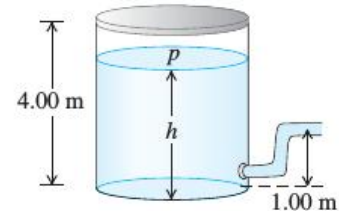


## GUÍA 9: GASES

### Gas ideal

- Considerando al aire atmosférico seco como un gas ideal constituido por una mezcla cuya composición es: 78.1 % de nitrógeno, 20.9 % de oxígeno, 0.9 % de argón y 0.03 % de dióxido de carbono ¿cuántos moles de  $N_2$  y cuántos de  $O_2$  hay contenidos en un volumen de  $1\text{ m}^3$  de aire en condiciones normales de presión y temperatura? (CNPT: 1 atm,  $0\text{ }^\circ\text{C}$ ) ¿Y en 1 litro? ¿Qué presión ejerce en la mezcla cada uno de los dos gases mayoritarios?
  - Calcule la masa de aire seco (considere sólo los dos componentes mayoritarios (80 %  $N_2$  y 20 %  $O_2$ ) contenida en una habitación de  $4\text{ m} \times 3\text{ m} \times 4\text{ m}$  a 1 atm y  $27\text{ }^\circ\text{C}$ .
  - El aire de los pulmones (aire alveolar) tiene una composición diferente del aire atmosférico. Por ejemplo, si la presión de los pulmones es de 1 atm, la presión parcial del dióxido de carbono en el aire alveolar es de 40 mm de Hg y el oxígeno es sólo un 13.6 % de su contenido. Halle el porcentaje de  $CO_2$  en el aire alveolar y la presión parcial que ejerce el  $O_2$  en los pulmones.
- Un cilindro contiene un gas a  $27\text{ }^\circ\text{C}$  y está dividido en dos partes iguales de  $100\text{ cm}^3$  de volumen por un pistón de  $15\text{ cm}^2$  de sección. El gas en ambas divisiones está a la misma presión. Se eleva hasta  $100\text{ }^\circ\text{C}$  la temperatura del gas de una de las divisiones y se mantiene la temperatura del gas en la otra división en el valor original. Se supone que el pistón del cilindro es un aislador térmico perfecto. ¿Hasta dónde se desplaza el pistón como consecuencia de la variación de la temperatura?
- Dos bulbos de igual volumen que están unidos por medio de un tubo delgado de volumen despreciable, contienen hidrógeno a  $0\text{ }^\circ\text{C}$  y 1 atm de presión. El volumen de cada bulbo es de  $10^{-3}\text{ cm}^3$ , y la densidad del hidrógeno a  $0\text{ }^\circ\text{C}$  y 1 atm es de  $0.09\text{ kg/m}^3$ .
  - ¿Cuál es la presión del gas cuando un bulbo está sumergido en un baño de vapor a  $100\text{ }^\circ\text{C}$  y el otro en oxígeno líquido a  $-190\text{ }^\circ\text{C}$ ?
  - ¿Qué cantidad de hidrógeno se transferirá por el tubo de conexión?
- Un tubo capilar de 50 cm de longitud, cerrado en ambos extremos, contiene en su interior dos espacios con aire (suponerlo gas ideal) separados por una columna de mercurio de 10 cm de largo. Cuando el tubo está horizontal, ambas columnas de aire tienen 20 cm de largo. Cuando el tubo se coloca en forma vertical, las mismas tienen 15 cm y 25 cm, respectivamente.
  - Proponer una hipótesis razonable para la temperatura durante el intervalo que duran las mediciones.
  - Proponer una hipótesis razonable acerca de la influencia de la gravedad en ambas posiciones del capilar.
  - Hallar la presión en el tubo cuando está en posición horizontal.

5. En un lago de 30 m de profundidad se forma una burbuja de aire de 1.5 cm de radio. A esta profundidad, la temperatura es de 4 °C. La burbuja sube lentamente hasta la superficie, donde la temperatura es de 25 °C. Calcule el radio de la burbuja cuando ésta llega a la superficie. Considere que la presión atmosférica es 760 mm Hg.
6. Un tanque cuyo volumen es 0.5 cm<sup>3</sup> contiene O<sub>2</sub> a una presión de 150 atm y a una temperatura de 20 °C.
- Calcule cuántos moles de O<sub>2</sub> hay en el tanque.
  - Si se calienta el tanque hasta 500 °C, ¿cuál será el valor de la presión?
  - ¿Cuántos moles habría que sacar del recinto para que (manteniéndose en 500 °C la temperatura) la presión volviese al valor de 150 atm (PM O<sub>2</sub> = 32)?
7. Utilizando la ecuación de estado del gas ideal, realice los siguientes diagramas  $p$ - $V$ :
- a temperatura constante (curvas isotermas) para distintos valores de  $T$ ;
  - a volumen constante (curvas isocóricas) para distintas condiciones iniciales;
  - a presión constante (curvas isobáricas) para distintas condiciones iniciales;
  - si se cumple la relación  $pV^\gamma = cte$  (curvas adiabáticas) para valores  $1 < \gamma < 2$ .
8. **(Optativo)** Un tanque grande de agua tiene una manguera conectada como se ilustra en la figura. El tanque está sellado por arriba y tiene aire comprimido entre la superficie del agua y la tapa. Cuando la altura del agua  $h$  es de 3.5 m, la presión  $p$  del aire comprimido es de  $4.2 \times 10^5$  Pa. Suponga que ese aire se expande a temperatura constante, y considere que la presión atmosférica es  $1 \times 10^5$  Pa.
- ¿Con qué rapidez sale agua por la manguera cuando  $h = 3.5$  m?
  - Al salir agua del tanque,  $h$  disminuye. Calcule la rapidez de flujo para  $h = 3$  m y  $h = 2$  m.
  - ¿En qué valor de  $h$  se detiene el flujo?



### Humedad relativa (optativos)

9. Si la presión ambiente es de 76 cm Hg, la temperatura de 15 °C y la humedad relativa del 71.9%, ¿cuál es la masa de un litro de aire húmedo? El peso molecular del aire puede tomarse como 28.9 g y la presión de vapor saturado del agua a 15 °C es 12.8 mm Hg.
10. El peso de 5 kg de ropa lavada es de 6.8 kg. Si se pone a secar en un ambiente aislado de 60 m<sup>3</sup> a 30 °C y con una humedad relativa del 40%. ¿Se podrá secar completamente la ropa en estas condiciones? ( $p_{\text{vap-sat}} = 42.8$  mm Hg a 30 °C).
11. Una masa de aire que se extiende a una altura de 500m sobre un área de 10m<sup>2</sup> se encuentra a 15°C. Suponiendo que inicialmente la humedad relativa es del 100%, ¿cuántos cm de lluvia caerán si la temperatura del aire desciende a 10°C? La presión de vapor saturado del agua a 15°C y a 10°C, es de 12.8mmHg. y 9.2mmHg, respectivamente.

---

## Gas de Van der Waals (optativos)

12. Para el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) gaseoso, las constantes de la ecuación de Van der Waals son:  $a = 0.364 \text{ J m}^3/\text{mol}^2$  y  $b = 4.27 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{mol}$ .
- Si un mol de  $\text{CO}_2$  gaseoso a  $350 \text{ K}$  se confina a un volumen de  $400 \text{ cm}^3$ , calcule la presión del gas usando la ecuación del gas ideal y la de Van der Waals.
  - ¿Cuál ecuación da una presión menor? ¿Por qué? ¿Qué porcentaje de diferencia hay entre los dos resultados?
  - El gas se mantiene a la misma temperatura mientras se expande hasta un volumen de  $4000 \text{ cm}^3$ . Repita los cálculos de los incisos (a) y (b).
  - Explique por qué estos cálculos demuestran que la ecuación de Van der Waals es equivalente a la del gas ideal si  $n/V$  es pequeño.
13. **Aproximaciones sucesivas y la ecuación de Van der Waals.** En la ecuación del gas ideal, el número de moles por volumen  $n/V$  es igual a  $p/RT$ . En la ecuación de Van der Waals, despejar  $n/V$  en términos de  $p$  y  $T$  es un tanto más complicado.

- Demuestre que la ecuación de Van der Waals puede escribirse como

$$\frac{n}{V} = \left( \frac{p + a n^2/V^2}{RT} \right) \left( 1 - \frac{bn}{V} \right)$$

- Los parámetros de Van der Waals para el sulfuro de hidrógeno gaseoso ( $\text{H}_2\text{S}$ ) son  $a = 0.448 \text{ J m}^3/\text{mol}^2$  y  $b = 4.29 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{mol}$ . Determine el número de moles por volumen de  $\text{H}_2\text{S}$  gaseoso a  $127^\circ\text{C}$  y una presión de  $9.8 \times 10^5 \text{ Pa}$  como sigue:
  - Calcule una primera aproximación usando la ecuación del gas ideal  $n/V = p/(RT)$ .
  - Sustituya esta aproximación en el miembro derecho de la ecuación del inciso (a). El resultado es una aproximación mejorada de  $n/V$ .
  - Sustituya la nueva aproximación en el miembro derecho de la ecuación del inciso (a). El resultado es una aproximación todavía mejor de  $n/V$ .
  - Repita el paso (iii) hasta que aproximaciones sucesivas coincidan con el nivel de precisión deseado (por ejemplo, tres cifras significativas).
- Compare su resultado final del inciso (b) con el valor de  $p/(RT)$  obtenido usando la ecuación del gas ideal. ¿Qué resultado da un valor mayor de  $n/V$ ? ¿Por qué?

## Atmósfera terrestre (optativos)

14. Considere que la atmósfera terrestre puede pensarse como un gas ideal en reposo.
- Calcule la variación de la presión atmosférica con la altura, suponiendo que la temperatura de la atmósfera es  $0^\circ\text{C}$  en todos sus puntos. Ignore la variación de  $g$  con la altura. Grafique el resultado obtenido.  
*Ayuda:* a través de la ecuación de estado, vincule la densidad (molar) del gas con su presión y luego integre.
  - Usando que sobre el nivel del mar la presión atmosférica es  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ , calcule la presión en la cima del Aconcagua (altura de  $6962 \text{ m}$ ).
15. En la tropósfera, la parte de la atmósfera que se extiende desde la superficie hasta una altura aproximada de  $11 \text{ km}$ , la temperatura no es uniforme, sino que disminuye al aumentar la altura.

- 
- a) Demuestre que, si la variación de temperatura se aproxima con la relación lineal  $T(y) = T_0 - \alpha y$ , donde  $T_0$  es la temperatura terrestre, entonces la presión como función de la altura  $y$  resulta:

$$\ln\left(\frac{p}{p_0}\right) = \frac{Mg}{R\alpha} \ln\left(\frac{T - \alpha y}{T_0}\right)$$

donde  $p_0$  es la presión en la superficie terrestre y  $M$  es la masa molar del aire. El coeficiente  $\alpha$  se denomina razón de decaimiento de temperatura, y varía con las condiciones atmosféricas; un valor medio sería  $0.6^\circ\text{C}$  cada  $100\text{ m}$  (es decir,  $\alpha = 0.006^\circ\text{C/m}$ ).

- b) Demuestre que el resultado anterior se reduce al resultado del ejercicio anterior en el límite en el que  $\alpha \rightarrow 0$ . *Ayuda:* use que  $\ln(1 + x) \approx x$  si  $x \ll 1$ , .
- c) Con  $\alpha = 0.006^\circ\text{C/m}$ , calcule  $p$  en la cima del Aconcagua y compare su respuesta con el resultado del ejercicio 14. Tome  $T_0 = 288\text{ K}$  y  $p_0 = 1\text{ atm}$ .