**Título de un vapor húmedo**

 

José Tejedor García-Valcárcel

nº de matrícula: 50448

Grupo V-17-S1-M4

1. **Objetivo**

Determinar la calidad de un vapor húmedo observando el aumento de masa y de temperatura que produce en un volumen de agua distinto al de su origen.

1. **Material**

- Calderín para producir el vapor (patmosférica = constante)

- Calorímetro adiabático de doble pared

- Termómetro de mercurio

- Tablas de propiedades termodinámicas del agua saturada

1. **Introducción**

El cálculo del título (calidad) del vapor es un proceso habitual en ciertos procesos industriales que utilizan dicho vapor para transportar calor, por ejemplo, los procesos de calefacción. Este vapor se genera en calderas.

A la hora de transportar calor, el vapor de agua ofrece muchas ventajas técnicas y económicas: es fácil de obtener, el agua es muy abundante, es incombustible… su mayor ventaja su altísimo calor latente de condensación.

1. **Fundamento teórico**

**Proceso isóbaro de calentamiento de un líquido.**

El vapor se produce en un calderín donde se calienta agua a presión constante.

Inicialmente, la temperatura aumenta muy rápido mientras que el volumen apenas cambia. Cuando llegamos a 100 °C se empieza a formar vapor a temperatura constante. Cuando se inicia este proceso decimos que tenemos líquido saturado; al final tenemos vapor saturado; mientras se está produciendo la vaporización tenemos en el mismo recipiente líquido y vapor, a lo que se llama vapor húmedo.

Durante la vaporización que es el momento en que tenemos líquido y vapor la temperatura se mantiene constante, es en este punto en el que queremos saber la calidad del vapor, es decir, la cantidad de liquido que arrastra el vapor.

**Calor latente.**

Es la cantidad de calor que entregado o absorbido de 1Kg de masa de una sustancia logra el cambio de estado de toda la masa (1 Kg). Puede ser de vaporización o de condensación.

$$Q\_{L}=m\_{V}\left(h^{,,}-h^{,}\right)$$

QL= Calor latente (KJ)

h’= Entalpía específica del líquido saturado (KJ/Kg)

h’’= Entalpía específica del vapor saturado (KJ/Kg)

**Título de un vapor húmedo.**

Durante la fase en que tenemos líquido y vapor se define el título o calidad del vapor (x) como la fracción en peso de vapor; es decir la masa de vapor que hay en la masa total.

$$x=\frac{m\_{V}}{m\_{VL}} ;0<x<1$$

x = Título del vapor

mLV= masa de la mezcla

mV= masa de vapor

Para medir el título de vapor se condensa este en un calorímetro con agua. En este proceso (a presión cte) se pierde cierta energía (en forma de calor) que absorbe el calorímetro.

$$\left|Q\_{p}\right|=Q\_{\begin{array}{c}g\\\end{array}}$$

Calor perdido por el vapor = Calor absorbido por el calorímetro.

Cuando se condensa el vapor de agua pasa del estado en que salió del calderín (vapor húmedo) al estado de líquido subenfriado en el calorímetro a la temperatura TF (estado final).

$$\left|Q\_{p}\right|=∆H\_{vapor}=m\_{v}(∆h)\_{vapor}=m\_{v}(h\_{inicial}-h\_{final})$$

hinicial = h’ + x(h’’ – h’)

hfinal = hL = Entalpía específica del agua en el calorímetro a la temperatura TF

En el calorímetro la temperatura inicial del agua Ti aumentará conforme el vapor se vaya condensando, hasta alcanzar la temperatura de equilibrio TF. El calor absorbido calienta tanto el agua como el calorímetro.

$$Q\_{g}=\left(M\_{i}+K\right)∆T ; K=^{M\_{c}∙c\_{e}}/\_{c\_{e H\_{2}o}}$$

Mi = Masa de agua (g)

K = Equivalente en agua del calorímetro (g)

MC = Masa del calorímetro (g)

ce=calor específico del calorímetro (aluminio) = 0,212 cal/g ºC

ce H2O = calor específico del agua = 1 cal/g ºC

Aplicando las tres condiciones anteriores obtenemos el título de un vapor húmedo:

$$x=\frac{\frac{\left(M\_{i}+K\right)}{m\_{v}}∆T+\left(h\_{L}-h^{'}\right)}{\left(h^{''}-h^{'}\right)}$$

1. **Procedimiento experimental.**

Cuando llegamos al laboratorio el agua en el interior del calderín ya estaba hirviendo, como había cantidad suficiente como para no preocuparse de que se agotara nos dedicamos al resto de preparativos.

Primero pesamos el calorímetro obteniendo $M\_{c}=170,0\pm 0,1 g$ (hemos cogido como error la variación de una unidad de la última cifra que daba el instrumento).

Llenamos de agua el calorímetro aproximadamente hasta la mitad y la enfriamos con hielo dejándola a una temperatura inicial $T\_{i}=12,3\pm 0,1°C$ (mismo criterio de error).

Con el agua ya fría volvemos a pesar el conjunto del calorímetro con el agua fría obteniendo una masa total de $M\_{T}=460,4\pm 0,1 g$ y restándole a esta la del calorímetro obtenemos la masa inicial de agua $M\_{i}=290,4\pm 0,2 g$ (El error se acumula en sumas y restas).

Con los datos que tenemos también podemos hallar la K $K=^{M\_{c}∙c\_{e}}/\_{c\_{e H\_{2}o}}$

 $K=^{170g∙0,212^{cal}/\_{g °C}}/\_{1^{cal}/\_{g °C}}$ K = 36,04 g

encontramos la fórmula del error por el método de los logaritmos y resulta:

$∆K=K\left(\frac{∆M\_{c}}{M\_{c}}+\frac{∆c\_{e}}{c\_{e}}+\frac{∆c\_{e H\_{2}O}}{c\_{e H\_{2}O}}\right)=0,23$ (sustituidos los datos directamente para no copiar 2 veces la ecuación) haciendo el redondeo $K=36\pm 0,2 g$.

(El error de los calores específicos se ha escogido según la última cifra significativa del dato recibido del calorímetro en ambos suponiendo que la precisión en su hallazgo es la misma por lo tanto 0,001 es el error de los datos de calor específico).

Ya podemos empezar con el experimento, preparamos el calorímetro de forma que el tubo por el que sale el vapor haga burbujear el agua fría introducimos también el agitador y lo cerramos hasta alcanzar la temperatura de equilibrio $T\_{F}=41,0\pm 0,1°C$.

 Una parte de la práctica pedía que tomáramos los valores de temperatura cada 20 segundos con un cronometro, pero el profesor dijo que no era importante y como la variación de temperatura era bastante rápida al principio y resultamos ser bastante lentos y torpes cogiendo la lectura del termómetro perdimos la cuenta y finalmente pasamos de este punto.

Con el agua del calorímetro en temperatura de equilibrio TF damos por finalizado el experimento y procedemos a pesar la masa del conjunto actual obteniendo el resultado $M\_{F}=479,8\pm 0,1 g$ si a esta masa final obtenida le restamos la masa total (calorímetro+agua) obtenida antes el resultado es la masa de vapor $m\_{V}=19,4\pm 0,2 g$.

Mientras se hacia el experimento tomamos los valores de temperatura y de presión para poder obtener los valores de las entalpías del agua y del vapor h’ , h’’, hL .

Tambiente = 26,8 ºC Lectura del barómetro: 715,7 mmHg. Haciendo la corrección gracias a las tablas facilitadas tenemos que la presión corregida es P = 712,68 mmHg = 0,938 atm.

Con el dato de la presión corregido, podemos mirar ahora en las tablas de magnitudes termodinámicas del vapor de agua saturado, y encontrar los valores de las entalpias que buscamos:

$h^{'}=97,2\pm 0,1^{Kcal}/\_{Kg}$ $h^{''}=638,4\pm 0,1^{Kcal}/\_{Kg}$ $h\_{L}=41,0\pm 0,1^{Kcal}/\_{Kg}$

Los valores se han obtenido por interpolación ya que nuestro valor de presión no aparecia exactamente en la tabla. Como los valores salen de las tablas, hemos tomado el valor del error simplemente como la variación de una unidad de la última cifra significativa (como ya hemos hecho anteriormente.

1. **Resultados**

(Deberíamos incluir una pequeña tabla con los valores de temperatura anotados cada 20 segundos, pero como hemos explicado antes no pudimos tomar estos datos y debemos omitir dicha tabla con su respectiva gráfica)

Una vez terminado el experimento y recogidos todos los datos y cálculos preliminares solo nos queda calcular el título de vapor.

Esta es una tabla con un resumen de los datos obtenidos.

|  |  |
| --- | --- |
| **Temperaturas** |  **Masas**  |
| $$T\_{i}=12,3 \pm 0,1 °C$$ | $$M\_{o}=170,0\pm 0,1 g$$ |
| $$T\_{F}=41,0 \pm 0,1 °C$$ | $$M\_{i}=290,4\pm 0,2 g$$ |
| $$K=36\pm 0,2 g$$ | $$M\_{A}=460,4\pm 0,1 g$$ |
|  | $$M\_{F}=479,8\pm 0,1 g$$ |
| $$∆T=28,7\pm 0,2 °C$$ | **Masa de vapor**$$m\_{V}=19,4\pm 0,2 g1$$ |
|  **Condiciones ambientales****Lectura del barómetro:** $715,7 mm H\_{g}$**Presión corregida: 0,938 atm****Tambiente =** $26,8 °C$ | **Entalpías específicas**$$h\_{L}=41,0\pm 0,1 ^{Kcal}/\_{Kg}$$$$h^{'}=97,2\pm 0,1 ^{Kcal}/\_{Kg}$$$$h^{''}=638,4\pm 0,1 ^{Kcal}/\_{Kg}$$ |

$x=\frac{\frac{\left(M\_{i}+K\right)}{m\_{v}}∆T+\left(h\_{L}-h^{'}\right)}{\left(h^{''}-h^{'}\right)}$
$$x=\frac{\frac{\left(290,4+36\right)}{19,4}(41,0-12,3)+\left(41,0-97,2\right)}{\left(638,4-97,2\right)}=0,78$$

utilizando el método de las derivadas parciales encontramos la fórmula del error en el título de vapor:

$$∆x=\left(\frac{∆T}{m\_{v}\left(h^{''}-h^{'}\right)}∆M\_{i}\right)+\left(\frac{M\_{i}+K}{m\_{v}\left(h^{''}-h^{'}\right)}∆∆T\right)+\left(\frac{∆T}{m\_{v}\left(h^{''}-h^{'}\right)}∆K\right)+\left(\frac{∆T\left(h^{''}-h^{'}\right)\left(M\_{i}+K\right)}{(m\_{v}(h^{''}-h^{'}))^{2}}∆m\_{v}\right)+\left(\frac{∆h\_{L}}{\left(h^{''}-h^{'}\right)}\right)+\left(\frac{∆h^{'}}{\left(h^{''}-h^{'}\right)}\right)+\left(\left(\frac{m\_{v}∆T\left(M\_{i}+K\right)}{\left(m\_{v}\left(h^{''}-h^{'}\right)\right)^{2}}\right)+\left(\frac{(h\_{L}+h')}{\left(h^{''}-h^{'}\right)^{2}}\right)\right)∆h^{''}=0,018$$

(resultado encontrado después de sustituir la tremenda ecuación resultante…)

por lo tanto $x=0,78\pm 0,02$

1. **Conclusión**

Como el resultado de x debía encontrarse entre 0 y 1 parece que no nos hemos equivocado ni en los datos ni en los cálculos. Por otra parte el valor obtenido no parece corresponder con una calidad demasiado útil para la industria, pero hay que tener en cuenta que este era un equipo para universitarios y en condiciones poco controladas (además de ejecutores inexpertos).