

## Avances en el entendimiento de fenómenos cuánticos lleva al Premio Nobel de Física en 2012

**Rocío Jáuregui**

Instituto de Física, UNAM

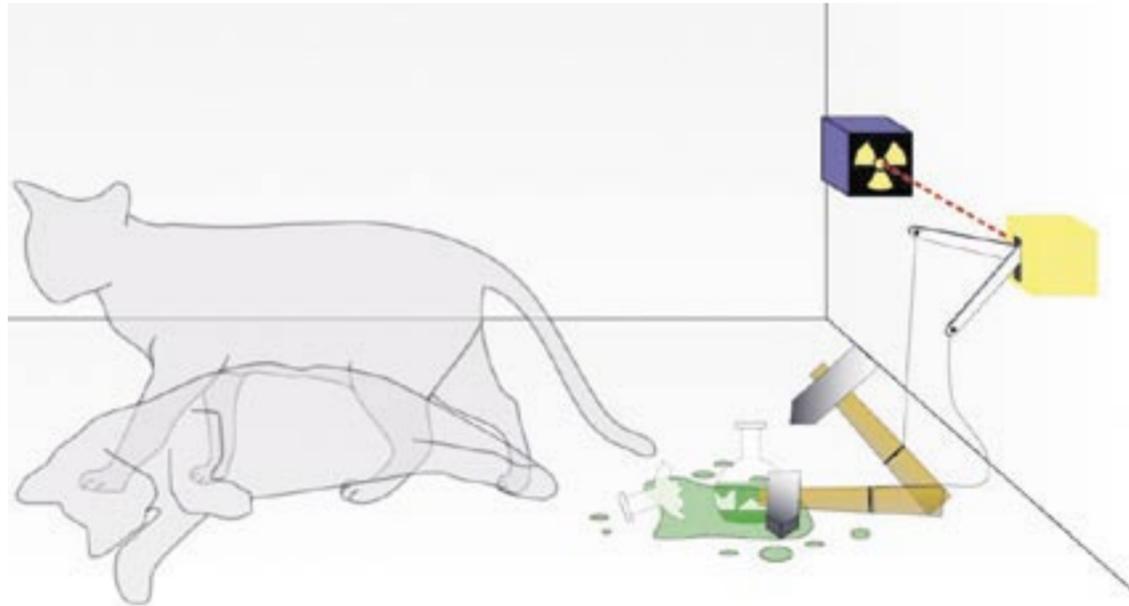
**José I. Jiménez-Mier**

Instituto de Ciencias Nucleares,  
UNAM

**José Récamier**

Instituto de Ciencias Físicas, UNAM  
Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos

La *mecánica cuántica*, que dio origen a lo que en los libros de texto se conoce como la *física moderna*, se originó a principios del siglo XX y es una teoría que explica los procesos físicos a nivel microscópico. Debido a que nuestra concepción de la realidad se basa en nuestras experiencias diarias, los resultados de esta teoría han sido cuestionados ya que la naturaleza a nivel microscópico no se comporta como esperaríamos a partir de la *física clásica*. Los profesores Serge Haroche y David J. Wineland recibieron el Premio Nobel de Física 2012 por el "desarrollo de métodos experimentales innovadores que posibi-



**Gato de Schrödinger en una superposición de dos estados: vivo y muerto (Dibujo de Doug Hatfield, [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Schrodingers\\_cat.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Schrodingers_cat.svg)).**

litan la medición y manipulación de sistemas cuánticos individuales". Esta frase sintetiza más de cuarenta años de trabajo que han sido necesarios para alcanzar las metas establecidas por los grupos que estos investigadores lideran en la Escuela Superior

francesa y en el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) norteamericano.

Los profesores Wineland y Haroche, a quienes une una fuerte amistad, tienen puntos de encuentro y complementariedad en varios aspectos de su vida académica.

Ambos nacieron en 1944, el primero en Wisconsin, el segundo en Casablanca; su formación académica se dio con mentores que también han recibido el premio Nobel, el Prof. Cohen Tannoudji fue asesor doctoral de Haroche y el Prof. Ramsey fue

asesor de Wineland. Tanto Haroche como Wineland formaron laboratorios de avanzada estudiando la interacción del campo electromagnético y átomos individuales. Mientras que Haroche enfatiza la dinámica cuántica del campo electromagnético correlacionado con el estado interno de átomos neutros (manipulando luz con la materia), Wineland enfatiza los efectos que el campo electromagnético tiene sobre el estado de movimiento cuántico interno y del centro de masa de átomos ionizados (manipulando la materia con luz).

En México hemos tenido la fortuna de contar con la participación tanto del Prof. Haroche como del Prof. Wineland en diversas escuelas y conferencias. En la *Escuela Latinoamericana de Física (ELAF)* que se llevó a cabo en 1998 contamos con la participación de ambos investigadores, quienes impartieron excelentes cursos relacionados con sus investigaciones más recientes. Durante esta escuela, el Prof. Haroche comentó que le gustaría hacer un experimento en donde se "viera" el nacimiento, la vida y la muerte de un fotón en una cavidad. Nueve años más tarde, en la ELAF de 2007 que también se llevó a cabo

**Paga tus  
SERVICIOS  
en   
24 HRS.  
Agua, Luz,  
Teléfono, Cable  
y más...**

**DEPÓSITOS  
BANCARIOS  
¡MÁS FÁCIL,  
MÁS RÁPIDO!**

**LOS 365 DÍAS DEL AÑO  
LUNES A DOMINGO  
8:00 AM A 8:00 PM**

 **Banamex**  **Bancomer**  
 **Scotiabank**  **Santander**

**¿Quieres un anuncio Clasificado GRATIS?**

Compra tu periódico

**La Unión**  
DE MORELOS

en las **tiendas OXO**

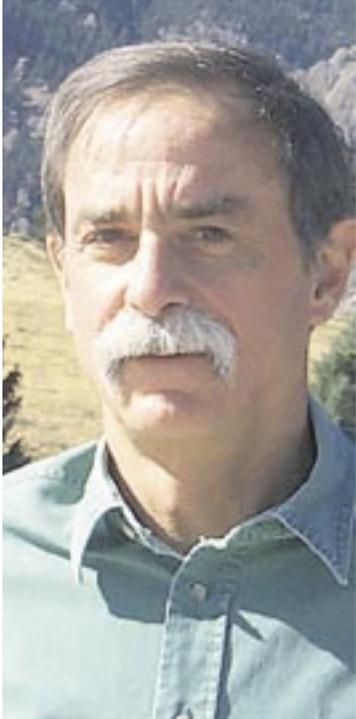
**llena tu cupón y deposítalo** en los buzones ubicados en todas las tiendas **oxo** del estado y en nuestras instalaciones.

*"Más fácil no se puede"*

## ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS, A.C.



mentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTÁCTANOS: editorial @acmor.org.mx



David J. Wineland

en México, el Prof. Haroche impartió un curso en el que presentó los resultados de dicho experimento. Haroche también estuvo en nuestro país para los eventos que se realizaron en 2005 para festejar el Año Internacional de la Física. Con motivo de los 100 años de la mecánica cuántica, el Prof. Wineland nos visitó en noviembre de 2000 e impartió conferencias tanto en el Instituto de Física como en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Quizá estas fueron las primeras conferencias en México referentes a la implementación de algoritmos de información cuántica mediante átomos ultra fríos.

La herramienta básica de trabajo del Prof. Wineland (aparte de una asombrosa inteligencia y un excelente grupo de trabajo) es una trampa cuadrupolar eléctrica para iones atómicos (conocida como trampa de Paul) la cual se utiliza junto con pulsos de luz láser para atrapar, enfriar y manipular a nivel cuántico el movimiento de los iones. Con estas trampas ha logrado enfriar iones atómicos a temperaturas menores a una millonésima de grado Kelvin, temperaturas extremadamente cercanas al cero absoluto. Lo que esto significa es que estos iones se mueven tan lentamente en la trampa que su movimiento es susceptible a manipulación mediante pulsos de luz láser. Así, en 1996 el Prof. Wineland publicó una serie de artículos en las revistas más importantes de física en los que reportó la creación experimental de un "gato de Schrödinger". Un gato de Schrödinger es un estado cuántico macroscópico cuyas propiedades eluden de manera evidente nuestra intuición clásica conduciendo a paradojas. Este estado fue propuesto por E. Schrödinger como una muestra de lo absurdo que pueden parecer las predicciones de la mecánica cuántica si se extrapolan

a sistemas que comúnmente no exhiben aspectos cuánticos. La idea consiste en encerrar un gato en una caja y dentro de ésta se pondría un recipiente que contiene un veneno. Este sistema clásico se acopla con un sistema cuántico que consta de un átomo radioactivo. Si el átomo decayera, uno de los productos del decaimiento sería absorbido por un dispositivo que generaría un pulso eléctrico que haría que un resorte empuje a un martillo que rompería al contenedor del veneno con la consecuente muerte del gato. Si el átomo no decayera, el recipiente seguiría intacto y el gato se encontraría vivo. De acuerdo con la mecánica cuántica, mientras no se lleve a cabo una medición sobre el estado del átomo, éste se encontraría en una combinación de las dos opciones (átomo que no ha decaído y átomo que ya decayó).

Por lo tanto, el sistema gato-veneno-átomo también se encontraría en un estado que involucra la superposición de dos opciones totalmente diferentes (gato vivo y gato muerto) *simultáneamente*. En el experimento realizado por David Wineland, se utilizó un ion de Berilio que fue atrapado en una trampa de Paul y enfriado a la energía de punto cero, la más baja posible. Este ion fue posteriormente preparado en una *superposición de estados coherentes* espacialmente separados. Para esto se manipularon sus estados cuánticos de movimiento mediante una secuencia de pulsos láser para "enredar" los estados internos (electrónicos) con los estados externos (de movimiento) del ion. En el experimento se logró separar los paquetes de ondas una distancia de más de 80 nanómetros (nm), que es grande comparada con el tamaño de los paquetes individuales, de alrededor de sólo 7 nm (un nm es una milésima de una millonésima de un metro). En este experimento se preparó un ion en un estado que era la superposición de estados ¡con dos posiciones distintas y con dos energías distintas simultáneamente (un "gatito atómico" de Schrödinger, Science vol 272, 24 de mayo de 1996, pag. 1131)!

Los principales temas de trabajo del Prof. Haroche son la *óptica cuántica* y la *ciencia de la información cuántica*. Ha hecho importantes contribuciones a la *Electrodinámica Cuántica de Cavidades (C-QED)* en su laboratorio en la Escuela Normal Superior y en el Colegio de Francia. La C-QED consiste en el estudio del comportamiento de átomos que interactúan fuertemente con el campo confinado en una *cavidad superconductora*. Los átomos son preparados, uno por uno, en estados cuánticos que tendrán una fuerte interacción con los fotones



Serge Haroche

almacenados en la cavidad. Por lo general, el grupo de Haroche trata átomos de rubidio en esta-

dos de Rydberg circulares (estados en los que el número cuántico principal es grande y los números cuánticos angulares toman los valores más grandes posibles) que se producen con una velocidad pre-establecida. De esta manera se controla su tiempo de interacción con los fotones en la cavidad. La cavidad también es extraordinaria en cuanto a que puede almacenar un número reducido de fotones durante tiempos muy largos. Desde los primeros experimentos que se realizaron en este laboratorio se demostró que se pueden producir y manipular de manera extraordinariamente fina y delicada los estados cuánticos de los átomos y los fotones. Así por ejemplo, en 1993 demostraron cómo hacer mediciones en las que se detecta la presencia de un solo fotón en la cavidad ¡sin que el fotón sea destruido (absorbido) en el proceso! En 1997 Haroche y su grupo en la Escuela Normal Superior, publicaron un artículo en

el cual reportaron la generación de un "gato de Schrödinger" que consistió en un campo electromagnético atrapado (un grupo de fotones de microondas) en una cavidad.

Serge Haroche y David Wineland han abierto la puerta a una nueva era de experimentos con física cuántica al demostrar la observación directa de sistemas cuánticos individuales sin destruirlos. Gracias a sus ingeniosos métodos han logrado medir y controlar estados cuánticos muy frágiles permitiendo que su campo de investigación tome los primeros pasos hacia la construcción de dispositivos innovadores para medir el tiempo y procesar información basados en física cuántica.

Para saber más:

Haroche S, Physics Today, volumen 51 número 7 páginas 36-42 (1998).

Monroe C., Wineland D, Physics Today, volumen 49 número 11 páginas 107-108 (1996).

De Viva Voz



Grupo Fórmula

RADIO • TELEVISIÓN • INTERNET



López Dóriga

Lunes a Viernes  
13:30 a 15:30 Hrs.  
Sábados y Domingos  
15:00 a 16:00 Hrs.



106.9FM

Liliana Sámano

Lunes a Viernes  
6:00 a 7:00 Hrs.  
15:30 a 17:00 Hrs.



José Cárdenas

Lunes a Sábado  
18:00 a 20:00 Hrs.



Laura Castilla

Sábados  
8:00 a 9:00 Hrs.

Calle del Hueso No. 112, Col. Buenavista, Cuernavaca 62130, Mor.  
Tels.: (777) 313-3880  
Lic. Rafael Pérez Hab