

EXPERIMENTO 8

Gas ideal

Objetivos

- * Estudiar la relación entre la presión, el volumen y la temperatura de una muestra de aire.
- * Aprender a identificar datos no lineales y linealizarlos.
- * Estimar el cero absoluto de temperatura.
- * Estimar la densidad molar del aire.

Introducción

En esta práctica se tomarán datos de presión contra volumen, presión contra número de partículas y presión contra temperatura para muestras de aire. Con base en estos datos se determinarán las relaciones que existen entre estas variables. Por medio de ajustes lineales, se estimará experimentalmente el cero absoluto en grados centígrados y la densidad molar del aire.

Materiales

- * Calorímetro Phywe 04401.00 sin tapa
- * Beaker de plástico de 250 mL
- * Erlenmeyer de 100 mL
- * Jarra de plástico
- * Hielo picado
- * Jeringa graduada de 20 mL
- * Jeringa sin graduar
- * Tapón con manguera y llave
- * Sensor de presión de gas Vernier
- * Sensor de temperatura Vernier
- * Computador con LoggerPro
- * Interfaz LabQuest Stream
- * Soporte universal con varilla, pinzas y nuez
- * Horno microondas



Figura 8.1: Montaje Experimental

Teoría

El modelo del gas ideal es la manera más sencilla de describir el comportamiento de un gas. A pesar de su sencillez, describe bastante bien el comportamiento de muchos gases encontrados en la naturaleza. Entre los gases que se pueden modelar como ideales están el oxígeno (O_2), el nitrógeno (N_2), el dióxido de carbono (CO_2) y muchos gases nobles, lo que resulta muy conveniente ya que estos son los principales componentes del aire.

El modelo del gas ideal parte del supuesto que el gas está compuesto por pequeñas partículas cuyas interacciones entre sí son nulas o completamente elásticas. De este modo, la única interacción importante del gas es el choque con las paredes de su recipiente, lo que a escala macroscópica denominamos *presión* (P).

Los gases tienen la propiedad de ser poco densos y tienden a ocupar todo el espacio que les sea posible. A este espacio se le denomina *volumen* (V). Por otro lado, la *temperatura* (T) es una medida de la energía cinética de las partículas, en otras palabras, la rapidez con la se mueven en promedio. Estas tres cantidades mencionadas anteriormente son las variables que describen a un gas ideal por medio de la ecuación de los gases ideales:

$$PV = nRT. \quad (8.1)$$

En la ecuación (8.1), se relacionan las tres variables termodinámicas con el número de moles (n) y una constante (R) denominada la *constante de los gases ideales*, que toma el valor de $R = 8.314 \frac{J}{K \cdot mol}$.

Una consecuencia de la ecuación de gas ideal, es la posibilidad de determinar la densidad ρ de un gas conocido a partir de medidas de presión P y temperatura T . La definición de densidad es tal que

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (8.2)$$

siendo m la masa del gas y V su volumen. Usando la ecuación (8.1) podemos reescribir dicha relación como

$$\rho = m \frac{P}{nRT} = \frac{MP}{RT} \quad (8.3)$$

siendo $M = m/n$ la masa molar del gas, valor conocido si su composición química es conocida. En este experimento se usa como sustancia el aire cuya masa molar $M = 28.966 \text{ g/mol}$, por lo cual se podrá determinar su densidad a partir de medidas de P vs. T .

Cabe mencionar que la ecuación (8.1) funciona para un régimen de altas temperaturas y bajas presiones. Cuando las presiones son altas o las temperaturas bajas, la interacción entre las partículas comienza a ser importante y no se puede modelar con choques elásticos.

En física, muchas veces se usa la escala absoluta de temperatura, en lugar que la escala centígrada. La escala absoluta se mide en Kelvin (K) y va desde cero hasta infinito. El cero de la escala Kelvin se denomina cero absoluto, y es el punto de energía cinética nula de las partículas de un cuerpo. El cero absoluto tiene propiedades interesantes, ya que según las leyes de la termodinámica, un cuerpo nunca logrará bajar su temperatura hasta dicho punto. Se teoriza que en ese punto, el volumen y la presión de un cuerpo se vuelven cero. El cero absoluto corresponde en la escala centígrada a una temperatura de -273.15°C .

Precauciones

⚠ Advertencia: En esta práctica tiene que manipular agua cerca al punto de ebullición. Sea muy cuidadoso con usted y sus compañeros al transportar agua caliente del punto de calefacción a su puesto de trabajo, así como de no derramarla en su puesto de trabajo.


Nota: Evite a toda costa que los elementos electrónicos como el LabQuest Stream o el computador se mojen con el agua o el hielo usados durante la práctica.

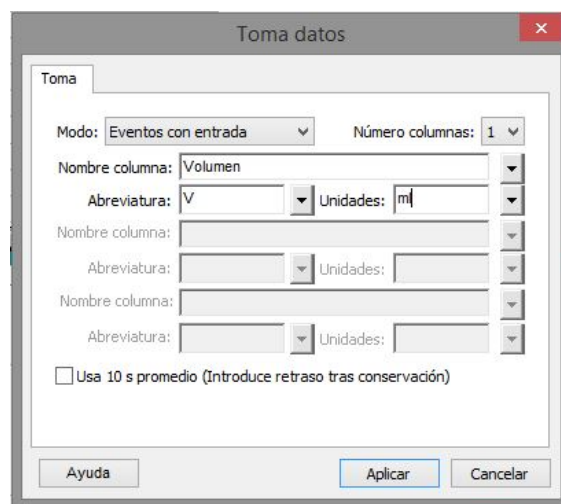
Procedimiento


Asegúrese de que en LoggerPro las unidades de presión sean kPa. Tómese un momento para verificar el valor de presión que arroja el sensor sin ningún montaje conectado. Ese será el valor de la presión atmosférica. Compárelo con el valor teórico de la presión atmosférica en Bogotá y evalúe si son similares.

Para su comodidad y eficiencia en la toma de datos, se sugiere que una persona del grupo manipule el montaje en cada caso (la jeringa, los recipientes, el agua), y la otra se encargue de tomar los datos en LoggerPro.


1. Presión vs. volumen

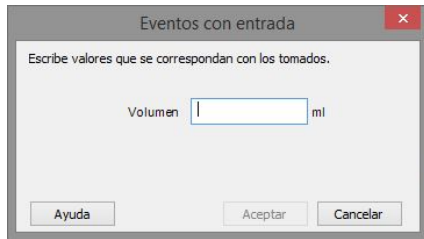
- * Verifique que la toma de datos se encuentra en modo **eventos con entrada**, presionando el botón **Toma datos**  y escogiendo esa opción en la pestaña **Modos**. Asígnele en esa misma ventana el nombre **Volumen** a la columna, abreviatura **V** y unidades de **mL**.





- * Ajuste la jeringa para que contenga un volumen de 10 mL y conéctela directamente en el sensor de presión. Asegúrese que la referencia de volumen en la jeringa sea la parte frontal del pistón. Es importante que no atornille la jeringa con demasiada fuerza, hágalo con justo la suficiente para que no haya fugas y así evitar daño en el dispositivo al retirarla. En este punto la presión arrojada por el sensor debería ser igual a la atmosférica.
- * En LoggerPro, cree una nueva gráfica en el menú **Insertar / Gráfica**. Configure los ejes para que se grafiquen los datos de presión contra volumen que irá tomando durante este montaje.
- * Presione en el botón **Tomar datos** . Empuje el pistón de la jeringa que marca inicialmente 10 mL hasta llegar a un valor de 4 mL. Es importante que al manipular la jeringa la sostenga con

ambas manos y no sostenga el sensor de presión en lo absoluto, ya que podría generar torsión innecesaria en la unión y romperla.



Espere unos segundos hasta que la presión mostrada por el sensor se estabilice y oprima el botón **Conservar** . Le aparecerá una ventana donde debe ingresar el valor de volumen en la jeringa en mililitros.




- * Paso seguido expanda el pistón de la jeringa en pasos de 2 mL, es decir pase de 4 mL hasta 6 mL. Capture el nuevo dato. Repita el procedimiento para 8 mL, 10 mL, punto donde debe empezar a halar el pistón para tomar datos en 12 mL, 14 mL y 16 mL.
- * Para finalizar la toma de datos presione el botón **Parar** .
- * Guarde los datos **Ctrl+L** y dé un nombre al conjunto de datos para diferenciarlos de los datos que se tomarán después. Al finalizar oprima  para seguir al siguiente montaje.

2. Presión vs. temperatura



Para este montaje, conecte el sensor de temperatura en una ranura desocupada del LabQuest Stream.

- * Tape el Erlenmeyer con el tapón y cierre la llave de entrada. Conecte la manguera al sensor de presión y ubique el Erlenmeyer dentro del calorímetro. Use la nuez con soporte para fijar el Erlenmeyer en esa posición de manera que al agregar el agua, este quede completamente sumergido.
- * Ubique la punta del sensor de temperatura en el calorímetro junto con el Erlenmeyer. Tome nota de la temperatura mostrada por el sensor. Esta será la temperatura ambiente.
- * En LoggerPro, cambie la configuración de toma de datos con el botón **Toma datos**  escogiendo la opción **Eventos seleccionados** en la pestaña **Modos**. Cree una nueva gráfica para que se grafiquen los datos de presión contra temperatura que irá tomando durante este montaje. Oprima el botón **Tomar datos** .
- * Llene el beaker de 250 mL de agua y caliéntelo en el microondas durante 3 minutos. Vierta el agua caliente en el calorímetro. La tempera-

tura mostrada debe ser de alrededor de 80°C y será la temperatura máxima. En este montaje se debe esperar un tiempo mayor para tomar los datos, ya que la temperatura arrojada por el sensor es la del agua, no la del aire dentro del Erlenmeyer, por lo que se debe esperar a que el sistema Erlenmeyer-agua llegue al equilibrio térmico. Cuando se equilibre el sistema oprima el botón **Conservar** .

- * Use la jeringa sin graduar para agregar agua fría al calorímetro de manera muy controlada para bajar la temperatura unos 10°C aproximadamente para tomar la siguiente medida.

Nota: la temperatura tarda un tiempo en equilibrarse, por lo que debe detener el flujo de agua fría unos 2°C o 3°C antes de llegar a la temperatura deseada. A medida que la temperatura vaya bajando, el cambio de la temperatura va a ser menos abrupto, y la adición del agua será más sencilla. En un punto va a ser necesario sacar un poco de agua tibia del calorímetro con la jeringa para agregar agua más fría.


- * Tome datos de presión cada 10°C aproximadamente hasta llegar a temperatura ambiente.
- * Para reducir la temperatura por debajo de la temperatura ambiente agregue hielo al calorímetro. Al igual que en el numeral anterior, hágalo cuidadosamente y dando tiempo al sistema para que se equilibre. Tome datos de presión cada 7°C o 5°C hasta llegar a 5°C aproximadamente. Si tiene tiempo, intente bajar a 2°C o menos.
- * Para finalizar la toma de datos presione el botón **Parar** . Dé un nombre al conjunto de datos. Al finalizar oprima  para seguir al análisis.

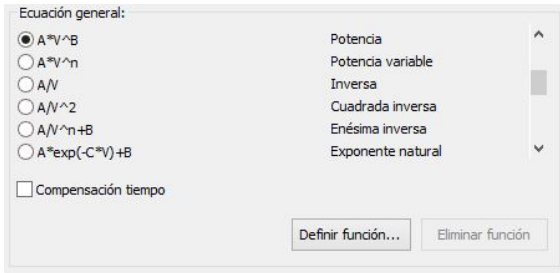
Análisis cualitativo

- * ¿Cómo se comporta la presión al aumentar el volumen y mantener la temperatura constante?
- * ¿Cómo se comporta la presión al aumentar la temperatura y mantener constante el volumen?
- * En la sección de teoría se mencionó que el modelo del gas ideal tiende a fallar para bajas temperaturas y altas presiones. ¿Cómo cree que difiere el volumen calculado con el modelo del gas ideal al volumen real cuando la presión es alta? (mayor, menor, no cambia). ¿Cómo cree que difiere la presión calculada con el modelo del gas ideal a la presión real cuando la temperatura es muy baja? (mayor, menor, no cambia). Justifique sus respuestas.

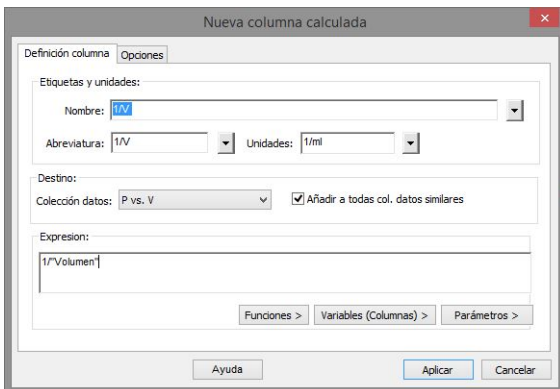
Análisis cuantitativo


1. Presión vs. volumen.

- * En la gráfica de presión contra volumen, use el botón **Ajuste de curva**  para ajustar una función a los datos. En la ventana que aparece busque un ajuste de potencia.




- * Pruebe el ajuste y presione aceptar si describe bien los datos. Este ajuste nos dará la relación que existe entre la presión y el volumen. ¿Qué puede decir del exponente calculado por el ajuste?
- * Como el ajuste no es lineal, debemos linealizar los datos y hacer una regresión lineal para determinar las constantes que modelan el comportamiento del gas. Para esto, vaya al menú **Datos** y seleccione **Nueva columna calculada**. escriba $1/V$ en nombre y abreviatura, y $1/\text{ml}$ en unidades. En destino seleccione de la pestaña **Colección de datos** la columna de datos de presión contra volumen. Escriba la expresión en la parte de abajo utilizando el botón **Variables** (**Columnas**) para seleccionar los datos de volumen y presione aceptar.



- * Cree una nueva gráfica de presión contra inverso del volumen y sobre esta haga un ajuste lineal con el botón . Halle la pendiente y su incertidumbre. ¿Qué significa la pendiente de esta curva?
- * Si supone una temperatura ambiente. ¿Cuántas moles de aire hay en la jeringa?

2. Presión vs. temperatura.

- * Sobre la gráfica de presión contra temperatura, haga un ajuste lineal con el botón . ¿Qué significa la pendiente de esta gráfica?
- * Si se escribe ecuación (8.3) como

$$P = \frac{R\rho}{M}T, \quad (8.4)$$

se puede estimar la densidad del aire con un ajuste lineal, calcule su valor e incertidumbre. Compare con el valor esperado para la densidad del aire. El valor esperado a 1Atm y 15°C es de

$$\rho_{\text{esperado}} = 1.225 \text{ kg/m}^3. \quad (8.5)$$

- * Haga una nueva gráfica de temperatura contra presión y obtenga su ajuste lineal.
- * Con los datos del ajuste lineal, estime la temperatura (en grados centígrados) del cero absoluto, es decir, el valor de T para el cual la presión sería 0 Pa. Compárela con el valor teórico y comente sus resultados.

Intente hacer un ajuste lineal seleccionando los mejores datos a su criterio para acercarse lo más que se pueda al valor teórico del cero absoluto. Esto se puede hacer moviendo a la derecha o a la izquierda los corchetes negros que determinan el intervalo de datos en la gráfica. ¿Qué datos descartó? ¿Por qué cree que tuvo que descartar esos datos?