

SALTARSE LAS LEYES

Hacia el transistor de **un solo átomo**

Estoy en clase, primer curso de ciencias físicas. El profesor está explicando alguna cosa de física cuántica que no recuerdo cuando de pronto nos espeta: un amigo calculó la probabilidad de que una pizza atravesara la pared. Esto sí que lo recuerdo con claridad...

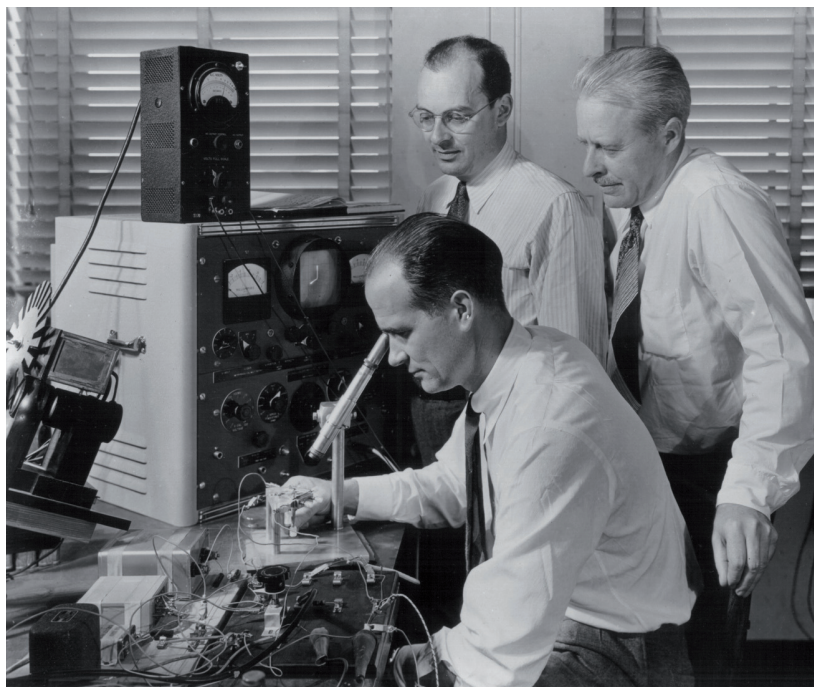
Por **Luis Carlos PARDO**, doctor en Ciencias Físicas por la UPC
luis.carlos.pardo@upc.edu

Lo que no me viene a la memoria es la respuesta, pero seguro que lanzando una pizza por segundo se debería esperar unas cuantas veces la edad del universo para que, efectivamente, atravesara la pared. En otras palabras, es imposible... o según diría la física cuántica, extremadamente improbable. De todos modos, a pesar de que las pizzas no atravesaran paredes, sí que lo hacen las partículas microscópicas gracias al llamado efecto túnel. De hecho, este efecto se ha observado numerosas veces en el laboratorio hasta convertirse en algo casi rutinario.

Para utilizar el efecto túnel en aplicaciones tecnológicas, es necesario dominarlo, y esto es lo que se ha conseguido gracias a la colaboración entre científicos de las universidades de Helsinki (Finlandia) y de las universidades de Melbourne y de "South Wales", ambas en Australia, creando el primer transistor formado por un solo átomo. Pero, como siempre, debemos adentrarnos en las extrañas leyes de la física cuántica para entender como funciona este nuevo transistor.

COMO SALTARSE LAS LEYES DE LA FÍSICA

Imaginemos que queremos hacer una fotografía de un coche que participa en una carrera. A fin de que el coche aparezca bien definido, elegiremos una velocidad de obturación alta. De esta manera la posición del coche estará completamente determinada, pero no podremos determinar



El transistor ha recorrido un largo camino desde su descubrimiento en 1947

si se estaba moviendo o si es un montaje cuidadosamente organizado en que sólo parece que se mueve. Por tanto, para dar "sensación de velocidad" a la foto dejaremos el obturador abierto por más tiempo. En este caso podríamos determinar la velocidad del coche a partir del tiempo de obturación, pero nos es imposible determinar su posición: sale borroso. A escala microscópica la situación empeora enormemente, las partículas son más pequeñas, más rápidas y tan ligeras que hasta los fotones que componen la luz puede modificar sus trayectorias. A esta imposibilidad de medir la posición y la velocidad de una partícula se le denomina principio

de incertidumbre de Heisenberg, y es la base para poder explicar el efecto túnel.

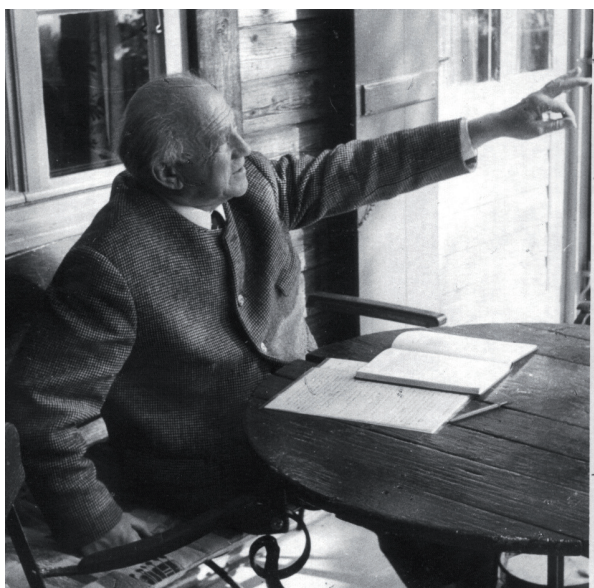
El principio de incertidumbre no sólo se puede aplicar al tándem velocidad-posición, si no que también sucede para el par de magnitudes tiempo y energía. Es decir un cambio de energía suficientemente pequeño que suceda muy rápido no se puede medir. O dicho de otro modo: me puedo saltar la "intocable" ley de la conservación de la energía... si lo hago en un intervalo de tiempo muy corto.

La conclusión más increíble de este principio resulta al combinarla con la famosa ecuación de Einstein $E=mc^2$,

que nos dice que la materia es energía muy concentrada. Puesto que podemos crear energía si esto sucede muy rápido, esto implica que ¡podemos crear materia de la nada por un espacio corto de tiempo! Lo que resulta más increíble es que lejos de ser una conjetura teórica, se han podido detectar estas partículas fantasma, dando lugar al llamado efecto Casimir.

PARTÍCULAS QUE ESTÁN DONDE NO DEBERÍAN

Imaginemos que queremos que una pizza atraviese una pared. No podemos hacerlo debido a que los átomos que componen pizza y pared se repelen, haciendo imposible la interpenetrabilidad de los cuerpos. También podríamos afirmar, a la luz del principio de incertidumbre, que la energía de repulsión entre los átomos es tan grande y el tiempo que necesita la pizza para atravesar la pared es tan largo, que es altamente improbable que la pizza atraviese la pared. Pero las cosas cambian radicalmente para las partículas subatómicas. A escala atómica las energías asociadas a cualquier proceso son mucho menores que en el caso de la pizza, y los tiempos en que todo sucede son también muy cortos, de manera que el efecto túnel se convierte



Werner Heisenberg

“ La imposibilidad de medir la posición y la velocidad de una partícula se le denomina principio de incertidumbre

en algo normal. Esto permite, por ejemplo, que los electrones se escapen de los metales, a pesar de estar ligados a los núcleos, o que partes de moléculas empiecen a girar locamente sin que necesiten gastar energía.

UNA BUENA NOTICIA, UNA MALA Y OTRA BUENA

Recordemos, antes de dar la buena noticia, como funciona un transistor (ver también VP 136). La idea detrás del transistor es sencillamente la de crear un interruptor de corriente eléctrica que funcione, precisamente, con electricidad. La asociación de muchos de estos interruptores inteligentes es lo que forma los chips base de los ordenadores actuales. La idea genial de los investigadores de las universidades en Finlandia y Australia es crear un transistor aprovechando el efecto túnel. El dispositivo funciona controlando la energía que impide el

paso de los electrones, mediante un potencial eléctrico aplicado a un solo átomo de fósforo. Variando éste potencial son capaces de regular el paso de la corriente con otra corriente eléctrica aplicada a un solo átomo, creando así el transistor más pequeño del mundo... bueno, el más pequeño no, y esta es la mala noticia. A pesar de que, efectivamente,

RECORD IMPREVISTO

El objetivo de los grupos de investigación de Finlandia y Australia era, desde un principio, construir una parte esencial del ordenador cuántico. Pero curiosamente habían batido un record, sin haberlo buscado explícitamente. Cuando un periodista les preguntó a los investigadores Andrew Dzurak y Mikko Möttönen si creían posible la fabricación de un transistor que funcionara con un solo átomo, estos dos científicos se miraron, rieron, y respondieron que de hecho ellos ya lo habían hecho... pero sin darse cuenta.

te el paso de la corriente es regulada por un solo átomo, alrededor de este átomo es necesario integrar una serie de componentes que en la práctica lo hace tan grande como los transistores utilizados en la actualidad. Pero aún nos queda una última buena noticia guardada en la manga. Estos nuevos transistores no están pensados para trabajar de la forma habitual: se diseñaron para formar parte de un ordenador cuántico. Actualmente existen numerosos equipos científicos trabajando en esta nueva generación de ordenadores que incrementarán la capacidad de cálculo enormemente, y estarán basados exclusivamente en las leyes de la física cuántica.

El principio de incertidumbre de Heisenberg permite a nivel microscópico cosas tan increíbles como la creación de partículas de la nada, y también cosas tan necesarias como una nueva generación de transistores. Estos transistores, a pesar de ser de un tamaño comparable al de los actuales, son la base de una nueva generación de ordenadores, cuya potencia de cálculo nos permitirá por fin determinar qué efecto tiene el aleteo de una mariposa en Helsinki, sobre una tormenta en Australia, pero esta es otra historia y debe ser contada en otro momento... ■