



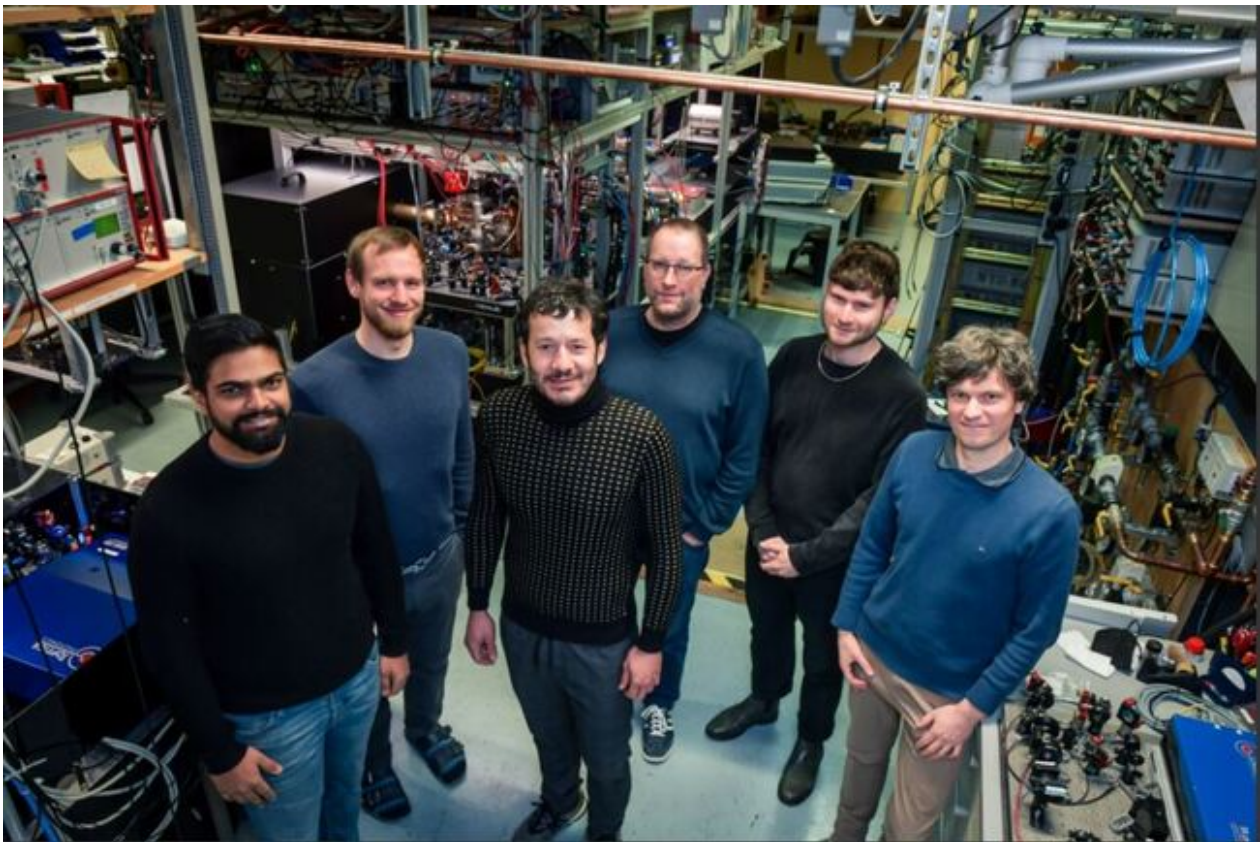
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

La UCR con universidades alemanas desarrolla innovadora investigación con colisiones atómicas

Las colisiones entre átomos pueden desplazar o reorganizar los electrones formando nuevos enlaces y con ello nuevas especies químicas de elementos.

12 SEPT 2024

Ciencia y Tecnología



Parte del grupo de investigación de la UCR y las universidades alemanas en el laboratorio del microscopio de iones de alta resolución de la Universidad de Stuttgart. (Foto: Óscar Herrera)

Para que una reacción ocurra, las **partículas reaccionantes deben colisionar**, ya que las colisiones exitosas entre átomos **tienen suficiente energía como para romper los enlaces** existentes y formar nuevos enlaces, de donde **derivan los nuevos productos de la reacción**.

Colisiones de este tipo son utilizadas en la investigación en la que participa la Universidad de Costa Rica (UCR), junto con las Universidades alemanas de [Stuttgart](#) y [Hamburgo](#). El **experimento de óptica cuántica consistió en provocar colisiones controladas** de un átomo con un ion para observar la dinámica de estas colisiones fuertemente polares.

Para ello los científicos **utilizaron el microscopio de iones de alta resolución** en el [Quinto Instituto de Física de la Universidad de Stuttgart](#) y han logrado exitosamente **investigar los procesos dinámicos de las colisiones atómicas** en condiciones extremas con la ayuda de esta magnífica herramienta.

En sus experimentos, el equipo científico **pudo predecir movimientos complejos de partículas y medirlos**. Su descubrimiento contribuye a una **comprensión más profunda** de cómo surge la **dinámica de una colisión en los sistemas de mecánica cuántica**.

Iones contra átomos de Rydberg

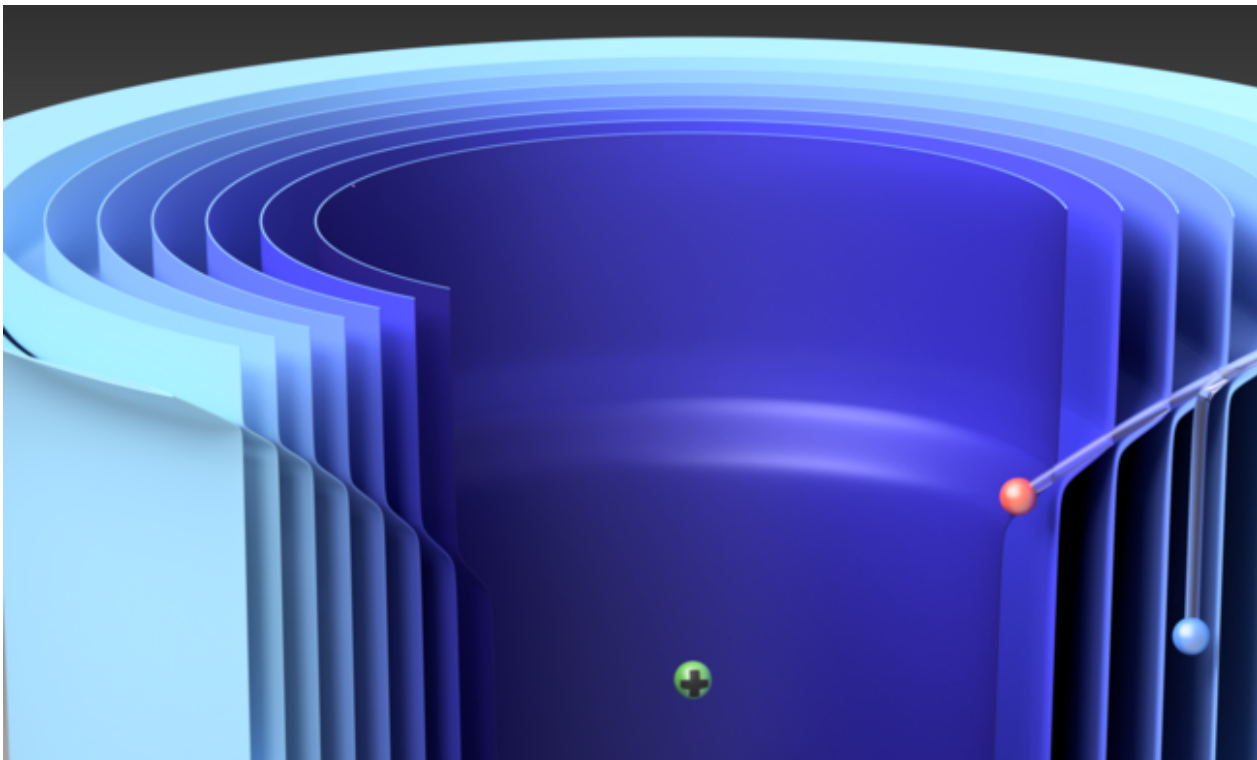
Los investigadores aprovecharon las **propiedades especiales de los iones y de los átomos de Rydberg**, que pueden interactuar entre sí a distancias muy grandes. En este caso particular, las **dos partículas se atraen, aunque sólo el ion tiene carga positiva, mientras que el átomo de Rydberg tiene una carga neutra**.

Por parte de la UCR participó en la investigación el **Dr. Óscar Andrey Herrera Sancho**, quien es profesor catedrático de la [Escuela de Física](#), e investigador del Centro de Investigación en Ciencias Atómicas, Nucleares y Moleculares ([CICANUM](#)) y el Instituto de Investigaciones en Arte ([IIArte](#)) de esta Universidad.

Según explicó el Dr. Herrera “el **alto grado de dominio sobre los parámetros experimentales permite controlar las condiciones iniciales**, por ejemplo, la distancia entre las dos partículas, con gran precisión”.

Agregó que “lo especial de la **colisión aquí investigada es que las dos partículas pueden chocar no sólo en una trayectoria, sino en muchas trayectorias** de colisión diferentes. Las transiciones entre trayectorias de colisión individuales pueden ocurrir en los puntos en los que dos canales de colisión se cruzan”.

El Dr. Herrera detalló que el equipo científico “ha **calculado un mapa de estas colisiones en el que están registrados todos los caminos y las posiciones de las intersecciones**. En cada intersección, una partícula permanece en su camino original o salta a un estado mecánico cuántico diferente, es decir que cambia a un camino alternativo. Estos saltos cuánticos también desempeñan un papel importante en otros sistemas fundamentales, como la fotosíntesis o la degeneración del ADN por la luz ultravioleta, en otras palabras, cada vez que se cruzan dos estados mecánicos cuánticos que interactúan”.



Representación artística de la trayectoria de un ion cargado positivamente (verde en el centro). Aquí se ejemplifican las colisiones dinámicas entre el ion y de los átomos de Rydberg en los cruces evitados en el sistema. El microscopio iónico que ya se está desarrollando en el instituto promete hacer visible este camino en el futuro con una resolución inferior a 200 nanómetros.

Choque más lento de partículas

El investigador de la UCR explicó que **“el sistema está basado en un par de tipo ion-átomo de Rydberg con la ventaja que las partículas que se encuentran en el curso de una colisión están bastante alejadas unas de otras. Por lo tanto, el proceso de colisión es relativamente lento y puede observarse experimentalmente bastante bien”**.

Otro detalle interesante que mencionó el físico es que **las partículas que inicialmente viajaban rápidamente unas hacia otras chocan más despacio en el tiempo en comparación con las partículas que viajaban más despacio**.

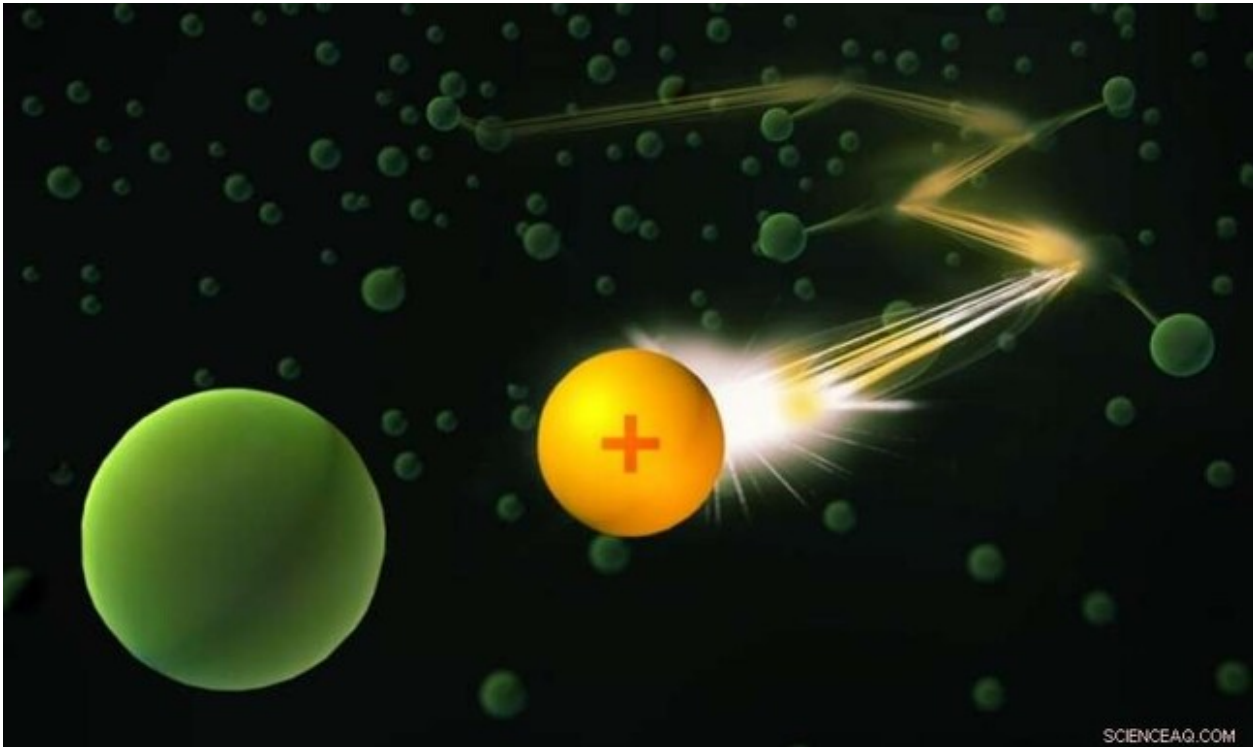
En ese sentido el Dr. Herrera explicó que **“este comportamiento, contrario a la intuición, se explica por medio de los cruces evitados en el sistema: la probabilidad de que una partícula salte a otro canal de colisión es mayor si se mueve lentamente**. Como todas las partículas se preparan inicialmente en el canal de colisión más lento, cada evento de salto conduce a una mayor rapidez en la dinámica de colisión. Este efecto se observa como una clara disminución en el tiempo que tardan las dos partículas en colisionar”.

Modelo matemático semiclásico

Adicionalmente, los investigadores **no sólo pudieron observar este fenómeno, sino también manipular la probabilidad de salto de una forma controlada**. Junto con un equipo de la [Universidad de Hamburgo](#), Alemania, los investigadores han desarrollado un

modelo semiclásico utilizando el formalismo Landau-Zener para simular el complejo proceso de colisión. Los resultados del modelo teórico se complementan muy bien con las observaciones hechas en el experimento.

La observación detallada y la simulación de procesos de colisión a nivel atómico permiten la predicción precisa del comportamiento de las partículas. “Por lo que el modelo semiclásico utilizando el **formalismo Landau-Zener desarrollado para este experimento se puede aplicar fácilmente a muchos otros temas actuales de la física, por ejemplo, en el campo de la química ultra fría o para la descripción de procesos de ionización de átomos y moléculas**”, concluyó el Dr. Herrera.



Representación artística de como los científicos hicieron colisionar en laboratorio un ión de carga positiva con un átomo de Rydberg con carga neutra para conocer, medir y trazar el comportamiento de estas partículas y el producto de la colisión. (Imagen: Universidad de Stuttgart)

Átomos “chocones”

En el caso de los microorganismos como virus y bacterias, estos pueden ser vistos por el ojo humano con la ayuda de potentes microscopios. Sin embargo, cuando se trata de átomos o de las partículas subatómicas que los componen, como los protones, neutrones o electrones, estos no pueden ser observados ni con potentes instrumentos.

Por eso, los físicos y químicos recurren a observar las reacciones que se producen cuando esos átomos o partículas subatómicas interaccionan mediante colisiones, ya que las consecuencias o productos de estas reacciones sí las pueden medir.

De la colisión de átomos o partículas bajo ciertas condiciones controladas, se pueden producir cambios que transforman la estructura de un átomo por desplazamiento o eliminación de un electrón. Esto origina una estructura de alguna nueva especie química de elemento que no existe en la naturaleza.

Lo anterior les permite a los científicos conocer mejor la composición atómica de la materia, la dinámica de interacción de los átomos, así como las partículas subatómicas que conforman la materia, para poner a prueba sus teorías en la práctica. De las colisiones se pueden obtener resultados o fenómenos que no se conocían y que, de otra manera, no podrían ser observados. Esos fenómenos desafían a los científicos y los invitan a desarrollar nuevas teorías que los expliquen, a la vez que profundizan en las leyes de la mecánica cuántica, rama de la física que estudia la naturaleza a escalas espaciales sumamente pequeñas como los sistemas atómicos y subatómicos.

La UCR y universidades alemanas

La UCR tiene una larga trayectoria de colaboración e investigación conjunta con universidades de Alemania, de lo cual esta investigación es un vivo ejemplo. Esto demuestra que la UCR puede desarrollar investigación científica del más alto nivel con socios internacionales.

Sobre este tipo de trabajos conjuntos el Dr. Herrera destacó que, desde la perspectiva de nuestro ambiente académico y cultural, la magnitud en la **trascendencia de estas actividades se puede resumir en varios pilares fundamentales.**

Ellos son “la **generación de ideas innovadoras**, particularmente en áreas de ciencia y tecnología, crecimiento académico y cultural, **intercambio académico** entre estudiantes alemanes y costarricenses, construcción de confianza, visualización de otras perspectivas y diferentes proyecciones de entendimiento, **desarrollo tecnológico de punta y fortalecimiento de la relación con Alemania** y entes cooperantes. Asimismo, me parece relevante imaginar a la UCR, desde todas sus representaciones académicas, culturales y socioeconómicas, como una columna sólida nacional e internacionalmente, pues estas participaciones fomentan esta construcción”.

El artículo científico derivado de esta investigación fue publicado en la revista más prestigiosa a nivel mundial de la Física, “[Physical Review Letters](#)”, bajo el título “In Situ Observation of Nonpolar to Strongly Polar Atom-Ion Collision Dynamics”.

Los autores del artículo son, además del Dr. Herrera, los científicos alemanes: Moritz Berngruber, Daniel J. Bosworth, Viraatt S. V. Anasuri, Nico Zuber, Frederic Hummel, Jennifer Krauter, Florian Meinert, Robert Löw, Peter Schmelcher, y Tilman Pfau.

Dicho artículo se puede leer en el siguiente enlace: “[In situ observation of non-polar to strongly polar atom-ion collision dynamics](#)”. *Phys. Rev. Lett.* **133**, 083001 (2024)

¿Cómo lo hicieron?

Para sus experimentos, el equipo científico utilizó una nube electrónica de átomos de rubidio a temperaturas cercanas a los 40 mK y por lo tanto son considerados átomos ultrafríos. Mediante una sofisticada excitación láser, los investigadores crearon un solo átomo de Rydberg dentro del gas. En este átomo gigante, el electrón está mil veces más lejos del núcleo que en el estado fundamental y, por lo tanto, está unido muy débilmente al núcleo. Con una secuencia especialmente diseñada de pulsos de campo eléctrico, los investigadores le arrebataron el electrón al átomo. El átomo anteriormente neutro se convirtió en un ion cargado positivamente que permaneció casi en reposo a pesar del proceso de desprendimiento del electrón. En el siguiente paso, los investigadores utilizaron campos eléctricos precisos para tirar del ion de forma controlada a través de la densa nube de átomos en la nube de átomos ultrafríos.

El ion se aceleró en el campo eléctrico, chocó en su camino con otros átomos, desaceleró y fue acelerado nuevamente por el campo eléctrico. La interacción entre la aceleración y la desaceleración por colisiones condujo a un movimiento constante del ion a través de la nube de átomos ultrafríos.

Fuente: [University of Stuttgart](#), 5th Institute of Physics



[Manrique Vindas Segura](#)
Periodista, Oficina de Comunicación Institucional
manrique.vindas@ucr.ac.cr

Etiquetas: [colisiones atomos](#), [desplazar reorganizar electrones](#), [nuevos enlaces](#), [nuevas especies quimicas](#), [elementos](#), [reaccion quimica](#), [particulas atomicas](#), [universidad stuttgart hamburgo](#), [optica cuantica](#), [dinamica de colisiones polares](#), [microscopio de iones](#), [quinto instituto de fisica](#), [movimientos complejos de particulas](#), [dinamica de colision](#), [sistemas de mecanica cuantica](#), [iones](#), [atomos de rydberg](#).