



Centro Nacional de Aceleradores

CNA (Universidad de Sevilla-Junta de Andalucía-CSIC)
Unidad de Cultura Científica y de la Innovación (UCC+i)



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE CIENCIA, INNOVACIÓN Y UNIVERSIDADES



FECYT
FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA



RED DE UNIDADES DE CULTURA CIENTÍFICA Y DE LA INNOVACIÓN

¡Tengo un neutrón y no dudaré en usarlo!

Página | 1

Una de las cosas que más escucho cuando explico a la gente en qué consiste mi trabajo es: “Y eso... ¿para qué sirve?” Soy física nuclear, trabajo en un centro de investigación y gran parte de mi trabajo se centra en la producción, caracterización y utilización de haces de neutrones. Algo que, a priori, suena a “esas cosas que hacen los científicos”, alejadas del día a día de los “profanos en la materia”. Y de esa opinión generalizada tenemos parte de culpa los propios científicos, que no nos tomamos el tiempo suficiente para abordar, explicar y divulgar sobre las implicaciones prácticas y el impacto social que puede tener nuestro trabajo.

Y es que resulta más fácil comprender que tu trabajo consista en estudiar nuevas formas de tratamiento contra el cáncer, desarrollar materiales que sean más resistentes en las duras condiciones espaciales, diseñar dispositivos capaces de detectar explosivos, o formas no destructivas de analizar piezas arqueológicas... La buena noticia es que para todo eso, y mucho más, sirven los neutrones. Una herramienta poco conocida y muchas veces rodeada de la inmerecida mala fama que se asocia a todo lo relacionado con lo “nuclear”.

¿Qué es un neutrón y qué lo hace tan especial?

Los neutrones son partículas sin carga que forman parte, junto a los protones, del núcleo de los átomos. Su trabajo es el de aportar fuerza nuclear, que mantiene unidas las partículas dentro del núcleo, para contrarrestar la repulsión eléctrica que se produce entre los protones (cargas positivas), convirtiéndose en el “pegamento” que mantiene al átomo estable.

Esta “neutralidad” es lo que hace a los neutrones tan interesantes. Al no ser capaces de sentir las cargas eléctricas que rodean a los átomos (la nube de electrones), consiguen



Infraestructuras
Científicas y
Técnicas
Singulares

Comunicación del Centro Nacional de Aceleradores

Phone: (+34) 954460553

Fax: (+34) 954460145

divulgacion-cna@us.es

www.cna.us.es



Centro Nacional de Aceleradores

CNA (Universidad de Sevilla-Junta de Andalucía-CSIC)

Unidad de Cultura Científica y de la Innovación (UCC+i)



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE CIENCIA, INNOVACIÓN Y UNIVERSIDADES



FECYT
FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

UCC+i
RED DE UNIDADES DE CULTURA CIENTÍFICA Y DE LA INNOVACIÓN

penetrar profundamente en distintos medios, lo que los convierte en sondas magníficas para inspeccionar muestras grandes, profundamente blindadas o densas. Del mismo modo, su interacción con los átomos va a depender exclusivamente de su estructura nuclear, convirtiéndolos en excelentes complementos a otras formas de radiación (como los rayos X o los haces de iones) que difícilmente pueden penetrar en los átomos más allá de su corteza.

Página | 2

Neutrones contra el cáncer

La probabilidad de que un neutrón interactúe varía enormemente de unos núcleos a otros. Para neutrones de baja energía, la probabilidad de que un núcleo de boro absorba un neutrón y emita una partícula alfa es especialmente grande. La BNCT (Boron Neutron Capture Therapy), o Terapia por Captura de Neutrones en Boro es una forma de tratamiento experimental contra el cáncer que se aprovecha de esta peculiaridad de los neutrones para destruir células tumorales. La terapia consiste en inyectar boro a un paciente a través de un trazador que tenga afinidad por las células cancerosas (de forma similar a como se hace en otras pruebas diagnósticas). El paciente sería posteriormente expuesto a un haz de neutrones de una energía tal que sea prácticamente invisible para los tejidos del paciente, pero que produzca una reacción nuclear con el boro capaz de destruir la célula en la que se aloja (una célula tumoral) sin dañar a las células adyacentes. Este tipo de terapia selectiva permitiría, entre otras cosas, tratar metástasis, tumores deslocalizados, cánceres líquidos y, en general, supondría una alternativa para todos aquellos casos que no puedan ser tratados por radioterapia convencional.

En una radiografía convencional se consiguen diferentes contrastes en función de la densidad del medio. Esta técnica nos permite ver elementos más densos (como los huesos) a través de elementos más ligeros, como el agua de nuestros tejidos. De ese modo, elementos pesados como el plomo y otros metales blindan la radiación (por eso nos ponen placas de plomo en zonas sensibles del cuerpo, como los genitales, al hacernos una radiografía). ¿Pero qué ocurre si lo que queremos ver es más ligero que el



Comunicación del Centro Nacional de Aceleradores

Phone: (+34) 954460553

Fax: (+34) 954460145

divulgacion-cna@us.es

www.cna.us.es



Centro Nacional de Aceleradores

CNA (Universidad de Sevilla-Junta de Andalucía-CSIC)

Unidad de Cultura Científica y de la Innovación (UCC+i)



medio que lo rodea? Para esas situaciones en las que los rayos x se encontrarían ciegos, la neutrografía supone una prometedora alternativa.

Página | 3

En el caso de los neutrones, no es la densidad de un material la que determina la atenuación, sino que ésta varía enormemente entre unos núcleos y otros, siendo muy alta para núcleos como el del hidrógeno o el litio, y muy baja para elementos como el plomo o el hierro. Por ello las neutrografías permiten ver elementos y compuestos ligeros (como el agua o los plásticos) en el seno de grandes objetos metálicos o pesados. Este ejemplo tiene gran relevancia en la industria, tanto en el mantenimiento de las instalaciones, permitiendo ver los niveles de líquido o aire en diferentes estructuras para identificar grietas, burbujas u obstrucciones antes de que causen una avería; como en los controles de calidad para inspeccionar *in situ* las piezas producidas (por ejemplo, repuestos de aviones, baterías de litio o pilas de combustible nuclear) sin tener que retirar piezas al azar para evaluarlas. Además, al no haber relación entre la interacción de los neutrones con la densidad del medio, podemos distinguir materiales con densidades muy similares (indistinguibles bajo rayos x). Por ejemplo, en arte y patrimonio cultural, se puede evaluar el grado de humedad interna de una talla de madera de forma no destructiva y así planificar su restauración o conservación sin tener que perforarla o abrirla para ver su interior.

Difracción de neutrones

Esta técnica consiste en irradiar una muestra con neutrones de baja energía, de modo que estos se “dispersan” en unas direcciones concretas, formando unos patrones que nos permiten determinar las posiciones individuales de los átomos dentro del cristal o molécula que atraviesan (del mismo modo en que podrías saber dónde se encuentran los nudos de una malla estudiando los montoncitos que se producen al tamizar arena).

Esta técnica también se puede llevar a cabo con rayos x o con electrones, pero a diferencia de estos, los neutrones no interactúan con los electrones de la corteza de los átomos. De ese modo, elementos ligeros como el hidrógeno, que tienen pocos electrones, son invisibles en las técnicas de difracción convencionales, pero son fácilmente identificables para los neutrones, lo que cobra especial relevancia en



Comunicación del Centro Nacional de Aceleradores
Phone: (+34) 954460553
Fax: (+34) 954460145
divulgacion-cna@us.es
www.cna.us.es



Centro Nacional de Aceleradores

CNA (Universidad de Sevilla-Junta de Andalucía-CSIC)

Unidad de Cultura Científica y de la Innovación (UCC+i)



muestras biológicas. Gracias a la difracción de neutrones se puede determinar, entre otras cosas, la estructura o el plegamiento de una proteína o ciertos procesos enzimáticos, factores que juegan un papel relevante en el diseño de medicamentos. Con esta técnica se ha estudiado la estructura de las proteínas que identifican virus, como el propio SARS-CoV-2, y que resulta indispensable para el desarrollo de vacunas o de fármacos retrovirales, como los destinados al tratamiento del VIH.

Página | 4

Irradiación neutrónica

Los satélites y componentes espaciales, así como toda la electrónica y materiales asociados a reactores nucleares (de fisión o de fusión) y otros ambientes con condiciones duras de radiación, están sometidos a flujos de neutrones que pueden acabar por producir daños en su estructura y que acaban por degradar sus propiedades. Estudiar el modo en que esta radiación afecta a los distintos sistemas y comprobar su respuesta a los neutrones antes de poner en operación los equipos que van a sufrir esas condiciones se vuelve indispensable para que los prototipos sean robustos y cumplan su objetivo con éxito. Del mismo modo, los dosímetros y los equipos de detección de radiación que se utilizan en protección radiológica, tienen que ser testados y calibrados previamente a su utilización, por ejemplo, por los profesionales de un hospital en una sala de radioterapia. Para todo ello, es necesario disponer de una fuente de neutrones conocida con la que poder realizar estos test de forma controlada.

Esa es la filosofía detrás, por ejemplo, del proyecto IFMIF-DONES (International Fusion Materials Irradiation Facility DEMO Oriented Neutron Source), cuya sede se ha propuesto en Granada. Se trata de una fuente de neutrones intensa cuyo principal objetivo es reproducir las condiciones de radiación neutrónica que se producirán en los futuros reactores de fusión, como DEMO, para poner a prueba los prototipos y guiar la investigación y el desarrollo de los materiales y la tecnología necesarios.



Comunicación del Centro Nacional de Aceleradores
Phone: (+34) 954460553
Fax: (+34) 954460145
divulgacion-cna@us.es
www.cna.us.es



Centro Nacional de Aceleradores

CNA (Universidad de Sevilla-Junta de Andalucía-CSIC)

Unidad de Cultura Científica y de la Innovación (UCC+i)



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE CIENCIA, INNOVACIÓN Y UNIVERSIDADES



FECYT
FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

UCC+i
RED DE UNIDADES DE CULTURA CIENTÍFICA Y DE LA INNOVACIÓN

Activación neutrónica

Al irradiar un material con neutrones de alta energía, los núcleos de los materiales interaccionan con ellos, produciendo reacciones nucleares que emiten una radiación gamma característica (como una huella dactilar). Detectando esta radiación se pueden identificar los distintos elementos que componen una muestra y en qué proporción. Con la posibilidad de tener fuentes de neutrones portátiles, esta técnica se utiliza, entre otras muchas aplicaciones, para medir los niveles de humedad en el subsuelo o localizar metales bajo tierra, la inspección de grandes estructuras en busca de explosivos (como el cargamento de un barco), o para detectar la presencia de contaminantes o elementos de origen antropogénico en medidas medioambientales.

Página | 5

¿Parte del problema? Parte de la solución

En la industria nuclear, las reacciones que se llevan a cabo en los reactores y que permiten la obtención de energía se producen y se sostienen gracias a los flujos de neutrones que se producen en su interior. Del mismo modo, los neutrones conforman gran parte de ese ambiente de radiación intenso que hay que blindar y controlar en una instalación nuclear (como hemos visto anteriormente). Entender la física que rodea a las interacciones con los neutrones se vuelve indispensable a la hora de diseñar nuevos reactores más limpios, seguros y eficientes. Por otro lado, los neutrones también tienen un rol importante en el tratamiento y la gestión posterior de los residuos nucleares. Gracias a una combinación de las técnicas anteriores, las fuentes de neutrones pueden utilizarse para determinar la actividad de los residuos, permitiendo su correcta clasificación y tratamiento. Además, a través de la irradiación con neutrones se produce la transmutación de los residuos nucleares de mayor actividad, convirtiéndolos en residuos estables o de baja actividad, mucho más fáciles de gestionar, obteniendo más energía en el proceso.



Comunicación del Centro Nacional de Aceleradores
Phone: (+34) 954460553
Fax: (+34) 954460145
divulgacion-cna@us.es
www.cna.us.es



Centro Nacional de Aceleradores

CNA (Universidad de Sevilla-Junta de Andalucía-CSIC)
Unidad de Cultura Científica y de la Innovación (UCC+i)



El CNA y la fuente de neutrones HiSPANoS

El Centro Nacional de Aceleradores, CNA, es un centro de investigación multidisciplinar de la Universidad de Sevilla, la Junta de Andalucía y el CSIC ubicado en el Parque Científico y Tecnológico Cartuja, en Sevilla. Se trata de una ICTS (Instalación Científico-Técnica Singular) abierta a usuarios externos. Recientemente se ha incorporado a una de sus instalaciones (Acelerador tándem de 3 MV) una línea dedicada a la producción de haces de neutrones pulsados. HiSPANoS (Hispalis Neutron Source) supone la primera fuente de neutrones de ese tipo en España y forma parte del proyecto europeo ARIEL (Accelerator and Research reactor Infrastructures for Education and Learning, H2020-Euratom-847594). La fuente HiSPANoS, tanto en su forma pulsada como continua, tiene entre sus objetivos convertirse en una instalación de referencia para usuarios externos en una gran variedad de campos, donde destacan la investigación en astrofísica, física médica y física nuclear básica, la caracterización de detectores y componentes electrónicos, irradiación de materiales y la neutrografía.