

Explorar fenómenos.
Compartir ideas.
Mapas para el viaje de la ciencia en el aula.

En los zapatos de Boyle

Por **Matías Juárez**

Nivel: Secundaria básica (7-8-9)

Eje temático: Química

esta es una
Propuesta de

fenome
NAUTAS

Resumen

Analizamos un instrumento utilizado por Robert Boyle y diseñamos una experiencia en la que se pueda cuantificar el cambio de volumen que experimenta un gas ante un cambio de presión.

¿Por qué esta propuesta?

Acercar a los y las estudiantes a cómo surgieron las grandes ideas que hoy estudiamos es una forma de abordar la naturaleza de la ciencia en el aula. En esta propuesta planteamos la importancia que tuvieron las experiencias de tipo cuantitativo en los inicios de la química. En este sentido, diseñamos una experiencia para medir las variaciones de presión y volumen de los gases siguiendo los pasos de Robert Boyle.

Objetivos de esta propuesta

Que los y las estudiantes puedan:

- caracterizar la relación entre los cambios de presión y los de volumen de un gas
- identificar las características de las experiencias de tipo cuantitativo que marcaron un cambio en la forma de trabajo en ciencia
- diseñar una experiencia de tipo cuantitativo que les permita llegar a la misma conclusión a la que arribó Boyle

Preparación

1. Imprimir copias de los documentos para estudiantes (individuales o por grupos).
2. Para la experiencia, cada grupo necesita una jeringa descartable de 60 mililitros sin aguja y cuerpos de masas similares; por ejemplo, libros (es recomendable medir la masa de cada uno con una balanza).

Contenidos conceptuales

- Comportamiento de los gases
- Relación entre la presión y el volumen de los gases

Herramientas de pensamiento

- Análisis e interpretación de resultados
- Diseño experimental

Naturaleza de la ciencia

- Cuantificación y uso de matemática

Bibliografía

- Asimov, I. (1975). La transición. En *Breve historia de la química. Introducción a las ideas y conceptos de la química* (pp. 24-31). Alianza Editorial.
- Gellon, G., Rosenvasser Feher, E., Furman, M., y Golombek, D. (2018). *La ciencia en el aula. Lo que nos dice la ciencia sobre cómo enseñarla* (Col. Educación que Aprende). Siglo XXI Argentina.
- Miralles Conesa, L. (2003). Compleja historia de la formulación de la Ley de Boyle. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, (17), 37-53.

Créditos

Revisada por Agustín Pizarro. Edición: Sofía Inés Martínez.

Diagramación y carga: Jimena Godoy. Corrección: Juan Amitrano. Imagen de portada: Wellcome Images CC-BY-4.0.

1

Leemos sobre los inicios de la química

- Lean la viñeta histórica introductoria y resuelvan las actividades propuestas.

Recursos de esta actividad

- Hoja para estudiantes: “Primeros pasos en la medición de los gases”

Encontrás los recursos de esta actividad en la [página del sitio](#).

Pautas para docentes

En esta primera parte, presentamos a Robert Boyle y ponemos en evidencia cómo las técnicas cuantitativas comenzaron a cambiar la forma de hacer ciencia. A partir de una actividad introductoria, damos cuenta de la importancia de la medición en ciencia y de cómo las experiencias de laboratorio marcaron un antes y un después en el estudio de la química.

Proponemos leer el texto “Primeros pasos en la medición de los gases” dos o tres veces: la primera lectura puede ser con toda la clase y las siguientes, de forma individual. Es importante detenernos en aquellos párrafos que consideremos importantes según las necesidades de los y las estudiantes. Luego de esta actividad, recomendamos hacer una puesta en común para registrar lo que los chicos y las chicas hayan comprendido.

2

Analizamos un dispositivo experimental

- Lean el texto en el que se describe una de las experiencias realizadas por Robert Boyle y resuelvan las actividades.

Recursos de esta actividad

- Hoja para estudiantes: “Instrumentos simples para leyes fundamentales”

Encontrás los recursos de esta actividad en la [página del sitio](#).

Pautas para docentes

Luego de reconocer la medición cuantitativa como una revolución en la ciencia, invitamos a los y las estudiantes a comprender en detalle las características de uno de los trabajos realizados por Boyle.

La descripción de la experiencia se complementa con una imagen del instrumento utilizado. Con base en esta información, guiamos a los y las estudiantes en la interpretación del procedimiento experimental y las mediciones llevadas a cabo por Boyle. A partir de esta actividad, esperamos que los y las estudiantes puedan también constatar que muchas de las grandes leyes universales de la naturaleza fueron deducidas mediante instrumentos muy simples, con mucha creatividad y poder de observación.

3

Diseñamos un experimento

- En lugar de usar un tubo de vidrio en U con mercurio, utilicen una jeringa descartable y diseñen una experiencia similar a la realizada por Boyle. ¿Cómo harían para que fuese una experiencia cuantitativa?
- Lleven a cabo la experiencia diseñada y registren los datos.

Recursos de esta actividad

- Hoja para estudiantes: “Hora de experimentar”

Encontrás los recursos de esta actividad en la página del sitio.

Pautas para docentes

En esta actividad, invitamos a los y las estudiantes a diseñar una experiencia similar a la de Boyle. Es muy común utilizar una jeringa para observar la compresión de los gases, pero el desafío que se presenta en este caso es cómo diseñar una experiencia que sea cuantitativa.

Medir el volumen del gas es fácil si la jeringa es graduada, pero ¿cómo podemos medir la presión externa? Podemos orientar a los y las estudiantes preguntando: “¿Qué podrían utilizar para aplicar distintas fuerzas conocidas sobre el émbolo de la jeringa?”. En este sentido, podemos sugerir el uso de cuerpos con masas similares (idealmente, iguales), como libros de una colección o vasos con arena, entre otros. En la “Guía de respuestas y recursos adicionales”, al final de este documento, se presenta una tabla de resultados a modo de referencia.

Es importante poner atención para intervenir en caso de ser necesario; por ejemplo, para encerrar cierta cantidad de aire dentro de la jeringa se puede sellar el pico de esta con calor controlando que el émbolo esté en la marca de volumen máximo. Asimismo, recomendamos que utilicen una balanza para medir la masa de los cuerpos utilizados para ejercer presión sobre el émbolo.

4

Analizamos datos del trabajo original de Boyle

- Analicen los datos originales de la experiencia realizada por Robert Boyle y resuelvan las actividades. Tengan en cuenta la descripción del instrumento que analizaron en la actividad “Instrumentos simples para leyes fundamentales”.

Recursos de esta actividad

- Hoja para estudiantes: “Los datos de Boyle”
- Hoja para estudiantes: “Instrumentos simples para leyes fundamentales”

Encontrás los recursos de esta actividad en la página del sitio.

Pautas para docentes

Como actividad de cierre, los y las estudiantes analizan los datos originales de la experiencia de Boyle. Para esto, es necesario retomar el esquema del instrumento descrito y analizado en la actividad 2 de esta propuesta, de modo de que los chicos y las chicas puedan interpretar los datos de cada columna de la tabla de resultados original de Boyle. Esperamos que puedan establecer la relación entre el volumen y la presión del aire a partir de los valores de la tabla.

Guiamos el análisis para que los y las estudiantes puedan llegar a la conclusión de que hay una proporción que se cumple al aumentar o disminuir las variables analizadas. Los chicos y las chicas indagan acerca del producto de la presión por el volumen, que corresponde a un valor constante, aunque no sea exactamente igual en todos los casos, debido a errores propios de los instrumentos de medición. Podemos complementar la explicación indicando que, cuando se cumple esa condición, significa que las variables son inversamente proporcionales. Asimismo, invitamos a los y las estudiantes a comparar los datos que registraron en su propia experiencia y a cotejar si los conducen a las mismas conclusiones.

Guía de respuestas y recursos adicionales

Primeros pasos en la medición de los gases

1. Escriban tres ideas con la información del texto que más les haya llamado la atención. Procuren hacerlo luego de la lectura y sin mirar el texto.

Actividad de resolución por parte de los y las estudiantes.

2. Comparen sus ideas con las de un compañero o una compañera: ¿en qué coinciden?

Actividad de resolución por parte de los y las estudiantes.

3. ¿A qué hace referencia la expresión “la futura revolución química” de la que se habla en el texto?

“La futura revolución química” hace referencia al cambio que se generó en la forma de experimentar al incorporar técnicas matemáticas y mediciones.

4. ¿Por qué creen que era importante aplicar mediciones y técnicas matemáticas en los trabajos experimentales?

Se espera que los y las estudiantes puedan hacer referencia a que las mediciones y las técnicas matemáticas comenzaron a significar un cambio en la forma de experimentar al posibilitar un mejor análisis de los fenómenos y mayor rigurosidad en los resultados.

Instrumentos simples para leyes fundamentales

Lean la viñeta fenomenal “Un tubo curvo para medir la presión”, en la que se describe una de las experiencias realizadas por Robert Boyle, y resuelvan las actividades a continuación.

1. ¿Consideran que fue una experiencia con fundamentos cuantitativos o cualitativos? ¿Por qué?

Sí, fue una experiencia con fundamentos cuantitativos porque las observaciones del experimento se basaron en mediciones de presión y volumen del aire confinado en el tubo de vidrio en forma de U.

2. ¿Cuál es la presión inicial del aire contenido en el brazo sellado?

La presión inicial del aire contenido en el brazo sellado es la presión atmosférica (en condiciones normales a nivel del mar, 760 mm de mercurio, que equivale a unas 29 pulgadas).

3. ¿Qué variables entran en juego en esta experiencia? Tengan en cuenta qué factores varían en cada uno de los brazos del dispositivo.

El volumen y la presión del aire contenido en el brazo sellado, que se mide a partir de la presión ejercida por la altura de la columna de mercurio.

4. ¿Qué se imaginan que registró Boyle cuando realizó esta experiencia? ¿Por qué es indispensable llevar un registro de las observaciones al realizar una experiencia?

Registró la altura de mercurio del brazo más largo del tubo de vidrio para cuantificar la presión y la altura del aire confinado en el brazo más corto para medir el volumen. Además, dejó un registro de los materiales que utilizó para armar el dispositivo. El registro metódico y cuidadoso de los materiales, la metodología y los resultados de un experimento permiten que la experiencia pueda ser replicada en otros momentos y por otras personas. Además, hace que los resultados sean de contrastación válida, es decir, puedan ser comparados con los resultados obtenidos en experimentos similares.

5. ¿Qué otra información consideran que podría haber registrado por si en algún momento fuera necesario repetir la experiencia y contrastar los resultados? ¿Por qué?

Esta pregunta es abierta. Se espera que los y las estudiantes hagan referencia a la importancia de considerar el contexto y las condiciones en las que se realizó la experiencia; por ejemplo, si se realizó en un lugar abierto o cerrado o las condiciones climáticas de ese día, entre otras.

6. ¿Qué pregunta pudo responder Boyle al realizar esta experiencia?

Las preguntas que pudo responder Boyle con esta experiencia fueron: ¿cuánto se modifica el volumen de un gas frente a un cambio de presión?, o ¿cómo se modifica el volumen de un gas frente a un cambio de presión?

Hora de experimentar

En lugar de usar un tubo de vidrio en U con mercurio, utilicen una jeringa descartable y diseñen una experiencia similar a la realizada por Boyle.

Diseñamos el experimento

La **pregunta** que queremos responder es: ¿cómo se modifica el volumen de un gas al cambiar la presión?

Hipótesis (una respuesta posible a la pregunta experimental)

Algunas hipótesis que los chicos y las chicas pueden formular son las siguientes.

- Si la presión aumenta, el volumen se reduce.

- Al aumentar la presión, el volumen no se modifica.
- Si aumenta la presión, el volumen se incrementa.

Predicciones (¿qué esperamos que ocurra en nuestro experimento si la hipótesis resulta correcta?)

Si nuestra hipótesis experimental fue “Si la presión aumenta, el volumen se reduce”, entonces una predicción posible es: “Al colocar más peso sobre el émbolo de la jeringa y aumentar la presión, el volumen del gas contenido en la jeringa va a disminuir”.

Algunas sugerencias para la experiencia

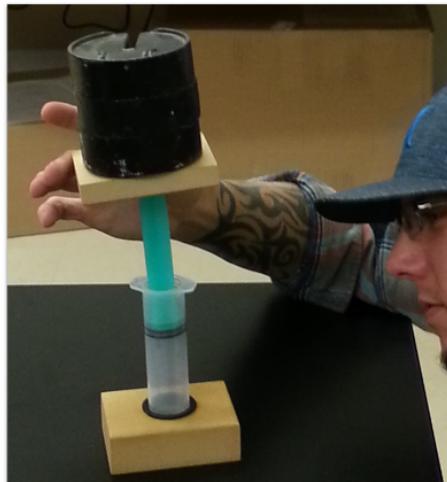
1. Para encerrar cierta cantidad de aire dentro de la jeringa, sellen el orificio del pico con calor. Procuren que, al hacerlo, el émbolo se encuentre en la marca de volumen máximo de la jeringa.

Debemos sellar el pico de la jeringa derritiendo un poco el plástico o con algún tapón que resista los cambios de presión.

2. Busquen una forma que les permita modificar y cuantificar la presión ejercida sobre el aire encerrado. ¿Qué elementos pueden usar para ejercer presión sobre el émbolo? ¿Cómo pueden medir o inferir la presión ejercida?

Funciona bien si la jeringa se utiliza en posición vertical y con el émbolo hacia arriba (se puede utilizar un soporte para dejarla fija). De esta forma, se puede modificar la presión agregando cuerpos de masa conocida sobre el émbolo.

En la imagen se muestra de manera ilustrativa una posible forma de poner en práctica la experiencia.



3. No se olviden de medir el volumen del aire encerrado en los distintos cambios de presión externa. Usen las marcas de la jeringa graduada o incorporen su propia “regla”.

Como se utiliza una jeringa graduada, la unidad de volumen de aire puede ser mililitros.

Si la presión sobre el émbolo de la jeringa se modifica agregando cuerpos iguales —por ejemplo, libros similares—, se los puede considerar como unidad (un libro, dos libros, etcétera). Otra opción es inferir la presión según el peso del elemento que se agregue; por ejemplo, podemos colocar una bandeja o recipiente sobre el émbolo en el que se vayan agregando cantidades conocidas (en kilogramos) de arena o agua.

4. Registren los datos en una tabla similar a la siguiente.

Como referencia se muestran los valores obtenidos usando una jeringa descartable de 60 ml y libras para ejercer presión sobre el émbolo.

Volumen del aire (medido en ml)	Presión (medida en libras, cada libra pesa aprox. 1 kg)
60	0
56	1
53	2
47	3
43	4

Conclusiones (¿qué información brindan los datos registrados?)

Según los datos registrados, se observa que el volumen disminuye cuando se agrega más peso sobre el émbolo de la jeringa, es decir, cuando se ejerce mayor presión.

Los datos de Boyle

Analicen los datos originales de la experiencia realizada por Robert Boyle que se muestran en la viñeta fenomenal “El cuaderno de Boyle”. Tengan en cuenta la descripción del instrumento que analizaron en la actividad “Instrumentos simples para leyes fundamentales”.

1. ¿Tiene sentido que el volumen y la presión estén en las mismas unidades? Observen nuevamente el dispositivo empleado por Boyle y expliquen por qué.

Sí, tiene sentido en el instrumento utilizado por Boyle, dado que cuantificó el volumen del aire midiendo la longitud que este ocupaba en el brazo más corto del tubo y cuantificó la presión midiendo el largo de la columna de mercurio en el brazo largo del tubo. En ambos casos, las longitudes estuvieron expresadas en pulgadas.

2. ¿Cómo varían los valores de presión total cuando el volumen se reduce a la mitad (por ejemplo, desde 12 hasta 6 unidades, desde 10 hasta 5 unidades, etcétera)?

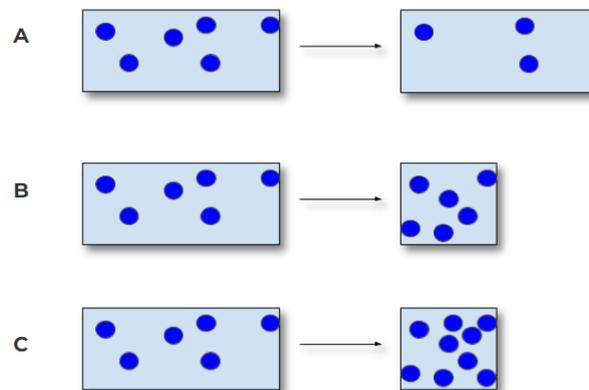
Cuando el volumen se reduce a la mitad, la presión aumenta aproximadamente al doble.

3. Analicen los datos que obtuvieron en la experiencia que diseñaron en la actividad anterior. ¿Con qué columnas de la tabla de Boyle se corresponden? ¿En qué aspecto coinciden con las observaciones de Boyle?

Los resultados de las observaciones realizadas por los y las estudiantes corresponden a las columnas "volumen del aire" (medido en unidades distintas a la pulgada, como mililitros) y "presión experimental" (medida en unidades diferentes a la pulgada, como kilogramos). En la experiencia de los chicos y las chicas no se tuvo en cuenta la presión atmosférica como un factor que se agrega para calcular la "presión total". Estas diferencias hacen que no sea posible establecer una relación constante entre ambas variables, como sucede al analizar la presión total y el volumen a partir de los resultados de Boyle.

Esperamos que los y las estudiantes reconozcan que arribaron a resultados similares a los obtenidos por Boyle, puesto que, a mayor presión ejercida sobre el émbolo de la jeringa, menor es el volumen del aire encerrado.

4. En los siguientes esquemas, las bolitas azules representan el aire contenido en la jeringa. ¿Cuál de los esquemas representa de manera adecuada el momento inicial de la experiencia y una etapa posterior, luego de la compresión? Justifiquen su elección.



El esquema que representa correctamente lo que ocurre con el volumen y la presión durante la compresión del aire en la jeringa es el B, puesto que la masa se mantiene constante en ambas instancias. En el esquema B se observa que la cantidad de aire es la misma desde el inicio hasta el final de la experiencia; lo que varía es el volumen que este ocupa y, en consecuencia, la presión que ejerce contra las paredes del recipiente que lo contiene.

5. Agreguen una columna en la tabla y anoten el resultado de multiplicar los valores de presión total y volumen ($P \cdot V$) para cada instancia de la experiencia realizada por Boyle. ¿Qué observan? ¿Qué implica este resultado?

El producto de multiplicar P por V da valores similares; en este caso, aproximadamente 350. Que el producto de sendas variables sea constante implica que la relación entre ambas es inversamente proporcional. Asimismo, esta deducción hace posible el cálculo de una de las variables en caso de que sea una incógnita.

6. Pónganse en los zapatos de Boyle y elaboren una conclusión a partir de los datos de la experiencia que él mismo realizó.

Cuando Boyle analizó sus datos, pudo haber concluido que, a mayor presión ejercida por la columna de mercurio, menor es el volumen del gas encerrado.