

2018

# Encuentros de Física Nuclear

*X Jornadas CPAN (Salamanca)*

*29-31 de octubre de 2018*







# Libro de resúmenes de los Encuentros de Física Nuclear 2018

*(Salamanca, 29-30 de octubre de 2018)*



## Aplicaciones en Patrimonio Cultural en el CNA

M.A. Respaldiza (1,2), S. Scrivano (1,2), I. Ortega-Feliu (1,3), A. Kriznar (1,4), F.J. Ager (1,5) and B. Gómez-Tubío

(1) Centro Nacional de Aceleradores (US-CSIC-JA), C/Thomas A. Edison 7, 41092 Sevilla.

(2) Dpto. Física Atómica, Molecular y Nuclear, Univ. de Sevilla, Av.Reina Mercedes s/n, 41012 Sevilla.

(3) Dpto. Física Aplicada III, Univ. de Sevilla, Camino de los Descubrimientos s/n, 41092 Sevilla.

(4) Dpto. Escultura e Historia de las Artes Plásticas, Univ. de Sevilla, C/ Laraña 3. 41003 Sevilla.

(5) Dpto. Física Aplicada I, Univ. de Sevilla, C/Virgen de África 7, 41011 Sevilla.

El uso de las técnicas nucleares de análisis ha experimentado un auge extraordinario en las últimas décadas en el campo del Patrimonio Cultural. Hoy en día, su uso en el estudio de objetos de interés para el Patrimonio se ha vuelto esencial. Desde los años 90, el grupo de investigación en Física Nuclear Aplicada del Centro Nacional de Aceleradores ha realizado un esfuerzo importante para desarrollar diferentes técnicas analíticas no destructivas para el estudio de objetos de arte y arqueológicos. Estos esfuerzos se centraron inicialmente en el uso de las técnicas IBA (Ion Beam Analysis) y, últimamente, en el desarrollo de equipos portátiles de fluorescencia de rayos X (XRF), incluidas las versiones con microhaces gracias a la implementación de lentes policapilares ( $\mu$ XRF y XRF confocal).

En esta comunicación se presentarán los diferentes métodos e instrumentación desarrollados en los últimos años en el CNA, e ilustraremos con varias aplicaciones sus capacidades para el análisis de diferentes tipos de objetos: joyas, monedas, pinturas, vidrios, etc. Se mostrarán las ventajas y limitaciones de las diferentes técnicas y también se presentarán ejemplos de cómo la combinación de varios de estos métodos puede superar algunas de esas limitaciones.

## Nanopartículas de lantánidos para imagen multimodal. Biodistribución en ratón por MicroPET y NanoCT

L. Fernández-Maza<sup>1</sup>, A. Corral (1), A.I. Becerro<sup>(2)</sup>, D. González-Mancebo (2), A. Parrado (1), M. Balcerzyk (1), M. Ocaña<sup>(2)</sup>

(1) Centro Nacional de Aceleradores. Universidad de Sevilla, CSIC, Junta de Andalucía

(2) Instituto de Ciencias Materiales de Sevilla. CSIC, Universidad de Sevilla

Las nanopartículas de lantánidos constituyen un prometedor grupo de agentes para imagen multimodal. Por sus propiedades fisicoquímicas podrían ser útiles en diferentes técnicas diagnósticas; bioluminiscencia, resonancia magnética (MRI), tomografía computarizada (CT) y tomografía por emisión de positrones (PET). En el presente trabajo se marcaron nanopartículas de trifluoruro de lantano con Flúor-18 para estudios de imagen por PET/CT.

Se obtuvo el [<sup>18</sup>F]fluoruro por bombardeo de un target líquido <sup>18</sup>O(p,n)<sup>18</sup>F en el ciclotrón del CNA. La actividad se transfirió a un módulo de síntesis dentro una celda blindada de la Unidad de Radiofarmacia. La reacción de marcaje tuvo lugar a temperatura ambiente. Antes de inyectarlas al animal, se analizaron las nanopartículas por radiocromatografía en capa fina, para asegurar la pureza radioquímica. Los controles de pH y la estabilidad in vitro en plasma humano se llevaron a cabo en estudios anteriores. Se inyectaron 4 MBq de nanopartículas radiactivas por la vena lateral de la cola de un ratón sano BALB/c y se realizó el estudio PET estático de 15 minutos seguido del estudio CT. El animal permaneció anestesiado durante ambos estudios, por lo que las imágenes funcionales PET pudieron superponerse a las imágenes anatómicas del CT.

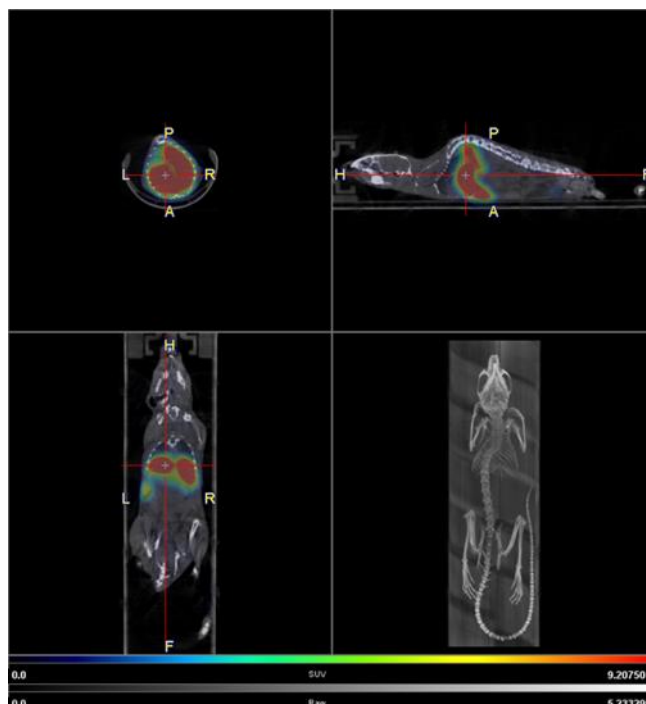


Imagen PET/CT de biodistribución de nanopartículas [<sup>18</sup>F]LaF<sub>3</sub> en ratón BALB/c control

## Caracterización por técnicas IBA de blancos de reacciones nucleares

*F.J. Ferrer, B. Fernández-Martínez, J. Praena, J.P. Fernández-García, V. Godinho, P. Torres, A. Fernández-Camacho, J. Gómez-Camacho*

La caracterización de los blancos utilizados en experimentos de física nuclear resulta fundamental en la interpretación de los resultados de éstos. Dos tipos de desviaciones respecto a los blancos diseñados, inhomogeneidades y presencia de impurezas, pueden alterar la composición inicialmente planificada. Las técnicas IBA constituyen una herramienta de caracterización idónea para medir los blancos que se utilizarán posteriormente (o que hayan sido usados) en experimentos de reacciones nucleares. Se presentarán diferentes ejemplos de caracterización de blancos.

## The new pulsed neutron beam facility at CNA (Spain)

*M. Macías (1,2), B. Fernández (1,2) y J.Praena (3)*

*(1) Universidad de Sevilla, Spain*

*(2) Centro Nacional de Aceleradores, Sevilla, Spain*

*(3) Universidad de Granada, Spain*

In order to provide pulsed beams, CNA team and NEC staff are currently working on a chopping/bunching system installation and commissioning, as well as the addition of new equipment to better monitor and control the beam in a new neutron line. The beam chopper consists of a pair of electrically deflecting plates, mounted in parallel to the initial ion beam. One plate is normally polarized with dc voltage deflecting the beam on an absorbing beam catcher. The second one is supplied with an electronic switch. Both work together producing an oscillation of the beam in the transverse direction, thus creating a beam pulse. The bunching unit, being made up involving a pair of tubular electrodes, is mounted coaxially to the ion beam, after the pulsing unit. The electrodes are supplied with radiofrequency voltage phase locked to the different frequencies of the chopping system. The entrance and the exit gaps of the tubular bunching electrodes are used for the time compression of the beam pulse. The other new devices are: a beam profile monitor (BPM), two magnetic steerers, two manual slits, a Faraday cup, and a Pick-Up.

The chopping/bunching system has been designed to deal with a primary beam of protons or deuterium. The first tests with protons show a pulsed beam with a FWHM of the order of ns and expected frequency.

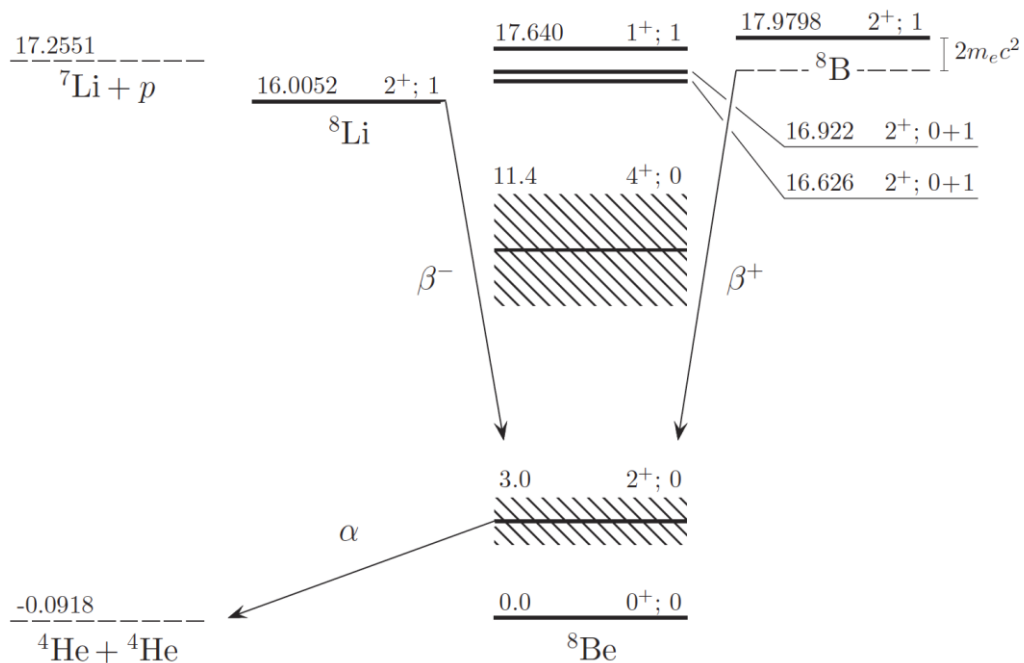
These promising results will lead the way to various research lines in Seville, among them are nuclear energy production, radiation protection, cancer therapy by neutron irradiation, radio-biological and nuclear structure research.



## Electron Capture of $^8\text{B}$ into highly excited states of $^8\text{Be}$

Sílvia Viñals Onsès

In this talk, I will present the study of the decay of  $^8\text{B}$  into highly excited states of  $^8\text{Be}$  with the aim of determining the branching ratios. Our interest lies in the  $2^+$  doublet at 16.6 and 16.9 MeV populated via  $\beta^+$  and electron capture (EC) respectively and also the so far unobserved EC-delayed proton emission via the 17.640 MeV state, that has a theoretical branching ratio of  $2.3 \cdot 10^{-8}$ . The  $2^+$  doublet is interesting due to the high isospin mixing [1], leading to dominant configurations as  $^7\text{Li}+p$  and  $^7\text{Be}+n$  respectively I will discuss the aims of the experiment, the setup and I will give the results obtained so far in the analysis.



## Measurement of the Cm-244 and Cm-246 neutron-induced cross sections at the n\_TOF facility

*Victor Alcayne Aicua*

The neutron capture reactions in  $^{244}\text{Cm}$  and  $^{246}\text{Cm}$  isotopes open the path of the formation of heavier Cm isotopes and heavier elements such as Bk and Cf in a nuclear reactor. In addition, both isotopes are two of the minor actinides with a large contribution to the decay heat and to the neutron emission in irradiated fuels proposed for the transmutation of the nuclear waste and fast critical reactors. The available experimental data for both isotopes is very scarce due to the difficulties in performing the measurements: high intrinsic activity of the samples and the limited facilities capable of providing isotopically enriched samples. We measure the neutron capture cross section measurement with isotopically enriched samples of  $^{244}\text{Cm}$  and  $^{246}\text{Cm}$  provided by JAEA. The measurement covers the range from 1 eV to 250 eV. The measure was done in to difference experimental areas with different detectors: In Experimental Area 2 (EAR-2) with  $\text{C}_6\text{D}_6$  and also in experimental Area 1 (EAR-1) with the Total Absorption Calorimeter.

## Recent studies at the three CNA Irradiation facilities and coming upgrade

*Pedro Martín-Holgado, Yolanda Morilla y Rafael García-Tenorio  
Centro Nacional de Aceleradores*

In this work we summarize some recent experiments carried out at the three different irradiation facilities from the Centro Nacional de Aceleradores, using either gamma radiation from a Co-60 source, or protons and neutrons from the particle accelerators. In addition, the main characteristics of a new chamber which will be available at CNA in the near future and specially designed to irradiate at elevated and cryogenic temperatures will be shown and discussed

## Determinación y caracterización de movimiento en escáner PET de animal despierto

*Fernando Arias Valcayo*

En este trabajo se ha estudiado la técnica de seguimiento de marcadores fiduciales emisores de positrones para detectar y corregir movimiento en adquisiciones de tomografía por emisión de positrones (PET). El objetivo es poder realizar adquisiciones PET con animales despiertos. Esto evitaría el uso de anestesia y sus efectos en el funcionamiento normal del cerebro bajo estudio.

Se han estudiado distintas métricas para determinar el movimiento tanto en el espacio del sinograma como en el de la imagen retroproyectada. Se ha probado que varias de estas métricas, basadas en la distribución no uniforme del escáner, son capaces de detectar instantes en los que el animal se encuentra quieto. El método del centroide de líneas de respuestas ha sido el más rápido.

Mediante la generación de datos con trazado de rayos y simulaciones Montecarlo con Penelo-PET, se ha estudiado cómo afectan factores como el ruido o la resolución del escáner, en la correcta localización de los marcadores. Con ello se pretende poder estimar la actividad óptima de las fuentes dependiendo del estudio que se quiere realizar. Para la correcta localización de las fuentes se ha utilizado un nuevo filtro, que hemos denominado pseudo-FBP, que mejora el contraste obtenido con la retroproyección estándar, sin aumentar mucho el tiempo de cálculo.

Por último, se ha caracterizado el movimiento de los cuatro marcadores colocados sobre una rata en una adquisición con FDG mediante el PET Super-Argus. Para ello se ha usado el algoritmo Kabsch para determinar el movimiento de sólido rígido de la imagen retroproyectada. El uso de las imágenes retroproyectadas de cada instante de tiempo (en lugar de las imágenes reconstruidas que requieren entre uno y dos órdenes de magnitud más de tiempo de cálculo) es un gran avance en este campo, dado que abre las puertas a su uso en futuros estudios en vivo.

En resumen, en este trabajo mostramos cómo es posible estimar y caracterizar de manera rápida y eficiente el movimiento en PET mediante el uso de marcadores fiduciales emisores de positrones colocados sobre el animal en estudio.

## Neutron capture cross section measurement of $^{205}\text{Tl}$ at the n\_TOF facility (CERN)

*Adrià Casanovas (UPC), Ariel Tarifeño (UPC), Francisco Calviño (UPC), César Domingo (IFICCSIC-U. de Valencia) y la colaboración n\_TOF*

$\text{Tl-205}$  is most abundant stable isotope of thallium in the Earth. It is produced mainly during the slow (s) process of nucleosynthesis by neutron capture. During some stages of the s process, and due to the high temperatures involved, it becomes stable and decays to  $\text{Pb-205}$ . This isotope of lead is radioactive, and it is produced only by the s-process, and therefore it is thought that it could be used as a "clock" of the process.

The  $\text{Tl-205}$  abundance is strongly dependent on its neutron capture rate, and by means of the mechanism mentioned before, so it is the abundance of  $\text{Pb-205}$ . Having considered this, the ANT group of the UPC carried out the measurement of the capture cross section of  $\text{Tl-205}$  in the n\_TOF experiment at CERN this last summer, aiming to improve both the accuracy and precision of the cross section for nucleosynthesis calculations.

In this talk, besides explaining more in detail the astrophysical motivations, a description of the measurement process, and some preliminary results, will be shown.

## Laser-plasma X-Ray source for high resolution imaging applications

*L. Martín (1), J. Benlliure (1), M.D. Cortina (1), D. González (1), J. Llerena (1), J. Peña (1), C. Ruíz (2)*

*(1) IGFAE, Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Spain.*

*(2) Instituto Universitario de Física Fundamental y Matemáticas, Universidad de Salamanca, Salamanca, Spain.*

Development of novel X-ray sources has a significant impact on the society due to its applications on very different fields such as medicine, biology, chemistry, industry. Laser-plasma X-ray sources, produced by an intense infrared laser pulse of femtoseconds interacting with a solid target, have many advantages over conventional ones. On one hand, they can achieve higher imaging resolutions because of the micrometric size of the source. On the other hand, the X-ray beam is pulsed in the picosecond regime with the same repetition rate as the laser radiation. Also, the target engineering allows to produce sophisticated targets for special applications with several materials.

The laser-plasma X-ray source, currently installed at the Laser Laboratory for Acceleration and Applications (L2A2) of the University of Santiago de Compostela (USC), is produced by 1mJ, 35 fs, 1 kHz pulses centered at 800 nm wavelength on thick rotatory metallic targets. The X-ray spectra of this source are characterized by the K peaks of the target material and a Bremsstrahlung continuum up to several tens of keV. The L2A2 x-ray source has been optimized and stabilized for imaging applications. We have demonstrated the higher quality of the L2A2 x-ray source against a conventional x-ray tube evaluating the MTF (Modulation Transfer Function) of both sources. We present some imaging applications like high resolution absorption imaging with scintillator-silicon array detectors and 3D reconstruction of biological and non-biological samples.

## Tasas de producción de emisores $\beta^+$ para la verificación del rango en protonterapia

T. Rodríguez-González (1), C. Guerrero (1,2), M. C. Jiménez-Ramos (2), A. Parrado (2), J. Lerendegui-Marco (1), M. A. Millán-Callado (1) and J. M. Quesada (1)

(1) Universidad de Sevilla, Sevilla, Spain

(2) Centro Nacional de Aceleradores (CNA), Sevilla, Spain

En protonterapia, la verificación de rango in vivo usando un escáner PET se basa en la comparación entre la actividad medida y la actividad estimada de emisores de positrones inducidos por el haz de protones en los principales elementos del cuerpo humano: carbono, oxígeno, nitrógeno, calcio y fósforo. La exactitud con la que se conoce dicha estimación depende de la exactitud de la simulación Monte Carlo correspondiente, que a su vez depende de la exactitud con la que se conocen las secciones eficaces de interés [1]. Una revisión de los datos experimentales disponibles en EXFOR [2,3] muestra que para determinadas reacciones no existen datos en todo el rango de energías del haz de protones (hasta 250 MeV) y que, además, existen diferencias significativas entre las distintas medidas. Esto es particularmente serio para el caso de emisores  $\beta^+$  de vida media corta (<20s), para los que básicamente no existen datos por encima de 55 MeV.

En este trabajo se ha desarrollado un método para medir las tasas de producción de emisores de positrones de vida media larga,  $^{11}\text{C}$  y  $^{13}\text{N}$ , en carbono, nitrógeno y oxígeno. El método consiste en la irradiación de paquetes de láminas delgadas ricas en C, N y O, de tal forma que el haz de protones se degrada a su paso por ellas. La medida de la actividad producida en cada lámina se mide entonces en un escáner PET operado en modo dinámico para obtener las curvas de actividad correspondientes. El método se ha aplicado de forma satisfactoria en el CNA para protones por debajo de 18 MeV, para los que se han medido las reacciones  $^{16}\text{O}(p,\alpha)^{13}\text{N}$  y  $^{14}\text{N}(p,\alpha)^{11}\text{C}$ . Se presentarán dichos resultados además de los planes para realizar medidas a mayores energías en haces clínicos.

Este método no es aplicable a los emisores de vida media corta, ya que el decaimiento se produciría por completo antes de poder colocar las láminas irradiadas en el escáner PET. Por tanto se está diseñando, en colaboración con KVI-CART, otro dispositivo experimental basado en la irradiación con un haz pulsado y las medidas de la actividad correspondiente mediante detectores centelleadores entre pulso y pulso. La clave en este caso son las correcciones por la posición de la aniquilación de los positrones, ya que los valores Q son de hasta 16 MeV. Se presentarán las simulaciones Monte Carlo correspondientes a dicho montaje experimental y se discutirán los experimento de validación de la técnica que se pretende llevar a cabo en el CNA mediante el estudio de las reacciones  $^{31}\text{P}(p,p2n)^{29}\text{P}$  y  $^{40}\text{Ca}(p,2pn)^{38\text{m}}\text{K}$  por debajo de 18 MeV.

[1] H. Paganetti, Phys. Med. Biol. 57 (2012)

[2] Experimental Nuclear Reaction Data (EXFOR) <https://www-nds.iaea.org/exfor/exfor.htm>

[3] S. España et al., Phys. Med. Biol. 56(9) (2011)

[4] P. Dendooven et al., Phys. Med. Biol. 60(23) (2015)



## Verificación de Rango de Protones mediante el uso de Contrastes

V. Valladolid (1), L.M. Fraile (1), J.M. Udías (1)

(1) Grupo de Física Nuclear & UPARCOS, Universidad Complutense de Madrid, CEI Moncloa, 28040 Madrid, SPAIN

La protonterapia es una técnica de radioterapia que se usa en el ámbito clínico para eliminar tumores mediante el uso de haces de protones. Esta técnica comparada con las tradicionales presenta una gran ventaja, el perfil de la dosis. Este perfil se caracteriza por presentar un pico de dosis muy pronunciado justo antes de que los protones se frenen por completo, denominado Pico de Bragg. La ventaja que esto supone es la mejor conformación de la dosis depositada, permitiendo depositar mayor cantidad en las zonas tumorales y menos en los tejidos sanos.

El problema de esta técnica es que no ha podido desarrollar todo su potencial debido a dos razones principalmente: la primera de ellas está relacionada con el precio y tamaño de los aceleradores de protones; y la segunda tiene que ver con la incertidumbre del cálculo del rango de los protones. Las técnicas o investigaciones cuyo objetivo es la disminución de dichas incertidumbres son conocidas como verificación de rango.

Existen muchas técnicas diferentes de verificación de rango pero en este trabajo nos hemos centrado en el estudio de emisiones por contrastes. Los contrastes son elementos que se introducen en el cuerpo humano y que debido a sus características permiten obtener imágenes médicas de mucha más calidad. El objetivo de este estudio es la comparación entre el número de emisiones producidas en tejidos naturales con y sin contrastes tras ser irradiados con un haz de protones. Para ello se ha desarrollado un simulador analítico que ha sido validado con resultados de otros programas ampliamente contrastados. Se proponen tres contrastes:  $^{18}\text{O}$ , zinc natural y  $^{127}\text{I}$ . De estos tres se ha demostrado como dos de ellos sí que mejoran claramente el número de emisiones generadas en tiempos de aproximadamente una hora tras la irradiación, y uno de estos dos (el zinc) también mejora los resultados para tiempos muy cortos.

## Laser-driven neutrons for time-of-flight experiments

*C. Guerrero, M.A. Millán-Callado, J.M. Quesada, J. Gómez, B. Fernández, M.C. Jiménez-Ramos, J. Lerendegui-Marco, M. Macías, T. Rodríguez-González (Universidad de Sevilla (US) y Centro Nacional de Aceleradores (CNA), Sevilla, Spain)*

*C. Domingo-Pardo (Instituto de Física Corpuscular (IFIC-CSIC), Valencia, Spain)*

*A. Tarifeño-Saldivia (Universidad Politécnica de Cataluña (UPC-INTE), Barcelona, Spain)*

*J. Benlliure, D. Cortina, L. Martín, J. Peñas (Universidad de Santiago de Compostela (USC), Santiago de Compostela, Spain)*

*D. Cano-Ott, T. Martínez (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), Madrid, Spain)*

Los haces de neutrones pulsados suponen una valiosa herramienta en física nuclear, con aplicaciones en un amplio abanico de campos [1-7]. Estos haces de neutrones, producidos actualmente mediante aceleradores de partículas convencionales [8-11], se caracterizan mediante “tiempo de vuelo” (TOF, por sus siglas en inglés), lo que nos permite conocer el espectro energético de nuestro haz de neutrones. El uso de esta técnica está limitado por la resolución temporal que podamos obtener, la intensidad de cada pulso, y la frecuencia con las que podamos producirlos.

En las últimas décadas, el desarrollo de láseres de pulso ultracorto (femtosegundo) y alta potencia ( $> 10^{19}$  W/cm<sup>2</sup>) ha abierto la puerta a un gran número de nuevas aplicaciones [12]. Gran parte de los recursos de investigación se han invertido en el estudio de la aceleración de haces de iones asistidos por láser, dirigiendo la mayoría de los esfuerzos en la optimización en la producción de las distintas especies de partículas. El uso de estos haces en la producción de neutrones ha permitido alcanzar valores por pulso competitivos respecto a las fuentes tradicionales [13-14] lo que podría convertir a este tipo de fuentes láser en una interesante alternativa para la comunidad de haces pulsados. Sin embargo, hasta ahora, estos neutrones no han sido utilizados para llevar a cabo ningún experimento de física nuclear.

En este contexto, nuestro grupo de investigación desde la Universidad de Sevilla, y en colaboración con otros grupos de investigación con amplia experiencia en producción, detección y uso de haces pulsados de neutrones en instalaciones convencionales, se ha propuesto realizar una serie de experimentos con el objetivo de producir y caracterizar haces de neutrones pulsados asistidos por láser, optimizando las técnicas de detección, análisis y diagnóstico utilizadas actualmente en fuentes de neutrones convencionales para implementarlas en sistemas de producción láser con el propósito de asentar la viabilidad de llevar a cabo experimentos de física nuclear en este tipo de fuentes e identificar las ventajas y desventajas de este método de producción respecto a los sistemas convencionales.

Para ello, se pretende realizar experimentos en diferentes instalaciones láser tanto en España (L2A2 en Santiago de Compostela y CLPU en Salamanca) como en Europa (CILEX en Paris y LEX Photonics en Munich).

## Condensation of tetra-neutrons in the neutron star interiors

*Oleksii Ivanytskyi, M. Ángeles Pérez-García, Conrado Albertus*

Based on recent experimental and theoretical hints on possible formation of a resonant four-neutron system we study effects of appearance of such an aggregates in neutron rich baryon matter inside neutron stars. For this purpose we employ a relativistic mean field approach which includes nucleons,  $\Delta$ -isobars as well as light nuclear clusters. Our analysis demonstrates that tetra-neutrons existing as the Bose-Einstein condensate can appear even despite their short lifetime and strong effects of the Pauli blocking. This significantly affects the equation of state of cold baryonic matter and observable characteristics of neutrons stars. Tetra-neutron driven suppression of  $\Delta$ -baryons is another important result of our study. The most prominent manifestation of the tetra-neutron condensation in neutron stars is related to suppression of the superconducting phase which can be concluded from analysis of the nucleon-nucleon pairing gap and density of pairs.

## Evaluación de la resolución en energía y tiempo de SiPMs recientes de SensL y Hamamatsu acoplados a LYSO, CeGAGG, PrLUAG y otros centelladores

*Miguel García Díez, Víctor Sánchez Tembleque, Luis M. Fraile y José Manuel Udías*

Los SiPMs ocupan un lugar importante en la detección de radiación para experimentos de física nuclear e imagen médica. Aparecen nuevos modelos cada pocos meses con características mejoradas. Analizamos en este trabajo los últimos modelos de SiPM de Hamamatsu y SensL que introducen mejoras en la PDE con respecto a los modelos anteriores. Se han acoplado a varios cristales centelladores, LYSO, PrLUAG, CeGAG y CsI. El PrLUAG es un cristal notablemente más rápido que el LYSO, presenta su pico de emisión en los 310 nm, lo que pone a prueba la sensibilidad espectral de los SiPMs en el extremo de su respuesta. El CeGAG presenta una gran emisión de fotones, por lo que cabría esperar buena resolución energética por su parte.

Se han probado diferentes combinaciones y tamaños de cristales centelladores con cuatro SiPMs de Hamamatsu: S13360-3050CS, S13360-66050CS, S13360-6075Cs, S14160-6050HS, y dos SiPMs de SensL: MicroES-SMA-30035TSV y MicroFJ-SMA-60035.

Los resultados obtenidos muestran que, la mejora en la PDE de los nuevos SiPMs, se traduce en mejores resoluciones en energía, 8% (CeGAGG), 10% (LYSO) y 16% (PrLUAG), utilizando el modelo S13360-6075CS de Hamamatsu. En todos los casos el factor más limitante se ha encontrado la diferencia entre las secciones transversales de los cristales probados ( $10 \times 10 \text{ mm}^2$ ) y del SiPM ( $6 \times 6 \text{ mm}^2$ ). Los resultados con CsI ( $6 \times 6 \text{ mm}^2$ ) son reveladores a este respecto. Con respecto a la resolución temporal, para las combinaciones favorables de SiPMs y cristales se han conseguido valores de resolución en torno a 250 ps (FWHM,CRT), en este caso los mejores resultados se obtienen con SiPM de SensL.

## Shell closure at N = 34 and the $^{48}\text{Si}$ nucleus

*G. Co', M. Anguiano, A. M. Lallena*

By using a non-relativistic independent particle approach we investigate the mechanism promoting 34 as new magic number. We carried out Hartree-Fock plus Bardeen-Cooper-Schrieffer and Quasi-particle Random Phase Approximation calculations by consistently using the same finite-range interaction in all the three steps of our approach. We used two Gogny-like interactions, with and without tensor terms. We find that the shell closure for N = 34 neutrons appears in isotones with proton number smaller than 26. The smaller is the proton number, the more evident is the shell closure at N = 34. An ideal nucleus to investigate this effect is  $^{48}\text{Si}$ , as it has been recently suggested.

## New developments for ambient neutron dosimetry in continuous and pulsed fields

A. Tarifeño-Saldivia (1), A. Casanovas (1), A. De Blas (2), R. Garcia (2), A. Albert (3), V. Juarros (3), A. Lázaro (3) and F. Calviño (1)

(1) Institut de Tècniques Energètiques, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

(2) Sección Ingeniería Nuclear, Departamento de Física, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

(3) Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona (ETSEIB), Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

Neutrons are intentionally used or incidentally created in various scenarios. Depending on the neutron energy, this kind of radiation can dominate the total dose received. Thus, the detection of neutrons, for radiation protection purposes, is an important issue in areas such as basic research, nuclear power plants, healthcare, industrial applications, defense and homeland security. The commercially available detectors for area monitoring are based on polyethylene moderated proportional counters [KNO10]. They were designed in the late nineties, according to the ICRP74 recommendations [ICRP74], in order to measure the ambient to dose equivalent  $H^*(10)$ .

For continuous neutron fields, commercial surveys fits well the recommended response up to 10 or 20 MeV [IAEA2001]. At higher energies, the response of most of the commercial dosimeters present underestimations of the ambient dose ( $H^*(10)$ ). This is a major concern in modern medical applications, such as proton therapy, where secondary neutrons are produced with energies spanning from 60 up to 250 MeV[AGO98, FAR15, MAR16].

For pulsed fields, i. e. when the neutron intensity presents large variations in short periods of time, there are currently several concerns about the reliability of commercial neutron dosimeters [KLE06,CAR14]. This is a major issue for the radiation protection in the new particle accelerator technologies, for example synchrotrons and medical linacs, where beam losses produce short bursts of secondary neutron radiation; or pulsed neutron facilities for basic research and applications, such as spallation and fusion sources, high intensity lasers, among others.

At UPC, provided the experience gained by our group in the design of complex neutron detectors for research in nuclear physics, we have started a project for the design of improved ambient neutron dosimeters. The new designs are intended for application in pulsed fields and proton therapy. The status and future of the project is presented.

## Producción de radioisótopos para medicina nuclear mediante técnicas de aceleración láser

*J. Peñas (1), J.F. Benlliure (1), M.D. Cortina (1), L. Martín (1), D. González (1), J. Llerena (1), C. Ruiz (2), M. Seimetz (3)*

*(1) IGFAE, Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, España*

*(2) Instituto Universitario de Física Fundamental y Matemáticas, Universidad de Salamanca, Salamanca, España*

*(3) i3M, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España*

Muchas de las técnicas de imagen médica se basan en el uso de radiación ionizante. En particular la tomografía por emisión de positrones (PET) permite obtener imágenes tridimensionales de calidad tras suministrarle al paciente un fármaco con un marcador emisor de positrones.

Actualmente, la producción de isótopos radioactivos destinados a imagen y tratamientos médicos tiene lugar principalmente en aceleradores de partículas convencionales. Recientemente se ha propuesto el empleo de láseres ultraintensos de femtosegundo los cuales, a través de la interacción láser-plasma, son capaces de acelerar partículas ligeras en un rango de energías suficiente como para generar estos isótopos mediante reacciones nucleares.

El Laboratorio Láser de Aceleración y Aplicaciones (L2A2) de la Universidad de Santiago de Compostela dispone de un láser de femtosegundo capaz de operar con una tasa de disparo de 10 Hz, con el que se pretende conseguir un haz de protones continuo de hasta 10 MeV. La focalización del láser sobre un blanco primario, alcanzando intensidades de en torno a  $10^{19}$  W/cm<sup>2</sup>, permite por diversos mecanismos físicos la generación de un haz de partículas ligeras (protones, deuterones, etc) que, al incidir sobre un blanco secundario, dan lugar a la producción de isótopos radioactivos.

En esta charla presentaremos el dispositivo experimental instalado en el L2A2 para este fin describiendo en particular los sistemas de focalización, el blanco de aceleración y su control y los sensores de caracterización de los protones acelerados.

