

# Presión de vapor de agua a altas temperaturas



P2340100

Física → Termodinámica / Termodinámica → Temperatura y calor

Física → Termodinámica / Termodinámica → La teoría del gas cinético y las leyes del gas



Nivel de dificultad

difícil



Tamaño del grupo

2



Tiempo de preparación

10 minutos



Tiempo de ejecución

30 minutos

This content can also be found online at:



<http://localhost:1337/c/632b01b81c9dce0003cbd261>

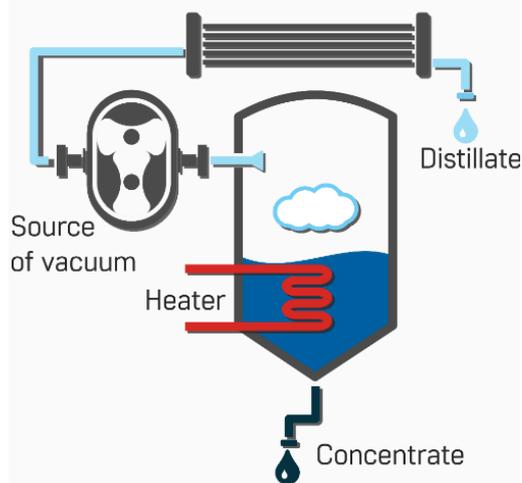
PHYWE



## Información para el profesor

### Aplicación

PHYWE



Destilación del agua

La transición líquido-gas puede verse en nuestra vida cotidiana, como en la cocina y la formación de nubes. En la práctica, sus mediciones y aplicaciones del calor de evaporación de la transición líquido-gas son importantes en química, ingeniería química y meteorología, por ejemplo en la separación y purificación de compuestos químicos, la evaporación al vacío y para identificar el cambio climático.

## Información adicional para el profesor (1/2)

PHYWE



### Conocimiento previo

El calor de vaporización se define como la cantidad de energía (entalpía) que necesita una sustancia líquida para transformar una cantidad de esa sustancia en gas.



### Principio

El agua se calienta en una cámara de presión cerrada; se vaporiza tanta agua como para que la presión en la cámara corresponda a la presión de vapor a la temperatura en cualquier momento. El calor de vaporización se determina a distintas temperaturas a partir de la medición de la presión de vapor en función de la temperatura.

## Información adicional para el profesor (2/2)

PHYWE



### Objetivo

Comprender la relación entre la presión de vapor y la temperatura del agua



### Tareas

1. Medir la presión de vapor del agua en función de la temperatura.
2. Calcular el calor de vaporización a distintas temperaturas a partir de los valores medidos.
3. Determinar el punto de ebullición a presión normal por extrapolación.

## Instrucciones de seguridad

PHYWE



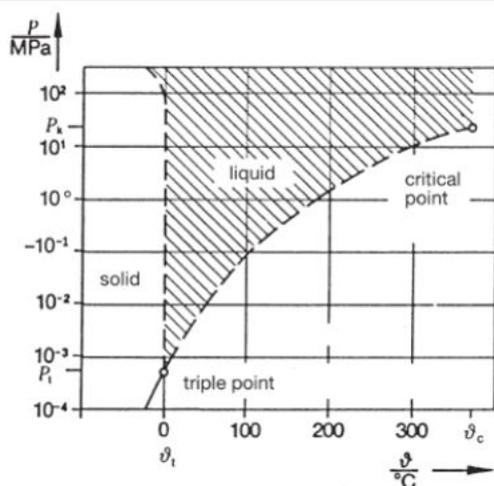
Para este experimento se aplican las instrucciones generales para la experimentación segura en las clases de ciencias.

Para las frases H y P, consultar la ficha de datos de seguridad del producto químico correspondiente.

No dejar que el aparato de calefacción entre en contacto con la humedad.

## Principio (1/5)

PHYWE



Curva de presión de vapor: agua

La energía térmica que debe absorber un mol de líquido para vaporizarse a temperatura constante se denomina calor molar de vaporización  $\Delta$ .

A una temperatura determinada  $T$  resp.  $\vartheta$  en grados Celsius hay una presión de vapor  $p$  en la que la fase líquida y la gaseosa están en equilibrio. Cuando un líquido hierve, la presión de vapor es igual a la presión externa (atmosférica).

## Principio (2/5)

PHYWE

La ecuación diferencial de Clausius-Clapeyron

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta}{T(V_{vap.} - V_{liq.})} \quad (1)$$

donde  $V_{vap.}$  y  $V_{liq.}$  son los volúmenes molares de vapor y líquido respectivamente y  $\Delta$  es el calor de transición de fase, se aplica aquí a la curva binodal que limita dos fases.

El equilibrio de fase cuando T y p son constantes se rige por la función

$$G = U + pV - TS \quad (2)$$

donde G = entalpa libre, U = energía interna, S = entropía.

## Principio (3/5)

PHYWE

A lo largo de la curva binodal

$$G_1(T, p) = G_2(T, p) \quad (3)$$

o en forma diferencial

$$\left(\frac{dG_1}{dp} - \frac{dG_2}{dp}\right) dp + \left(\frac{dG_1}{dT} - \frac{dG_2}{dT}\right) dT = 0 \quad (4)$$

$$P_t = 6.1 \text{ hPa} ; \vartheta_t = 0.01^\circ \text{C}$$

$$P_t = 22.12 \text{ MPa} ; \vartheta_c = 374.2^\circ \text{C}$$

## Principio (4/5)

PHYWE

Con

$$\frac{dg}{dT} = -S \text{ y } \frac{dg}{dp} = V \quad (5)$$

De (3) se deduce que

$$(V_2 - V_1) dp = (S_2 - S_1) dT \quad (6)$$

La diferencia de entropía entre las dos fases puede expresarse mediante el calor latente de transformación reversible

$$S_2 - S_1 = \frac{\Delta}{T} \quad (7)$$

(6) y (7) dan lugar a (1) para la curva binodal entre la fase líquida y la fase vapor.

## Teoría (5/5)

PHYWE

A bajas presiones de vapor  $p \ll p_c$ ,  $V_{liq.} \ll V_{vap.}$  se puede prescindir de él. En este rango el vapor se comporta como un gas ideal

$$V_{vap.} = \frac{RT}{p} \quad (8)$$

donde  $R = 8,3141 \text{ J/(K}\cdot\text{mol)}$ , la constante universal de los gases. Por tanto, a partir de (1)

$$\frac{dp}{p} = \frac{\pi}{R} \cdot \frac{dT}{T^2} \quad (9)$$

Suponiendo que  $\Delta$  sea constante, integrando obtenemos la ecuación de Van't Hoff

$$\ln p = -\frac{\Delta}{R} \cdot \frac{1}{T} + const. \quad (10)$$

## Material

| Posición | Material                                  | Artículo No. | Cantidad |
|----------|---|--------------|----------|
| 1        | High pressure vapour unit                 | 02622-10     | 1        |
| 2        | PASTA CONDUCTIVA                          | 03747-00     | 1        |
| 3        | CALEFACTOR PARA CAMISA DE VIDRIO          | 32246-93     | 1        |
| 4        | PIPETA C.CASQUETE DE GOMA,25 CM           | 64821-00     | 1        |
| 5        | Base trípode PHYWE                        | 02002-55     | 1        |
| 6        | Nuez                                      | 02043-00     | 1        |
| 7        | Varilla de acero inoxidable, 18/8, 250 mm | 02031-00     | 1        |
| 8        | TERMOMETRO DE LABOR.,-10...+250 C         | 38065-00     | 1        |

## Material adicional

PHYWE

| <u>Posición</u> | <u>Material</u> | <u>Cantidad</u> |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1               | Agua destilada  | 1               |

PHYWE



## Montaje y ejecución

## Montaje

**PHYWE**  
excellence in science

Montaje experimental

Preparar el experimento como se muestra en la figura.

## Ejecución

**PHYWE**

Llenar la unidad de vapor de alta presión con agua destilada, con la ayuda de una pipeta, asegurarse de que no haya burbujas de aire en la línea que lleva al manómetro.

Ahora atornillar el recipiente con cuidado (puede ser necesario cambiar las juntas de plomo).

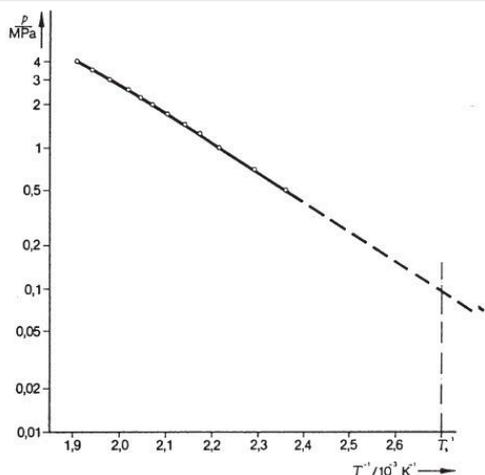
La unidad se sujeta con un cabezal y se coloca sobre el calentador eléctrico. Colocar el termómetro en el orificio previsto, que debe rellenarse con pasta conductora del calor.

Calentar el recipiente a presión hasta que el manómetro indique 4 MPa 40 bar. Ahora apagar el calentador y registrar la presión y la temperatura mientras el equipo se enfría.

Comprobar los tornillos de bloqueo de vez en cuando mientras el equipo se calienta y se enfría y apretarlos si es necesario.

## Resultados (1/3)

PHYWE



Logaritmo natural de la presión de vapor  $p$  en función del recíproco de la temperatura ( $1/T$ )

El gráfico semilogarítmico de los valores medidos muestra una relación casi lineal entre  $\ln p$  y  $1/T$ .

Extrapolando la línea recta en el rango de baja temperatura podemos leer el punto de ebullición del agua a presión normal,  $T_b$ . Las medidas que hemos tomado dan:

$$t_b = 97 \text{ } ^\circ\text{C}$$

El punto de ebullición determinado por extrapolación es demasiado bajo porque la curva de  $\ln p = f(T)$  es ligeramente convexo debido a las diferencias en el calor de vaporización.

## Resultados (2/3)

PHYWE

## Calor de vaporización (agua)

| $t/^\circ\text{C}$ | Molar<br>$\lambda/10^3 \text{ J mol}^{-1}$ | Específicos<br>$\lambda/\text{J g}^{-1}$ |
|--------------------|--|--|
| 220                | 36.2                                       | 2012                                     |
| 170                | 38.2                                       | 2126                                     |

Calor de vaporización del agua

Ajustando a una línea de regresión en los rangos  $190 \text{ } ^\circ\text{C} - 250 \text{ } ^\circ\text{C}$  y  $150 \text{ } ^\circ\text{C} - 190 \text{ } ^\circ\text{C}$ , por ejemplo, obtenemos el calor de vaporización a  $220 \text{ } ^\circ\text{C}$  y  $170 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

## Resultados (3/3)

PHYWE

Completar las palabras que faltan

El calor molar de vaporización es la energía térmica que debe absorber una  de líquido para vaporizarse a temperatura constante. El calor específico de vaporización se define como la cantidad de calor necesaria para vaporizar un  de un líquido a temperatura constante del mismo.

 Verificar

El calor de vaporización siempre tiene valores \_\_\_\_\_.

 Negativo Positivo Positivo y negativo Verificar

Diapositiva

Puntuación/Total

Diapositiva 18: Múltiples tareas

0/3

Puntuación total

  0/3 Mostrar soluciones Repetir