

Breve historia del vacío

Javier Gómez Esteban*

Introducción

Todo el mundo se ha cruzado alguna vez en su vida con el concepto de vacío. Aparentemente, éste es simple: ausencia de cualquier cosa. Y en esa misma definición habita la trampa. Lo que supuestamente es un concepto que apenas ofrece discusión, puede llevarnos a largas tardes de entretenida tertulia. Acerquémonos a una breve historia del vacío.

Breve historia del vacío

Aristóteles fue una de las primeras personas que argumentó en relación con la existencia del vacío. Él era contrario a su presencia arguyendo sobre la imposibilidad de que algún espacio estuviera vacío. Dicha disertación aparece en el libro IV de su *Física*. Así, algunos fenómenos como la dificultad en despegar una ventosa, o separar las partes de un fuelle del que se ha expulsado el aire, se interpretaban como la tendencia que presentaba la naturaleza a no quedarse sin aire en ningún lugar: principio del *horror vacui* o *natura abhorret vacuum*, la naturaleza aborrece el vacío.

Pero en 1643, Evangelista Torricelli realizó un experimento que tiró por tierra el pensamiento predominante hasta la fecha. Éste, llenó totalmente un tubo de vidrio con mercurio tapando su orificio. Posteriormente lo volcó sobre una cubeta también repleta de mercurio. Observó, entonces, como el mercurio del tubo descendía una cierta altura. Esto le permitió tres cosas: por un lado pudo calcular la presión atmosférica, por otro demostró la facilidad para generar el vacío y por último le consintió explicar que los efectos atribuidos al *horror vacui* eran debidos en realidad a la presión del aire. Poco a poco la tesis de Torricelli fue ganando adeptos y se impuso, realizándose multitud de experimentos que se diseñaron para confirmar la existencia del vacío.

Así, es famosa la exhibición datada en 1654 de las esferas de Magdeburgo, realizada por Otto von Guericke quien, tras construir la primera bomba de vacío, extrajo el aire contenido entre dos hemisferios de cobre y mostró como la fuerza de 16 caballos de tiro era insuficiente para separarlas. Durante los años

* Licenciado en a en ... i profesora de l'IES Francesc Ribalta.

posteriores, se fue experimentando con el vacío para estudiar sus propiedades tales como la incapacidad para transmitir las ondas longitudinales sonoras.

Llegado el siglo XIX el concepto de vacío adquirió nuevos y sutiles matices. Para ilustrarlo hagamos un experimento imaginario. Supongamos que disponemos de un cilindro hueco en cuyo interior podemos desplazar un émbolo que se ajusta a él herméticamente. Si inicialmente éste estuviera situado adosado a la base del cilindro y estiráramos de él, dejaría tras de sí un hueco en el que evidentemente existiría el vacío. Al soltar el émbolo, de nuevo se adheriría a la base del cilindro por efecto de la presión atmosférica. Pero curiosamente, si no lo soltáramos muy rápidamente, sino que esperaríamos unos instantes, comprobaríamos como el émbolo se retiraría hacia la base dejando un hueco entre ésta y él. Por tanto, algo habría entrado en el interior del cilindro. Según los físicos del siglo XIX, dicho espacio estaría ocupado por radiación térmica procedente de las paredes del cilindro. Dicha radiación es isótropa y homogénea, y se desenvuelve frente a la compresión como lo hacen los gases, es decir, aumentando su presión y temperatura.

En el último cuarto de siglo pasado, se desarrolló la conocida ley de Stefan-Boltzman que nos decía que la intensidad de radiación térmica (o dicho en otras palabras, la energía por unidad de volumen) es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura absoluta. De este modo, si la temperatura absoluta se hacía nula, la intensidad de radiación térmica también valdría cero. Se concluía de aquí que en el hipotético caso de alcanzar el cero absoluto, tampoco existiría radiación térmica, con lo que el vacío a esta temperatura no sólo se encontraría exento de materia, sino también de radiación térmica.

A mediados del siglo XX, un investigador de la compañía Philips, llamado Hendrik Casimir propuso un experimento para averiguar la fuerza con que se atraerían dos placas conductoras descargadas en el vacío. Su experimento se basaba en el hecho de que en ausencia de fuerzas electrostáticas en el espacio vacío solamente habría ondas electromagnéticas, las cuales transmitirían parte de su momento a las placas. Dado que estas ondas chocarían en ambos lados de las placas, la fuerza ejercida por ellas tenderían a anularse, quedando una fuerza residual que sería proporcional al tamaño de las placas, dependería de la distancia entre ambas y del espectro de la radiación circundante. A esto se le conoce como *Efecto Casimir*. Es evidente que para que estos argumentos fueran coherentes con los que se dedujeron a finales del siglo XIX, a medida que descendiera la temperatura absoluta, también lo debía hacer la fuerza residual hasta desaparecer una vez se alcanzara el cero.

En 1958, el holandés Marcus Sparnaay realizó experimentos para estudiar el efecto Casimir. Su sorpresa fue que la fuerza residual no tendía a cero al disminuir la temperatura, sino que se observaba la existencia de una fuerza mínima, la cual no se podía disminuir más aún cuando se redujera la temperatura.

Estos resultados condujeron a una nueva modificación del concepto de vacío adoptado en el siglo anterior. El efecto Casimir obligaba a concluir que no existía el vacío absoluto. Lo máximo a que se podía tender en una región del espacio era a

vaciarlo de todo salvo de esa radiación residual que se denominó *radiación del punto cero*.

No obstante surge un aparente problema en relación con el experimento del émbolo. Si no podemos ignorar nunca esta radiación del punto cero, ¿porqué al soltar rápidamente el émbolo éste vuelve a contactar con el fondo del cilindro?. La explicación radica en las características de dicha radiación. Ésta es homogénea e isotrópica y además insensible a la compresión.

A modo de resumen

Los antiguos no concebían la existencia de una región del espacio en la que permaneciera un vacío absoluto (libre de 'todo'). Posteriormente, el experimento de Torricelli demostró la posibilidad real de 'vaciar' de materia un determinado espacio aunque condujo a una definición de vacío absoluto errónea ya que no incluía la existencia de radiación térmica. En el siglo XIX se constató la presencia de dicha radiación y se pronosticó la posibilidad de obtener el vacío absoluto (libre incluso de radiación térmica) si se lograba alcanzar el cero absoluto. Por último, el efecto Casimir acabó de transformar el concepto de vacío, dejándolo en un punto tal que éste se definiría como aquella región del espacio en que únicamente sobreviviría la radiación del punto cero.

Algunos experimentos caseros para 'notar' la presión atmosférica.

Con objeto de poder experimentar la atmósfera que nos rodea, se presentan a continuación un par de experimentos muy sencillos que hacen evidente su presencia.

El papel de periódico mágico.

Este primer experimento consiste en colocar una regla de plástico en el borde de una mesa sobresaliendo aproximadamente su mitad. Si sobre esta mitad dejamos caer un objeto no muy pesado (por ejemplo un trozo de tiza o una pequeña goma de borrar) observaremos como la regla cae irremediamente de la mesa.

Si ahora realizamos el mismo experimento, pero sobre la mitad de la regla situada en la mesa colocamos una liviana hoja de papel de periódico totalmente extendida, comprobaremos como en esta ocasión la regla no se precipita. La explicación evidentemente se encuentra en la presión atmosférica que ejerce una fuerza tal sobre el papel (y por tanto sobre la regla) que impide su caída.

La botella arrugada.

En esta ocasión nos haremos con una simple botella de plástico flexible del tipo de las que se emplean para bebidas refrescantes que podemos encontrar en cualquier establecimiento de comestibles. Calentaremos agua hasta aproximadamente su ebullición y llenaremos alrededor de la mitad de la botella. Dejaremos que salga un poco de vapor y cerraremos la botella, permitiendo que se enfríe. A medida que baje la temperatura, comprobaremos como el recipiente se va arrugando paulatinamente. En este caso la razón de dicho encogimiento estriba en dos causas. Por un lado, el vapor que ha salido de la botella habrá empujado parte del aire que quedaba en la mitad vacía y por otro lado, el enfriamiento produce una condensación del vapor pasando a fase líquida. Ambas circunstancias hacen que la presión en el interior de la botella sea inferior a la atmosférica y conduce a su aplastamiento.

Bibliografía

- A. Ribas Massana, Biografía del vacío. Su historia científica y filosófica desde la Antigüedad a la Edad Moderna, Destino, Barcelona, 1997.
- Ch. Webster, De Paracelso a Newton: la magia en la creación de la ciencia moderna, FCE, México, 1988.
- E. Grant, Much ado about nothing. Theories of space and vacuum from the Middle Ages to the Scientific Revolution, Cambridge Univ. Press, 1981.
- F. Chen y U. Mohideen, 2002, Demonstration of the lateral Casimir force Phys. Rev. Lett. 88 101801
- K. A. Milton, 2001, The Casimir Effect: Physical Manifestations of Zero-point Energy (World Scientific, Singapore)
- Th. E. Madey & W. C. Brown (eds.), History of Vacuum Science and Technology, American Institute of Physics, New York, 1983.