

TELEPORTACIÓN CUÁNTICA

> LA TRANSMISIÓN A DISTANCIA DEL 'ALMA', NO DEL 'CUERPO'

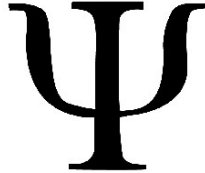
La teleportación cuántica es un medio de comunicación a distancia sin precedentes en la historia del conocimiento y la tecnología. Existe gracias a los avances en nuestra comprensión de la física cuántica, la teoría física más exacta que se conoce a día de hoy para describir el Universo. La teleportación cuántica permite el transporte de la información cuántica contenida en un objeto, desapareciendo en su lugar de origen y reapareciendo tiempo después en su destino. Metafóricamente, lo que se transporta es el 'alma' del objeto, no su 'cuerpo'. Siguiendo esta analogía, el 'cuerpo' de un objeto está determinado por su estructura física -atómica y molecular- y el 'alma', por la información codificada en ella. **TEXTO ENRIQUE SOLANO**

¿QUÉ PASA CUANDO SE ENVIAN TELEPORTACIÓN, A SECAS, PARA REFERIRSE AL VIAJE DE LOS OBJETOS EN SU CONJUNTO, EN 'CUERPO' Y 'ALMA'. En películas célebres como 'Star Trek', cámaras de teleportación hacen desaparecer a las personas de sus naves espaciales, zapatos y sueños incluidos, y los hacen aparecer en planetas lejanos, preservando sus recuerdos y peinados. Todo se transporta de un punto a otro, la estructura física y la información que, codificada adecuadamente, caracteriza la identidad de personas y objetos.

Este proceso suele durar unos instantes mágicos que la televisión y el cine nos brindan con efectos especiales que sostienen nuestro ensueño, el mismo que nos impide cuestionar lo que queremos creer por el solo hecho de parecernos maravilloso e imposible. No es diferente la actitud de un científico frente a sus descubrimientos, tampoco la que alimenta nuestro mundo sentimental, existencial o estético. Al estudiar escenas cinematográficas de teleportación, cabe la pregunta sobre la ubicación y la existencia de esas personas en un instante intermedio: ¿qué pasa con ellas cuando se están yendo, cuando todavía no han llegado? Sin querer destruir la fantasía, fuente noble del placer y la creatividad, debemos mencionar que no se conoce ningún proceso físico que pueda hacer desaparecer la materia en un apto y hacerla aparecer en un allí remoto. Es decir, no se puede teleportar el 'cuerpo' (estructura atómica y molecular) y el 'alma' (información cuántica) de un objeto.

Los lectores podrían especular acerca de la conversión entre masa y energía inspirados por la teoría de la relatividad especial de Einstein, E=mc², pero no se conoce un proceso controlado y reversible que permita una hazaña de tal calibre. Por ahora, la teleportación del cine no existe, no tiene sustento en ninguna propiedad de teoría física, no corresponde en absoluto a una posibilidad tecnológica. La teleportación cuántica sí es una realidad objetiva, que ha sido reproducida con precisión innumerable veces en muchos laboratorios de todo el planeta.

La estructura física de un objeto cuántico puede ser material, como los átomos, o inmaterial, como los fotones de luz. De un modo u otro, la información cuántica contenida en él está descrita por lo que



se denomina su estado cuántico. Son estos estados cuánticos los que se teleportan en los experimentos, representados por objetos matemáticos llamados funciones de onda. Su mera capacidad simbólica o su existencia real ha generado arduos debates durante décadas entre mentes educadas de distintas áreas del saber.

Más allá de interpretaciones metafísicas, la teoría cuántica es probabilista, es decir, no es determinista, predice probabilidades en lugar de valores definidos como las leyes clásicas de la mecánica de Newton y el electromagnetismo de Maxwell. Al mismo tiempo, la física cuántica describe correctamente todo lo observado en los laboratorios y es, por tanto, la teoría física más exacta que hemos producido para describir el diálogo entre nuestro cerebro y el resto del Universo.

La información cuántica tiene como unidad el bit cuántico o qubit, del inglés 'quantum bit'. Los qubits constituyen la base de lo que un día serían los ordenadores cuánticos ultrarrápidos, a diferencia de los bits clásicos que pulsan en los ordenadores actuales. Un bit clásico puede adoptar el valor de cero o uno, un qubit puede tener un estado cuántico asociado con la coexistencia simultánea de cero y uno, haciendo uso de la llamada superposición cuántica. Esta es una de las diferencias esenciales entre la información clásica y la información cuántica.

incorrectas desde un punto de vista microscópico y fundamental, sin que eso afecte a que sean aproximadamente válidas y útiles en el mundo macroscópico. La física cuántica es una teoría de difícil aceptación pero inexpugnable y correcta, por ahora, siempre que se acepte que el objetivo de la física es la descripción matemática y predictiva del Universo, no la imposición de criterios que llamamos equivocadamente intuitivos.

Reflexionemos, la ley de la inercia, la ley de acción y reacción, el concepto de momento angular que ayuda a describir la estabilidad de una bicicleta en movimiento y muchos otros fenómenos clásicos no son intuitivos. Basta preguntar por ellos en las calles de cualquier ciudad o universidad del mundo, a gentes de todas las edades y niveles educativos. Es verdad que el mundo cotidiano el que llamamos clásico, no es más familiar y cercano, pero se suele confundir la costumbre con la comprensión y la intuición. Tal vez se podría lograr que el mundo de la física cuántica acabara siendo cotidiano, si un día decidiéramos enseñar a los niños a pensar creativamente con los 'poderes' de la intuición científica y la 'magia' de la descripción rigurosa de los fenómenos del Universo. Se ha insistido mucho en que la verdad científica y las artes se oponen, cuando en realidad son dos caras de la misma moneda: la de la experiencia sensorial humana.

¿Nos hemos dado cuenta ya de que este universo, el único que conocemos, nos pertenece a todos y es nuestra única casa, independientemente de lo que somos, pensamos o creemos? Pues este universo parece estar descrito correctamente por la física cuántica. Y en esta teoría caben y son cotidianos los objetos descritos con estados cuánticos asociados a muchos lugares al mismo tiempo (la superposición cuántica), los canales cuánticos de comunicación (el entrelazamiento cuántico), la teleportación cuántica (comunicación a distancia usando canales cuánticos), la simulación cuántica (nuestro teatro cuántico) y el sueño del procesador ultrarrápido (ordenador cuántico), capaz de hacer ciertos cálculos a velocidades inimaginables para los procesadores actuales.

ENRIQUE SOLANO ES PROFESOR DE FÍSICA EN LA UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO



La teleportación del cine, en películas como 'La mosca', no existe; la teleportación cuántica sí es una realidad objetiva. **20TH CENTURY FOX**

DEL SUEÑO AL EXPERIMENTO

REALIDADES DE LABORATORIO La teleportación cuántica fue propuesta en el año 1993 en la revista más prestigiosa de física multidisciplinaria, 'Physical Review Letters', por un grupo de físicos cuánticos: C. H. Bennett, G. Brassard, C. Crépeau, R. Josza, A. Peres y W. K. Wootters. Desde entonces se han realizado muchos experimentos importantes que han demostrado que la teleportación cuántica es una predicción correcta de la física cuántica, que el canal cuántico está determinado por el entrelazamiento cuántico, y que la comunicación cuántica es una realidad objetiva. Queda todavía un camino largo hasta su implementación sistemática y masiva, de tal modo que cambie el paradigma de las comunicaciones del siglo XXI como lo hicieron las tecnologías clásicas de comunicación. No está prohibido soñar con telefonía e internet cuánticas, de hecho, las comunicaciones más seguras entre bancos usando protocolos criptográficos cuánticos está más cerca de lo que nos imaginamos.

Los experimentos pioneros se hicieron teleportando estados cuánticos de distintas propiedades de fotones, en laboratorios de Roma (Italia), Innsbruck (Austria) y California (Estados Unidos). Su impacto científico y mediático fue tremendo, generando discusiones y polémicas entre los públicos no especializa-

RESUMEN PARA LECTORES CON PRISA

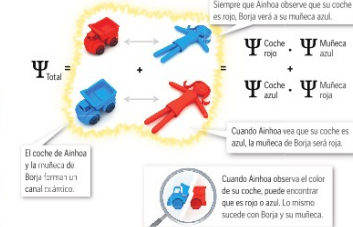
- Teleportar materia es ciencia ficción, en cambio, los experimentos lo logran con la información cuántica codificada en ella.
- Queda un largo camino hasta que los ordenadores o las comunicaciones cuánticas sean una realidad tecnológica.

- Los primeros experimentos lograron teleportar estados cuánticos entre fotones, luego entre átomos y fotones, después entre átomos y átomos, y, más recientemente, entre campos de luz superpuestos cuánticamente. Un paso más en el control de la teleportación cuántica.

SUPERPOSICIÓN CUÁNTICA



ENTRELAZAMIENTO CUÁNTICO



TELEPORTACIÓN CUÁNTICA



Después de la teleportación cuántica



TELEPORTACIÓN CUÁNTICA

La teleportación cuántica precisa de un canal cuántico. El estado cuántico que se desea teleportar es destruido por el remitente cuando este realiza una medida. Se envían entonces al destinatario dos bits de información mediante un canal de comunicación clásico. La teleportación cuántica no sucede de forma ins-

SUPERPOSICIÓN CUÁNTICA Y MEDIDA CUÁNTICA

Un átomo, como cualquier objeto cuántico, puede estar en un estado cuántico asociado con dos o más posiciones a la vez. Este tipo de estado se llama superposición cuántica y su función de onda, es decir, su representación matemática, así lo expresa. A pesar de eso, no es necesario afirmar que el átomo está en dos lugares al mismo tiempo, es la medida la que da realidad al estado cuántico. En ese sentido, cuando se observa la posición del átomo, su estado cuántico se modifica y el átomo aparece localizado en una posición o en otra, nunca en ambas a la vez. Sorprendentemente, tampoco es necesario afirmar que el átomo estaba previamente en un único lugar, pues esto conduce a contradicciones flagrantes. Es por esta razón que los estados superpuestos cuánticamente son llamados estados no-clásicos. Esta localización del átomo, como consecuencia de la medida, sucede con una probabilidad que se calcula a partir de su función de onda con una exactitud que no conoce ninguna otra teoría.

ENTRELAZAMIENTO CUÁNTICO: EL CANAL CUÁNTICO

El entrelazamiento cuántico forma la base de los canales cuánticos de comunicación y, por tanto, de la teleportación cuántica. El entrelazamiento requiere la presencia de dos o más objetos cuánticos en lugares diferentes, en este caso: un coche aquí con Ainhoa y una muñeca allí con Borja. Cuando Ainhoa observa el color de su coche, puede encontrar que es rojo o azul, lo mismo pasa con Borja al observar su muñeca. Pero hay un detalle importante, el estado cuántico descrito en la figura requiere que las medidas de Ainhoa y Borja estén correlacionadas: siempre que Ainhoa observe que su coche es rojo, Borja verá a su muñeca de color azul y cuando Ainhoa vea que su coche es azul, la muñeca de Borja será roja. Las observaciones tienen que mantener esa concordancia, así lo predice la física cuántica, así lo confirman todos los experimentos.

