



Real
Sociedad
Española de
Física

R.S.E.F.

2021 PREMIOS DE FÍSICA

REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA-FUNDACIÓN BBVA



PRESENTACIÓN

Los Premios de Física Real Sociedad Española de Física-Fundación BBVA reconocen la creatividad, el esfuerzo y el logro en el campo de la física con el fin de 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 secundaria 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 entre 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.

PREMIADOS

MEDALLA DE LA REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA

6

Pablo Artal Soriano

Centro de Investigación en Óptica y Nanofísica (CIOyN)
Universidad de Murcia

PREMIO FÍSICA, INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA

8

José Francisco Fernández Lozano

Instituto de Cerámica y Vidrio, CSIC (Madrid)

PREMIO INVESTIGADOR JOVEN EN FÍSICA TEÓRICA

10

Irene Valenzuela Agüí

Instituto de Física Teórica UAM, UAM-CSIC (Madrid)

PREMIO INVESTIGADOR JOVEN EN FÍSICA EXPERIMENTAL

12

Pelayo García de Arquer

Instituto de Ciencias Fotónicas (IFCO), Barcelona

PREMIO ENSEÑANZA Y DIVULGACIÓN DE LA FÍSICA EN ENSEÑANZA MEDIA

14

Jorge Barrio Gómez de Agüero

IES Manuel de Falla (Coslada, Madrid)

PREMIO ENSEÑANZA Y DIVULGACIÓN DE LA FÍSICA EN ENSEÑANZA UNIVERSITARIA

16

Ignacio Mártil de la Plaza

Universidad Complutense de Madrid

PREMIO A LA MEJOR CONTRIBUCIÓN DE ENSEÑANZA EN LAS PUBLICACIONES DE LA REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA

18

Manuel J. Baptista Fiolhais

Universidade de Coimbra (Portugal)

José Rogério dos Prazeres Nogueira

Escola Secundária Eng. Acácio Calazans Duarte, (Marinha Grande, Portugal)

PREMIO A LA MEJOR CONTRIBUCIÓN DE DIVULGACIÓN EN LAS PUBLICACIONES DE LA REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA

20

Beatriz Gato Rivera

Instituto de Física Fundamental, CSIC (Madrid)

PABLO ARTAL SORIANO

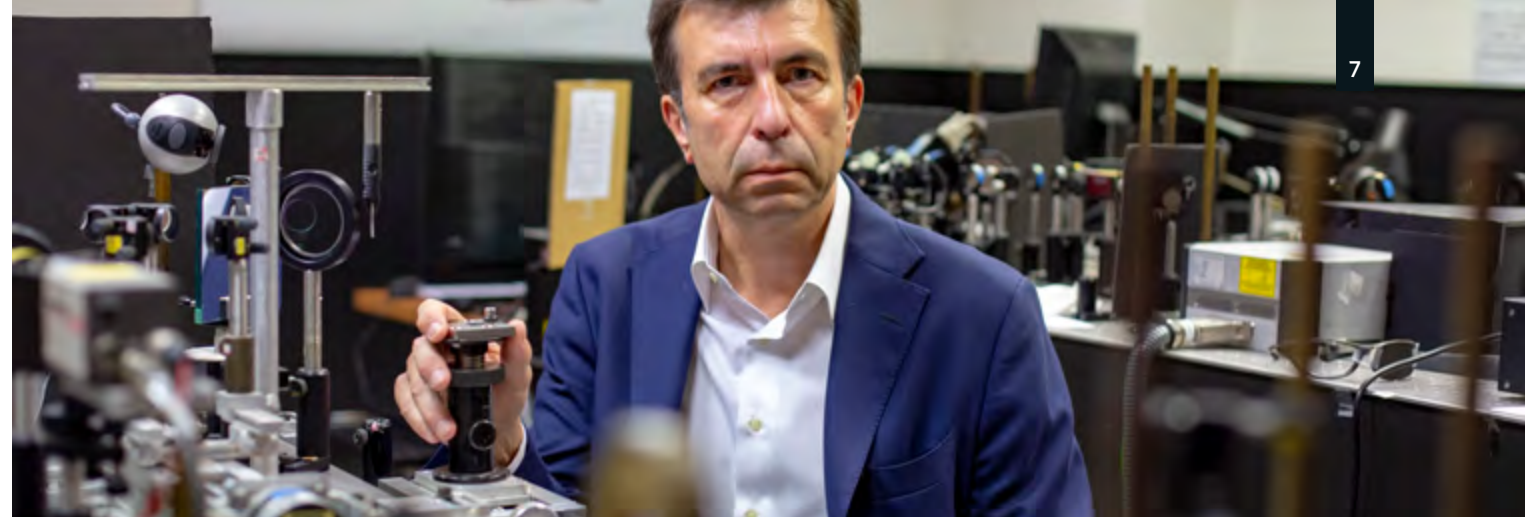


MEDALLA DE LA REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA

“ Mi objetivo siempre ha sido comprender mejor el funcionamiento del ojo, y a partir de ahí obtener lentes o instrumentos de diagnóstico que mejoren la calidad de vida ”

Pablo Artal se considera «un físico heterodoxo» porque su investigación está orientada a las aplicaciones. Heterodoxo o no, lo cierto es que millones de personas se benefician cotidianamente de su forma de hacer ciencia: Artal ha creado lentes intraoculares que llevan años mejorando la visión de pacientes en todo el mundo. Su punto de partida, sin embargo, es el conocimiento básico.

«Mi objetivo siempre ha sido comprender mejor el funcionamiento del ojo, y a partir de ahí obtener lentes o instrumentos de diagnóstico que mejoren la calidad de vida», afirma.



Artal estudió Ciencias Físicas en Zaragoza, se doctoró en la Universidad Complutense de Madrid y, tras estancias en la Universidad de Cambridge (Reino Unido) y en el Instituto de Óptica de Orsay (Francia), investigó en el Instituto de Óptica (CSIC), en Madrid, hasta convertirse en catedrático en la Universidad de Murcia, cuyo Laboratorio de Óptica creó en 1994. Es autor de hallazgos que ayudan a entender los factores que limitan la resolución visual humana, y también de métodos novedosos de medición, diagnóstico y corrección de la visión. Tiene una veintena de patentes internacionales y es cofundador de cuatro empresas.

Él mismo destaca dos aportaciones: «Los instrumentos de óptica adaptativa para medición visual, que son únicos en el mundo y están en muchos laboratorios y hospitales; y —por su impacto en la visión de muchas personas— las diferentes lentes intraoculares para operaciones de cataratas».

Detrás de ambos desarrollos hay ideas pioneras. Una es que la visión biológica tiene mucho que ver con la astronomía: «Aunque la escala es otra, lo que ocurre con la luz en los telescopios y en el ojo no es muy diferente», explica Artal. La luz de las estrellas se degrada al atravesar la atmósfera, un fenómeno que el telescopio compensa con la técnica llamada *óptica adaptativa*; en el ojo ocurre algo parecido, y en ello se ha basado el galardonado para crear herramientas con las que caracterizar cómo ve el paciente. Artal no es «especialmente aficionado a la astronomía» pero ha trabajado con astrofísicos: pensar en adaptar tecnología de una ciencia a otra «fue lo natural».

Otra idea motriz en el grupo de Artal ha sido «copiar al cristalino joven», indica. «Nuestro cristalino se hace más rígido con la edad y deja de poder enfocar de cerca. Las lentes intraoculares copiaban al cristalino viejo. ¿Por qué no el joven? Esas fueron nuestras primeras lentes».

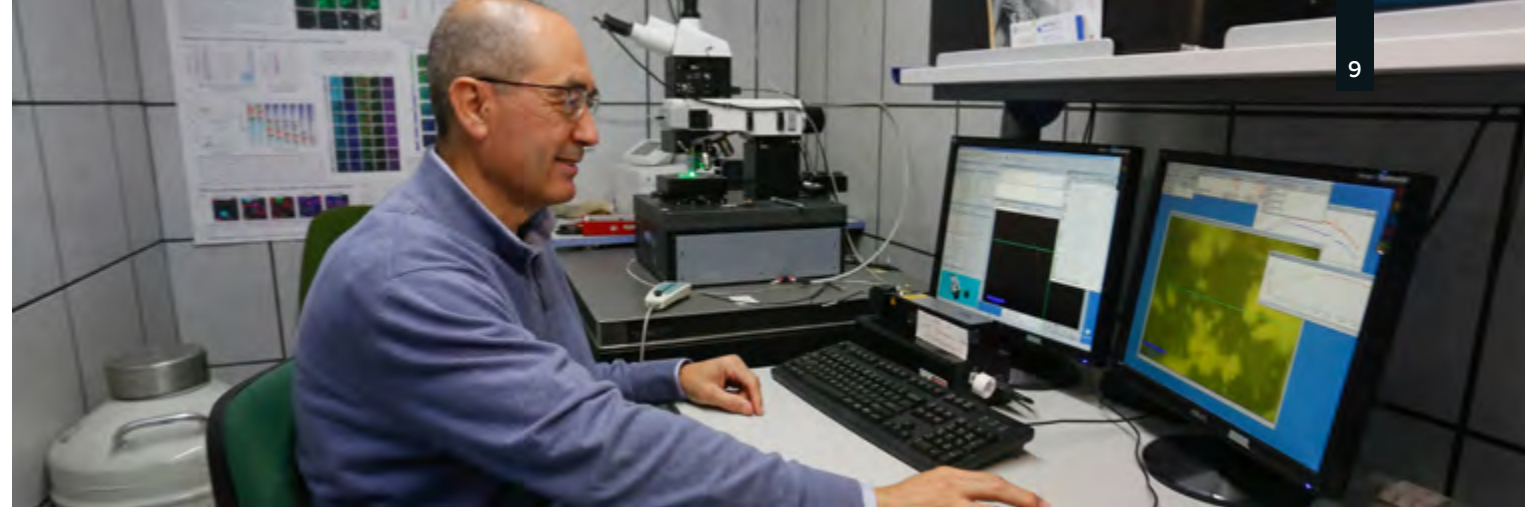
JOSÉ FRANCISCO FERNÁNDEZ LOZANO



PREMIO FÍSICA, INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA

“ La física es una forma apasionante de explorar, puedes ver el universo e ir a la escala nanoscópica; puedes sentirte un explorador del siglo XXI ”

Cuando los materiales están en forma de nanopartículas —motas tan diminutas que individualmente son invisibles al ojo humano—, adquieren propiedades distintas a las que manifiestan en fragmentos más grandes. Esto fascina a los científicos, y muy especialmente a José Francisco Fernández Lozano, que ha dedicado su carrera a jugar con nanopartículas para crear nuevos materiales con propiedades a la carta. «Con nanopartículas podemos hacer magnético o conductor un material que no lo es, podemos cambiar sus propiedades», explica.



Este profesor de investigación en el Instituto de Cerámica y Vidrio del CSIC, en Madrid, se ha esforzado además por convertir su fascinación científica en tecnología que llega al ciudadano. Es coautor de 35 familias de patentes, de las que una quincena están licenciadas. Ya hay en el mercado productos basados en ellas, como filtros solares en cremas y sistemas para garantizar la autenticidad de un documento. También ha fundado dos empresas *spin-off*.

No ha sido fácil. Durante el «complejo, duro y largo» proceso de transferencia de tecnología, Fernández Lozano se ha sentido «huérfano», una *rara avis* en un sistema no habituado a conectar el conocimiento con el mercado. «No voy a poner paños calientes; la falta de tradición a la hora de transferir resultados hace que estés un poco solo».

La transferencia de tecnología es «el punto débil del sistema de ciencia español»: mientras

que en producción científica mundial España ocupa el puesto diez, en protección internacional de patentes no llega al treinta, afirma. «Hay que tomárselo en serio, desarrollar una estrategia».

Fernández Lozano se hizo físico cuando un profesor de bachillerato le abrió un laboratorio y le animó a hacer prácticas: «Desde entonces no hubo vuelta atrás». La física, señala, es «una forma apasionante de explorar, puedes ver el universo e ir a la escala nanoscópica; puedes sentirte un explorador del siglo XXI». Además, añade, «tienes la posibilidad de contribuir» a hacer frente a los grandes retos; por ejemplo, «a conseguir materiales que por sus propiedades sean de verdad más sostenibles».

Este premio le hace recordar la gran cantidad de gente que le ha ayudado. Se trata de «un estímulo para seguir trabajando y enseñando a las generaciones jóvenes. Una alegría enorme».

IRENE VALENZUELA AGÜÍ

PREMIO INVESTIGADOR JOVEN EN FÍSICA TEÓRICA

“ Es esencial tener una visión a largo plazo y potenciar la curiosidad humana a donde sea que nos lleve, sin estar centrado en cuál es la aplicación inmediata que podemos sacar de ello ”

Una de las cuestiones que más ha llamado siempre la atención de Irene Valenzuela ha sido entender si el universo es o no infinito. Eso, junto con su afán por entender el funcionamiento de las cosas y su fascinación por las estrellas, le llevó a estudiar Física. «Buscaba responder lo que a mí me parecían las preguntas más fundamentales y para ello tenía que trabajar con una teoría de gravedad cuántica», explica Valenzuela, que es investigadora Ramón y Cajal en el Instituto de Física Teórica de la Universidad Autónoma de Madrid-CSIC.

Su trabajo se centra en determinar cuáles son las propiedades generales que vienen de la gravedad cuántica y pueden tener implicaciones para la física de partículas y la cosmología.



«Me centro sobre todo en teoría de cuerdas, pues es la mejor candidata que tenemos para describir todas las fuerzas fundamentales, incluyendo la gravedad, y uniéndola con la mecánica cuántica», indica la premiada.

«Hay gente que piensa que trabajar en gravedad cuántica es un ejercicio puramente teórico y que no tiene implicaciones para lo que observamos. Esto se debe a que la gravedad es muy débil, y por eso pensamos que los efectos de la gravedad cuántica solo son apreciables a escala de energía muy alta», añade. Entre los resultados más significativos de su trabajo, destaca la línea de investigación del *swampland*. «Esta línea ayuda a determinar las condiciones que la gravedad cuántica impone a bajas energías. Al ser un campo nuevo, muchas de esas condiciones se formulan en términos de conjeturas que hay que estudiar para poder comprobarlas. Me

he dedicado a verificar estas conjeturas dentro de la teoría de cuerdas, usando teoremas de geometría algebraica y topología, y a estudiar cuáles serían las implicaciones fenomenológicas que vienen de las conjeturas», explica.

Para Valenzuela, la investigación básica es importante porque «nunca sabes a dónde te puede llevar. La electricidad, por ejemplo, era investigación básica en su momento. Es esencial tener una visión a largo plazo y potenciar la curiosidad humana a donde sea que nos lleve, sin estar centrado en cuál es la aplicación inmediata que podemos sacar de ello».

Este premio no es solo un reconocimiento a su trabajo. «Lo veo como una oportunidad para llevar este campo de investigación al público general y contagiar esa emoción por lo que hago y por la física teórica».

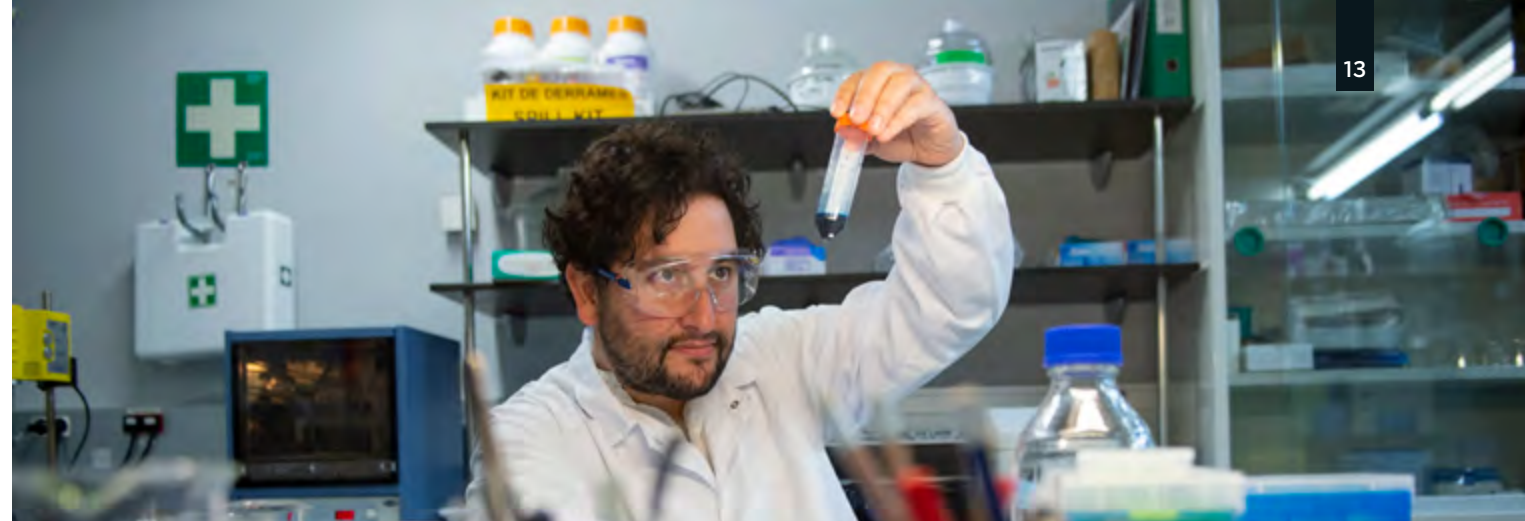
PELAYO GARCÍA DE ARQUER



PREMIO INVESTIGADOR JOVEN EN FÍSICA EXPERIMENTAL

“ Mi investigación ha contribuido a la transformación o reciclado de las emisiones contaminantes de CO₂ en productos que necesitamos para nuestra sociedad, en la fabricación de cosas o hacer funcionar nuestros aparatos ”

El trabajo de Pelayo García de Arquer se centra en el diseño y uso de nanomateriales para aplicaciones diversas, como la creación de celdas solares más baratas y eficientes, o en el desarrollo de dispositivos optoelectrónicos —como láseres, leds o sensores de luz— también de mayor efectividad. «Actualmente estamos trabajando, muy activamente, en tecnologías para capturar el CO₂ de la atmósfera y transformarlo en diferentes productos», señala el investigador. Así, su trabajo abarca no solo campos relativos a la física y ciencia de materiales, sino que también comprende áreas tales como la ingeniería química. «Gracias a este carácter multidisciplinar se han podido conseguir grandes avances en los últimos años», asegura.



«Mi trabajo tiene impacto en diferentes ámbitos: por un lado, puede ayudar a digitalizar y modernizar la sociedad, creando nuevos dispositivos optoelectrónicos con nuevas funcionalidades que mejoren teléfonos, pantallas o este tipo de tecnologías; por otro lado, puede también, de manera importante, contribuir al desarrollo de herramientas en el campo de la medicina, de la industria alimenticia, de las comunicaciones y de las energías limpias». Además, otro campo que destaca el premiado es el de la descarbonización de la sociedad y la lucha contra el cambio climático. «Mi trabajo contribuye a la transformación o reciclado de las emisiones contaminantes de CO₂ en productos que necesitamos para nuestra sociedad, en la fabricación de cosas o hacer funcionar nuestros aparatos», señala.

En este aspecto, destaca que el trabajo que ha realizado ha contribuido, de manera notable, en el avance de tecnologías que puedan transformar el dióxido de carbono en productos como

etanol, combustibles o materiales para fabricar plásticos, por ejemplo. «Además, la investigación que he realizado con mis compañeros, y también apoyado en los trabajos de muchos otros grupos en el mundo, ha ayudado en el desarrollo de celdas solares más flexibles, más ligeras y más eficientes, y que aprovechen de un mejor modo la luz solar. Ha contribuido también al desarrollo de fuentes de luz más brillantes y con colores más puros, así como al desarrollo de catalizadores que puedan generar hidrógeno limpio de una manera sostenible», explica.

Para el investigador premiado, este galardón supone: «un reconocimiento muy importante no solo para mi trabajo, sino para el trabajo de todos los colaboradores, compañeros y compañeras con los que he tenido el privilegio de trabajar; y viene también en un momento muy importante y apasionante en mi carrera, ya que estoy montando mi propio grupo de investigación».

JORGE BARRIO GÓMEZ DE AGÜERO



PREMIO ENSEÑANZA Y DIVULGACIÓN DE LA FÍSICA ENSEÑANZA MEDIA

“ Internet ha democratizado el acceso a la información, pero también los excesos en la difusión de aberraciones. Propagar el conocimiento a través de la divulgación tiene que servir como freno ”

«La física se aprende de verdad cuando tienes que transmitirla». Eso explica que la pasión por esta ciencia esté en Jorge Barrio Gómez de Agüero indisolublemente ligada a los profesores que le marcaron y a la enorme actividad que desde hace décadas despliega para hacer la enseñanza más atractiva y la divulgación más penetrante. «Usando términos físicos, se podría decir que uno es la función que resulta de la suma de las funciones, que serían los profesores que has ido teniendo, multiplicadas por un coeficiente de reparto, que es el mayor o menor interés que te han logrado transmitir», afirma.



No hay frente que se le resista: figura entre esos pioneros que llenaron de contenido, desde su primera edición en el 2000, la Feria de la Ciencia de la Comunidad de Madrid. Organiza en su instituto semanas de la ciencia («en esos días dislocados previos a la Navidad») y monta ciclos de conferencias o exposiciones sobre física de partículas, de materiales o cosmología... Cuenta en su haber con una treintena de cursos de formación para el profesorado; es autor o coautor de media docena de libros de texto; ha asesorado a museos sobre cómo presentar la ciencia al público general; desde 2011 organiza viajes con sus alumnos al CERN de Ginebra; y aprovechó la pandemia para abrir un canal en YouTube en el que impartía las clases propias de 2.º de Bachillerato, pero enriquecidas «con un montón de experimentos que son difíciles de llevar a cabo en el día a día del aula».

El jurado del premio subraya el «carácter creativo» de sus presentaciones, un rasgo que Jorge Barrio atribuye a que «jamás miro en internet, sino que rebusco en mi biblioteca, donde hay incluso libros del siglo XIX. Quizá hoy lo original

es basarse en las fuentes clásicas de referencia, que toda la vida han sido los libros».

La divulgación no es solo importante: «es urgente y necesaria —afirma—. Internet ha democratizado el acceso a la información, pero también los excesos en la difusión de aberraciones. Propagar el conocimiento a través de la divulgación tiene que servir como freno». ¿El reto? «Encontrar la línea de idoneidad entre el saber científico y el mero entretenimiento. Nos preocupamos por cuánto tiempo podemos mantener la atención del destinatario, pero no se puede cimentar conocimientos con vídeos de cinco minutos».

Para Barrio este premio es «un Nobel a escala, el reconocimiento a una trayectoria. Y un acicate para seguir, porque tengo proyectos que la pandemia paralizó y ahora quiero retomar, como el de acudir a centros hospitalarios para organizar talleres o presentar estas experiencias a chicos con ingresos de larga duración, a quienes la física puede dar un poco de alegría en esas circunstancias».

IGNACIO MÁRTIL DE LA PLAZA



PREMIO ENSEÑANZA Y DIVULGACIÓN DE LA FÍSICA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA

“ Sin ciencia, sin recursos para la ciencia, no tenemos futuro. Pero para que la sociedad se interese por ella hay que dársela a conocer. La pandemia ha sido un ejemplo palmario ”

Las tres patas de la actividad de un profesor universitario son la investigación, la docencia y la transferencia de conocimiento. Ignacio Mártil de la Plaza no solo lo sabe, sino que despliega una amplia actividad en los tres frentes.

Autor de más de 160 publicaciones científicas —142 de ellas en revistas con factor de impacto y 116 en revistas del primer cuartil de su categoría— y miembro fundador del Grupo de Láminas Delgadas y Microelectrónica de la Universidad Complutense de Madrid, poco después de obtener la plaza de profesor titular, inició, hace más de tres décadas, una profunda renovación de las prácticas del Laboratorio de Semiconductores y Dispositivos Electrónicos.



«Desde los comienzos de mi vida académica me ha preocupado cómo trasladar a los laboratorios de docencia la experiencia adquirida en los laboratorios de investigación», reconoce. El éxito de sus iniciativas en esta área lo acreditan las revistas que se han hecho eco de ellas —desde *Applied Physics Letters*, hasta el *Journal of Physics D: Applied Physics*, pasando por *IEEE Electron Device Letters*— y un flujo de citas que se extiende a la actualidad, «lo cual indica que artículos de marcado carácter de enseñanza tienen repercusión en la investigación, incluso muchos años después de haber sido publicados», apunta.

Y transferencia de conocimiento. No solo a la industria (es coautor de cuatro patentes), sino a la sociedad, una tarea que considera prioritaria porque —dice, citando a Carl Sagan— «vivimos en una sociedad totalmente dependiente de la ciencia y la tecnología, en la que prácticamente nadie sabe nada acerca de la ciencia o la tecnología». En esta faceta se siente particularmente

orgulloso de dos libros —*Microelectrónica. La historia de la mayor revolución silenciosa del siglo XX* y *Energía solar: de la utopía a la esperanza*, publicado este último en plena pandemia— y de un trabajo constante en redes sociales, que se extiende por Twitter, Instagram, YouTube y Facebook. En esta última plataforma, su página *Un poco de ciencia, por favor* avanza con paso firme hacia los 800.000 seguidores.

Traducir el lenguaje especializado que se habla en los laboratorios a términos inteligibles por el público no especialista es vital, afirma Ignacio Mártil: «Sin ciencia, sin recursos para la ciencia, no tenemos futuro. Pero para que la sociedad se interese por ella hay que dársela a conocer. La pandemia ha sido un ejemplo palmario: cuando surge un problema que afecta a todo el planeta y los políticos se ponen de acuerdo en dotar de los recursos necesarios a la investigación, esta responde; en menos de un año hemos tenido vacunas, un éxito inimaginable no hace mucho tiempo».

BEATRIZ GATO RIVERA

PREMIO A LA MEJOR CONTRIBUCIÓN DE DIVULGACIÓN EN LAS PUBLICACIONES DE LA REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA

“ La antimateria es un tema fascinante e importantísimo. El propio nombre ya engancha; la idea de que materia y antimateria se aniquilan entre sí remite al bien y al mal, a la fuerza y la antifuerza ”

«La antimateria es un tema fascinante e importantísimo, crucial; está en el nacimiento mismo de la física de partículas», afirma Beatriz Gato, física teórica del Instituto de Física Fundamental del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Esta experta en supercuerdas, una de las teorías que trata de unificar relatividad general y mecánica cuántica, es la autora del artículo «La antimateria», publicado en la *Revista Española de Física*, Vol. 34, n.º 3, julio-septiembre 2020.

El texto arranca con frases evocadoras: «Curiosamente, un objeto de antimateria sería indistinguible, a juzgar por su aspecto, de uno de materia; de hecho, si existieran estrellas de antimateria brillarían de manera idéntica a sus

La antimateria

Beatriz Gato Rivera

La antimateria es uno de los aspectos más fascinantes de la Física de Partículas y también uno de los más desconocidos, a pesar de vivir rodeados por ella y por las radiaciones resultantes de su aniquilación contra la materia.

a antimateria, el reverso de la materia, es uno de los aspectos más fascinantes de la Física de Partículas. Curiosamente, un objeto de antimateria sería indistinguible, a juzgar por su aspecto, de uno de materia; de hecho, si existieran estrellas de antimateria brillarían de manera idéntica a sus homólogas de materia, emitiendo la misma luz. Sin embargo, los últimos rodeados por antimateria y por las radiaciones resultantes de su aniquilación contra la materia.

La antimateria es uno de los aspectos más fascinantes de la Física de Partículas y también uno de los más desconocidos, a pesar de vivir rodeados por ella y por las radiaciones resultantes de su aniquilación contra la materia.

La antimateria es uno de los aspectos más fascinantes de la Física de Partículas y también uno de los más desconocidos, a pesar de vivir rodeados por ella y por las radiaciones resultantes de su aniquilación contra la materia.

La antimateria es uno de los aspectos más fascinantes de la Física de Partículas y también uno de los más desconocidos, a pesar de vivir rodeados por ella y por las radiaciones resultantes de su aniquilación contra la materia.

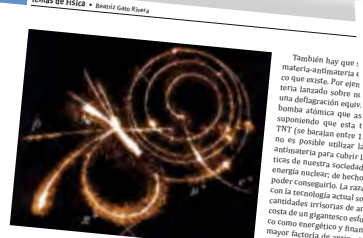


Fig. 2. Aniquilación de un antiprotón con un protón, dando lugar a un par de piones.

Fig. 3. Diagrama de Feynman de la producción de un par de positrones y electrones.

Fig. 4. Recreación de la explosión nuclear de la bomba atómica de Nagasaki.

Fig. 5. Vista aérea del complejo de aceleradores del Fermilab.

Fig. 6. Experimentos con antiprotones en el CERN.

Fig. 7. Experimento de producción de rayos cósmicos.

Fig. 8. Experimento de producción de rayos cósmicos.

cuero, pues se aniquilan con los electrones a su paso y su recorrido es de apenas una millonésima. En el caso de los plátanos, como también tienen "K" en la piel, escapan al exterior unos 15 positrones cada 24 horas. Así que los plátanos emiten una débil radiación gamma, pero no suficiente para ser detectada. En cambio, el cemento las paredes y similares, ya que la cal y el cemento también contienen "K. Esto nos crea la duda de si el primer positrón detectado por Carl Anderson fue producido en la desintegración de un antiprotón que pasó a través de la pared de este, o de un plátano que se había traído para almorzar.

Las fuentes principales de antimateria a nuestro alcance son los aceleradores de partículas y nuestra propia atmósfera, donde chocan los rayos cósmicos con los átomos allí presentes produciendo cascadas de radiación secundaria. Los rayos cósmicos más energéticos sean los más abundantes. Sorprendentemente, los rayos cósmicos pueden alcanzar energías varios órdenes de magnitud superiores a las más altas que se han alcanzado en los aceleradores y como decíamos, las colisiones que se producen en ellos producen tanto materia como antimateria (materia y antimateria).

Por ejemplo, a nivel del mar, se estima que cada minuto llegan un millón (o antinidón) por cm², y también llegan, entre 10 y 100 veces más, tanto electrones como positrones y fotones. Los muones, antineutrinos y fotones. Los muones más energéticos como positrones, antineutrinos y antiprotones más energéticos pueden recorrer kilómetros de tierra antes de desintegrarse, mientras que los neutrones y antineutrinos atraviesan el planeta entero sin apenas disminuir. Por otro lado, la radiación secundaria también puede salir de la atmósfera hacia fuera y, si se trata de partículas con carga eléctrica, estas pueden ser atrapadas por el campo magnético terrestre formando parte de los cinturones de radiación de Van Allen. A este respecto, hay que destacar que en 2011, al detectar rayos cósmicos de alta energía, se descubrió que se producían en el interior de un subcinturón de antiprotones en el planeta Marte.

En 1995 un equipo de científicos del CERN logró producir los primeros antiprotónes, un total de unos 100. Este hecho fue un hito en la historia de la física de partículas y se aniquilaban con la materia circundante antes y se producían positrones y fotones. Los muones más energéticos como positrones, antineutrinos y antiprotones más energéticos pueden recorrer kilómetros de tierra antes de desintegrarse, mientras que los neutrones y antineutrinos atraviesan el planeta entero sin apenas disminuir. Por otro lado, la radiación secundaria también puede salir de la atmósfera hacia fuera y, si se trata de partículas con carga eléctrica, estas pueden ser atrapadas por el campo magnético terrestre formando parte de los cinturones de radiación de Van Allen. A este respecto, hay que destacar que en 2011, al detectar rayos cósmicos de alta energía, se descubrió que se producían en el interior de un subcinturón de antiprotones en el planeta Marte.



La antimateria es un tema fascinante e importantísimo. El propio nombre ya engancha; la idea de que materia y antimateria se aniquilan entre sí remite al bien y al mal, a la fuerza y la antifuerza ”

«La antimateria es un tema fascinante e importantísimo, crucial; está en el nacimiento mismo de la física de partículas», afirma Beatriz Gato, física teórica del Instituto de Física Fundamental del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Esta experta en supercuerdas, una de las teorías que trata de unificar relatividad general y mecánica cuántica, es la autora del artículo «La antimateria», publicado en la *Revista Española de Física*, Vol. 34, n.º 3, julio-septiembre 2020.

El texto arranca con frases evocadoras: «Curiosamente, un objeto de antimateria sería indistinguible, a juzgar por su aspecto, de uno de materia; de hecho, si existieran estrellas de antimateria brillarían de manera idéntica a sus

homólogas de materia, emitiendo la misma luz (...). Cuando Gato empezó a hacer divulgación, hace una década en una Semana de la Ciencia, se dio cuenta enseguida de la fascinación que ejerce la antimateria: «El propio nombre ya engancha; la idea de que materia y antimateria se aniquilan entre sí remite al bien y al mal, a la fuerza y la antifuerza», señala.

Por algo recurre tanto la ciencia ficción a la antimateria, aunque no siempre de forma rigurosa. «Mucha gente confunde la antimateria con la materia oscura—señala la investigadora—. La antimateria es una gran desconocida, y no hay apenas material para divulgar sobre ella». Advertir la existencia de ese nicho vacío en la comunicación de la ciencia impulsó a Gato a escribir su libro *Antimateria*, en la colección editorial del CSIC ¿Qué Sabemos de?

El artículo galardonado sorprende al profano explicando el importante papel de la antimateria en la vida cotidiana: «Un 10 % de la luz visible que nos llega del Sol se debe a la aniquilación antimateria (...), pues los hornos nucleares de las estrellas son grandes productores de antielectrones que se aniquilan inmediatamente con los electrones del plasma en el que están inmersos». La antimateria es también «el ingrediente esencial de los escaneos PET» para diagnóstico médico, e incluso los plátanos la emiten —«unos 15 positrones cada 24 horas—, porque contienen potasio 40K, un isótopo radioactivo.

«Lo más importante en la divulgación es el entusiasmo, la claridad y la veracidad», afirma Gato. Si, como sus textos, además sorprende, mejor aún.

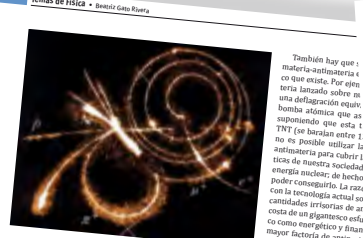


Fig. 2. Aniquilación de un antiprotón con un protón, dando lugar a un par de piones.

Fig. 3. Diagrama de Feynman de la producción de un par de positrones y electrones.

Fig. 4. Recreación de la explosión nuclear de la bomba atómica de Nagasaki.

Fig. 5. Vista aérea del complejo de aceleradores del Fermilab.

Fig. 6. Experimentos con antiprotones en el CERN.

Fig. 7. Experimento de producción de rayos cósmicos.

Fig. 8. Experimento de producción de rayos cósmicos.

cuero, pues se aniquilan con los electrones a su paso y su recorrido es de apenas una millonésima. En el caso de los plátanos, como también tienen "K" en la piel, escapan al exterior unos 15 positrones cada 24 horas. Así que los plátanos emiten una débil radiación gamma, pero no suficiente para ser detectada. En cambio, el cemento las paredes y similares, ya que la cal y el cemento también contienen "K. Esto nos crea la duda de si el primer positrón detectado por Carl Anderson fue producido en la desintegración de un antiprotón que pasó a través de la pared de este, o de un plátano que se había traído para almorzar.

Las fuentes principales de antimateria a nuestro alcance son los aceleradores de partículas y nuestra propia atmósfera, donde chocan los rayos cósmicos con los átomos allí presentes produciendo cascadas de radiación secundaria. Los rayos cósmicos más energéticos sean los más abundantes. Sorprendentemente, los rayos cósmicos pueden alcanzar energías varios órdenes de magnitud superiores a las más altas que se han alcanzado en los aceleradores y como decíamos, las colisiones que se producen en ellos producen tanto materia como antimateria (materia y antimateria).

Por ejemplo, a nivel del mar, se estima que cada minuto llegan un millón (o antinidón) por cm², y también llegan, entre 10 y 100 veces más, tanto electrones como positrones y fotones. Los muones, antineutrinos y fotones. Los muones más energéticos como positrones, antineutrinos y antiprotones más energéticos pueden recorrer kilómetros de tierra antes de desintegrarse, mientras que los neutrones y antineutrinos atraviesan el planeta entero sin apenas disminuir. Por otro lado, la radiación secundaria también puede salir de la atmósfera hacia fuera y, si se trata de partículas con carga eléctrica, estas pueden ser atrapadas por el campo magnético terrestre formando parte de los cinturones de radiación de Van Allen. A este respecto, hay que destacar que en 2011, al detectar rayos cósmicos de alta energía, se descubrió que se producían en el interior de un subcinturón de antiprotones en el planeta Marte.

En 1995 un equipo de científicos del CERN logró producir los primeros antiprotónes, un total de unos 100. Este hecho fue un hito en la historia de la física de partículas y se aniquilaban con la materia circundante antes y se producían positrones y fotones. Los muones más energéticos como positrones, antineutrinos y antiprotones más energéticos pueden recorrer kilómetros de tierra antes de desintegrarse, mientras que los neutrones y antineutrinos atraviesan el planeta entero sin apenas disminuir. Por otro lado, la radiación secundaria también puede salir de la atmósfera hacia fuera y, si se trata de partículas con carga eléctrica, estas pueden ser atrapadas por el campo magnético terrestre formando parte de los cinturones de radiación de Van Allen. A este respecto, hay que destacar que en 2011, al detectar rayos cósmicos de alta energía, se descubrió que se producían en el interior de un subcinturón de antiprotones en el planeta Marte.

Fig. 4. Recreación de la explosión nuclear de la bomba atómica de Nagasaki.

Fig. 5. Vista aérea del complejo de aceleradores del Fermilab.

Fig. 6. Experimentos con antiprotones en el CERN.

Fig. 7. Experimento de producción de rayos cósmicos.

Fig. 8. Experimento de producción de rayos cósmicos.

JURADO

CATEGORÍAS:

- ▶ MEDALLA DE LA REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA
- ▶ PREMIO INVESTIGADOR JOVEN EN FÍSICA TEÓRICA
- ▶ PREMIO INVESTIGADOR JOVEN EN FÍSICA EXPERIMENTAL

PRESIDENTE

MIGUEL Á. F. SANJUÁN

Catedrático de Física
 Universidad Rey Juan Carlos
 Editor general de la Real Sociedad
 Española de Física

VOCALES

JOSÉ CERNICHARO QUINTANILLA

Profesor de Investigación
 Instituto de Física Fundamental, CSIC

ASUNCIÓN FERNÁNDEZ CAMACHO

Profesora de Investigación
 Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla, CSIC
 Universidad de Sevilla

ELVIRA MOYA DE GUERRA VALGAÑÓN

Catedrática de Física Atómica, Molecular y Nuclear
 Universidad Complutense de Madrid

RAFAEL RODRIGO MONTERO

Profesor de Investigación
 Centro de Astrobiología (CAB), INTA-CSIC

MARÍA ROSA ZAPATERO OSORIO

Profesora de Investigación
 Centro de Astrobiología (CAB), INTA-CSIC

CATEGORÍAS:

- ▶ PREMIO FÍSICA, INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA
- ▶ PREMIO ENSEÑANZA Y DIVULGACIÓN DE LA FÍSICA EN ENSEÑANZA UNIVERSITARIA Y EN ENSEÑANZA MEDIA
- ▶ PREMIO A LA MEJOR CONTRIBUCIÓN DE ENSEÑANZA EN LAS PUBLICACIONES DE LA REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA
- ▶ PREMIO A LA MEJOR CONTRIBUCIÓN DE DIVULGACIÓN EN LAS PUBLICACIONES DE LA REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA

PRESIDENTE

MIGUEL Á. F. SANJUÁN

Catedrático de Física
 Universidad Rey Juan Carlos
 Editor general de la Real Sociedad
 Española de Física

VOCALES

RAFAEL BACHILLER GARCÍA

Observatorio Astronómico Nacional

AUGUSTO BELÉNDEZ VÁZQUEZ

Catedrático de Física Aplicada
 Universidad de Alicante

SUSANA MARCOS CELESTINO

Profesora de Investigación
 Instituto de Óptica Daza Valdés, CSIC

NEUS SABATÉ VIZCARRA

Profesora de Investigación
 Institut de Microelectrònica de Barcelona
 (IMB-CNM-CSIC)

JOSÉ MANUEL SÁNCHEZ RON

Catedrático emérito de Historia de la Ciencia
 Universidad Autónoma de Madrid
 Académico de la Real Academia Española



Real
Sociedad
Española de
Física

www.rsef.es

Fundación
BBVA

www.fbbva.es