

RESUMEN

El propósito de este experimento es el determinar el punto triple del benceno.

Para la determinación del punto triple del benceno se utilizaron un recipiente que sirvió de amortiguador, al cual van conectadas tres mangueras de látex, una de ellas se conectó a la bomba de vacío y la otra se conectó al manómetro de mercurio, así también se usó un matraz de dos bocas el cual contiene al líquido en estudio, (en este caso se utilizó benceno) y sostuvo el termómetro y el refrigerante el cual es similar a la bureta para gases, solo que en su interior contiene un tubo en forma de serpentina el cual se conectó al recipiente amortiguador. Dicho matraz estuvo sumergido en un recipiente de 2000 ml el cual contruyó el 80 % de su capacidad en agua y hielos.

Primero se mantuvo una presión constante en el manómetro de mercurio, una vez logrado este punto se comenzó a cerrar gradualmente la válvula de venteo, observando el instante en que el benceno empezara a hervir (punto de ebullición), solidificarse y sigue siendo líquido (punto triple), tomando la lectura de la temperatura y de la diferencia entre las columnas de mercurio, después de esto se apagó la bomba de vacío y se repitió la toma de la temperatura y diferencia de columnas en el instante en que el benceno llegó a su punto triple, este procedimiento se realizó en dos ocasiones más.

OBJETIVO:

Determinar las condiciones en las que se observa el punto triple del benceno.

INTRODUCCION TEORICA.

En la figura (1) se puede observar que los volúmenes molares del líquido y sólido son muy pequeños, el valor m disminuye muy poco; para el sólido desde a hasta a' , para el líquido desde b hasta b' . El volumen del gas es aproximadamente 1000 veces mayor que el del sólido o el líquido, por eso m del gas disminuye considerablemente de c a c' . Las curvas o presiones menores se indican en la figura (2) como líneas discontinuas paralelas a las líneas originales. Esta figura ha sido dibujada para el caso $V_{\text{liq}} > V_{\text{sólido}}$.

También en esta figura se indican como se han desplazado ambas temperaturas de equilibrio (ambos puntos de intersección), el desplazamiento en la temperatura de fusión es pequeño, mientras que en la de ebullición es relativamente grande. El desplazamiento de la temperatura de fusión se ha exagerado para resaltarlo pero en realidad es muy pequeño. La disminución de la temperatura de ebullición de un líquido por la disminución de la presión está ilustrada de forma clara.

A presiones muy bajas, el intervalo de estabilidad de un líquido disminuye apreciablemente. Si la presión se reduce a un valor bajo suficiente, la temperatura de ebullición del líquido puede incluso caer por debajo de la fusión del sólido (véase figura 3).

Entonces no hay temperatura a la cual el líquido sea estable, el sólido sublima.

A la temperatura T_S es la de sublimación del sólido y depende bastante de la presión.

Está claro que existe una presión a la cual las tres curvas se interceptan a la temperatura. Esta temperatura y presión definen al *punto triple*; las tres fases coexisten en equilibrio en el punto triple.

El diagrama de fases presión-temperatura del benceno (véase figura 4) muestra la relación entre:

- a) La curva de la presión de vapor del líquido.
- b) La curva de la presión de vapor del sólido.
- c) La curva del punto de fusión en función de la presión.
- d) El punto de equilibrio sólido / líquido / vapor

En cualquier punto sobre la línea A B, curva de vaporización se encuentra en equilibrio las fases líquida y vapor. El límite superior de la curva de vaporización, es el punto crítico (B) para el benceno. En el área arriba de la línea A B, el vapor se condensa completamente por lo que representa a la zona del líquido.

La línea AC es la curva de sublimación del sólido, los puntos sobre esta línea representan el equilibrio sólido vapor para el benceno. En el área arriba de esta línea se encuentra la zona del sólido y por debajo de ella se encuentra la zona de vapor.

La línea A D muestra como en el punto de fusión del benceno depende de la presión.

Al punto A, donde se interceptan las tres líneas y las tres fases coexisten en equilibrio, se le llama *punto triple*. A esta temperatura única, el sólido y el líquido tienen la misma presión de vapor.

m

c

a

a' S

b

b'

L

c'

G T

FIGURA (1)

m

S

L

G T

FIGURA (3)

FIGURA 4.- DIAGRAMA ESQUEMÁTICO P – T DEL BENCENO

PRESIÓN (Tm)

50

LIQUIDO B

2 CURVA DE FUSIÓN

1 **SÓLIDO**

CURVA DE VAPORIZACIÓN ? A

VAPOR

CURVA DE

SUBLIMACIÓN

T

-15 ? 289 300

FIGURA 6.- EL SISTEMA AGUA A PRESIONES MODERADAS

C

LIQUIDO

B

P

R

E

S SÓLIDO

I

O V + L

N

L + V

4.58 Atm

VAPOR

0

A

S + V

T1 0.0099 0C T2 T3

TEMPERATURA

EQUIPO:

- *Bomba de vacío*; se utilizó para crear un vacío dentro del sistema, esta formada por una bomba eléctrica de ½ caballo de fuerza y por una rueda de metal la cual iba a conectada a un dispositivo el cual proporcionaba aire a presión.
 - *Matraz de dos bocas*; se utilizó para contener al líquido en estudio y para sostener al termómetro y al instrumento refrigerante, formado de vidrio
 - *Termómetro de 0° a 100 °C*; se usó en el experimento para la toma de temperaturas del líquido que se encontraba en el matraz de dos bocas, esta formado de vidrio con un fino capilar interior por el cual circula el mercurio.
 - *Refrigerante recto*; este instrumento se usó para que el vapor del líquido calentado circulara por el y se desplazara hacia el recipiente amortiguador, formado de un tubo de vidrio el cual tiene cuatro orificios y un tubo interior en forma de serpentina por el cual se desplaza el vapor .
 - *Recipiente amortiguador*; Se utilizó como su nombre lo menciona, para amortiguar la presión ejercida por la bomba de vacío al sistema, esta formado por:
 - Un frasco de dos Lt de pared gruesa y boca ancha,
 - Un tapón de hule con tres orificios,
 - Tres mangueras de látex, dos de las cuales tenían unos broches que servían como válvulas y una tercera que tenía un conexión
- en T.
- *Conexión de vidrio (2)*; se usaron para conectar la bomba de vacío con una de las manguera de látex y el refrigerante recto con la conexión en forma de T del recipiente amortiguador.
 - *Manómetro de mercurio*; este instrumento se utilizó en el experimento para medir en una forma indirecta la presión de vapor, esta formado por:
 - un tubo de vidrio en forma de U
 - Mercurio
 - Base en forma de T invertida de madera,
 - Una regla graduada de madera.
 - *Tapón monohoradado*; usado básicamente para sellar las bocas del matraz de dos bocas, mientras

sostienen el termómetro y el refrigerante recto, constituido de hule y de un diámetro aproximado de 2 cm con un pequeño orificio.

- *Soporte universal*; se utilizó para sostener la mano de metal que sostenía al matraz de dos bocas, constituido de metal, tiene un base rectangular de 20 cm de largo por 10 cm de ancho.
- *Mano sujetadora de metal*; se usó para sostener el matraz de dos bocas, mientras se realizaba el experimento, formada por un a mano de metal con tres dedos, la mano está cubierta de un plástico duro
- *Vaso de 2000 ml*; Se usó para contener el matraz de dos bocas, mientras a este se le aplicaba un baño de agua con hielos. Constituido de vidrio y graduado en una de sus caras. (Véase figura 11).

DESARROLLO.

1. Se instaló el dispositivo que se requería.
2. Se colocó 60 ml de benceno en el matraz redondo.
3. Se encendió la bomba de vacío, con la válvula de venteo (v-1) abierta.
4. Se cerró gradualmente la válvula de venteo, hasta que comenzó simultáneamente solidificación y la evaporización del benceno. La formación de burbujas dentro del matraz indicó la presencia de vapor dentro del mismo.
5. Se observó la temperatura y la presión a las que se encuentran las tres fases en equilibrio (sólido/liquido/vapor) .
6. Se cerró la válvula de paso (v-2) entre la bomba de vacío y el recipiente amortiguador.
7. Se apagó la bomba de vacío.
8. Se observó nuevamente la temperatura y la presión, asegurándonos de que existieran las tres fases. Se repitió el experimento tres veces desde el inciso 3

CUESTIONARIO:

- 1.- Investigar en la teoría los datos de presión y temperatura crítica del benceno.

Presión Crítica Temperatura Crítica

$P_c = 47.7 \text{ atmósferas}$ $T_c = 288.5 \text{ }^\circ\text{C}$

$T_c = 561.5 \text{ }^\circ\text{K}$

- 2.- Definir: componente, fase y grados de libertad.

– Componente: Son el número mínimo o de constituyentes químicos distintos necesarios para definir la composición de cada fase en el sistema. De manera práctica el número de componentes consiste en igualdad del número total de constituyentes químicos independientes en el sistema menos el número de reacciones químicas que pueden ocurrir entre los constituyentes del sistema.

Otra definición sería: el menor número de variables independientes, en función de cuyas fórmulas se pueden escribir ecuaciones que expresan la composición de cada fase presente. Por ejemplo en el agua las fases presentes son: hielo, agua líquida y vapor.

– Fase: Es una parte separable mecánicamente de un sistema que es completamente uniforme, no solo en composición, sino también en estado físico. Algunos ejemplos serían el volumen del aire, un vaso de ron o un pedazo de hielo. Los cambios con el derretimiento del hielo, la disolución de azúcar en agua, la evaporación de benceno se le llaman cambios en estado de agregación o cambios de fase. Un sistema con una sola fase es un sistema homogéneo. Un sistema con más de una fase es un sistema heterogéneo.

– Grados de libertad: Es el número mínimo de variables independientes (tales como la presión, temperatura y concentración) que deben especificarse a fin de definir completamente las restantes del sistema. Otra definición sería El número de variables de estado intensivo que se pueden variar independientemente sin cambiar el número de fases.

3.– Enunciar las reglas de fases de Gibbs.

J. Willard Gibbs en 1876 estableció por primera vez que haya relación fija entre el número de grados de libertad, de componentes y de fases presentes. Esta relación conocida como la regla de fases es un principio muy general, y su validez no depende de su constitución atómica o molecular.

Para formular esta regla, consideramos un sistema C en el que existen P fases presentes. Cuando existen P fases dispondremos de P–1 ecuación para cada constituyente y para C constituyentes habrá C (P–1) ecuaciones.

Si este número es igual al número de variables, el sistema queda completamente definido, sin embargo el número de variables excederá al de ecuaciones en F donde:

$F = \text{al número de variables} - \text{número de ecuaciones}$

$$= [P (C-1) + 2] - [C (P-1)]$$

$$F = C - P + 2$$

Donde C= número de componentes

P = fases del sistema

F= grados de libertad del sistema

4. Determinar el número de grados de libertad en :

a) *La zona de vapor:*

$$F = C - P + 2 \quad C = \text{número de componentes (1)}$$

P = fases del sistema (1)

$$F = 1 - 1 + 2$$

$$F = 2$$

b) La zona de la curva líquido– vapor

$$F = C - P + 2 \quad C = \text{numero de componentes (1)}$$

$$P = \text{fases del sistema (2)}$$

$$F = 1 - 2 + 2$$

$$F = 1$$

c) El punto triple

$$F = C - P + 2 \quad C = \text{numero de componentes (1)}$$

$$P = \text{fases del sistema (3)}$$

$$F = 1 - 3 + 2$$

$$F = 0$$

5.- Investigar en la teoría, la presión y la temperatura del punto triple del benceno y compárelo con respecto al experimental.

Teoría

$$P = 38 \text{ mmHg} = 3.8 \text{ cm Hg}$$

$$T = 5.5 \text{ }^{\circ}\text{C} = 278.5 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

Experimental.

Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Temperatura ($^{\circ}\text{K}$)	Diferencia de alturas (cm Hg)	Presión absoluta (cm Hg)
5	277	53.725	4.875

$$P = 4.875 \text{ cmHg}$$

$$T = 277 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

Se puede observar que la temperatura encontrada para el punto triple difiere de la temperatura teórica en 1.5 $^{\circ}\text{K}$ y la presión experimental difiere en 1.075 cm Hg con respecto a la teórica.

$$\% \text{ error temperatura} = \frac{|\text{valor teórico} - \text{valor experimental}|}{\text{valor teórico}} * 100 \%$$

valor teórico

$$= \frac{|278.5 - 277|}{278.5} * 100\%$$

$$= 0.538$$

$$\% \text{ error temperatura} = 0.538$$

% error presión = $\frac{\text{valor teórico} - \text{valor experimental}}{\text{valor teórico}} \cdot 100 \%$

valor teórico

= $\frac{3.8 - 4.875}{4.875} \cdot 100\%$

3.8

% error presión = 28.28

6.- Investigar en la teoría el punto triple del agua

Colocando bajo vacío un sistema de agua libre de aire y se le dejara su equilibrio, se encontraría que el punto de congelación en que el sólido y el líquido existen simultáneamente en presencia del vapor, entonces la temperatura y la presión de vapor para el punto triple sería:

TEMPERATURA = 0.0099°C = 273.0099 °K

PRESIÓN = 4.58 mmHg

Donde esta temperatura se conoce como el punto triple para el agua y esta es representada por el punto O en la figura 6.

CONCLUSIONES

Es muy interesante ver como un líquido puede estar en los tres puntos, ya que al variarle las condiciones de temperatura y presión, se modifique su estructura y este pueda presentarnos los tres puntos.

Como podemos ver en los resultados obtenidos, nuestros valores se acercan mucho a los valores teóricos, pero existe una variación o porcentaje de error, el cual se puede justificar, ya que las condiciones a las que se realizó el experimento no se pueden controlar al 100%, es por ello que existen fugas en el sistema, además de que en las mediciones siempre cometemos errores al aproximar los valores.

Otro punto muy interesante es el ver físicamente los procedimientos que se estudian en teoría, pues en este experimento podemos ver aplicado, primero un proceso isobárico, ya que el benceno se enfría a presión constante, después podemos observar un proceso isotérmico, ya que se baja la presión pero la temperatura se mantiene constante.

BIBLIOGRAFÍA

- Principios de Química

Paul Ander y Anthony J. Sonnessa

Decimosegunda edición.

Editorial Limusa

- Academia de Laboratorio de Química

Laboratorio de Fisicoquímica

I P N UPIICSA

México D.F.

- Maron and Prutton

Fundamentos de Fisicoquímica

Vigésima edición 1993

Editorial Limusa.

13