vapor de nitrógeno que se ha formado ($m_v=m_I-m_{I(t=0)}$).
- Representar m_v frente al tiempo t .
- Obtener mediante mínimos cuadrados la pendiente y ordenada en el origen que mejor ajustan a los datos experimentales.
- Identificar a partir de los parámetros de ajuste V_0 .

5.2.2 Primera medida de V_I . Completar en la plantilla el punto 5.2.2.

- Preparar el montaje experimental con la fuente de alimentación encendida y haciendo pasar por la resistencia una intensidad de 2 amperios.
- Tomar los valores de intensidad y de caída de potencial en la fuente de alimentación.
- Tomar los datos de la masa del conjunto vaso-nitrógeno líquido (m_I) cada 20 segundos hasta llegar a 4 minutos. Completar la tabla 5.2.2.
- Calcular para cada tiempo la masa de vapor de nitrógeno que se ha formado ($m_v=m_I-m_{I(t=0)}$).
- Representar m_v frente al tiempo t .
- Obtener mediante mínimos cuadrados la pendiente y ordenada en el origen que mejor ajustan a los datos experimentales.
- Identificar a partir de los parámetros de ajuste $v_{I=2}$.

5.2.3 Segunda medida de V_0 . Completar en la plantilla el punto 5.2.3.

- Preparar el montaje experimental con la fuente de alimentación apagada.
- Tomar los datos de la masa del conjunto vaso-nitrógeno líquido (m_l) cada 20 segundos hasta llegar a 4 minutos.
- Calcular para cada tiempo la masa de vapor de nitrógeno que se ha formado ($m_v = m_l - m_{l(t=0)}$).
- Representar m_v frente al tiempo t .
- Obtener mediante mínimos cuadrados la pendiente y ordenada en el origen que mejor ajustan a los datos experimentales.
- Identificar a partir de los parámetros de ajuste V_0 .

5.2.4 Segunda medida de V_I . Completar en la plantilla el punto 5.2.4.

- Preparar el montaje experimental con la fuente de alimentación encendida y haciendo pasar por la resistencia una intensidad de 3 amperios.
- Tomar los valores de intensidad y de caída de potencial en la fuente de alimentación.
- Tomar los datos de la masa del conjunto vaso-nitrógeno líquido (m_l) cada 20 segundos hasta llegar a 4 minutos.
- Calcular para cada tiempo la masa de vapor de nitrógeno que se ha formado ($m_v = m_l - m_{l(t=0)}$).
- Representar m_v frente al tiempo t .
- Obtener mediante mínimos cuadrados la pendiente y ordenada en el origen que mejor ajustan a los datos experimentales.
- Identificar a partir de los parámetros de ajuste $V_{I=3}$.

5.2.5 Tercera medida de V_0 . Completar en la plantilla el punto 5.2.5.

- Preparar el montaje experimental con la fuente de alimentación apagada.
- Tomar los datos de la masa del conjunto vaso-nitrógeno líquido (m_l) cada 20 segundos hasta llegar a 4 minutos.
- Calcular para cada tiempo la masa de vapor de nitrógeno que se ha formado ($m_v = m_l - m_{l(t=0)}$).
- Representar m_v frente al tiempo t .
- Obtener mediante mínimos cuadrados la pendiente y ordenada en el origen que mejor ajustan a los datos experimentales.
- Identificar a partir de los parámetros de ajuste V_0 .

5.3 Obtención del calor de vaporización del nitrógeno líquido

Obtendremos el calor de vaporización del nitrógeno líquido para cada una de las intensidades que hemos hecho pasar por la resistencia.

5.3.1 $I = 2$ A.

- Calcular la velocidad media de vaporización del nitrógeno líquido con $I = 0$ A a partir de los resultados de los apartados 5.2.1 y 5.2.3.
- Calcular el calor de vaporización l_2 haciendo uso del valor anterior, de la ecuación [4], la velocidad de vaporización para $I = 2$ A (apartado 5.2.2.) y la caída de potencial, V .

5.3.2 I = 3 A.

- Calcular la velocidad media de vaporización del nitrógeno líquido con $I = 0$ A a partir de los resultados de los apartados 5.2.3 y 5.2.5.
- Calcular el calor de vaporización l_3 haciendo uso del valor anterior, de la ecuación [4], la velocidad de vaporización para $I = 3$ A (apartado 5.2.4.) y la caída de potencial, V .