Fundación BBVA

Real Sociedad Española de Física

R.S.E.F.

PREMIOS DE FÍSICA
REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA
FUNDACIÓN BBVA 2017

a1

PRESENTACIÓN

Los Premios de Física Real Sociedad Española de Física (RSEF)-Fundación BBVA reconocen la creatividad, el esfuerzo y el logro en el campo de la física para servir de estímulo a los profesionales que desarrollan su labor tanto en la investigación —con especial atención a los jóvenes— como en los ámbitos de las enseñanzas media y universitaria, la innovación, la tecnología y la divulgación. La Fundación BBVA colabora con estos premios desde 2008 en el marco de su actividad de promoción de la investigación de excelencia y la difusión del conocimiento científico a la sociedad.

Dotados con 50.000 euros distribuidos en todas sus categorías, los galardones fueron instaurados por la RSEF en 1958 y son ya una tradición en el ámbito de la física española, una comunidad sólidamente vertebrada. Con su apoyo a estos premios, la Fundación BBVA quiere dar impulso y visibilidad a los mejores investigadores de nuestro país en esta disciplina científica tan fundamental para la búsqueda del conocimiento y el desarrollo de nuevas herramientas tecnológicas.

e μ τ
Leptons
Y
Photon
Weak Bosons
W
Z
H
Higgs Boson
Gluons

PREMIADOS

Medalla de la Real Sociedad Española de Física 6
Maciej Lewenstein

Premio Física, Innovación y Tecnología 8
Hernán Ruy Míguez García

Premio Investigador Novel en Física Teórica 10
Fernando de Juan Sanz

Premio Investigador Novel en Física Experimental 12
Gabriel Lozano Barbero

Premio Enseñanza y Divulgación de la Física
Enseñanza Universitaria 14
Bartolo Luque Serrano

Premio Enseñanza y Divulgación de la Física
Enseñanza Media 16
Francisco Barradas Solas

Premio Mejor Artículo de Enseñanza
en las Publicaciones de la RSEF 18
Raúl Toral Garcés

Premio Mejor Artículo de Divulgación
en las Publicaciones de la RSEF 20
Guillem Aromí Bedmar
Alejandro Gaita Ariño
Fernando Luis Vitalla

MACIEJ LEWENSTEIN

MEDALLA DE LA REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA

“Por ser un líder mundial en los campos de óptica cuántica teórica, información cuántica y física de attosegundos, donde ha realizado contribuciones seminales y ha abierto nuevas líneas de investigación, potenciando a su vez la ciencia española y ayudando a desarrollar una comunidad en el entorno de las tecnologías cuánticas.”

Una de las grandes aspiraciones de la ciencia actual es la construcción de un ordenador cuántico, una máquina en teoría capaz de llevar a cabo un número infinito de cálculos simultáneamente y por tanto de resolver problemas hoy imposibles de abordar. En su desarrollo, y en general en el avance de las nuevas tecnologías cuánticas, juega un papel clave la investigación de Maciej Lewenstein.

Lewenstein, profesor de Investigación en el Instituto de Ciencias Fotónicas (ICFO), en Barcelona, ha contribuido a sentar las bases de la óptica cuántica moderna, y de la

teoría de la información cuántica. Autor de más de 500 trabajos citados en 30.000 ocasiones, Lewenstein es hoy uno de los físicos de mayor impacto internacional. Ha ganado dos becas consecutivas Advanced Grant del Consejo Europeo de Investigación (ERC).

Lewenstein está convencido de que las tecnologías cuánticas impulsarán grandes cambios, entre ellos una nueva forma de comunicación: la capacidad de los sistemas cuánticos para generar números aleatorios «hará posible establecer una criptografía cuántica, una tecnología importante para la seguridad porque con ella no se podrá acceder al contenido de las comunicaciones sin autorización».

Pero «la óptica cuántica es solo una parte de la física teórica», afirma. «Me aburro de las cosas rápidamente y necesito hacer otras». Movido por una curiosidad que no encuentra límites, la carrera de Lewenstein incluye incursiones en áreas muy diversas de la física, de las que algunas tocan disciplinas como la neurociencia o las ciencias sociales. «Cuando sabes un poco de todo, una forma de progresar es mezclar ideas de diferentes campos», dice.

Su trabajo explora el comportamiento de la materia a escalas de tiempo de attosegundos (la trillonésima parte de un segundo); es un tipo de conocimiento que abre la puerta a entender las reacciones químicas y a tratar de controlarlas con luz. Para conseguir esto último Lewenstein usa sistemas enfriados hasta casi el cero absoluto, en los que los átomos quedan *congelados*. «Aún así la materia se mueve porque hay fluctuaciones cuánticas responsables de que la materia se encuentre en estados exóticos interesantes, como superfluidos o superconductores», explica.

Lewenstein empezó su carrera en el Centro de Física Teórica de la Academia Polaca de Ciencias, en Varsovia. Ha trabajado en la Universidad de Harvard (EE UU), el CEA de Saclay (Francia) y la Universidad de Leibniz (Alemania), entre otros centros. En 2005 se incorporó al ICFO.

HERNÁN RUY MÍGUEZ GARCÍA

PREMIO FÍSICA, INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA

“Por la capacidad del candidato para aunar la ciencia básica de gran calidad e impacto con la transferencia tecnológica de alto nivel. Sus desarrollos tecnológicos de materiales fotónicos han conducido a diversas patentes y a la creación de diversas empresas a nivel internacional.”

Hernán Ruy Míguez García construye materiales cuyo color, es decir, la manera en que reflejan la luz, depende de su estructura a escala nanoscópica, al igual que sucede con las alas de las mariposas. Se trata de materiales ópticos formados por múltiples capas, cuya estructura se diseña previamente, en función de las propiedades deseadas, con la ayuda de modelos computacionales. En esencia Míguez es un *sastre* de nuevos materiales ópticos, cuidadosamente creados a medida y con numerosas aplicaciones en múltiples áreas tecnológicas.

«La principal característica de estos materiales es que su porosidad se puede controlar, lo que los convierte en films flexibles muy útiles, por ejemplo para la fabricación de sensores», explica.

Míguez es profesor de investigación en el Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Es autor de más de 150 publicaciones que han recibido más de 7.500 citas, y cuenta con 18 patentes, varias de ellas transferidas a la industria. Sus méritos le han hecho merecedor de una beca Starting Grant del Consejo Europeo de Investigación (ERC).

Algunas de sus patentes han permitido la creación de dos empresas, en Canadá y Suecia, que desarrollan dispositivos con aplicaciones tan variadas como la protección de la piel contra la radiación UV o la detección de billetes falsos. «El mecanismo mediante el cual se puede determinar si un billete es falso se debe a que las propiedades ópticas de nuestros materiales son muy difíciles de reproducir, porque vienen determinadas por su estructura tridimensional a escala nanoscópica», afirma.

No obstante, el abanico de posibilidades que brinda su trabajo va mucho más allá: «También podemos aumentar la eficiencia de absorción de luz de dispositivos fotovoltaicos, incorporando a su diseño nuestros espejos porosos; de esta manera aumentamos la eficiencia de conversión de la luz solar en electricidad», explica. En otras palabras, se trata de impulsar la energía solar a través de la mejora en el rendimiento de las celdas solares.

Para Míguez, recibir este premio tiene un valor especial porque se trata de un reconocimiento «de mis pares, de la comunidad de físicos españoles». Su carrera profesional ha transitado permanentemente en la frontera entre la física y la química, impulsada por una preocupación constante: investigar cómo obtener nuevos materiales. Por eso, que se premien trabajos como el suyo en ciencia de materiales desde la óptica de la física es para él una gran satisfacción.

FERNANDO DE JUAN SANZ

PREMIO INVESTIGADOR NOVEL EN FÍSICA TEÓRICA

“Por sus contribuciones muy notables a la física de materiales bidimensionales con particular énfasis en el estudio de propiedades topológicas no triviales. Su carrera abarca desde el desarrollo de conceptos teóricos originales hasta la explicación de resultados experimentales.”

Fernando de Juan Sanz ha obtenido resultados muy relevantes en la investigación del grafeno y de otros materiales de un átomo de grosor, cuyas propiedades electrónicas varían al ser deformados. Esta característica confiere a estos materiales, llamados bidimensionales, un potencial extraordinario para su uso en dispositivos electrónicos, lo que ha convertido su estudio en una de las áreas más activas y competitivas de la física.

De Juan Sanz es Marie Curie Fellow en el Centro de Física Teórica Rudolf Peierls, en la Universidad de Oxford (Reino Unido). Además de su trabajo con materiales bidimensio-

nales ha investigado en múltiples temas de física de la materia condensada. Tiene una elevada productividad científica para su edad y ha presentado sus resultados en numerosas reuniones internacionales.

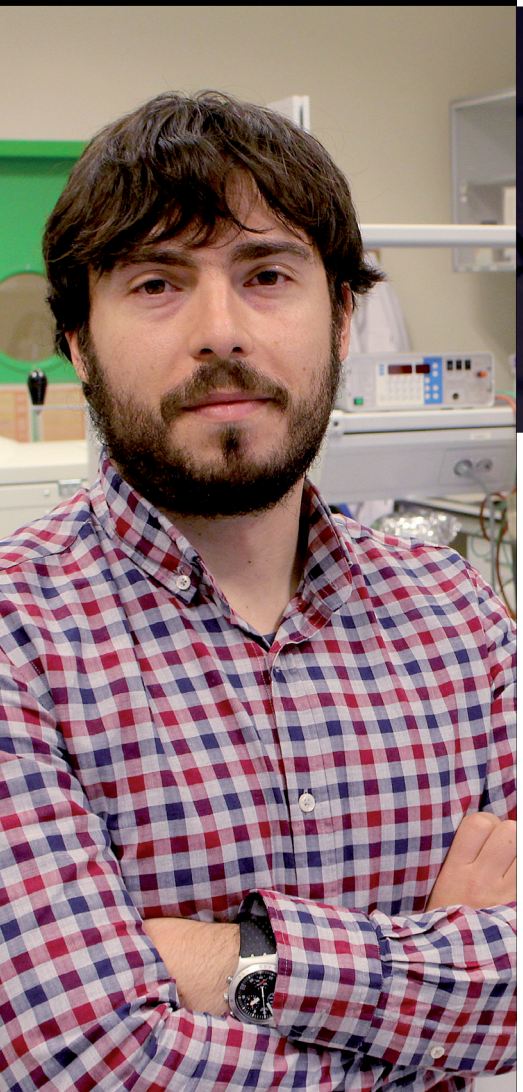
De Juan está interesado especialmente en el carácter conductor de los aislantes topológicos: «Son aislantes especiales que no conducen la electricidad por su interior pero sí disponen de un canal de conducción por su superficie. Es un canal del que es imposible deshacerse, por más que se deforme el material. Mi trabajo consiste en predecir qué materiales pueden ser considerados topológicos en este sentido, y también en el estudio de sus propiedades electrónicas», explica.

Su carrera «abarca desde el desarrollo de conceptos teóricos originales hasta la explicación de resultados experimentales», asegura el jurado. Son aportaciones que podrían jugar un papel en el desarrollo de tecnologías como la computación cuántica, que aprovecha efectos cuánticos para operar mucho más rápido que la convencional; o la espintrónica, una tecnología emergente que utiliza el espín de los electrones, además de su carga.

Los materiales en que investiga De Juan pueden usarse como plataforma para computación cuántica topológica, «que se diferencia de la estándar en que los *qubits* están más protegidos», explica el investigador. Esta protección garantizaría la falta de errores en los cálculos realizados con computación cuántica topológica.

De momento, no obstante, el foco está puesto en la búsqueda de nuevos materiales que hagan posible esta nueva tecnología. Para ello se puede partir de la teoría y, posteriormente, comprobar si las hipótesis planteadas son correctas. O se puede actuar en sentido inverso: «Es decir, que los físicos experimentales realicen los experimentos y acudan a los físicos teóricos cuando obtengan una medida que no consigan entender. Es un trabajo de detective, porque hay que explorar todas las posibilidades y proponer una teoría creativa», concluye De Juan.

GABRIEL LOZANO BARBERO

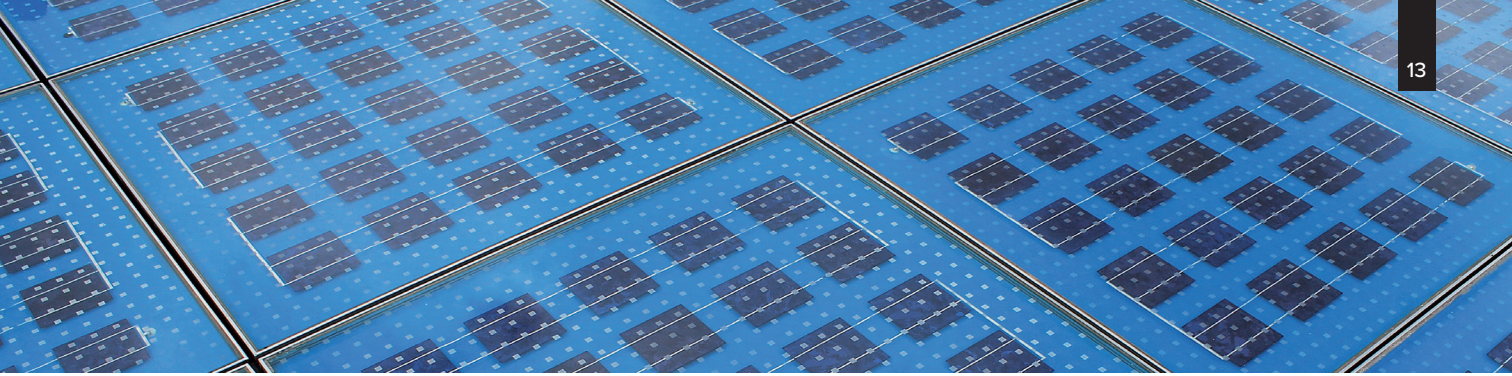


PREMIO INVESTIGADOR NOVEL EN FÍSICA EXPERIMENTAL

“Por su capacidad única de estudiar aspectos de física fundamental al más alto nivel, con la habilidad singular de obtener aplicaciones comercialmente relevantes de sus investigaciones en optoelectrónica.”

Gabriel Lozano Barbero investiga en materiales ópticos que controlan el modo en que se transmite la luz, así como en la integración de estos materiales en dispositivos optoelectrónicos, capaces de convertir la energía luminosa en eléctrica o al revés. «El objetivo es mejorar la eficiencia de estos materiales, o dotarles de más funcionalidades», explica.

Lozano, investigador posdoctoral en el Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla (ICMS), del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), ha conseguido importantes logros en física de materiales, y más concretamente en el estudio experimental de sistemas ópticos complejos.



Entre sus resultados está el desarrollo del primer modelo que describe el comportamiento óptico de las células solares de perovskita, un material más barato que el silicio. Este nuevo tipo de células solares han sido elegidas por el Foro Económico Mundial como una de las diez tecnologías emergentes más destacadas de 2016, y podrían suponer un salto adelante en la explotación de la energía solar al superar las limitaciones, en coste y eficiencia, de las actuales células fotovoltaicas basadas en silicio.

Lozano es autor de numerosos artículos publicados en revistas de alto impacto, y de ocho patentes. También ha ejecutado diversos contratos con empresas tecnológicas punteras. En 2016 recibió una las prestigiosas becas Starting Grant que el Consejo Europeo de Investigación (ERC) concede a investigadores sobresalientes en las etapas iniciales de su carrera científica. Sus estudios en nanofotónica han abierto, además, enfoques novedosos en el campo de la iluminación artificial. Siete de sus patentes están siendo explotadas por una multinacional.

Mejorar la cantidad y la calidad de la luz que se genera, y hacerlo a un menor coste, es el propósito de otro de los proyectos en que está inmerso actualmente. «Estamos desarrollando materiales que cambian la apariencia del color de la luz emitida, o su direccionalidad, para generar la luz que se necesita, de la tonalidad que se necesita y allá donde se necesita», afirma.

El jurado destaca «su capacidad única de estudiar aspectos de física fundamental al más alto nivel, con la habilidad singular de obtener aplicaciones comercialmente relevantes de sus investigaciones en optoelectrónica». Recibir este premio es para Lozano una alegría doble, porque en esta edición también ha sido galardonado su director de tesis, Hernán Ruy Míguez García, profesor de Investigación en el Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla (ICMS).

BARTOLO LUQUE SERRANO

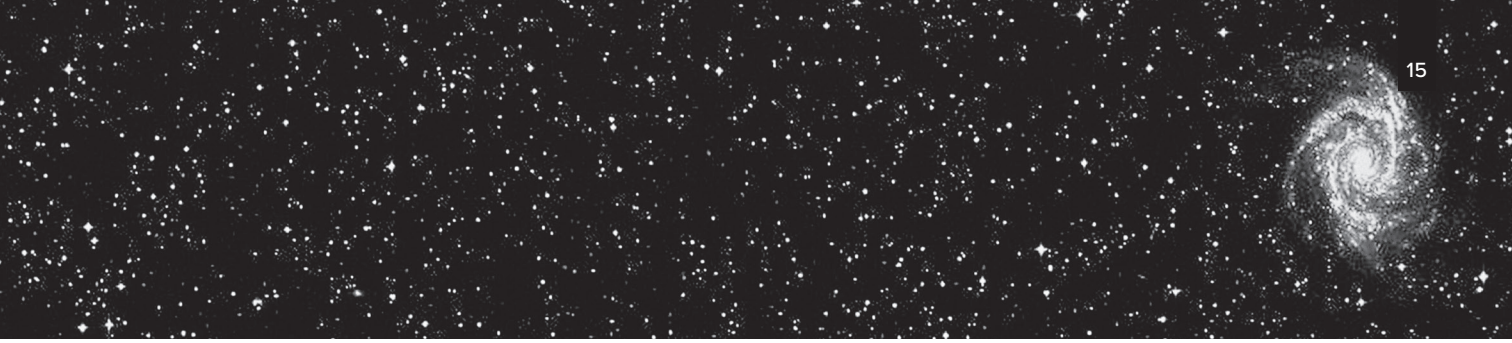
PREMIO ENSEÑANZA Y DIVULGACIÓN DE LA FÍSICA

ENSEÑANZA UNIVERSITARIA

“Por su colaboración en diversos medios de comunicación y sus numerosas aportaciones en divulgación que incluyen libros, artículos y conferencias.”

El objetivo de Bartolo Luque Serrano es acercar la ciencia a los ciudadanos, en particular a los jóvenes. Para ello ha impartido más de un centenar de charlas de divulgación científica en todo tipo de foros dentro y fuera de España, desde en universidades, colegios mayores y campus informáticos hasta en museos de ciencia, centros de arte, librerías e incluso en cafés. «Desde pequeño fui un ávido lector de Isaac Asimov y Carl Sagan, y creo que por eso me dedico a la ciencia», recuerda.

Profesor titular en el Departamento de Matemática Aplicada a la Ingeniería Aeroespacial de la Escuela Técnica Superior de



Ingenieros Aeronáuticos y del Espacio de la Universidad Politécnica de Madrid, Luque es autor de ocho libros dedicados a divulgar campos como la astrobiología, la exploración espacial, las leyes de probabilidad o la estadística, y de más de un centenar de artículos de prensa en cabeceras como *La Vanguardia*, *El Heraldo de Aragón* y la revista *Investigación y Ciencia*, donde desde 2013 es responsable de la columna *Juegos Matemáticos*.

Su labor divulgativa también se ha plasmado en la radio a través del programa *No es un día cualquiera,* de RNE, donde ha participado en más de un centenar de ediciones en la sección *Sonidos de la Ciencia.* Además, a lo largo de su carrera docente ha impartido una treintena de cursos para profesores de secundaria.

Luque también se ha atrevido con nuevos formatos, como el teatro científico, y ya piensa en ampliar horizontes y llevar la ciencia al terreno del cómic, la infografía e, incluso, al circo. Dos razones le animan a ello: «Vivimos la época más técnica y científica de la humanidad pero la gente desconoce, por ejemplo, cómo funcionan una televisión o un ordenador. Por otro lado, investigo y me dedico a lo que me gusta... soy un privilegiado. Una forma de devolver todo eso a la sociedad es a través de la divulgación», explica.

Su trabajo trasciende fronteras entre disciplinas aun cuando la ciencia ha avanzado en las últimas décadas gracias a la especialización cada vez mayor de la investigación: «Mi objetivo es hacer entender que la física y las matemáticas forman parte de la cultura. Encerrarlas en compartimentos es artificial porque el mundo real no funciona así. La ciencia es una forma de explorar y entender el mundo, algo que nos hace humanos. Es un arte más».

FRANCISCO BARRADAS SOLAS

PREMIO ENSEÑANZA Y DIVULGACIÓN DE LA FÍSICA

ENSEÑANZA MEDIA

“Por sus actividades de divulgación en el campo de la astrofísica, que muestran un gran rigor pero adecuado al nivel de la enseñanza media.”

ara Francisco Barradas Solas, un buen docente de física debe reunir tres requisitos: «Poseer un buen conocimiento de la materia, ser consciente del valor de su trabajo y, sobre todo, sentir gusto por la ciencia y pasión por querer contársela a los demás».

Barradas es profesor de enseñanza secundaria en el IES Ramiro de Maeztu de Madrid. Desde su responsabilidad como director del Centro de Intercambios Escolares de la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid, ha impulsado múltiples iniciativas para fomentar la difusión de la física de partículas y la cosmología entre estudiantes de

educación secundaria y bachillerato, y también para mejorar la formación del profesorado. Entre estas acciones se cuentan las Rutas Científicas de la Comunidad de Madrid, o el Ciclo de Charlas de Científicos del Departamento de Investigación Básica del CIEMAT en institutos.

«Siempre se habla de las aplicaciones prácticas de la física, pero yo voy más allá, porque la física es parte de la cultura y de nuestra forma de entender el mundo, por eso me gusta», señala Barradas. En particular, el jurado ha destacado su valiosa labor como coordinador desde 2009 del Programa de Formación del Profesorado Español organizado por el CERN, que cada año permite a 48 profesores de educación secundaria y bachillerato visitar las instalaciones del Laboratorio Europeo de Física de Partículas en Ginebra.

«Acudir al CERN funciona como un aperitivo: no te quita el hambre, sino que te da más ganas de comer. La idea es poner en contacto a los profesores con el mundo de la investigación, algo de lo que, por lo general, carece nuestra profesión», explica. El jurado ha destacado el «efecto multiplicador» que ha tenido este programa para la formación de profesores, al permitirles un acceso directo a la investigación mundial de vanguardia en este campo de la física.

Pero Barradas no se conforma con organizar visitas, conferencias o talleres. Su propósito va más allá: «Parte de mi función consiste, además, en proporcionar recursos de física de partículas todo el año, y las facilidades necesarias para que los profesores creen sus propias redes», añade. Redes para mejorar la forma de dar clase.

Barradas es autor de diversos materiales didácticos y de divulgación, así como de numerosas publicaciones en revistas nacionales y extranjeras. Ha impartido más de una veintena de cursos y talleres, y múltiples comunicaciones en congresos sobre enseñanza de la física.

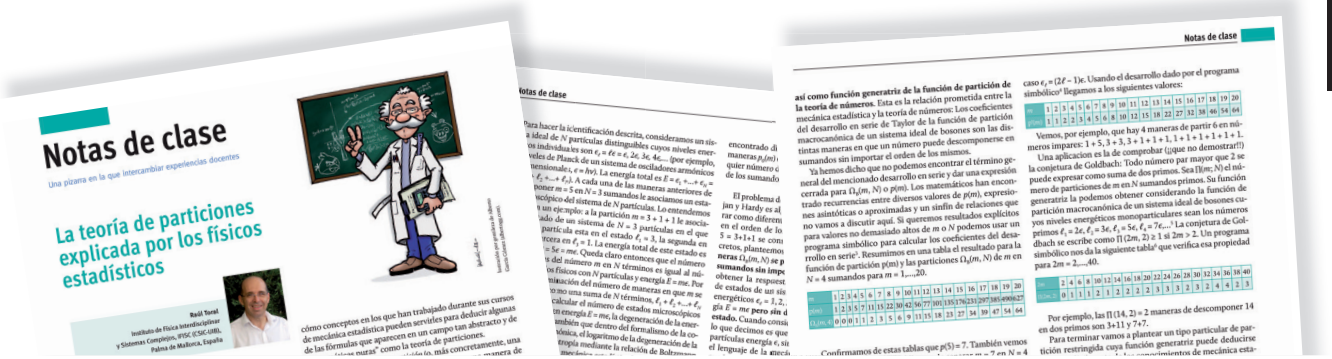
RAÚL TORAL GARCÉS

PREMIO MEJOR ARTÍCULO DE ENSEÑANZA EN LAS PUBLICACIONES DE LA RSEF

“Por abordar de forma muy didáctica una temática compleja y poco conocida, a pesar de ser muy relevante en física y matemáticas y utilizada en un amplio conjunto de profesiones.”

Raúl Toral Garcés, del Instituto de Física Interdisciplinar y Sistemas Complejos, IFISC (CSIC-UIB), en Palma de Mallorca, es autor de *La teoría de particiones explicada por los físicos estadísticos,* un artículo con el que ha querido trasladar al público que «la física es sencilla» aunque tenga «la barrera del lenguaje matemático».

«La física es lo que observamos, explicado de forma matemática”, afirma Toral. «Los físicos usamos las matemáticas en un sentido más pragmático que los matemáticos; nosotros utilizamos las ecuaciones para buscar una solución».



Notas de clase

Una pizarra en la que intercambiar experiencias docentes

La teoría de particiones explicada por los físicos estadísticos

Raúl Toral
Instituto de Física Interdisciplinar y Sistemas Complejos, IFISC (CSIC-UIB), Palma de Mallorca, España

cómo conceptos en los que han trabajado durante sus cursos de mecánica estadística pueden servirles para deducir algunas de las fórmulas que aparecen en un campo tan abstracto y de

Ilustración por gentileza de Gustavo Gómez Fernández

Notas de clase

Para hacer la identificación descrita, consideramos un sis-
a ideal de N partículas distinguibles cuyos niveles ener-
os individuales sean $\epsilon_1 = \epsilon\ell = \epsilon, 2\epsilon, 3\epsilon, 4\epsilon,...$ (por ejemplo,
veles de Planck de un sistema de osciladores armónicos
mensionales, $\epsilon = h\nu$). La energía total es $E = \epsilon_1 + ... + \epsilon_N =$
$\ell_1 + ... + \ell_N$). A cada una de las maneras anteriores de
poner $m = 5$ en $N = 3$ sumandos le asociamos un esta-
scópico del sistema de N partículas. Lo entendemos
n ejemplo: a la partición $m = 3 + 1 + 1$ le asocia-
ado de un sistema de $N = 3$ partículas en el que
partícula esta en el estado $\ell_1 = 3$, la segunda en
rcera en $\ell_3 = 1$. La energía total de este estado es
$= 5\epsilon = me$. Queda claro entonces que el número
s del número m en N términos es igual al nú-
inación del número de maneras en que m se
o mo una suma de N términos, $\ell_1 + \ell_2 + ... + \ell_N$
calcular el número de estados microscópicos
tal energía $E = me$, la degeneración de la ener-
mbién que dentro del formalismo de la co-
ónica, el logaritmo de la degeneración de la
tropía mediante la relación de Boltzmann

encontrado di
maneras $p_N(m)$
quier número
de los sumando

El problema d
jan y Hardy es al
rar como diferen
en el orden de lo
$5 = 3+1+1$ se con
cretos, planteemos
neras $\Omega_N(m, N)$ se p
sumandos sin impo
obtener la respuest
de estados de un sis
energéticos $\epsilon_\ell = 1, 2,$
gía $E = me$ pero sin d
estado. Cuando consi
lo que decimos es que
partículas energía ϵ_ℓ si
el lenguaje de la mecá

Notas de clase

así como función generatriz de la función de partición de la teoría de números. Esta es la relación prometida entre la mecánica estadística y la teoría de números: Los coeficientes del desarrollo en serie de Taylor de la función de partición macrocanónica de un sistema ideal de bosones son las distintas maneras en que un número puede descomponerse en sumandos sin importar el orden de los mismos.

Ya hemos dicho que no podemos encontrar el término general del mencionado desarrollo en serie y dar una expresión cerrada para $\Omega_N(m, N)$ o $p(m)$. Los matemáticos han encontrado recurrencias entre diversos valores de $p(m)$, expresiones asintóticas o aproximadas y un sinfín de relaciones que no vamos a discutir aquí. Si queremos resultados explícitos para valores no demasiado altos de m o N podemos usar un programa simbólico para calcular los coeficientes del desarrollo en serie[3]. Resumimos en una tabla el resultado para la función de partición $p(m)$ y las particiones $\Omega_N(m, N)$ de m en $N = 4$ sumandos para $m = 1,...,20$.

m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$p(m)$	1	2	3	5	7	11	15	22	30	42	56	77	101	135	176	231	297	385	490	627
$\Omega_4(m)$	0	0	0	1	1	2	3	5	6	9	11	15	18	23	27	34	39	47	54	64

Confirmamos de estas tablas que $p(5) = 7$. También vemos

caso $\epsilon_\ell = (2\ell - 1)\epsilon$. Usando el desarrollo dado por el programa simbólico[4] llegamos a los siguientes valores:

m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$\Omega_N(m)$	1	1	2	2	3	4	5	6	8	10	12	15	18	22	27	32	38	46	54	64

Vemos, por ejemplo, que hay 4 maneras de partir 6 en números impares: 1 + 5, 3 + 3, 3 + 1 + 1 + 1, 1 + 1 + 1 + 1 + 1.

Una aplicacion es la de comprobar (¡que no demostrar!!) la conjetura de Goldbach: Todo número par mayor que 2 se puede expresar como suma de dos primos. Sea $\Pi(m; N)$ el número de particiones de m en N sumandos primos. Su función generatriz la podemos obtener considerando la función de partición macrocanónica de un sistema ideal de bosones cuyos niveles energéticos monoparticulares sean los números primos $\epsilon_1 = 2\epsilon$, $\epsilon_2 = 3\epsilon$, $\epsilon_3 = 5\epsilon$, $\epsilon_4 = 7\epsilon$,...[5]. La conjetura de Goldbach se escribe como $\Pi(2m, 2) \geq 1$ si $2m > 2$. Un programa simbólico nos da la siguiente tabla[6] que verifica esa propiedad para $2m = 2,...,40$.

$2m$	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
$\Pi(2m, 2)$	0	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	3	3	3	2	3	2	4	2	3

Por ejemplo, las $\Pi(14, 2) = 2$ maneras de descomponer 14 en dos primos son 3+11 y 7+7.

Para terminar vamos a plantear un tipo particular de partición restringida cuya función generatriz puede deducirse

Toral investiga en física estadística y no lineal, cubriendo aspectos teóricos, fundamentales y de metodología, con una componente importante en el campo de la física computacional. Sus logros principales abarcan temas como la dinámica de transiciones de fase, fenómenos críticos y fundamentos de mecánica estadística.

El texto por el que recibe el premio versa sobre la teoría de particiones, que plantea una pregunta aparentemente muy sencilla: ¿de cuántas maneras distintas es posible descomponer un número entero en sumandos? Cada manera se llama una partición; así, particiones del número 7 son, por ejemplo, 5+1+1 o 4+3. Aunque después de un siglo aún no se conoce la solución a este problema, fue el célebre matemático indio Ramanujan quien hizo importantes contribuciones durante su fértil estancia en Cambridge. Ahora Toral ha establecido una relación entre esta teoría matemática y el mundo de la física de «una manera que no es familiar ni para el físico ni para el matemático», asegura.

En concreto, Toral relaciona la teoría de particiones con la hipótesis de la física estadística que afirma que las propiedades observables de un sistema físico se pueden calcular conociendo el promedio estadístico de las distintas configuraciones que puede adoptar, y de cuántas maneras es posible repartir la energía entre sus moléculas. Dicho de otro modo: «Si tengo una bombona de butano en una habitación y la abro, la física dice que el hecho de que el butano salga e inunde la habitación se produce porque el butano tiene muchas más formas distintas de acomodarse fuera, que de permanecer en el interior de la bombona», señala Toral. Es la llamada entropía, que explica la segunda ley de la termodinámica.

El artículo, según su autor, no proporciona ningún resultado desconocido o que no se hubiera obtenido por otros métodos, pero «creo que es interesante hacer ver que problemas abstractos de matemáticas pueden tener su aplicación en problemas físicos».

PREMIO MEJOR ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN EN LAS PUBLICACIONES DE LA RSEF

GUILLEM AROMÍ BEDMA

ALEJANDRO GAITA ARIÑO

FERNANDO LUIS VITALLA

El Mejor Artículo de Divulgación en las publicaciones de la RSEF ha sido *Computación Cuántica con moléculas magnéticas*, firmado por Guillem Aromí (Departamento de Química Inorgánica de la Universidad de Barcelona), Alejandro Gaita-Ariño (Instituto de Ciencia Molecular, ICMol, de la Universidad de Valencia) y Fernando Luis Vitalla (Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón, ICMA, CSIC-Universidad de Zaragoza). El jurado destaca «el esfuerzo de los autores que abordan, con lenguaje claro desde un punto de vista experimental realista, la computación cuántica, área en la que se depositan grandes esperanzas, aunque todavía plantea importantes desafíos científicos y tecnológicos».

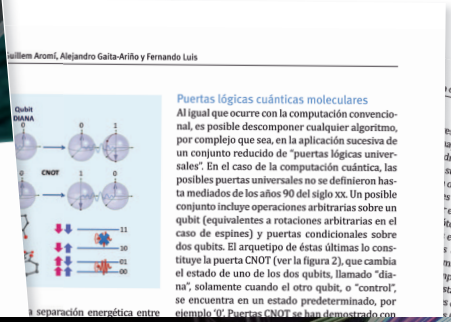
«En el artículo hemos tratado de describir las oportunidades y los retos que brinda el mundo de la información cuántica, cuestión que hemos abordado desde diferentes disciplinas, uniendo fuerzas en colaboración con distintos centros de investigación en España», explica Vitalla. El texto desgrana cómo podemos aplicar las leyes naturales al ámbito de la información.

Computación cuántica con moléculas magnéticas

Guillem Aromí, Alejandro Gaita-Ariño y Fernando Luis

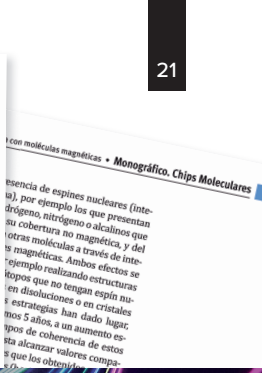
No es un secreto que vivimos en un mundo condicionado por una enorme capacidad de adquirir y procesar información, ni que estos avances han sido posibles, en gran parte, gracias a la miniaturización continua de dispositivos electrónicos. De seguir al ritmo actual, los componentes de estos dispositivos alcanzarán en unos años el tamaño

núcleo de hidrógeno [7], o el de un electrón atrapado en un semiconductor, como el silicio [8]. Los estados '1' y '0' corresponden a orientaciones opuestas del spin $S = ½$, cuyas energías se pueden sintonizar mediante un campo magnético. Una ventaja importante, además de su sencillez, es que tanto los protones como los espines de impurezas en silicio están bien aislados de fuentes de ruido, o decoherencia, que tienden a destruir rápidamente ciertos estados superposición. Sin embargo, por el



Puertas lógicas cuánticas moleculares

Al igual que ocurre con la computación convencional, es posible descomponer cualquier algoritmo, por complejo que sea, en la aplicación sucesiva de un conjunto reducido de "puertas lógicas universales". En el caso de la computación cuántica, las posibles puertas universales no se definieron hasta mediados de los años 90 del siglo XX. Un posible conjunto incluye operaciones arbitrarias sobre un qubit (equivalentes a rotaciones arbitrarias en el caso de espines) y puertas condicionales sobre dos qubits. El arquetipo de éstas últimas lo constituye la puerta CNOT (ver la figura 2), que cambia el estado de uno de los dos qubits, llamado "diana", solamente cuando el otro qubit, o "control", se encuentra en un estado predeterminado, por ejemplo '0'. Puertas CNOT se han demostrado con



Monográfico. Chips Moleculares

> **“Por el esfuerzo de los autores que abordan, con lenguaje claro desde un punto de vista experimental realista, la computación cuántica, área en la que se depositan grandes esperanzas, aunque todavía plantea importantes desafíos científicos y tecnológicos.”**

La idea es combinar moléculas magnéticas y controlarlas a través de circuitos súperconductores, gracias a micro y nanotecnología, con la intención de resolver problemas que no tienen solución con los ordenadores actuales, como los relacionados con la física cuántica (como el diseño y estudio de la estructura de los materiales), la creación de un sistema de encriptación a prueba de fallos para garantizar comunicaciones seguras (los actuales se basan en números primos) y la búsqueda y análisis en grandes bases de datos (avance del que se beneficiarían el Big Data y la inteligencia artificial).

Con el propósito de alcanzar algún día estos objetivos, «hemos tratado de impulsar alternativas a los esquemas más potentes de información cuántica con las esperanzas de lograr un mayor potencial», añade. Aunque aún es pronto para hacer realidad el sueño de construir un ordenador cuántico capaz de resolver problemas, «a corto plazo, aproximadamente una década, veremos en el mercado, o al menos en forma de prototipo, sensores más precisos o sistemas para simular el comportamiento de moléculas para el diseño de fármacos», vaticina Vitalla.

Pero si investigar es importante, para Vitalla también lo es divulgar: «Además de alimentar nuestra propia curiosidad, debemos mostrar lo que hacemos a la sociedad que nos financia. En estos momentos nos enfrentamos a grandes retos: la información cuántica puede cambiar la tecnología y, en cierto modo, es normal que expliquemos a la gente por qué, ya que les estamos pidiendo que apoyen nuestro trabajo».

JURADO

MODALIDADES:

Medalla de la RSEF
Premio Investigador Novel en Física Teórica
Premio Investigador Novel en Física Experimental

Presidente:
JOAQUÍN MARRO BORAU

Profesor emérito
del Instituto Carlos I
de Física Teórica y Computacional
de la Universidad de Granada
y editor general de la Real
Sociedad Española de Física

JAVIER BREY ABALO

Catedrático de Física Teórica
de la Universidad de Sevilla

GERARDO DELGADO BARRIO

Profesor de investigación
del Instituto de Física
Fundamental, CSIC

RAFAEL RODRIGO MONTERO

Profesor de investigación
en el International Space
Science Institute-Centro
de Astrobiología
(INTA-CSIC)

LUIS VIÑA LISTE

Catedrático de Física
de Materiales
de la Universidad Autónoma
de Madrid

FÉLIX YNDURAIN MUÑOZ

Catedrático del Departamento
de Física de la Materia
Condensada de la Universidad
Autónoma de Madrid

JURADO

MODALIDADES:

Física, Innovación y Tecnología

Enseñanza y Divulgación de la Física en Enseñanza Universitaria y en Enseñanza Media

Mejor Artículo de Enseñanza y de Divulgación en las publicaciones de la RSEF

Presidente:

JOAQUÍN MARRO BORAU

Profesor emérito
del Instituto Carlos I
de Física Teórica y Computacional
de la Universidad de Granada
y editor general de la Real
Sociedad Española de Física

ANTONIO HERNANDO GRANDE

Catedrático de Magnetismo
de la Materia y director
del Instituto de Magnetismo
Aplicado de la Universidad
Complutense de Madrid

LAURA LECHUGA GÓMEZ

Directora del Grupo
de Biosensores y Aplicaciones
Bioanalíticas en el Instituto
Catalán de Nanociencia
y Nanotecnología

JOSÉ MANUEL SÁNCHEZ RON

Catedrático de Historia
de la Ciencia de la Universidad
Autónoma de Madrid
y académico de número
de la Real Academia Española

JOSÉ MARÍA SANZ

Catedrático de Física
Aplicada de la Universidad
Autónoma de Madrid

MANUEL YUSTE LLANDRES

Profesor emérito de la
Universidad Nacional
de Educación a Distancia

Depósito legal: BI-1951-2017

Fundación BBVA

www.fbbva.es

Real Sociedad Española de Física

R.S.E.F.

www.rsef.es