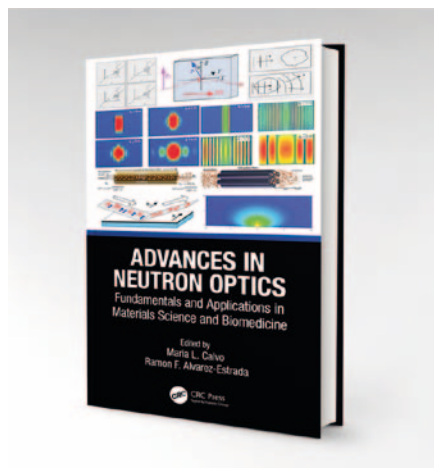


# Reseñas de libros de interés



## Advances in Neutron Optics

**María L. Calvo y Ramón F. Álvarez-Estrada (eds.)**

CRC Press (2020), 289 págs.

El libro *Advances in Neutron Optics*, que acaba de ser publicado por la editorial CRC Press es una magnífica contribución a este interesante campo interdisciplinar. La Óptica de Neutrones es Óptica en un sentido muy amplio y comparte con esta disciplina principios, herramientas teóricas y técnicas experimentales. Pero no se trata de ondas electromagnéticas, sino de una de las partículas que componen el núcleo atómico y, por tanto, también es Física Nuclear, y la Física Cuántica es su lenguaje natural. En pocas disciplinas la dualidad onda-corpúsculo está tan presente.

El libro está editado por los profesores María L. Calvo y Ramón F. Álvarez-Estrada. Ambos son profesores de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) que han desarrollado una brillante trayectoria investigadora, no solo en España, sino a nivel internacional. La Prof.<sup>a</sup> Calvo es Catedrática de Óptica, reconocida entre otras cosas por sus aportaciones en campos como la holografía, las guías de onda y los dispositivos fotónicos. El Prof. Álvarez-Estrada es Catedrático de Física Teórica y su campo de investigación va desde las Partículas Elementales hasta la Mecánica Estadística de macromoléculas. Y por supuesto, como se puede comprobar en este libro, ambos son expertos en Óptica de Neutrones. Aunque una parte significativa del libro está escrito por los propios editores, estos han invitado a participar en este proyecto

a investigadores muy reconocidos, que aportan su experiencia en campos especializados.

El libro comienza con un capítulo dedicado a los fundamentos, escrito por los propios editores. Después de una breve introducción histórica y un repaso a las propiedades generales del neutrón, la sección se centra en los neutrones lentos en su sentido más amplio, que incluye desde los epitérmicos a los ultrafríos. Se presenta de manera rigurosa la descripción mecanocuántica de sus propiedades, la interpretación probabilística de su función de ondas (fundamental en experimentos de interferometría), las propiedades de reflexión y refracción y sus interacciones magnéticas. A continuación se dan los fundamentos de las aplicaciones de los neutrones térmicos que serán la base de muchas de las técnicas que después se describirán. Se aborda el problema de la difracción en distintos medios (con una interesante comparación con el caso de los rayos X) y la holografía de neutrones. Este primer capítulo viene ilustrado con un conjunto de problemas.

El Prof. Ángel Sanz es autor del capítulo 2, que tiene como objetivo ser un tutorial de modelización numérica y simulación en óptica de neutrones. Entre otras cosas se muestra cómo herramientas disponibles para óptica convencional pueden ser de gran ayuda para el caso de los neutrones, manteniendo siempre presente la diferencia fundamental entre ambas partículas, fotones y neutrones.

El capítulo 3, en el que, además de los editores, participa Ignacio Molina, trata el confinamiento de neutrones y su propagación en guías de onda. Aparte de su interés teórico, viene motivado por la gran demanda en importantes áreas tecnológicas de control y manejo de haces de neutrones. Además de ser una revisión y puesta al día del campo, se hacen propuestas originales para mejorar la focalización al nivel de 1  $\mu\text{m}$  con guías de ondas de hasta un metro. Se discuten posibles aplicaciones en numerosos campos que llegan hasta la medicina, como la técnica BNCT, que se desarrolla más tarde en el capítulo 6.

El capítulo 4 ha sido redactado por el Prof. Markus Strobl. Está dedicado a las técnicas de imagen con neutrones.

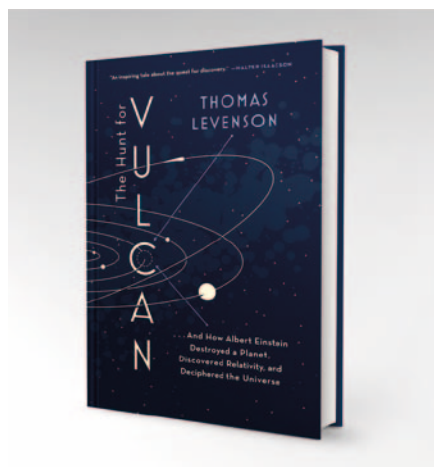
Conceptos clásicos en imagen como el de resolución espacial y contraste se desarrollan aquí para el caso de los neutrones. Para poder “hacer” imagen se requieren haces de neutrones con requisitos que se muestran con detalle en este capítulo. Finalmente, se desarrollan las soluciones ópticas, ilustradas con numerosos ejemplos de casos prácticos reales.

El Prof. Nikolay Pleshanov se ha encargado del capítulo 5, dedicado a la técnica NSO (*Neutron Spin Optics*). El estudio de muestras con haces de neutrones polarizados permite obtener información más detallada de muchos materiales. En primer lugar, se describen las técnicas de selección de spin y de manipulación de neutrones polarizados, tanto en sus aspectos teóricos como experimentales. Finalmente, se avanza las perspectivas de este campo emergente, incluyendo algunos desarrollos innovadores.

En el último capítulo el Prof. Ignacio Porras describe con detalle la técnica de terapia por captura neutrónica en Boro (BNCT), en la que un neutrón térmico interacciona con un núcleo de  $^{10}\text{B}$  alojado en una célula tumoral, lo que produce una partícula alfa que la destruye. Se describe la evolución histórica de esta técnica, terminando con el estado actual y sus perspectivas futuras. A continuación se discute sobre las fuentes de neutrones y los compuestos de Boro susceptibles de ser usados, así como el papel fundamental de las simulaciones MC en los planificadores. Finalmente, se muestra la utilidad en esta técnica de las guías y lentes de neutrones descritas más arriba.

En resumen, se trata de un libro altamente recomendable, tanto para aquellos que estén interesados en los fundamentos teóricos de la óptica de neutrones como para los que quieran conocer la gran variedad de aplicaciones que van desde la Ciencia de Materiales a la biomedicina. Es adecuado tanto para investigadores ya formados como para estudiantes; cada uno podrá encontrar en el libro secciones adecuadas a su nivel e interés.

**Fernando Arqueros Martínez**  
*Instituto de Física de Partículas  
y del Cosmos, Universidad  
Complutense de Madrid*



## The Hunt for Vulcan: ... And How Albert Einstein Destroyed a Planet, Discovered Relativity, and Deciphered the Universe

Thomas Levenson

Random House (2015), 256 págs.

La historia de Vulcano es fascinante, y supone una buena lección de cómo funcionan las cosas en ciencia. Si mencionamos el nombre de Vulcano, a los más cultos les sugerirá el dios romano encargado del fuego y los volcanes, hijo de Júpiter y Juno y esposo a su vez de Venus y encargado de forjar el hierro. Pero también nos recordará el famoso cuadro de Diego Velázquez *La fragua de Vulcano*, que se encuentra en el Museo del Prado desde 1819, año de su inauguración.

Nos retrotraemos al siglo xvi, cuando Newton publica en 1686 sus *Principia* y con ella una teoría que explicaba el sistema del mundo y el movimiento de los planetas. En ese momento se conocían los planetas Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter y Saturno. Pero resulta que en 1781 William Herschel, a la sazón director de la Orquesta de Bath, y astrónomo aficionado, encuentra un nuevo planeta que acaba llamándose Urano. Se trataba del mayor descubrimiento después de Newton, y por tanto constituía un verdadero test a la teoría de la gravitación de Newton. Inmediatamente después, Pierre-Simon Laplace comenzó a estudiar la observación de Herschel y construyó el edificio de la *Mécanique Céleste* en cinco volúmenes de más de 1.500 páginas, analizando en profundidad las órbitas tanto de Urano como de Júpiter y Saturno. Probó la estabilidad del sistema solar y demostró la resonancia gravitacional 2:5 de Júpiter y Saturno, lo que indica que la línea

de conjunciones avanza despacio, de tal modo que sus configuraciones vuelven a la original al cabo de un ciclo de 929 años.

El matemático francés Urbain-Jean-Joseph Le Verrier continuó el trabajo sobre la dinámica del sistema solar que había dejado Laplace a su muerte en 1827. Le Verrier es un estudiante brillante de la *École Polytechnique* y como astrónomo matemático uno de sus objetivos era el estudio de los planetas menores. Comenzó a pensar que no estaba clara la estabilidad del sistema solar, en contra de lo que había afirmado Laplace. Sus cálculos matemáticos le llevaron a encontrar problemas en la predicción de la órbita de Urano, que le llevaba a examinar de nuevo la teoría gravitatoria. Incluso el alemán Friedrich Bessel llegó a pensar que pudiera ser que la constante gravitacional no lo fuera y dependiera de la distancia. Los cálculos de Le Verrier le llevaron a pensar en la existencia de un planeta más allá de Urano que explicara las anomalías de su órbita, lo que para el astrónomo inglés George Airy era plausible. A finales de mayo de 1846 ya había comunicado a la *Académie des Sciences* la posibilidad de un nuevo planeta, y finalmente el astrónomo alemán Galle encontró el 23 de septiembre de 1846 en Berlín lo que le había pedido Le Verrier. En realidad, hubo un problema entre Francia e Inglaterra por la cuestión de los nombres, y finalmente se tomó la decisión de llamarle Neptuno. El descubrimiento hizo coronar a Le Verrier como el más grande físico francés de la época y a ocupar la dirección del Observatorio de París, que había dirigido François Arago.

A partir de ese momento comienza una de las partes más fascinantes de esta historia. Fruto de la enorme confianza en sus cálculos matemáticos y en la teoría de Newton, encontró en 1843 la precesión del perihelio de la órbita de Mercurio con respecto al Sol como una anomalía de la teoría newtoniana. El error era de 38 segundos de arco por siglo, cuando actualmente se sabe que es 43 segundos de arco por siglo. Su experiencia previa con Neptuno le llevó a postular la existencia de un nuevo planeta cuya órbita estaría entre Mercurio y el Sol que explicara esta anomalía entre las órbitas predichas y las observadas. Es

a principios de 1860 cuando se fija el nombre de Vulcano, tomándolo de la mitología romana como el dios del fuego por su proximidad al Sol. En los años posteriores se desató una auténtica fiebre para buscarlo. Se llegaron a publicar noticias en la prensa de diversos países en alguna de las ocasiones en que se creyó que se había encontrado, incluyendo artículos en *Nature*. Lo cierto es que todos los encuentros fueron fallidos y, tras numerosos intentos y fracasos, desde julio de 1878 la comunidad científica se dio por rendida y prácticamente se abandonó la idea de encontrarlo.

El final de la historia llega a comienzos del siglo xx con Albert Einstein, que era muy consciente del problema del avance del perihelio de Mercurio que la teoría newtoniana no lograba explicar. El 18 de noviembre de 1915 es cuando Einstein presenta en la Academia Prusiana de Ciencias los cálculos del perihelio de Mercurio de 43 segundos de arco por siglo, explicando por tanto la discrepancia entre las predicciones teóricas y las observaciones, quedando explicada mediante la teoría general de la relatividad la precesión del perihelio de Mercurio. Automáticamente hacía la hipótesis de Vulcano innecesaria. La no existencia de Vulcano no destruyó el universo newtoniano, y finalmente la teoría de Einstein acabó con Vulcano. Einstein simplemente probó que no había nada chocante en el aparente extraño movimiento de Mercurio, sino que simplemente seguía su trayectoria de acuerdo a las leyes de la relatividad general.

Una de las lecciones que hemos aprendido del movimiento anómalo de Mercurio ha sido que, si bien no parece que fuera de una trascendencia que hiciera romper la cabeza a los científicos, lo que en realidad nos estaba diciendo es que Newton se había equivocado con la gravedad. También nos enseña cómo afrontar un fracaso en la ciencia. Ningún científico es inmune a ellos. Pero a la vez nos da la oportunidad de considerar lo difícil de comprender la naturaleza y desaprender lo adquirido. Y, por último, la satisfacción que recibimos cuando encontramos una solución a un problema irresuelto.

Miguel A. F. Sanjuán  
Universidad Rey Juan Carlos