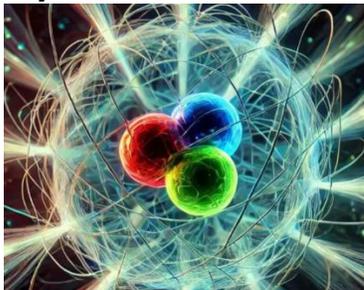


## **Descubren que las fuerzas dentro de un protón pueden alcanzar la presión de "10 elefantes en un área más pequeña que un núcleo atómico"**

***Científicos logran mapear por primera vez las fuerzas dentro de un protón, revelando interacciones subatómicas extremas que explican su estructura y comportamiento en colisiones.***



El interior de un protón es un entorno de fuerzas descomunales. Dentro de esta diminuta partícula subatómica actúan interacciones tan intensas que pueden compararse con el peso de 10 elefantes concentrado en un área increíblemente pequeña. Un equipo internacional de físicos ha conseguido mapear estas fuerzas con una precisión sin precedentes, revelando detalles fundamentales sobre la estructura interna del protón. ¿Nos preparamos para viajar a las entrañas del átomo?

Este avance ha sido posible gracias a simulaciones computacionales basadas en cromodinámica cuántica en red (IQCD). Los resultados, publicados en *Physical Review Letters*, muestran cómo los quarks dentro del protón responden a las interacciones de la fuerza fuerte, la misma que mantiene unidos los núcleos atómicos. Con este nuevo mapa de fuerzas, los científicos pueden comprender mejor fenómenos cruciales en la física de partículas, como la asimetría de Sivers y las colisiones de alta energía en el Gran Colisionador de Hadrones (LHC).

Un protón sometido a fuerzas extremas

El protón, una de las partículas fundamentales de la materia, está compuesto por tres quarks unidos por la interacción fuerte. Hasta ahora, la distribución de las fuerzas dentro del protón solo podía inferirse de manera indirecta, pero este estudio ha permitido visualizar cómo actúan estas interacciones de forma directa.

Según Joshua Crawford, estudiante de doctorado de la Universidad de Adelaida y autor principal del estudio, estos hallazgos revelan que incluso a estas minúsculas escalas, las fuerzas involucradas son inmensas, alcanzando hasta medio millón de Newtons, "el equivalente a unos 10 elefantes, comprimidos en un espacio mucho más pequeño que un núcleo atómico". Esta cifra es sorprendente, considerando que se trata de una escala subatómica donde las distancias son del orden de femtómetros ( $10^{-15}$  metros).

Las simulaciones han mostrado que estas fuerzas no solo son enormes, sino que también varían según la posición de los quarks dentro del protón. En algunas regiones, los quarks experimentan fuerzas de confinamiento extremadamente intensas que los mantienen unidos, mientras que en otras, las fuerzas pueden generar efectos asimétricos clave para entender la estructura del protón. Cromodinámica cuántica en red (lattice QCD): la herramienta que hace visible lo invisible

Para obtener estos resultados, el equipo utilizó cromodinámica cuántica en red (lattice QCD), una técnica computacional avanzada que permite simular la interacción fuerte con gran precisión. Esta técnica divide el espacio y el tiempo en una cuadrícula microscópica, lo que permite modelar cómo los quarks interactúan dentro del protón en distintos puntos.

Según el profesor Ross Young, de la Universidad de Adelaida, este enfoque nos permite simular cómo la fuerza fuerte varía en diferentes regiones dentro del protón. La interacción fuerte es la más

intensa de las cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza, y es responsable de mantener cohesionados los quarks en partículas como protones y neutrones.

Este trabajo ha generado lo que posiblemente sea el mapa de fuerzas más pequeño jamás creado. A través de los cálculos realizados, los investigadores han podido analizar la distribución de la llamada fuerza color-Lorentz, que afecta a los quarks en procesos de dispersión profunda inelástica. La asimetría de Sivers y su relación con las fuerzas internas del protón

Uno de los aspectos más relevantes del estudio es su conexión con la asimetría de Sivers, un fenómeno observado en experimentos de dispersión profunda inelástica. La asimetría de Sivers describe cómo los quarks dentro de un protón polarizado tienden a moverse preferentemente en ciertas direcciones cuando son impactados por partículas de alta energía.

El estudio ha demostrado que la fuerza color-Lorentz juega un papel crucial en este fenómeno. Según los investigadores, las distribuciones de fuerza proporcionan una nueva forma de entender la dinámica interna del protón y explicar por qué se comporta como lo hace en colisiones de alta energía. Estos resultados sugieren que la asimetría de Sivers puede estar directamente relacionada con las distribuciones de fuerzas internas del protón, lo que abre nuevas vías para explorar la estructura de la materia.

Implicaciones para la física y la tecnología

El descubrimiento de estas fuerzas internas del protón no solo tiene implicaciones teóricas, sino también aplicaciones prácticas. Comprender mejor la estructura del protón puede ayudar a mejorar la precisión de modelos utilizados en la física de partículas, lo que impacta en experimentos como los del LHC.

Además, esta investigación podría tener aplicaciones en tecnologías avanzadas como la terapia con protones. Este tipo de tratamiento se usa en oncología para atacar tumores con haces de protones de alta energía, minimizando el daño a los tejidos sanos circundantes. Con un conocimiento más detallado de la estructura del protón, los científicos podrían optimizar el uso de estas partículas en medicina y otros campos.

Como señala el profesor Young, al hacer visibles las fuerzas invisibles dentro del protón por primera vez, este estudio une la teoría con la experimentación, del mismo modo que los descubrimientos sobre la luz allanaron el camino para las tecnologías modernas.



Publicado por **Eugenio M. Fernández Aguilar**

Físico, escritor y divulgador científico. Director de Muy Interesante Digital

Creado: 27.02.2025 | 10:17    Actualizado: 25.02.2025 | 22:24

---