



## PREMIOS NOBEL

## EFECTO TÚNEL

## EL PREMIO NOBEL DE FÍSICA 2025

GERARDO HERRERA CORRAL

**E**ste año se reconoce a lo observación experimental del efecto túnel de la mecánica cuántica y se enfatiza que se trata de un fenómeno macroscópico de la teoría que describe al mundo microscópico.

Para los que nos dedicamos al estudio de la Mecánica Cuántica resulta difícil no recordar a George Gamow. Fue él quien en 1928 puso de relieve esta cualidad de la recién nacida teoría. Explicó el decaimiento alfa de los núcleos inestables y describió sus características confrontando con datos.

En la presentación oficial del comité Nobel se mencionó al decaimiento alfa pero no se

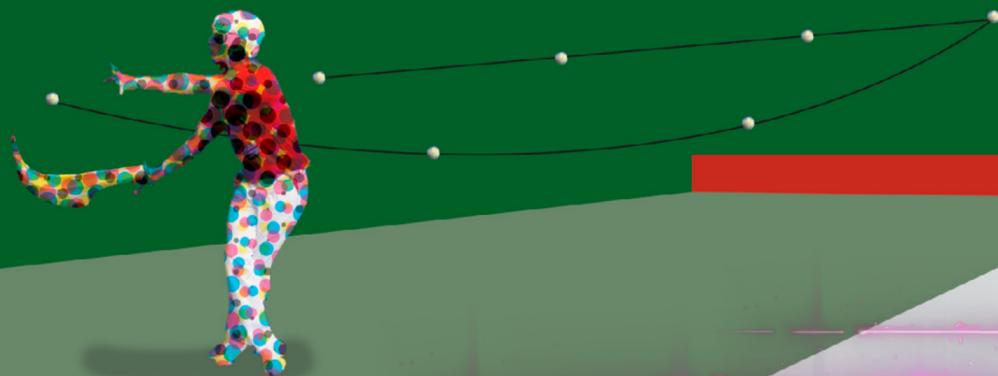
mencionó al inmigrante ruso en los Estados Unidos: George Gamow, que siempre estuvo al margen del galardón.

Ya antes se reconoció a la propuesta teórica en la que Brian Josephson ideó la posibilidad de observar tunelamiento cuántico y, por esa propuesta teórica recibió el Nobel en 1973 - el planteamiento había sido confirmado por Philip Anderson y John Rowell -. La observación experimental fue realizada en los años ochenta por los que serán galardonados en diciembre de este año -.

John Clarke, Michel H. Devoret y John M. Martinis recibirán el Premio Nobel por sus experimentos con un circuito eléctrico, en el que mostraron como los electrones atraviesan una barrera y muestran los niveles de energía cuantizados. Todo esto se puede observar en "un sistema que es suficientemente grande como para sostenerlo en la mano", dice el comunicado.

*En el frontón la pelota rebota y nunca vemos que atravesase la pared para no regresar al terreno de juego. Que la pelota cruce la pared es imposible en el mundo en que vivimos.*

*Lo curioso es que en el dominio de lo pequeño eso pasa de vez en cuando. Los electrones cruzan la barrera al otro lado y es posible medir la corriente eléctrica que eso ocasiona. Esto es el efecto túnel.*



En 1984 y 1985, John Clarke, Michel H. Devoret y John M. Martinis realizaron una serie de experimentos con un circuito electrónico construido con materiales superconductores, - estos son materiales que al ser enfriados conducen electricidad sin resistencia -. En el circuito, los componentes superconductores fueron separados por una fina capa de material no conductor, una configuración conocida como unión Josephson en memoria de su proponente.

En términos clásicos el montaje no debería conducir electricidad toda vez que el circuito ha sido interrumpido por una aislante que impide el paso de los electrones. Es como colocar una pared. En el frontón la pelota rebota y nunca vemos que atravesase la pared para no regresar al terreno de juego. Que la pelota cruce la pared es imposible en el mundo en que vivimos.

Lo curioso es que en el dominio de lo pequeño eso pasa de vez en cuando. Los electrones cruzan la barrera al otro lado y es posible medir la corriente eléctrica que eso ocasiona. Esto es el efecto túnel.

Al refinar y medir las diversas propiedades del circuito, los investigadores pudieron controlar y explorar los fenómenos que surgen al pasar la corriente eléctrica a través de él. En conjunto, las partículas cargadas que se mueven a través del superconductor forman un sistema que se comporta como si fueran una sola partícula que ocupa todo el circuito y eso confirma los modelos que explican toda la fenomenología.

El Nobel de Física 2025 representa una gran elección del comité. Nos lleva a recordar a uno de los olvidados por los reconocimientos Nobel en Física: George Gamow. Él fue quien primero señaló la consecuencia espectacular de la nueva teoría con datos reales. Tuvo la agudeza de explicar el fenómeno radiactivo y mostró que el efecto túnel ocurre en la naturaleza.

Los laureados Nobel de este año lo fabricaron en el laboratorio, George Gamow lo vio en las partículas alfa que escapan de los núcleos atómicos inestables.

Hay átomos como el telurio 106 que son radiactivos, es decir, se desintegran emitiendo partículas alfa - las partículas alfa son agregados de dos protones y dos neutrones, i.e. núcleos de helio -

Uno puede pensar que las partículas alfa se encuentran en los núcleos de átomos como el telurio y que no podrían atravesar las paredes que los aprisionan si no fuera porque la mecánica cuántica permite el tunelamiento. George Gamow consideró que eso podría ocurrir y explicó así el fenómeno radiactivo y calculó el tiempo de vida de los átomos que se desintegran. Esta fue la primera observación del efecto y puede ser considerado también como un fenómeno macroscópico porque vemos como el Uranio se transforma en Torio, como el polonio se desintegra en plomo y como el radio decae.

Un año antes que Gamow estudiara el decaimiento alfa Friedrich Hund había explorado el efecto túnel en el espectro de moléculas a un nivel teórico.

A la fecha se han otorgado ya varios premios Nobel por el efecto túnel que ha sido investigado en semiconductores y superconductores; y que ha derivado en aparatos de investigación como la microscopía de tunelamiento. El fenómeno también es crucial para entender la formación de elementos en las estrellas y debe haber jugado un papel importante en el origen del universo.

*A la fecha se han otorgado ya varios premios Nobel por el efecto túnel que ha sido investigado en semiconductores y superconductores; y que ha derivado en aparatos de investigación como la microscopía de tunelamiento. El fenómeno también es crucial para entender la formación de elementos en las estrellas y debe haber jugado un papel importante en el origen del universo.*

## LA CRONOLOGÍA INCOMPLETA DEL PREMIO NOBEL DE FÍSICA 2025

- 1927** Primeras ideas del físico alemán Friedrich Hund, quien postuló la posibilidad teórica del efecto túnel mientras estudiaba la interacción entre moléculas y la luz.
- 1928** George Gamow hace uso del efecto túnel para explicar el decaimiento alfa de núcleos inestables.
- 1932** Aplicación en el amoníaco. El físico George Uhlenbeck investigó el efecto túnel en moléculas de amoníaco, lo cual llevó a la observación de la primera transición de microondas en espectroscopia y al desarrollo de los máseres.
- 1957** Leo Esaki inventó el diodo túnel, que utiliza la tunelización cuántica para permitir que los electrones pasen a través de una unión semiconductor muy delgada.
- 1960** Ivar Giaever proporcionó evidencia experimental de la brecha energética en los superconductores al observar tunelamiento de electrones.
- 1962** Brian Josephson predijo el que se llamaría efecto Josephson, según el cual una corriente eléctrica puede fluir entre dos elementos de material superconductor separados por una delgada capa de materia aislante sin sufrir resistencia eléctrica alguna, pese a estar atravesando una capa de material no-superconductor.
- 1981** El microscopio de efecto túnel, desarrollado por Gerd Binnig y Heinrich Rohrer, que permite obtener imágenes de resolución atómica al aprovechar la corriente de túnel entre una punta conductora extremadamente afilada y la superficie de la muestra.
- 1985** Gran avance cuando John R. F. Clarke con su estudiante John M. Martinis y Michel J. Devoret (su posdoc) demostraron el fenómeno previsto por Josephson en un circuito eléctrico superconductor de un centímetro de tamaño, con miles de millones de pares de Cooper.

La mecánica cuántica es famosa por lo extraño de los fenómenos que predice. Es una teoría contraintuitiva y de difícil comprensión. Entre otros muchos, los dos fenómenos más extremos de la teoría son: el entrelazamiento cuántico y el efecto túnel; de estos dos, el tunelamiento cuántico es, sin duda, el más común y el más útil en los dispositivos de la electrónica moderna.

De manera tal que, el premio Nobel de este año, tiene una conexión indudable y abundante con nuestro bienestar.



**\*GERARDO HERRERA CORRAL**  
Físico de la Universidad de Dortmund y del Cinvestav, es líder de los latinoamericanos en el CERN. Ha escrito diversos libros, entre ellos Dimensión desconocida. El hiperespacio y la física moderna (Taurus, 2023) y Antimateria. Los misterios que encierra y la promesa de sus aplicaciones (Sexto piso, 2024).