

RESULTADOS DEL BIG BELL TEST

El experimento de física cuántica global que desafió a Einstein

Más de 100.000 jugadores de todo el mundo compitieron en 2016 para generar cadenas de números aleatorios. El objetivo era ayudar a probar que, como predice la mecánica cuántica, es posible violar el realismo local de Einstein, quien consideraba que dos objetos suficientemente alejados no pueden interactuar entre sí. Los resultados de este gran experimento se publican ahora en la revista *Nature*.

SINC

9/5/2018 19:00 CEST



Más de 100,000 personas de todo el mundo han contribuido al BIG Bell Test. / ICFO

El 30 de noviembre de 2016, más de 100,000 personas de todo el mundo contribuyeron a un conjunto de experimentos pioneros de física cuántica conocidos con el nombre de The BIG Bell Test. Con la ayuda de *smartphones* y otros dispositivos conectados a internet, los participantes contribuyeron con bits de información impredecibles a estos experimentos repartidos en doce laboratorios de todo el mundo. Estos bits determinaron cómo se medían los átomos, fotones y dispositivos superconductores.

Los científicos utilizaron la contribución de los humanos para lograr cerrar una laguna en las pruebas del principio de realismo local de Einstein, donde planteaba un universo independiente de nuestras observaciones, en el que ninguna influencia podría viajar más rápido que la luz y donde dos objetos alejados lo suficiente no pueden interactuar. Los resultados del experimento global fueron analizados y se publican ahora en la revista *Nature*.

El BIG Bell Test reclutó a participantes de todo el mundo para contribuir con secuencias impredecibles de ceros y unos (bits) a través de un videojuego

En un test de Bell (lleva este nombre por el físico John Stewart Bell), pares de partículas entrelazadas, como fotones, se generan y se envían a diferentes lugares donde se miden las propiedades de las mismas, como sus colores o su tiempo de llegada.

Si los resultados de la medición tienden a coincidir, independientemente de las propiedades que elijamos medir, implica algo muy sorprendente: o bien la medición de una partícula afecta instantáneamente a la otra (a pesar de estar muy lejos la una de la otra en distancia), o incluso más raro aún, las propiedades de las partículas nunca existieron realmente, sino que fueron creadas por la misma medición en sí. Cualquiera de las dos posibilidades contradice el realismo local.

El BIG Bell Test pidió a voluntarios humanos, conocidos como Bellsters, elegir las mediciones de los experimentos con el fin de cerrar la conocida 'laguna de la libertad de elección' (*freedom-of-choice loophole*, en inglés): la posibilidad de que las partículas mismas puedan influir en la elección de la medición. Tal influencia, si existiera, invalidaría el test; sería como permitir que los estudiantes escribieran sus propias preguntas de examen.

Esta laguna no se puede cerrar utilizando dados o generadores de números aleatorios, porque siempre existe la posibilidad de que estos sistemas físicos estén coordinados de alguna manera con las partículas entrelazadas. Las elecciones humanas introducen el elemento del libre albedrío, mediante

el cual las personas pueden elegir independientemente de lo que las partículas puedan estar haciendo.

BIG Bell Test coordinado desde Barcelona

Coordinado por el Instituto de Ciencias Fotónicas (ICFO) en Barcelona, el BIG Bell Test reclutó a participantes de todo el mundo para contribuir con secuencias impredecibles de ceros y unos (bits) a través de un videojuego *on line*. Los bits fueron enviados a estos experimentos de última generación en Brisbane, Shanghai, Viena, Roma, Munich, Zurich, Niza, Barcelona, Buenos Aires, Concepción-Chile y Boulder-Colorado, donde se utilizaron para fijar ángulos de polarizadores y otros elementos de laboratorio con el fin de determinar cómo se medían las partículas entrelazadas.

Los participantes contribuyeron con más de 90 millones de bits, haciendo posible un test robusto sobre el realismo local, así como también otros experimentos sobre el realismo en mecánica cuántica. Los resultados obtenidos demostraron estar en total desacuerdo con la visión global de Einstein, cierran por primera vez la laguna de la libertad de elección y demuestran varios métodos nuevos en el estudio del entrelazamiento y el realismo local.

Cada uno de los doce laboratorios alrededor del mundo llevó a cabo un experimento diferente para probar el realismo local utilizando diferentes sistemas físicos, así como para probar otros conceptos relacionados con el realismo.

El ICFO contribuyó con dos experimentos. El primero, compuesto por Pau Farrera y el Dr. Georg Heinze, dirigido por el Prof. ICREA del ICFO Hugues de Riedmatten, realizó un test de Bell usando entrelazamiento entre dos objetos muy diferentes: un solo fotón y una nube atrapada con millones de átomos. Esta nube actuó como una "memoria cuántica" que almacena durante algún tiempo la materia del estado entrelazado, y luego la transfiere a otro fotón individual.

Los resultados obtenidos contradicen claramente el concepto de realismo local de Einstein

El entrelazamiento fue analizado usando interferómetros ópticos y detectores de fotones individuales. La configuración de medición de estos interferómetros fue elegida por los números aleatorios provistos por los Bellstest. Específicamente, los números aleatorios decidían los voltajes que se aplicaban a un dispositivo piezoeléctrico conectado a los interferómetros. Los resultados obtenidos contradicen claramente el concepto de realismo local.

Por su parte, el segundo equipo del ICFO realizó un test de Bell usando el entrelazamiento entre dos fotones individuales de diferentes colores creados por medio de una fuente de estado sólido generadora de par de fotones. Los investigadores Andreas Lenhard, Alessandro Seri, Daniel Rieländer y Margherita Mazzera, dirigidos por el profesor ICREA del ICFO Hugues de Riedmatten, pudieron generar pares de fotones de banda estrecha en varios modos de frecuencia discretos.

Después de separar el par de fotones, su entrelazamiento se analizó utilizando, en cada uno de los dos brazos, un modulador electroóptico para superponer los diferentes modos de frecuencia y una cavidad óptica como filtro espectral. Los números aleatorios provistos por los Bellstest se usaron

para elegir los voltajes que inducían tanto la amplitud de la modulación como la fase de los moduladores electro-ópticos.

Un modelo para describir el entrelazamiento cuántico

El experimento se realizó en colaboración con los investigadores del ICFO Osvaldo Jiménez, Alejandro Mattár y Daniel Cavalcanti, dirigidos por el profesor ICREA del ICFO Antonio Acín. Desarrollaron un modelo para describir el estado de entrelazamiento generado y encontraron las medidas óptimas para contradecir el realismo local.

Del experimento realizado el 30 de noviembre de 2016, las teorías de realismo local pueden descartarse con un nivel de significancia de 3 desviaciones estándar, mientras que una violación más fuerte del test, de más de 8 desviaciones estándar, se logró en las semanas posteriores al día de Big Bell Test por medio de la realización de mediciones de mayor duración con números aleatorios humanos almacenados.

"La discusión entre Einstein y Bohr aún conserva un elemento humano y filosófico", destaca un científico

El profesor Hugues de Riedmatten, líder de los experimentos llevados a cabo en ICFO, destaca: "El BBT fue una gran experiencia. Fue increíble ver números aleatorios creados por Bellsters de todo el mundo tomar el control de nuestros experimentos en tiempo real, y ver a tantas personas participando en un experimento de física cuántica".

Carlos Abellán, investigador del ICFO e instigador del proyecto: "El BIG Bell Test fue un proyecto increíblemente desafiante y ambicioso. Parecía increíblemente difícil conseguir el objetivo el día cero, pero se hizo realidad a través de los esfuerzos de docenas de científicos apasionados, comunicadores científicos, periodistas y medios de comunicación, y especialmente las decenas de miles de personas que contribuyeron al experimento el 30 de noviembre de 2016".

Morgan Mitchell, líder del proyecto BBT y profesor ICREA del ICFO concluye: "Lo más sorprendente para mí es que la discusión entre Einstein y Niels Bohr, después de más de 90 años de esfuerzo para intentar testarlo de la manera más rigurosa y experimentalmente posible, aún conserva un elemento humano y filosófico. Sabemos que el bosón de Higgs y las ondas gravitacionales existen gracias a máquinas asombrosas, sistemas físicos contruidos para probar las leyes de la física. Pero el realismo local es una pregunta que no podemos responder completamente con una máquina. Parece que nosotros mismos debemos ser parte del experimento, para mantener el universo honesto".



Agradecimiento por parte de los ICFOnianos a todos los participantes de la iniciativa por conseguir que el experimento BIG Bell Test fuera un éxito. Sin su contribución, este experimento de física cuántica nunca hubiera sido posible / ICFO

Referencia bibliográfica:

Morgan Mitchell et al. "Challenging local realism with human choices, The Big Bell Test Collaboration". *Nature* 2018.

Una docena de instituciones

participantes

Doce laboratorios de todos el mundo realizaron los diferentes experimentos el 30 de noviembre de 2016:

CQC2T and Griffith University (Brisbane-Australia)

EQuS and University of Queensland (Brisbane-Australia)

El nodo **CEFOP/Departamento de Ingenieria Electrica de la Universidad de Concepción** (Concepción-Chile), junto con el **Department of Electrical Engineering - Linköping University**, la **Universidad de Sevilla** y el **Dipartimento di Fisica—Sapienza Università di Roma**

El **Quantum Information Lab of the Dipartimento di Fisica - Sapienza Università di Roma** junto con el **International Institute of Physics del Federal University of Rio Grande do Norte** (Brazil)

CAS --University of Science and Technology of China (Hefei-China)

CITEDEF/Universidad de Buenos Aires (Buenos Aires)

ICFO (Barcelona)

IQOQI/OEAW (Vienna-Austria)

LMU-Ludwig-Maximilian University (Munich)

INPHYNI – Université Côte d’Azur/CNRS (Nice-France)

NIST (Boulder- USA)

QUDEV- ETH Zurich (Zurich)

TAGS

FÍSICA CUÁNTICA

| TECNOLOGÍAS

| COMPUTACIÓN

| INTERNET

Creative Commons 4.0

You can copy, distribute and transform the contents of SINC. [Read the conditions of our license](#)