

Hacia la elucidación del rompecabezas del Hipertritio

Hacia una medición precisa de la energía de enlace y el tiempo de vida de los hipernúcleos

Una colaboración internacional dirigida por Takehiko Saito, científico jefe, de RIKEN y de la grande instalación internacional GSI/FAIR, y Christophe Rappold, investigador del Instituto de Estructura de la Materia, CSIC, ha publicado en la revista de renombre mundial Nature Review Physics, un artículo de revisión sobre "Nuevas direcciones en la física hipernuclear". En ella se presenta el rompecabezas para entender las propiedades del hipertritio basado en los actuales estudios experimentales que pretenden dilucidarlo.

El hipertritio está compuesto por un núcleo de deuterio y una partícula lambda (partícula Λ), y su energía de enlace debida a la fuerza que actúa entre ellos se había considerado pequeña durante unos 50 años basándose en las mediciones realizadas hasta la década de 1970. Sin embargo, experimentos recientes han demostrado que el tiempo de vida de los hipertritones desde su formación hasta su desintegración puede ser significativamente más corto que el predicho a partir de la energía de enlace. Además, en 2020, una publicación del experimento de colisión de iones pesados STAR en el Laboratorio Nacional de Brookhaven (Estados Unidos) indicaba que las energías de enlace medidas pueden ser muy superiores a los valores obtenidos en esos 50 años (Nota 1). Sin embargo, no se pudo llegar a una conclusión definitiva debido a las grandes incertidumbres, y el misterio del hipertritón se profundizó. Para resolver esta discrepancia, C. Rappold y S. Escrig del IEM, junto con T. Saito y otros colaboradores, están aunando esfuerzos para resolver esta discrepancia, conocida como el rompecabezas del hipertritón.

En primer lugar, es importante volver a medir con precisión la energía de enlace, y para ello C. Rappold y otros han desarrollado un modelo de aprendizaje automático [1] para analizar los datos de las placas de emulsión nuclear irradiadas con haces de mesones K [2] en el Complejo de Investigación del Acelerador de Protones de Japón (J-PARC) [3]. El grupo de investigación ha conseguido detectar visualmente la producción y desintegración de hipertritios [4]. En este estudio, el grupo de investigación

internacional ha desarrollado un método de análisis que combina la simulación física y las técnicas de aprendizaje automático, y ha demostrado que es posible detectar eventos de formación y desintegración de hipertritos a partir de los datos de la emulsión nuclear. La placa de emulsión nuclear utilizada para buscar el hipertritio se utilizó originalmente en un experimento para detectar otro hipernúcleo, por lo que la búsqueda del hipertritio se realizó entre un gran número de eventos de fondo sin ninguna pista. En marzo de 2021, cuando se presentó el artículo, habíamos analizado alrededor de 1/5.000 de los datos totales de la placa de emulsión utilizados en el experimento, y en ese momento, habíamos identificado con éxito y de forma única tres casos de hipertritos.

En segundo lugar, la colaboración tiene un experimento que se está llevando a cabo en las instalaciones del GSI/FAIR, en el que C. Rappold y S. Escrig tienen una importante contribución mediante la construcción del sistema de detección de microvértices y también en el marco de análisis completo. El experimento llamado WASA-FRS tiene como objetivo medir con precisión el tiempo de vida del hipertritio junto con la prueba de la existencia del estado $nn\Lambda$. Para ello se está instalando el sistema detector central WASA en el plano focal medio del separador de fragmentos FRS del GSI para la próxima fase 0 de FAIR en marzo de 2022. WASA son las siglas de "Wide Angle Shower Apparatus" (Aparato de Ducha de Gran Angular) y está diseñado para rastrear las huellas de un gran número de partículas que se emiten en las colisiones nucleares energéticas. Así, el aparato es una enorme esfera casi cerrada, equipada con innumerables instrumentos de medición. En su interior hay un imán solenoide superconductor que debe ser enfriado a cuatro Kelvin con helio líquido.

Esta investigación demostrará que los hipertritos pueden detectarse eficazmente en grandes cantidades a partir de placas de emulsión nuclear y en experimentos de espectroscopia en vuelo. Se espera que la determinación de su energía de enlace y su tiempo de vida con la mayor precisión del mundo contribuya a la solución del "rompecabezas de los hipertritones". Esta investigación se ha publicado en la edición online de la revista científica Nature Reviews Physics (14 de septiembre de 2021) : <https://www.nature.com/articles/s42254-021-00371-w>

(Nota 1) Nature Physics. 16, 409-412, DOI: 10.1038/s41567-020-0799-7 (2020).

Investigación financiada por:

1. "Atracción de talento investigador - Doctores con experiencia" Comunidad de Madrid, ref: 2019-T1/TIC-13194. IP: C.Rappold Acrónimo:"DeepHyp"

2. Proyectos I+D+i 2020 ref: PID2020-118009GA-I00 IP: C.Rappold Acrónimo:"Hyp@FRS"

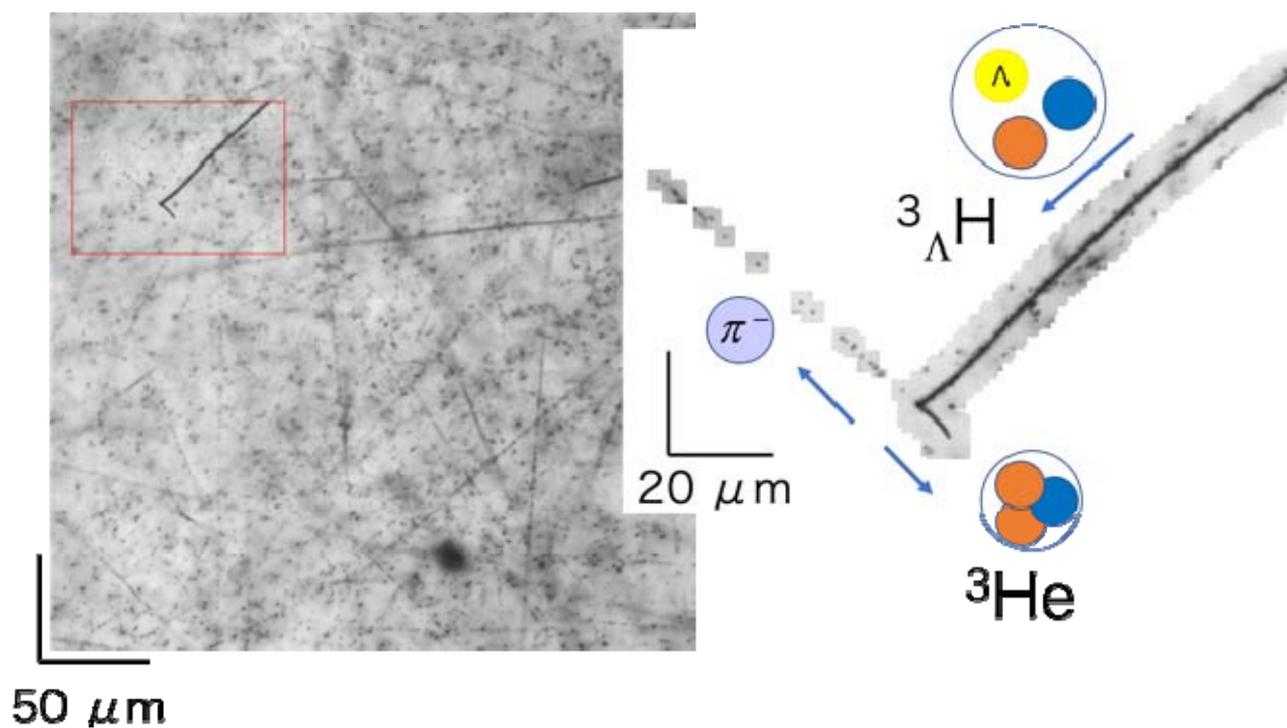


Figure 1: The discovered decay events of hypertriton in the emulsion plate of the E07 experiment

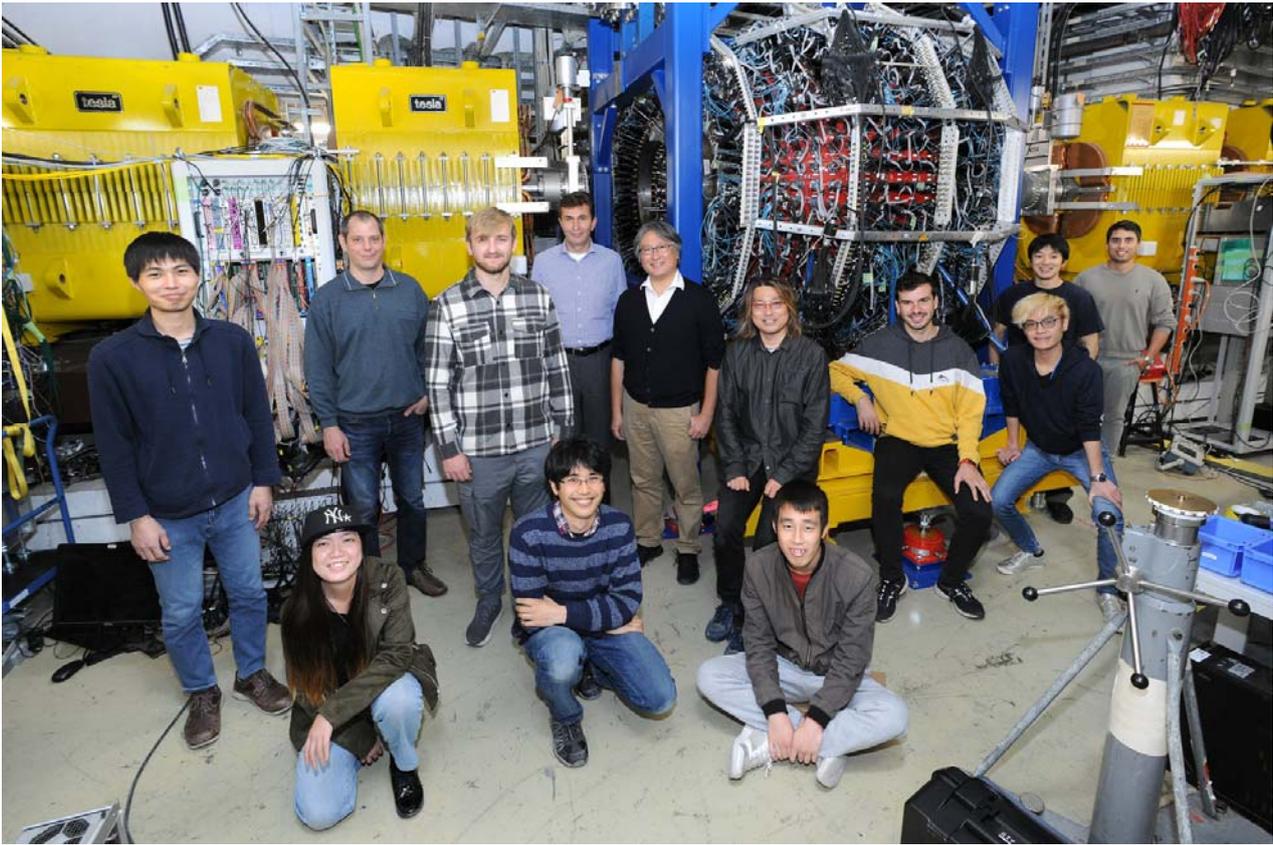


Figure 2: Members of the WASA-FRS collaboration on site at GSI/FAIR to install the WASA detector at FRS

Explicación complementaria

[1] Aprendizaje automático, red neuronal

El aprendizaje automático es una técnica de procesamiento de datos basada en la informática, en la que se hace que el ordenador construya un método de procesamiento basado en una gran cantidad de datos y ejemplos de respuestas correctas (datos de entrenamiento), en lugar de que un ser humano programe el método de procesamiento de antemano. Una red neuronal es un modelo matemático utilizado en el aprendizaje automático que imita el mecanismo de la red neuronal del cerebro de un organismo. El procesamiento de imágenes mediante redes neuronales ha mejorado rápidamente su rendimiento desde mediados de la década de 2010, y actualmente se aplica en diversas situaciones.

[2] Mesones K

Un mesón es una partícula compuesta por un quark y un antiquark. Un mesón que contiene un quark extraño se llama mesón K.

[3] Complejo de Investigación del Acelerador de Protones de Japón (J-PARC)

El Complejo de Investigación del Acelerador de Protones de Japón (J-PARC) es el nombre colectivo del Complejo de Investigación del Acelerador de Protones de Japón (J-PARC), un acelerador de protones de alta intensidad e instalaciones de utilización construidas en Tokai-mura, Prefectura de Ibaraki, Japón. Está operado conjuntamente por la Organización de Investigación de Aceleradores de Alta Energía (KEK) y la Agencia de Energía Atómica de Japón (JAEA). Las partículas secundarias generadas por la colisión de protones acelerados por el acelerador con blancos nucleares se utilizan para la investigación en las ciencias de los materiales y de la vida, la física nuclear y de partículas y las aplicaciones industriales.

[4] Hipernúcleo, Hipertritón

Un hipernúcleo es un núcleo atómico en el que se añade una partícula llamada hiperón a los protones y neutrones que componen un núcleo atómico normal. El hipertritón es el más ligero de los hipernúcleos y está formado por protones, neutrones y la partícula lambda (un tipo de hiperón).