



76.45 – TERMODINÁMICA DE LOS PROCESOS

GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

MÓDULO 1: Las Propiedades Físicas de los Fluidos Puros



Las Propiedades Físicas de los Fluidos Puros – desarrollos prácticos Tipo A

A.1.- Un cilindro de 5 ft³ contiene 50 lb de C₃H₈ y se encuentra en un sitio expuesto a la radiación solar. El manómetro indica una presión de 665 psi.

Calcular la temperatura en el cilindro, utilizando: a) la ecuación de van der Waals, b) el factor de compresibilidad (Lee-Kesler), y c) la ecuación de Peng-Robinson.

A.2.- Grafique los procesos siguientes en diagramas P-v y P-T:

a) Vapor de agua sobrecalentado se enfría a presión constante hasta el momento justo en que empieza a formarse líquido.

b) Una mezcla de líquido y vapor con una calidad (o título) de 60% se calienta a volumen constante hasta que su calidad es del 100%.

c) Una mezcla de líquido y vapor con una calidad de 50% se expande a temperatura constante de 200°C hasta que su volumen es 4,67 veces el volumen inicial. Se sabe de tablas de agua que los volúmenes específicos expresados en cm³/g para las fases líquida saturada y vapor saturado son respectivamente 1,16 y 127,4.

Respuesta: c) 300,3 cm³/g

A.3.- Utilizando el diagrama de Cox determinar el punto de ebullición a 2000 mmHg de cada una de las sustancias siguientes.

Acetato de etilo

0°C – 24,2 mmHg

160°C – 8,35 atm

Formiato de etilo

0°C – 72,4 mmHg

200°C – 28 atm

Azufre

250°C – 12 mmHg

444,6°C – 760 mmHg

Respuesta: a) 107°C b) 85°C c) 515°C

A.4.- Calcule Z y v para el hexafluoruro de azufre a 75°C y 15 bar mediante las siguientes ecuaciones:

a) Virial truncada a tres términos sabiendo que $B = -194 \frac{\text{cm}^3}{\text{gmol}}$ y $C = 15300 \frac{\text{cm}^6}{\text{gmol}^2}$

b) Virial truncada a dos términos con el valor de B dado en el punto anterior

c) Virial truncada a dos términos utilizando la correlación de Pitzer

d) Lee-Kesler

e) Redlich-Kwong

f) Soave-Redlich-Kwong

Datos:

T_c = 318,7 K

V_c = 198 cm³/gmol

P_c = 37,6 bar

ω = 0,286

A.5.- Los datos de presión de vapor de agua se pueden ajustar mediante la ecuación de Antoine.

$$\ln P = 18,3036 - \frac{3816,44}{(T - 46,13)} ; P[\text{mmHg}], T[\text{K}]$$

a) Utilizar la ecuación de Antoine para calcular la presión de vapor del agua a 25 y 150°C y comparar con los valores experimentales de 23,77 y 3569 mmHg.

b) A partir de la ecuación de Antoine y la de Clausius-Clapeyron calcular el calor de vaporización del agua a 100°C, indicando las aproximaciones realizadas.



c) Para el agua a 100°C el segundo coeficiente del virial es $-452 \text{ cm}^3/\text{mol}$. Utilizando las ecuaciones de Antoine y del virial truncada al segundo término, y sabiendo que el volumen molar del líquido saturado a 100°C es $19 \text{ cm}^3/\text{mol}$, calcule el calor de vaporización del agua a 100°C a presión constante. Indique las aproximaciones realizadas.

d) Compare los dos resultados obtenidos para el calor de vaporización con el valor experimental de 40,66 kJ/mol. ¿Es razonable que el segundo valor obtenido sea más preciso?

A.6.- Al difundir un fertilizante de amoníaco líquido, las cargas de amoníaco se basan en el tiempo empleado más las libras de NH_3 inyectadas en el suelo. Después que el líquido se ha aplicado todavía queda algo de NH_3 en el tanque de suministro (volumen = 120 ft^3), pero en forma de gas, siendo la masa de gas que permanece en el tanque de 90 lb a 232 psig. Debido a que el tanque se deja expuesto a los rayos solares la temperatura en su interior llega a 125°F. Su jefe se queja pues sus cálculos muestran que el volumen específico del gas es de $1,5 \text{ ft}^3/\text{lb}$ y que por ello sólo se encuentran 80 lb de NH_3 dentro del tanque. ¿Podrá estar en lo correcto?

Respuesta: 95 lbm

Las Propiedades Físicas de los Fluidos Puros – desarrollos prácticos Tipo B

B.1.- Dos tanques A y B están conectados mediante un tubo y una válvula, que inicialmente se encuentra cerrada. El tanque A contiene al principio $0,3 \text{ m}^3$ de N_2 a 6 bares y 60°C, mientras que el tanque B se encuentra vacío. En ese instante se abre la válvula y el N_2 fluye hacia el tanque B, hasta que la presión en dicho tanque llega a ser de 1,5 bar, a una temperatura de 27 ° C. Como resultado de esta operación, la presión en el tanque A baja a 4 bar y la temperatura cambia a 50°C. Calcule el volumen del tanque B en m^3 .

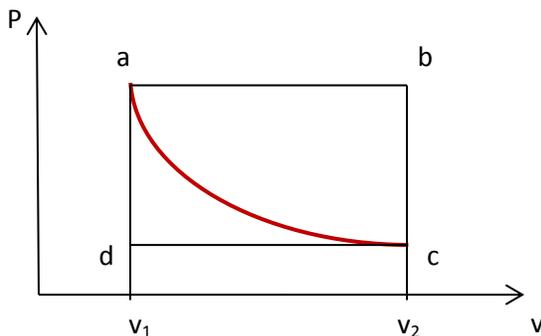
B.2.- Estime la presión que ejercen 3,7 kg de CO en un recipiente de $0,030 \text{ m}^3$ a 215K, empleando:

- la ecuación de los gases ideales
- la ecuación de van der Waals
- la ecuación de Redlich-Kwong
- la ecuación de Soave-Redlich-Kwong

Respuesta: a) 78,7 bar b) 66,9 bar c) 69,2 bar

B.3.- La figura representa cinco transformaciones ab – bc – cd – da – ac, trazadas en el plano P-v correspondiente a un gas ideal.

Represente el mismo proceso en el plano P-T.



Si en el diagrama termodinámico planteado $P_2 = 10^8 \text{ N/m}^2$, $P_1 = 4 \text{ bar}$, $v_1 = 2,5 \text{ m}^3/\text{kmol}$, hallar:



- a) el valor de la isoterma T
- b) las temperaturas en los puntos b y d
- c) el volumen específico v_2
- d) el volumen real V en el punto a, si el sistema está constituido por 4 kmol de H_2
- e) la masa de gas suponiendo que sea O_2 y $V_1 = 5 \text{ m}^3$

Respuesta: a) 300K, b) $T_b=750K$, c) $6,25 \text{ m}^3/\text{kgmol}$, d) 10 m^3 , e) 64 kg

B.4.- En un tanque de 30 m^3 se encuentra isobutano líquido en equilibrio con su vapor a $76,5 \text{ }^\circ\text{F}$ y 50 psia. Sabiendo que el líquido ocupa un volumen de 14 m^3 , calcular la masa de cada fase del sistema utilizando:

- a) Tablas de propiedades saturadas para el isobutano.
- b) Correlación de Pitzer para el segundo coeficiente del virial y correlación de Rackett para líquidos saturados.
- c) Ecuación de estado de Peng-Robinson.

B.5.- Estimar la entalpía de vaporización del n-butano a 100°C , empleando la ecuación de Giacalone y el nomograma de Watson.

B.6.- Construir los gráficos de igual presión de referencia (Dühring) e igual temperatura de referencia (Cox) para el etanol usando agua como sustancia de referencia.

Se dispone de los siguientes datos del etanol: $T = 10^\circ\text{C} - P = 23,6 \text{ mmHg}$; $T = 78^\circ\text{C} - P = 760 \text{ mmHg}$

Posteriormente determinar:

- a) la presión de vapor a 60°C
- b) el punto de ebullición a 500 mmHg

B.7.- Calcular el calor de vaporización del amoníaco (NH_3) a 320 K:

- a) Utilizando las correlaciones de Riedel y Watson ($T_{EB} \text{ normal} = 239,7 \text{ K}$)
- b) A partir de los siguientes datos experimentales usando la ecuación de Clausius-Clapeyron.

$T_{SAT} \text{ (K)}$	300	310	320	330	340
$P_{SAT} \text{ (bar)}$	10,61	14,24	18,72	24,20	30,79

- c) Sabiendo que el factor de compresibilidad del vapor saturado a 320 K es 0,86, corregir el resultado anterior. El valor experimental es 1066 kJ/kg