



Real
Sociedad
Española de
Física

Fundación
BBVA

XVIII Edición

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 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 entre todas sus categorías, los galardones fueron instaurados por la Real Sociedad Española de Física 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

Francisco José García Vidal

Universidad Autónoma de Madrid

PREMIO FÍSICA, INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA 8

Julio Gómez Herrero

Universidad Autónoma de Madrid

PREMIO INVESTIGADOR JOVEN EN FÍSICA TEÓRICA 10

Ricard Alert Zenón

Universitat de Barcelona

PREMIO INVESTIGADOR JOVEN EN FÍSICA EXPERIMENTAL 12

Allan S. Johnson

IMDEA Nanociencia (Madrid)

**PREMIO ENSEÑANZA Y DIVULGACIÓN DE LA FÍSICA
(ENSEÑANZAS MEDIAS)** 14

Mikel Etxaniz Añorga

Centro Educativo Pasaia-Lezo (Gipuzkoa)

**PREMIO ENSEÑANZA Y DIVULGACIÓN DE LA FÍSICA
(ENSEÑANZA UNIVERSITARIA) 16**

María Jesús Santos Sánchez

Universidad de Salamanca

**PREMIO A LA MEJOR CONTRIBUCIÓN DE ENSEÑANZA
EN LAS PUBLICACIONES DE LA REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA 18**

**Francisco Savall Alemany, Míriam Esparza Garcia,
María Pilar Santatecla Fayos, Alexandra Rey-Cubero
y Alejandra Abellán Llobregat**

IES Veles e Vents (Grau de Gandia, Valencia), IES Ausiàs March (Gandia) y Universitat d'Alacant

**PREMIO A LA MEJOR CONTRIBUCIÓN DE DIVULGACIÓN
EN LAS PUBLICACIONES DE LA REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA 20**

Julio A. Alonso Martín

Universidad de Valladolid

JURADOS 22

Francisco José García Vidal



Medalla de la Real Sociedad Española de Física

“ Para tener éxito en investigación hacen falta tres requisitos: curiosidad para intentar entender el mundo que te rodea, ambición para trabajar en las fronteras del conocimiento y creatividad para explorar caminos que la gente no ha transitado o ha transitado poco ”

Por estrecho que parezca un haz de luz, hacerlo pasar a través de un agujero aún más pequeño —de dimensiones menores que la longitud de la onda de luz, que se mide en nanómetros— no es tarea fácil. «Pasan dos cosas: primero, que la luz no cabe por el agujero, y segundo, que la luz que sale del agujero, que es muy poca, sale en todas las direcciones», explica Francisco José García Vidal. Sin embargo, el catedrático de Física de la Materia Condensada en la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) descubrió que, rodeando el agujero de ciertas estructuras periódicas, se solventaban estos dos problemas y la luz consigue salir del agujero «como un láser».



Para lograr este hito, resultaron claves ciertas ondas que se propagan por una superficie metálica, conocidas como plasmones superficiales. Pero normalmente, los plasmones solo se dan en la luz visible, y García Vidal—doctor en Física por la UAM (1992) e investigador posdoctoral Marie Curie en el Imperial College de Londres (1994-96)— también descubrió cómo crear ondas análogas a los plasmones a frecuencias más bajas (como los infrarrojos o las microondas), ampliando el alcance de su primer hallazgo a más tipos de luz. Estos plasmones superficiales de baja frecuencia se emplean ahora, además, para crear sensores capaces de medir las constantes vitales de las personas y enviar esa información a otros lugares del cuerpo.

El galardonado también desarrolló un material artificial formado por nanotubos de carbono distribuidos periódicamente: «Descubrimos que absorbía más luz que el carbono, simplemente porque los átomos estaban estructurados de otra forma. Diez años más tarde—recuerda—un grupo en Nueva York hizo la verificación experimental, y en 2014 una empresa creó una pintura

basada en esos nanotubos de carbono. Fue un hito mundial porque era el material más oscuro creado por el ser humano, y más adelante, un artista plástico compró los derechos de esta pintura para utilizarla en arte».

García Vidal no solo ha creado materiales que modifican cómo se propaga la luz, sino que también ha recorrido el camino contrario: ha trabajado con «entidades que son mitad luz y mitad materia, llamadas polaritones», capaces de modificar las propiedades de los materiales con los que interactúan.

De su experiencia personal y en la formación de jóvenes científicos, el que fuera director fundador del Centro de Investigación de Física de la Materia Condensada de la UAM entre 2012 y 2021 extrae una enseñanza: «Para tener éxito en investigación hacen falta tres requisitos: curiosidad para intentar entender el mundo que te rodea, ambición para trabajar en las fronteras del conocimiento y creatividad para explorar caminos que la gente no ha transitado o ha transitado poco».

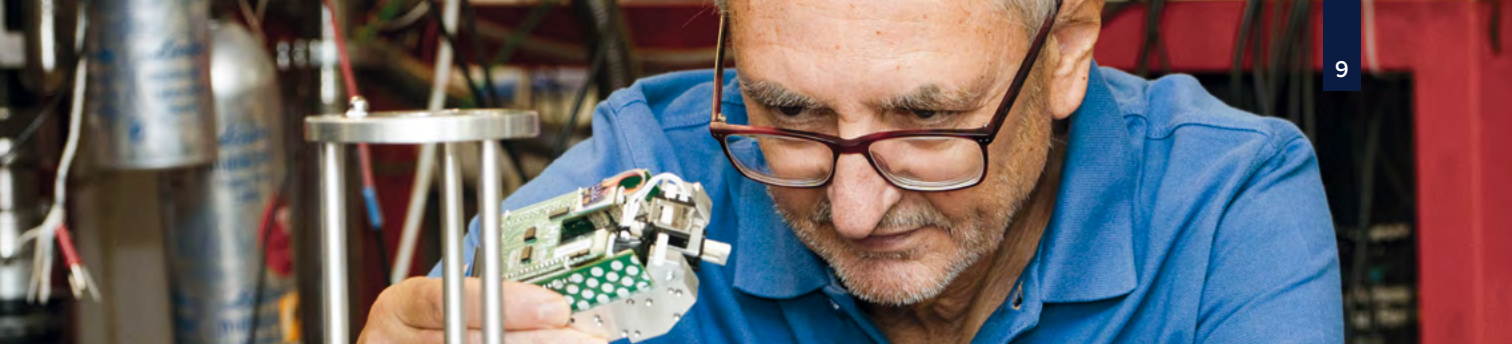
Julio Gómez Herrero

Premio Física, Innovación y Tecnología

“ Me gusta combinar la física teórica y la experimental, lo que es motivante y frustrante a la vez, porque el 80 por ciento de los días no funciona nada, el 10 por ciento algo medio funciona, y hay un 1 por ciento en que las cosas funcionan de verdad. Ese 1 por ciento justifica el resto ”

Cuando Julio Gómez Herrero se encontraba realizando su tesis doctoral en la Universidad Autónoma de Madrid (UAM), durante la primera mitad de los años 80, tuvo la suerte de poder trabajar con el primer microscopio de efecto túnel que llegó a España. El dispositivo que permitía ver y manipular átomos individuales, abriendo así la puerta a la nanotecnología, fue traído personalmente en 1984 por uno de sus inventores, Heinrich Rohrer, quien dos años más tarde recibió el Premio Nobel junto a Gerd Binnig por su creación en los laboratorios de IBM en Zúrich. «En aquellos tiempos no había nada más que ese





microscopio, y todo te lo tenías que hacer tú mismo a falta de desarrollos comerciales. Así que empecé a trabajar en el laboratorio para aplicar la electrónica digital al control de este tipo de microscopios», explica el hoy catedrático de Física de la Materia Condensada en la UAM.

Arrancó así lo que el jurado del Premio Física, Innovación y Tecnología retrata como una «amplia trayectoria en el campo de la nanotecnología», y entre cuyos hitos destaca la creación de Nanotec Electrónica, *spin-off* de la UAM dedicada al diseño, construcción y comercialización de microscopios de campo cercano. Fue también impulsor de WSxM, un *software* para la adquisición, tratamiento y proceso de datos de imágenes de la también denominada microscopía de sonda de barrido. Al ser de uso libre para universidades y centros de investigación, ha contribuido al avance de proyectos científicos innovadores en todo el mundo y le ha granjeado un sólido prestigio internacional. También de base tecnológica es otra empresa cuya creación ha impulsado, Nanoinnova Technologies, que se dedica a la comercialización de materiales derivados del

grafeno y equipos específicos para la síntesis de estos.

Gómez Herrero afirma que entre sus referencias figura Enrico Fermi, que era «un gran físico teórico y un gran físico experimental». Al galardonado le motiva «combinar ambas cosas», a pesar de que «eso es al mismo tiempo motivante y frustrante, porque el 80 por ciento de los días no funciona nada y te vas enfadado, el 10 por ciento algo medio funciona, y hay un 1 por ciento en que las cosas funcionan de verdad. Ese 1 por ciento justifica el resto».

Hoy continúa trabajando en «ver cómo la materia se comporta a escala atómica, y en el futuro probablemente podamos elaborar dispositivos basados en esas propiedades». Avisa, no obstante, de que «en ciencia es muy difícil aventurar cuál será el camino», y se remite al caso de Nvidia, que nació como «una compañía de tarjetas gráficas para juegos y hoy produce los chips para la inteligencia artificial, uno de los desarrollos más importantes de la humanidad no solo a nivel científico, sino también filosófico».

Ricard Alert Zenón

Premio Investigador Joven en Física Teórica

“La frontera entre física y biología es muy fructífera porque mezcla ideas de dos campos muy distintos. Aplicaciones biomédicas como la resonancia magnética, las radiografías o el escáner PET ya dan cuenta de este potencial”

De pequeño, Ricard Alert Zenón quería ser meteorólogo: «Me fascinaba que tuviéramos la capacidad de saber qué tiempo haría, de predecir el futuro —recuerda el galardón—, y que tuviéramos un conocimiento suficiente del mundo como para poder prever el comportamiento de un sistema tan complejo como la atmósfera». Poco a poco descubrió que la disciplina que permitía realizar estas predicciones era la física, y fue durante la carrera que se decantó por la biofísica.

Tras realizar su tesis doctoral en Física en la Universitat de Barcelona y trabajar como investigador posdoctoral en la Universidad de Princeton (Estados Unidos) durante cuatro años, hoy es





profesor distinguido Serra Húnter de Física de la Materia Condensada en la Universitat de Barcelona, y jefe del Grupo de Investigación Max Planck de Física de la Materia Viva en el Instituto Max Planck de la Física de los Sistemas Complejos (Alemania), desde donde estudia qué principios físicos gobiernan los comportamientos colectivos de muchas células. Por ejemplo, cuando a una colonia de millones de bacterias se les acaban los nutrientes, estas «se agregan y forman unas torres enormes, parecidas a los *castells* que hacemos en Cataluña —explica Alert—. Las bacterias que están arriba sobreviven a estos periodos de hambruna porque se transforman en esporas», continúa, y así pueden detectar rápidamente la presencia de nutrientes en el entorno mientras paran el resto de procesos biológicos. «Hemos descubierto cómo hacen estas bacterias para formar una capa tras otra de estas torres».

«En mi trabajo, observo muchos vídeos de comportamientos de células, y me pregunto cómo está pasando lo que veo en el vídeo —refiere el premiado—. Eso es lo más motivador de mi investigación, lo que me fuerza a generar ideas

para crear una teoría que me permita explicar lo que veo».

El galardonado considera que un papel importante de la física en el siglo XXI es «explorar sus fronteras con otras disciplinas». En el caso de la biología, aplicaciones como la resonancia magnética, las radiografías o el escáner PET ya dan cuenta de este potencial. «La frontera entre física y biología es muy fructífera porque mezcla ideas de dos campos muy distintos», apunta.

Conocer cómo funcionan las fuerzas que ejercen las células, sostiene Alert, promete tener aplicaciones en medicina. Por ejemplo, las ecuaciones que describen cómo las células cancerosas dejan el tumor y se esparcen por los tejidos colindantes podrán ser clave para desarrollar terapias que paren ese proceso de metástasis de manera mecánica, interfiriendo en las fuerzas que ejercen las células. O, en la fertilización *in vitro*, «se pueden hacer intervenciones a nivel mecánico de modo que las células ejerzan las fuerzas necesarias para que el embrión se pueda implantar, volviendo estos procesos más eficientes», detalla el premiado.

Allan S. Johnson

Premio Investigador Joven en Física Experimental

“ La física nos da un conocimiento que es para siempre, y además sustenta muchas de las tecnologías del siglo XXI. Si queremos solucionar problemas tan grandes como el cambio climático, la física va a desempeñar un papel muy importante ”

«Para hacer buena ciencia, ayuda mucho ser rebelde —afirma Allan Johnson—, porque una de las cosas más importantes en la ciencia es que no está influida por la autoridad. Si un Premio Nobel dice que algo es verdad y no lo es, tu trabajo como científico es decirlo. Pero también es importante la resiliencia —matiza—, pues muchas veces las ideas incorrectas son las tuyas y también es tu trabajo aceptarlo».

El investigador Ramón y Cajal en IMDEA Nanociencia realiza experimentos para generar pulsos ultrarrápidos de luz. La duración de estos pulsos se mide en attosegundos, que corresponden a la





trillonésima parte de un segundo. El premiado, formado en Física y Matemáticas en la Universidad de Ottawa (Canadá) y doctor en Física por el Imperial College de Londres (Reino Unido), descubrió el llamado régimen sobreimpulsado, que emplea láseres de grandísima potencia para generar pulsos de rayos X de attosegundos de duración. «Es como si tienes una radio y giras el dial. La generación normal correspondería a girarlo de manera suave hasta que encuentres la emisora que te interese y escuches la música —explica el galardonado—. El régimen sobreimpulsado es como si giras el dial más rápido; de repente pasas por la frecuencia correcta y sale la música de un impulso».

Johnson ha empleado estos pulsos ultrarrápidos para estudiar los materiales cuánticos, cuyas propiedades se pueden controlar con gran precisión. «Gracias a esta flexibilidad, sirven para construir ordenadores clásicos, neuromórficos (que imitan las funciones del cerebro) y por supuesto cuánticos, en los que tanto se está invirtiendo —detalla—, y de hecho, para casi todas las tecnologías avanzadas de comunicaciones, defensa, tecnologías verdes como la fusión nuclear...».

Otro hito significativo en la trayectoria del premiado ha sido crear un vídeo en el que se observa, por primera vez en todo detalle, una transición de fase (como cambiar de sólido a líquido o de metal a aislante). Johnson y su equipo emplearon pulsos de luz de attosegundos de duración para provocar el cambio de fase y también para captar cada fotograma, un ejercicio de extrema precisión que abre la puerta a conocer cómo funcionan estos procesos en los materiales cuánticos.

Fascinado por el modelo del átomo que aprendió de niño y su potencial para explicar «casi todo lo que se ve en la vida», Johnson se acabó decantando por la física antes que por su otra gran pasión, el teatro. «La física no tiene edad, nos da un conocimiento que es para siempre. Pero además, sustenta muchas de las tecnologías del siglo XXI como el GPS del móvil, los ordenadores, la inteligencia artificial... Y, si queremos solucionar problemas tan grandes como el cambio climático, la física va a desempeñar un papel muy importante», concluye.

Mikel Etxaniz Añorga



Premio Enseñanza y Divulgación de la Física (Enseñanzas Medias)

“ A lo largo de cuatro décadas dedicadas a la innovación docente, he comprobado que un modelo didáctico basado en pequeñas investigaciones de los alumnos dirigidas por el profesor es ideal para el aprendizaje de la física ”

Al empezar su actividad docente en 1985, Mikel Etxaniz conoció el sabor de la frustración: «Mis alumnos no me entendían», rememora este profesor de Física y Química en Secundaria y Bachillerato en el Centro Educativo Pasaia-Lezo (Gipuzkoa), pese al esfuerzo que ponía al preparar e impartir las clases. «Al año de estar trabajando tuve la suerte de asistir a un curso de didáctica constructivista y el profesor Carlos Furió, de la Universitat de València, nos hizo ver que en la mente de los alumnos existían preconceptos, esquemas alternativos que interferían con lo que les explicábamos, que eran persistentes y



difíciles de sustituir e impedían que aprendieran física. Y nos convenció de que el cambio conceptual era deseable y posible».

Enseguida puso en marcha esa transformación y, con otros compañeros docentes, preparó libros de texto que concretaban el modelo constructivista de enseñanza de la física y la química basado en la idea de que el aprendizaje es un proceso dinámico, participativo e interactivo en el que el docente actúa como un facilitador o guía que promueve la resolución de problemas, la experimentación en laboratorio y la discusión en grupo, conectando la materia con la vida cotidiana de los alumnos. «Los profesores encontraban un modelo realista, utilizable, con un temario que daba tiempo de acabar, y una propuesta de evaluación desarrollada y basada en actividades concretas —relata—. Luego, a finales de los 90, llegó la revolución digital (internet, los vídeos, los programas de simulación por ordenador, los sensores para realizar medidas experimentales...), y creo que acerté en integrar todo ese material tecnológico nuevo en la propuesta constructivista de los libros», lo que forjó «un

modelo basado en pequeñas investigaciones dirigidas por el profesor». Desde la perspectiva de casi cuatro décadas dedicado a la innovación docente, Etxaniz asevera que este enfoque pedagógico es «el ideal para el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física».

La recompensa para el profesor —asegura— es «ver iluminarse la cara de un alumno o una alumna cuando comprende por qué la Luna no se nos cae encima a pesar de que la Tierra la atraiga; o ver a un grupo trabajar y resolver el problema de por qué solo vemos la décima parte de un iceberg y no las otras nueve que están debajo...». En definitiva, «hacer *ver* que la física explica el mundo que nos rodea».

Entre los retos presentes en el ámbito educativo, Etxaniz destaca «la creciente inestabilidad emocional de los adolescentes, la dificultad para concentrarse o para tolerar la frustración», que él y muchos otros colegas atribuyen «al *smartphone* y a padres y madres que no ejercen, que hacen todo lo posible para no frustrar a sus hijos, y no les ponen límites».

María Jesús Santos Sánchez



Premio Enseñanza y Divulgación de la Física (Enseñanza Universitaria)

“ No doy charlas de divulgación, sino sesiones interactivas en las que se vive una experiencia; hay sorpresa porque ocurren cosas inesperadas, y se palpa la emoción de comprender. Ese componente afectivo hace que el aprendizaje perdure ”

Cuando el jurado reconoce la «excelencia docente, innovación metodológica y compromiso con la cultura científica» de María Jesús Santos Sánchez, profesora titular de Física Aplicada en la Universidad de Salamanca, sintetiza una trayectoria todoterreno en el ámbito educativo. Ha sido docente de Secundaria, imparte clases en grados tan diversos como Física, Ingeniería Industrial e Historia y Ciencia de la Música, es profesora en el Máster Universitario en Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas (MUPES),



participa en proyectos europeos de innovación educativa, y su labor divulgadora abarca desde el concurso internacional Ciencia en Acción hasta charlas para públicos de toda edad.

Una de las constantes de su actividad es la pasión por los experimentos como herramienta educativa: «Cuando doy clase en un grado donde la física les resulta más ajena y vienen sin una preparación previa suficiente, llevo cada día alguna experiencia que ilustre los contenidos que estamos trabajando para que los alumnos vean que la física no son solo ecuaciones diferenciales o integrales, sino que ayuda a entender lo que de forma cotidiana ocurre a nuestro alrededor». Una visión pedagógica que ha plasmado en su libro *Experimenta. 60 experimentos con materiales sencillos* (2013) —firmado conjuntamente por sus colegas Santiago Velasco y Alejandro del Mazo—, que «contiene experimentos de física con materiales sencillos, muchos de ellos reciclables, para que los profesores de secundaria puedan impartir sus clases de forma práctica».

El mismo principio también lo aplica cuando su objetivo es difundir la física al público general: «No doy charlas de divulgación, sino sesiones interactivas en las que se vive una experiencia; hay sorpresa porque ocurren cosas inesperadas, y se palpa la emoción de comprender. Ese componente afectivo hace que el aprendizaje perdure».

Para la profesora galardonada, la difusión de la cultura científica, y en concreto de los conocimientos en su disciplina, es hoy una tarea imprescindible: «Vivimos en una sociedad eminentemente tecnológica, y esto no es posible sin la física; así de sencillo». Desde la inteligencia artificial hasta las pruebas diagnósticas con rayos X o TAC, así como los ajustes entre la producción y el consumo de energía, «todo eso, energía, electricidad, es física». Por todo ello, la responsabilidad actual de los docentes y divulgadores en este campo es enorme: «No se puede pensar una sociedad como en la que vivimos sin toda la física que está sustentando esa tecnología», concluye.

Francisco Savall Alemany
Míriam Esparza García
María Pilar Santatecla Fayos
Alexandra Rey-Cubero
Alejandra Abellán Llobregat



Premio a la Mejor Contribución de Enseñanza en las Publicaciones de la Real Sociedad Española de Física

“ Pretendemos que los alumnos conozcan retos como el cambio climático o las energías renovables, en los que han de tomar decisiones sobre cómo van a vivir o sobre qué pueden hacer para que la sociedad mejore su posición ante ellos ”

En 1985, un artículo publicado en *Investigación y Ciencia* —revista hoy desaparecida— proponía una calculadora que, estableciendo una analogía mecánica con el principio de Arquímedes y la ley de la palanca, resolvería ecuaciones de segundo y tercer grado. El trabajo mostraba dibujos de cómo sería el dispositivo, «pero no encontramos evidencias de que hubiese sido construido», cuenta Francisco Savall Alemany, profesor de Física y Química en el IES Veles e Vents de Grau de Gandia (Valencia). Así que junto con otras dos profesoras de instituto de la localidad —Míriam

Julio A. Alonso Martín

Premio a la Mejor Contribución de Divulgación en las Publicaciones de la Real Sociedad Española de Física

“ Uno de los problemas para el uso del hidrógeno como combustible es que no existe libre en la naturaleza, pero ya contamos con varios métodos fiables y económicamente rentables para producirlo ”

La pasión por difundir el conocimiento recorre toda la vida de Julio Alonso Martín, catedrático de Física Atómica, Molecular y Nuclear en la Universidad de Valladolid. Literalmente, pues en su colegio los chicos de tres a siete años estaban todos en la misma clase y, evoca, «en el último año, la profesora —de lo mejor que he tenido en mi vida como maestra— nos puso a algunos de los mayores a enseñar sumas y restas a los de tres y cuatro años». Ya como profesor en la universidad reparó en que «si la clase no la entienden los alumnos, es un fracaso; algo que siempre me motivó a describir las cosas bien y



El hidrógeno: un combustible para el futuro

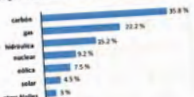
Julio A. Alonso

El hidrógeno es un candidato firme para reemplazar a la gasolina en la automoción y además no genera contaminación. Existen métodos de producción de hidrógeno y la necesidad actual es la mejora de la tecnología de almacenamiento.

1. Introducción

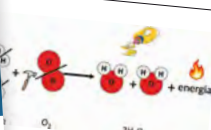
Una extrapolación de los datos sobre la población mundial indica que en 2050 la tierra tendrá 9700 millones de habitantes, con un crecimiento del 40 % entre 2010 y 2050. Esto significa que en el futuro se necesitará una enorme cantidad de energía para la industria, para el agua caliente y calefacción de los hogares, para iluminar las ciudades, para cocinar y para cargar los ordenadores y teléfonos móviles. Además, será necesario disponer de combustible para que esta población pueda desplazarse entre ciudades y para el transporte

Distribución porcentual de la generación de electricidad en el mundo en 2022



claramente». El salto a la divulgación fue casi inevitable, de modo que «en mi carrera académica, cuando encontraba un tema interesante que dominaba y que me parecía era capaz de transmitir bien, escribía un artículo de divulgación o lo presentaba en alguna charla».

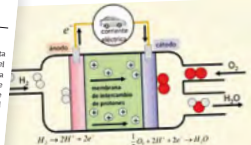
Y eso es exactamente lo que pasó con el artículo premiado en la categoría de Mejor Contribución de Divulgación, «El hidrógeno: un combustible para el futuro», que primero fue una charla impartida en la Universidad de Valladolid, y posteriormente se convirtió en artículo publicado en la *Revista Española de Física*. «El hidrógeno es uno de los candidatos para las necesidades energéticas en el futuro, ya que no es contaminante y puede sustituir a otros combustibles como la gasolina. Uno de los problemas es que no existe de forma libre en la naturaleza, pero existen ya unos cuantos métodos fiables y económicamente rentables para producir hidrógeno. El más extendido es la electrólisis: si tenemos agua en un recipiente y hacemos pasar una corriente eléctrica, el agua se descompone en hidrógeno



un motor de combustión interna (de gasolina) y un motor eléctrico (con baterías de litio). Pero al litio no se encuentra libre en la naturaleza, sino después en minerales y en humedades con salmueras de litio. En nuestro entorno cercano, la Unión Europea tiene una legislación muy restrictiva para la explotación de yacimientos minerales y la minería del litio nos da grandes cantidades de agua y productos químicos dañinos para el medio ambiente. Un segundo candidato es el coche con motor de hidrógeno y este constituye el objetivo del presente artículo.

2. Obtención

número de átomos de oxígeno. Sin embargo, esta respuesta es errónea: la balanza se inclina hacia el lado de los reactivos. Pero encontramos resistencia a ser puestes en contra la ley de la conservación de la masa de Lavoisier. Si la balanza se inclina hacia el lado de los reactivos es que me has robado agua. La interpretación correcta es la ley de Lavoisier que el número de átomos de cada especie se conserva en las reacciones químicas y por supuesto esto ocurre en la combustión del hidrógeno. Pero si que hay una minúscula pérdida de masa, ¿qué origen que hace que la balanza se incline hacia un lado. En la reacción ésta es el origen de la energía liberada. Si llamamos E a la energía liberada por masa y $E = mc^2$, que da la equivalencia entre masa y energía, es que se ha producido un cambio de masa Δm es lo que ocurre en la explosión nuclear. Pero ¿qué fracción de la masa se transforma en energía? En la reacción:

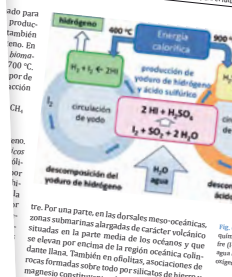


una disolución de sulfato de sodio (Na_2SO_4) en la disolución, el ZnSO_4 , SO_4^{2-} y cationes Zn^{2+} . El ánodo de cobre sumergido en ácido clorhídrico (HCl) es el CuSO_4 , está disociado en Cu^{2+} . La barra de zinc se disuelve, es decir, la oxidación. Pero en ese paso

que no daña el medio ambiente. Un método bien conocido es el reformado de gas natural [3]. En este, el metano (CH_4), compuesto mayoritario del gas natural, reacciona con vapor de agua y produce metano de carbono (CO) e hidrógeno (H_2). Después, el CO reacciona con vapor de agua y produce más hidrógeno y dióxido de carbono (CO_2). El CO_2 continúa a la atmósfera, por lo que habría que capturarlo. Otros métodos fuerzan la descomposición del agua en hidrógeno y oxígeno. Para ello es necesario que se pasen

Fig. 3. Celda de hidrógeno. El hidrógeno que proviene del ánodo se oxida y produce electrones y protones. Los protones pasan al cátodo a través de un circuito externo y generan una corriente eléctrica que es una parte del total. En el cátodo, la reacción de los protones, electrones y oxígeno que proviene del aire, produce agua.

Fig. 4. Descomposición del agua por electrolisis. El agua se descompone en hidrógeno y oxígeno.



Para una parte, en las dorsales meso-oceánicas, situadas en la parte media de los océanos, y que se elevan por encima de la región oceánica rodeada por las dorsales. También en afloramientos, asociaciones de magmatismo sobre todo por utilización de hierro.

Jurados

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

Académico de la Real Academia
de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

VOCALES

MARÍA JOSÉ CATURLA TEROL

Catedrática de Física Aplicada
Universitat d'Alacant

DOMÈNEC ESPRIU CLIMENT

Catedrático de Física Teórica
Institut de Ciències del Cosmos
Universitat de Barcelona

LUIS HUESO ARROYO

Profesor de investigación Ikerbasque
Jefe de grupo en el CIC nanoGUNE



De izda. a dcha. y de arriba a abajo: María José Caturla Terol, Luis Hueso Arroyo, Domènec Espriu Climent, Minia Manteiga Outeiro, Miguel Á. F. Sanjuán y Carmen Ocal García.

MINIA MANTEIGA OUTEIRO

Catedrática de Astronomía y Astrofísica
Centro de Investigación en Tecnologías
de la Información y las Comunicaciones
Universidade da Coruña

CARMEN OCAL GARCÍA

Profesora de investigación
Instituto de Ciencia de Materiales
de Barcelona (CSIC)

CATEGORÍAS

- **Premio Física, Innovación y Tecnología**
- **Premio Enseñanza y Divulgación de la Física en Enseñanzas Medias y Enseñanza Universitaria**
- **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

Académico de la Real Academia

de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

VOCALES

MARTA ISABEL HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

Investigadora científica

Instituto de Física Fundamental (CSIC)

XAVIER OBRADORS BERENGUER

Profesor de investigación

Institut de Ciència de Materials de Barcelona (CSIC)

JOSE YGNACIO PASTOR CAÑO

Catedrático de Ciencia de los Materiales

e Ingeniería Metalúrgica

Universidad Politécnica de Madrid



De izda. a dcha. y de arriba a abajo: Xavier Obradors Berenguer, José Manuel Sánchez Ron, Jose Ygnacio Pastor Caño, Miguel Á. F. Sanjuán y Marta Isabel Hernández Hernández. Ausente en la imagen al participar por videoconferencia: Neus Sabaté Vizcarra.

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



R.S.E.F.

www.rsef.es

Real
Sociedad
Española de
Física

Fundación
BBVA

www.fbbva.es