Revista de Ciencias

Facultad de Ciencias Universidad de Valladolid

UVa





Número 1. Marzo, 2013

Revista de Ciencias

Índice de artículos

	Página
Bienvenida del Decano	3
Editorial	4
Del átomo al Higgs: una excursión cultural Mariano Santander	6
Metamateriales con índice de refracción negativo: una nueva frontera en	
Electromagnetismo José Represa, Ana Grande, Ismael Barba y Ana López	15
La exploración del Sistema Solar Abel Calle	21
Cómo ganar un premio Nobel	
Santiago Mar	29
Arturo Pérez Martín, Decano (olvidado) de Ciencias Alberto Lesarri	32
Grupo Universitario de Astronomía Juan Carbajo	39
Noticias breves	43

Bienvenida del Decano



Cualquier nacimiento es motivo de celebración, y así debe considerarse el primer número de una revista en el mundo académico. El promotor de esta idea es Abel Calle, Profesor Titular de Física Aplicada de esta Facultad. A él hay que agradecerle, primero la idea de poner en marcha este proyecto y en segundo lugar, su empeño en llevarlo a la práctica. Es evidente que éste número 1 de la Revista de Ciencias debe ser el primer paso que sólo tiene sentido si va seguido de muchos más. Desde el Decanato queremos animar a todos los que integran la Facultad, profesores, investigadores, personal de administración y servicios, estudiantes, a que colaboren con la revista, disfrutando de su lectura, difundiéndola entre colegas y amigos o enviando artículos.

La labor del docente universitario es crear y transmitir conocimiento. Esta transmisión no debe limitarse a impartir las clases de Grado o Máster y a publicar los resultados de su investigación en revistas de su campo, sino que debe incluir también la divulgación de la Ciencia a la sociedad. Éste debe considerarse uno de los problemas más importantes a los que nos enfrentamos los científicos, y por tanto constituye uno de los retos principales de nuestra actividad. Cualquier movimiento que se haga en esa dirección, como en este caso el arranque de una revista, es gratamente bienvenido. El conocimiento de la Ciencia y el reconocimiento de la actividad científica pueden formar parte, por ejemplo, de la semilla que lleva a un estudiante de secundaria a plantearse estudiar una titulación de Ciencias y a que su familia y profesores le animen a ello. Por eso la revista que hoy nace es también una contribución más a que nuestra labor tenga sentido, porque sólo podremos transmitir y crear conocimiento si existen alumnos que los reciban y que puedan luego colaborar en tareas de investigación.

Fernando Villafañe Decano de la Facultad de Ciencias Universidad de Valladolid

http://www.cie.uva.es

Editorial

La Revista de Ciencias se presenta, con este primer número, en formato digital con un perfil divulgativo dirigido, principalmente, a alumnos y profesores. La divulgación no siempre es fácil puesto que debe ir acompañada de una descripción del contexto global de la ciencia en la que se enmarcan los acontecimientos. Por ello, los artículos de la revista pretenden hacer llegar, a la comunidad que forma nuestra Facultad, los principales avances y la actualidad científica en la que estamos involucrados; no se trata, por tanto, de emitir artículos científicos especializados, sino de hacer legible, en el ámbito académico la innovación científica.

En Julio de 2012, investigadores del CERN (*European Organization for Nuclear Research*) dieron a conocer lo que la revista *Science* calificó, posteriormente, como el descubrimiento científico del año: el bosón de Higgs; pocas noticias científicas habían tenido tanta repercusión en los medios y ello provocó que en conversaciones cotidianas de cualquier ámbito la gente hablara con toda naturalidad de conceptos como materia y energía oscura. Estos acontecimientos reclaman, de forma especial, que un científico autorizado nos los desmenuce y nos haga llegar la transcendencia del descubrimiento en un contexto mucho más global de la Física. Ese es el perfil del artículo: "Del átomo al Higgs: una excursión cultural".

Si el tema del Modelo Estándar de partículas se encuentra empujando las fronteras de la Física actual, igualmente los metamateriales con índice de refracción negativo se ubican en la frontera del Electromagnetismo, como reza el título del artículo: "Metamateriales con índice de refracción negativo: una nueva frontera en Electromagnetismo", un tema de gran innovación en Física presentado en este artículo en plena actualidad y muy bien ilustrado en cuanto a ciertas consecuencias imprevistas.

En Agosto de 2006 la IAU (*International Astronomical Union*) aprobó la reformulación de la definición de Planeta, sacando a Plutón de una lista que todos habíamos aprendido desde niños y, generando con ello, una gran crisis de identidad en nuestro Sistema Solar. ¿Qué ha cambiado? fundamentalmente los descubrimientos que están teniendo lugar en nuestro Sistema Solar gracias a la tecnología de las sondas espaciales. Europa tiene una participación muy activa, tanto de forma individual, como a través de misiones compartidas con la NASA y otras agencias espaciales; el artículo: "La exploración del Sistema Solar" presenta la contribución europea y el estado del arte actual en los orbitadores que aportan estos descubrimientos.

La mayor distinción en el ámbito científico, los Nobel, ha estado plagada, a menudo, de cierta confusión en cuanto a la distribución de galardones. A la vista del artículo: "Cómo conseguir un premio Nobel en Física" podríamos resumir esta situación como que son todos los que están pero no están todos los que son. Habría que añadir que no sólo en lo que respecta al galardón otorgado, sino en la denominación de muchas leyes a través del nombre del descubridor (el legado para la historia) ha recaído sobre los autores que fueron más oportunos en sus publicaciones en el tiempo. Un artículo interesante para saber quién estaba detrás.

El pasillo del Decanato de la nueva Facultad está presidido por la serie de retratos de los que fueron Decanos de la Facultad de Ciencias. Dicha serie comienza (sin incluirle) a partir de Arturo Pérez Martín, cuyas contribuciones fueron muy relevantes y con un desafortunado final, debido a circunstancias históricas; de ahí el título del artículo: "Arturo Pérez Martín, Decano (olvidado) de Ciencias", un artículo histórico con una documentación meticulosa y precisa.

El Grupo Universitario de Astronomía (GUA) tiene una participación muy activa en las actividades académicas: organizan frecuentemente observaciones, ciclos de conferencias y viajes internacionales para la observación de eventos astronómicos. En este número se presenta el grupo a la vez que describen las técnicas de observación solar, muy habituales en sus programaciones.

Revista de Ciencias, 1. Marzo 2013

Finalmente el apartado de Noticias breves presenta las expectativas del año 2013 en cuanto a observación de cometas así como los resultados más relevantes y oficiales acerca del calentamiento global y el agujero de la capa de ozono.

Aprovecho este epígrafe editorial para solicitar la participación de alumnos y profesores para que hagan de esta revista su espacio de visualización, a través de artículos divulgativos, ensayos de opinión o noticias breves; los artículos no tienen ningún proceso de revisión de sus contenidos, más allá de la maquetación, por lo que los responsables, de dichos contenidos, son los propios autores. Por otra parte sería deseable que la distribución de artículos fuera una representación ponderada de las Secciones que forman la Facultad, pero ese aspecto estará supeditado a la respuesta e interés manifestado por nosotros.

Abel Calle Editor de la Revista de Ciencias Universidad de Valladolid

Envía tus contribuciones a:

Editor de la Revista de Ciencias Dpto. de Física Aplicada. Facultad de Ciencias. Paseo de Belén, 7, 47011-Valladolid email: abel.calle@fa1.uva.es

Del átomo al Higgs: una excursión cultural

Mariano Santander

Departamento de Física Teórica, Atómica y Óptica. Universidad de Valladolid

En sus espléndidas 'Lectures on Physics', impartidas hace ahora 50 años, Richard Feynman plantea una interesante pregunta: Si todo el conocimiento científico fuera a ser destruido en un cataclismo, y se pudiera transmitir una sola frase a la siguiente generación de seres, ¿qué sentencia contendría el máximo de información en el mínimo de palabras? Feynman escoge la hipótesis atómica, la idea de que todas las cosas están hechas de átomos, diciendo: Como verán, en esta sola sentencia hay una enormidad de información sobre el mundo, a poco que se piense y se ponga en ello algo de imaginación.

Aunque solo intuidos hace muchos siglos, y aceptados en la práctica por la química (sin evidencia directa) desde inicios del s. XIX, ahora sabemos que los átomos existen realmente. Y sabemos además, que en vez de ser indivisibles, que es lo que significa originalmente el nombre, los átomos de todos los elementos químicos están formados por solamente tres tipos de partículas, protones, neutrones y electrones, que a los efectos del nivel atómico bien pueden considerarse como "partículas elementales". Lo único que diferencia entre sí a los átomos de diferentes elementos es el número de protones y electrones que los constituyen. Entender las reglas del juego por las que esos pocos tipos de partículas se agrupan para formar átomos, que a su vez son los constituyentes básicos de todo (¡todo!) cuanto nos rodea es también una de las claves para entender, y por ende aprovechar, las propiedades de los materiales que se pueden construir agregando átomos, desde los que encontramos en la naturaleza hasta todo tipo de recién llegados, como los fullerenos y nanotubos, el grafeno, los cristales líquidos y todo un mundo de posibilidades que se podrán conseguir mediante manipulación de la materia a nivel de los átomos individuales.

El objetivo de la Física es, por supuesto, entender el mundo tal como es. Por ello, una

vez aprendido que los átomos tienen constituyentes, debemos preguntarnos por las sorpresas que nos aquardan cuando nos adentramos en el nivel atómico: ¿son los electrones, protones y neutrones partículas realmente 'elementales', o están a su vez compuestas de otras partículas elementales'? Conviene aquí aclarar que este uso del término 'elemental' que se emplea en Física es quizás equívoco, ya que no encierra la pretensión de ser realmente el 'último constituyente' en ningún sentido absoluto. Solamente en exposiciones desfiguradamente simplificadas se habla de que el objetivo de tales investigaciones es 'encontrar los últimos constituyentes de la materia'. Como Feynman dijo en una entrevista en 1980: No creo que físicos hayan buscado nunca constituyente último. Hay que ser muy presuntuoso para afirmar 'Vamos a encontrar la partícula última'.

Hace 90 años comenzamos a entrever que la descripción correcta de la naturaleza es la que nos da la mecánica cuántica. La naturaleza se comporta en algunas circunstancias de manera realmente inesperada y ajena a nuestra experiencia cotidiana, pero hasta donde sabemos -y lo hemos podido comprobar en multitud de experiencias en el último siglo-, ese comportamiento es precisamente el que la mecánica cuántica predice y describe. Algunas de esas predicciones son tan extrañas que durante

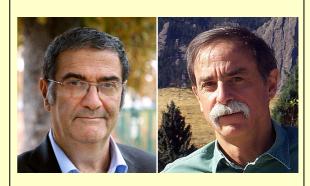
Revista de Ciencias, 1, 6-14. Marzo 2013

mucho tiempo se consideraron como una curiosa extravagancia: un buen ejemplo son los estados entrelazados, o los estados Schrödinger, llamados gatos de recientemente han pasado a ser objeto de fascinantes experimentos realizados átomos aislados gracias, entre otros, al trabajo por el cual Haroche y Wineland han recibido el último premio Nobel de Física. Realmente, la posibilidad de experimentar a ese nivel sobre un sólo átomo es algo con lo que los descubridores de la mecánica cuántica seguramente soñaron ni en especulaciones más atrevidas.

El campo electromagnético fue el primer ejemplo histórico de un campo que permea el Propuesto intuitivamente espacio. Faraday, y descrito (podríamos decir, quizás, literalmente inventado) hace 150 años por Maxwell, hoy nadie podría poner en duda su realidad. La llegada de la mecánica cuántica, 60 años más tarde, nos obliga a modificar la imagen clásica ingenua de campo: todos los campos se manifiestan a través de partículas, que son, por así decir, las excitaciones mínimas del campo. En el caso del electromagnetismo, estas partículas son los fotones, propuestos por Einstein en 1905 para explicar el efecto fotoeléctrico. En último término, cualquier proceso electromagnético puede describirse dentro de una teoría cuántica como un intercambio de fotones, y se dice que los fotones son los portadores de la interacción electromagnética. Se trata de partículas de masa nula y estables, que se producen y/o absorben en las transiciones atómicas: como consecuencia de ambos hechos, podemos recibir fotones procedentes de la bombilla de nuestro escritorio, del Sol o de la galaxia más lejana que podamos observar. 'Extraer' un fotón de un campo electromagnético subyacente (por ejemplo, el de un átomo) es fácil aportando sólo un poco de energía y una vez extraído (o emitido) el fotón se mantiene estable, aunque no pueda quedarse quieto, e inicia su viaje en la dirección en que fue emitido, hasta acabar llegando a nuestra ventana o a una galaxia lejana. Realmente, toda nuestra tecnología moderna, así como el mecanismo que nos aporta la energía procedente del Sol, se explica conjunción con entre la electromagnetismo y mecánica cuántica, y ingredientes son imprescindibles conduciendo a la electrodinámica cuántica.

Todo esto quedó claro en los años 30 del s. XX. En esa misma década se intentó abordar experimentalmente la pregunta de si los

protones tienen constituyentes, mediante un procedimiento de auténtica fuerza bruta: hacer colisionar protones, previamente acelerados, e identificar los productos de las colisiones. Desde el primer ciclotrón, diseñado por Leo Szilard en 1932, los aceleradores destinados a tal fín fueron ampliando el rango de energías accesibles, y con ello, como subproductos de las colisiones, se fueron descubriendo más y más partículas. A mediados de los años 50, eran ya tantas las identificadas que se comenzó a hablar del zoo de partículas; resultaba cada vez menos creíble la posibilidad de que esas partículas pudieran ser todas ellas 'elementales' en ningún sentido absoluto.



Serge Haroche y David J. Wineland premio Nobel de Física 2012 por sus trabajos en óptica cuántica que analizan interacción entre luz y materia. Sus estudios han permitido la fabricación de relojes de gran precisión. Han sentado las bases para la futura creación de un 'súper ordenador cuántico'.

Hoy sabemos que ni los protones y neutrones, ni la mayor parte de los otros miembros del zoo de partículas son elementales, sino que son agregados de otras partículas más básicas, los quarks. Propuestos en 1964 por Gell-Mann y Zweig, y radicalmente diferentes en su comportamiento de todo cuanto conocemos en el nivel ordinario, la existencia de los quarks no ofrece hoy ninguna duda, aunque los quarks aislados no sean observables en todo el rango de energías al que hoy podemos acceder. Más de medio siglo de investigación experimental y de desarrollo de modelos teóricos han conducido al actualmente llamado 'modelo estándar de las partículas elementales'. En este modelo, confirmación de notable qoza experimental У tiene una estructura matemática llena de llamativos patrones y simetrías, hay unas pocas partículas que se siguen considerando realmente 'elementales': algunas son fermiones (de espín semientero) y otras son bosones (de espín entero). Insisto en que 'elementales' no debe entenderse de manera literal, sino en un sentido técnico preciso: partícula 'puntual' descrita exactamente por una de las 'ecuaciones de onda' de la mecánica cuántica relativista. El modelo estándar completo contiene precisamente tres 'generaciones' de fermiones. La primera generación está formada por dos quarks, llamados up, down y

dos leptones, el electrón y el neutrino electrónico; estas partículas se denotan u, d; e, ve. Cada una de las otras dos generaciones, que exhiben una intrigante simetría ternaria con la primera, están constituidas por dos quarks, charm, strange (resp. bottom, top) y dos leptones, el muón y el neutrino muónico (resp. tau y neutrino tauónico). Los símbolos usuales para estas

partículas son c, s; μ , ν_{μ} , y b, t; τ , ν_{τ} . Todas las partículas anteriores vienen acompañadas de sus antipartículas, que en la teoría juegan un papel totalmente simétrico.

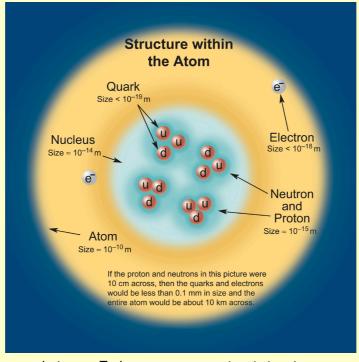
Aparte están también los bosones básicos, cuyo rol es el de servir de 'partículas de fuerza' o de portadores de las interacciones.

Hablamos antes de los fotones (las partículas de luz), que transportan las interacciones electromagnéticas; están también los bosones portadores de las interacciones nucleares débiles (los bosones W[±] y Z⁰) y de las interacciones fuertes (los gluones). Los neutrones y protones son sistemas ligados

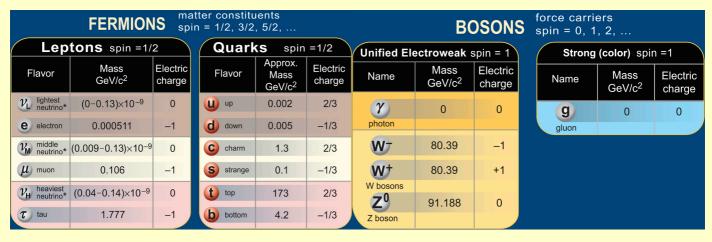
formados por tres quarks p≡uud y n≡udd (bueno, para ser precisos, de una sopa de quarks, antiquarks y gluones en la que hay un exceso de tres quarks sobre los antiquarks).

Los átomos de toda la materia que conocemos son agrupaciones de éstos con electrones. Por esta razón, los quarks y los leptones a veces se llaman 'partículas de materia'; mediante

los de la primera generación se construyen todos los elementos químicos. Junto con los dos quarks u, d, los quarks de las otras dos generaciones (que son inestables) aparecen como los constituyentes de los restantes miembros del zoo, colectivamente llamados hadrones (subdivididos a su vez en dos grandes grupos, mesones y bariones).



MODELO ESTÁNDAR: Fermiones y Bosones (http://CPEPweb.org)



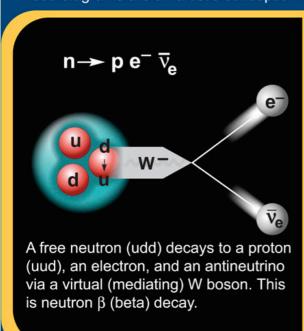
Properties of the Interactions

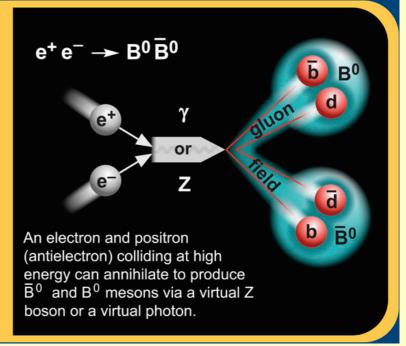
The strengths of the interactions (forces) are shown relative to the strength of the electromagnetic force for two u quarks separated by the specified distances.

Property	Gravitational Interaction	Weak Interaction (Electro	Electromagnetic Interaction oweak)	Strong Interaction
Acts on:	Mass – Energy	Flavor	Electric Charge	Color Charge
Particles experiencing:	All	Quarks, Leptons	Electrically Charged	Quarks, Gluons
Particles mediating:	Graviton (not yet observed)	W+ W- Z ⁰	γ	Gluons
Strength at \$\int 10^{-18} m\$	10 ⁻⁴¹	0.8	1	25
3×10 ⁻¹⁷ m	10 ⁻⁴¹	10-4	1	60

Particle Processes

These diagrams are an artist's conception. Blue-green shaded areas represent the cloud of gluons.





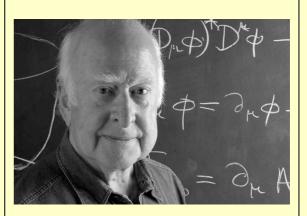
Conocemos haberlas medido -por observado experimentalmente u indirectamente- las propiedades básicas de todas estas partículas: su masa, carga eléctrica, espín. La carga eléctrica y espín están cuantizados y muestran patrones muy simples con valores discretos que se 'entienden': las cargas eléctricas de los quarks son múltiplos enteros de 1/3 si se toma la del electrón como unidad y los espines son 1/2 para todos los fermiones básicos y 1 para los bosones básicos. Por el contrario, las masas de los fermiones básicos presentan valores

muy dispares que desafían la comprensión. Si se toma la masa del electrón como unidad, entonces la del leptón más ligero -el neutrino electrónico- aún no se conoce con mucha precisión, pero se sabe menor de 4,3·10⁻⁶, esto es, del orden de una millonésima de la masa de un e, mientras que el quark más masivo, el top, tiene una masa de 3,3·10⁵, cuyo orden de magnitud está cerca de un millón de veces la masa del electrón. La amplitud de estos intervalos es abrumadora: imagínese un juego de construcción con unas pocas piezas cuyas masas tengan esas

relaciones. En una formulación tosca y puramente descriptiva de las interacciones entre partículas, sería admisible considerar las masas de las diversas partículas como datos iniciales que la teoría no explica. Pero si intentamos construir una auténtica teoría, deberemos basarla en principios y en una estructura matemática, algo que parece radicalmente inevitable si queremos encontrar luz en un mundo tan distinto y oscuro. El mejor candidato de que disponemos actualmente -el llamado modelo estándar- está basado en la idea de invariancia gauge bajo un grupo de invariancia local, una idea que subyace la descripción cuántica del electromagnetismo que se aclaró a finales de los 1920s, y que fue ganando terreno progresivamente desde entonces. Los primeros intentos de usar la idea de invariancia gauge como directriz para construir una teoría de las interacciones de las partículas datan de principios de la década de 1960, fecha en la que la física de partículas se desgaja de la física nuclear. Sin querer entrar en detalles, la exigencia de invariancia gauge predice de manera inevitable que los bosones portadores de las interacciones deben tener masa nula. Los fotones encajan con esta exigencia. Pero incluso mucho antes de que los bosones portadores de la interacción débil fueran observados, la relación general entre alcance de la interacción y masa de los portadores sugiere que tales bosones deberían ser bastante masivos (lo que resultaría confirmarse cuando en 1983 se descubrieron experimentalmente en el CERN). Y esto no encaja con una descripción basada en invariancia gauge. En sus inicios, esta objeción era un obstáculo importante para modelos de interacciones partículas (es bien conocida la postura escéptica de Feynman en los 1960s sobre la validez de la idea gauge para construir una teoría de las partículas elementales, postura que luego cambió).

Aquí es donde aparece Peter Higgs. Este físico, entonces en la Universidad de Manchester, propuso en 1964 un mecanismo, diríamos un 'juguete teórico', un campo que permea el espacio y que interacciona con todas las demás partículas, que como consecuencia de esta interacción 'adquieren' su masa. Realmente, hubo varios otros padres (al menos Englert, Brout, Guralnik, Hagen y Kibble), que publicaron independientemente la misma idea, aunque Higgs fue el más explícito en la predicción de existencia de la nueva partícula. En un nivel de pura divulgación no es fácil y quizás no es siquiera posible transmitir la idea de cómo el Higgs

'proporciona' su masa a las partículas fundamentales del modelo estándar distorsionarla más allá de lo tolerable, de manera que ni siquiera lo intentaré. Si aceptamos analogías, hay varias, y quizás la mejor es la ofrecida por David Miller, que ganó una botella de champán ofrecida por el ministro de Ciencia del Reino Unido a quien fuera capaz de explicar, en una página, qué era la partícula de Higgs; como cualquier analogía, ésta debe entenderse con el proverbial grano de sal, pues forzar un entendimiento literal de una analogía es la mejor manera de autoengañarse creando una falsa sensación de que se entiende el problema. (Si no la conoce, puede leer la propuesta de David Miller googleando 'David Miller Higgs analogy'; el texto aparece en los primeros enlaces.).



Peter Higgs. es un físico británico conocido por su proposición en los años 60 de la ruptura de la simetría en la teoría electrodébil, explicando el origen de la masa de las partículas elementales en general, y de los bosones W y Z en particular.

A simple vista de profano, el mecanismo de Higgs parece bastante arbitrario, ya que se diría que la idea consiste simplemente en desplazar la arbitrariedad que hay en el valor de la masa de cada partícula a la arbitrariedad de la intensidad de la interacción entre cada partícula y el campo de Higgs. Pero la gracia este mecanismo es que permite compatibilizar la exigencia de invariancia gauge con el hecho de que los bosones portadores puedan tener masa. La idea en una cáscara de nuez: los bosones 'son' de masa nula, pero a través de su interacción con el campo de Higgs (que en cierto sentido representa el vacío de la teoría) los bosones se comportan como dotados de una 'masa efectiva' que proviene de dicha interacción y que es la 'masa' con la que podemos observarles. El encaje técnico y matemático de esta propuesta con la idea de una teoría gauge era tan natural y la solución tan 'simple', que un gran número de teóricos, previamente subyugados por esta misteriosa atracción de la naturaleza por las matemáticas, se inclinaron desde muy pronto en su favor Y además, el mecanismo es también universal; sirve no solo para explicar porqué los bosones W[±] y Z⁰ tienen masa, manteniendo la invariancia gauge, sino también para 'explicar', mediante el mismo mecanismo, las masas de los restantes fermiones fundamentales del modelo. Técnicamente, el mecanismo de Higgs consiste en lo que se llama una ruptura espontánea de la simetría, causada por un campo escalar, que entre otras cosas hace que la física del vacío, lejos de ser fría v aburrida sea extremadamente interesante. La partícula asociada al campo de Higgs es el llamado bosón de Higgs; bosón porque la teoría predice que sea una partícula de espín 0, de hecho, la única partícula 'fundamental' de espín 0 (los restantes bosones del modelo son todos de espín 1).

En 1967, Weinberg y Salam proponen incorporar el mecanismo de Higgs a la anterior teoría de las interacciones electrodébiles de Glashow. Por el otro lado, a finales de los 60s se había acumulado evidencia ya observacional concluyente de que casi todos los miembros del zoo están realmente compuestos de quarks, y el asunto se cierra definitivamente en 1968 con los experimentos scatering profundamente inelástico electron-protón en el SLAC por Friedman, Kendall y Taylor. Una vez ampliado el modelo de Glashow-Weinberg-Salam a mediados de los 1970 para incluir también las interacciones nucleares fuertes (descritas interacciones entre quarks y mediadas por los gluones como bosones portadores) el resultado se conoce desde entonces como el estándar modelo de las partículas elementales. En este modelo, las partículas básicas son por un lado seis quarks y seis todos ellos fermiones leptones, acompañados de sus respectivas antipartículas, por otro los bosones portadores de las interacciones (el fotón, los bosones W[±] y Z⁰y los gluones), y, como un 'coordinador', el bosón de Higgs, que no es propiamente portador de ninguna de las interacciones específicas del modelo, pero que a su vez interacciona con todas las demás. Conviene estar en guardia ante la afirmación exagerada de que el modelo estándar es casi una teoría final: incluso aunque fuera completo (que no lo es, ya que la gravedad queda fuera de su alcance y tampoco parece acomodar ninguna

explicación de la energía oscura ni candidatos claros para la materia oscura), en cada una de las escalas hacia arriba (atómica, molecular, clusters, sólidos) debemos esperar que aparezcan nuevas leyes 'emergentes' cuya reducción a los niveles inferiores, aunque fuera posible, seguramente sería irrelevante, lo que como señalaba Feynman hace algo presuntuosas las pretensiones de defender este modelo como un paso a la teoría final. Pero habiendo dicho ya lo anterior, lo cierto es que entre 1970 y 1990 el modelo estándar fue asentándose a la manera de las buenas acumulando teorías. esto es. predictivos. Seguramente la más destacada predicción fue la de los bosones W[±] y Z⁰, portadores de la interacción débil. Propuestos teóricamente por Schwinger en 1959 y por Glashow en 1961 e incorporados al modelo estándar por Weinberg y Salam, estos bosones se encontraron observacionalmente en 1983, confirmando que sus masas eran bastante grandes (del orden de 100 veces la masa del protón).



Sheldon Lee Glashow, Abdus Salam y Steven Weinberg recibieron el premio Nobel en 1979 por sus contribuciones a la teoría de la interacción unificada de la teoría débil y electromagnética, entre partículas elementales.

Hacia 1990 se había observado todo el espectro de las partículas del modelo estándar, excepto el Higgs. La pregunta realmente pertinente en ese momento es: ¿existe realmente, -esto es, en la naturalezael Higgs? La única manera que los científicos aceptamos para obtener respuestas es preguntar a la naturaleza. Y esto es lo que se ha hecho. Veamos cómo. Comentamos antes que el bosón de Higgs es una partícula cuyo papel en el teatro del mundo es muy diferente al del fotón: el Higgs no es propiamente portador de ninguna de las tres interacciones nucleares electromagnéticas, débiles nucleares fuertes (que aparecen como diferentes solo en el rango de bajas energías, y que podríamos quizás agrupar mejor como interacciones quirales (electrodébiles) e interacciones fuertes). Dos de las propiedades básicas del Higgs son tener una masa bastante alta (cuyo valor preciso no está predicho por la teoría) y ser muy inestable. Lo primero significa que 'extraer' (o 'crear') un bosón de Higgs excitando al campo de Higgs requiere una impresionante cantidad de energía. Y lo segundo, que muy poco después de ser 'creado', el Higgs se desintegrará, dejando como rastro una cascada de otras partículas como subproductos. Para mayor confusión, hay muchas maneras posibles (o canales) en las que un bosón de Higgs puede desintegrarse: la teoría nos estudiarlas, predecir para cada una cual será su frecuencia relativa dependiendo de la masa del bosón de Higgs como parámetro, y determinar sus signaturas, esto es, patrones o correlaciones concretas en desintegraciones, que servirán para orientar el Un trabajo observacional. canal desintegración del Higgs poco frecuente pero que permite observaciones muy limpias es la desintegración en dos fotones, canal que ha proporcionado gran parte de la evidencia en el descubrimiento. La naturaleza, pues, no nos ha puesto fácil observar estas partículas. En su detección hay dos retos, cada uno de ellos monumental. Para comenzar, debemos acelerar protones a energías muy altas y hacerlos colisionar. Ello se consigue mediante grandes aceleradores (que se llamarían mejor energizadores), cuya tecnología, tamaño y escala de energías accesibles ha aumentado sin cesar desde los primeros ciclotrones de los 1930s. Superado el primer reto, y construido un acelerador con el rango adecuado de energía (lo que es más fácil de decir que de hacer), al hacer colisionar dos haces de protones, y entre la miríada de procesos que se producirán, el segundo reto es la identificación sobre la marcha precisamente aquellas colisiones que den lugar a un Higgs y el registro precisamente de los datos relevantes de esos procesos (que son una ínfima fracción del total, ya que hay otros muchos canales de producción de partículas en las colisiones entre protones a esas altas energías, y registrar todos es una imposibilidad).

Para superar el primer reto, en diciembre de 1994 y tras la cancelación de un proyecto -el Superconducting Supercollider SCC- de colisionador norteamericano, se aprobó la construcción en el CERN del Large Hadron Collider, abreviado LHC, cuya construcción ha empleado 15 años. El pasado 4 de julio de 2012, tras un año de funcionamiento, el CERN anunció una nueva partícula compatible con el

bosón de Higgs, con una masa de unos 125 GeV/c²'. La sequedad y concisión del lenguaje científico usado en el anuncio oficial no debe hacer perder de vista la impresionante cantidad y calidad de tecnología, ingeniería, diseño de experimentación exhaustivo sobre los procedimientos de medición, registro y análisis que hay detrás de este anuncio. Baste mencionar que dos inmensos detectores, ATLAS y CMS, registran y analizan datos de manera independiente; uno de los objetivos de esa separación es minimizar los muchos sesgos que pueden darse incluso en protocolos aparentemente libres de ellos. El análisis de los datos se realiza de forma 'ciega': los datos no se examinan hasta que los criterios de análisis hayan sido completamente evaluados y aprobados. Poco que ver aquí con los trapicheos varios que son moneda común en nuestra vida pública en estos días.

Unas pocas de las preguntas que pueden hacerse sobre este tema me parecen especialmente relevantes. La primera: Bien, ya se ha encontrado el bosón de Higgs y ¿ahora qué? Bueno, se ha encontrado algo, que aplicando unos criterios de extremo control y exigencias de identificación encaja con lo que se esperaba del Higgs, pero hay muchos detalles que completar y esa tarea requerirá su tiempo. En enero de 2013, casi todos los datos disponibles parecen compatibles con que se trate del Higgs predicho por el modelo estándar, pero aún no se ha establecido de manera segura si el espín de la partícula observada es 0 ó 2, ni tampoco se ha excluido la posibilidad de que pudiera tratarse de alguna de las partículas predichas por diferentes variantes supersimétricas modelo estándar, teorías en las cuales hay varios 'Higgses'. Y en todo caso, el objetivo de cualquier físico siempre será descubrir lo que hay realmente, muy por encima de 'encontrar el Higgs' (con artículo determinado). Y en esa tarea el trabajo no se acaba nunca. Si una vez completados los detalles resultara que la partícula descubierta no es exactamente el Higgs que predice el modelo estándar (lo que no es descartable), ningún físico dirá: 'no es lo que yo esperaba, que no cuenten conmigo estudiar eso'. Más bien dirán. seguramente encantados y excitados: '¿y que es lo que hay ahí, pues?'. Si la partícula encontrada no fuera el Higgs, tendríamos otra tarea diferente ante nosotros: entender cómo pudo darse el impresionante poder predictivo que ha mostrado el modelo estándar en un esquema profundamente equivocado. Si ese fuera el caso, basta una excursión superficial por la historia de la física para estar seguro de que lo que nos aguarda también sería extremadamente interesante.

La segunda es: ¿afectará este descubrimiento, y en general este tipo de investigaciones, a nuestra vida cotidiana? A diferencia de otros descubrimientos recientes. como magnetoresistencia gigante, que se transformó en el crecimiento impresionante de la capacidad de almacenamiento de los discos duros en cosa de pocos años, no es previsible ninguna aplicación inmediata del hallazgo del Higgs. Aparte de la noble motivación genérica que Jacobi asignaba a las Matemáticas, le but unique de la Science, c'est l'honneur de l'esprit humain, -extensiva a casi cualquier indagación seria-, estas investigaciones pueden conducir a nuevas tecnologías que no podemos aún imaginar, como ya ha ocurrido frecuentemente en el pasado. Y, en cualquier caso, ya hay aportaciones menos directas. Los métodos de análisis empleados se han exportado al campo médico mejorando los estudios de los efectos de nuevos tratamientos. Y la tecnología informática necesaria para decidir sobre la marcha qué datos hay que registrar (trigger) y su posterior tratamiento y almacenaje hasta ponerlos a disposición de los científicos interesados, la Worldwide LHC Computing Grid, será posiblemente un modelo para la evolución futura de Internet. Y esto por no mencionar muchos logros prácticos de ingeniería que se han abordado debido a las necesidades del LHC, en algunos casos con participación española relevante.

La tercera es: ¿y por qué la llaman partícula de Dios? El nombre usado en los medios, 'la partícula divina' o 'la partícula de Dios' es considerado infausto por todos los físicos que conozco (sin duda también por casi todos los que no conozco). Circula una leyenda urbana, ultrarrepetida en Internet, que cuelga la etiqueta 'culpable' al editor de un libro que en 1992 publicó Leon Lederman. Este libro se encuadra a medio camino entre la divulgación pura y una campaña mediática de apoyo a la construcción en Texas del Superconducting Supercollider, un acelerador que habría alcanzado las energías necesarias para detectar el Higgs y cuya construcción, que ya comenzada, fue finalmente había sido rechazada por el Congreso de EEUU. Según esta leyenda urbana, Lederman habría querido titular su libro 'The goddamm particle', algo que traduciríamos en versión educada como 'La maldita partícula', pero su editor impuso el de 'The God particle' como una elección más aceptable para su mercado. De juzgar lo que un buen entendedor percibe leyendo el libro, esta historia resulta poquísimo creíble (de lo contrario, varias secciones del libro carecen de sentido); parece más que probable que 'The God particle' fuera el título pretendido realmente por Ledermann.



Leon Max Lederman, autor del libro "La partícula divina". Sus investigaciones científicas se centraron, junto a Melvin Schwartz y Jack Steinberger, en un método de detección de los neutrinos que permitió demostrar la doble estructura de los leptones. Este descubrimiento permitió a los teóricos elaborar el modelo estándar, para la clasificación de todas las partículas elementales. En 1977 consiguió detectar una nueva partícula quark, el quark fondo. Once años más tarde, en 1988, fue galardonado con el Premio Nobel de Física, junto a los físicos compañeros Melvin Schwartz y Jack Steinberger, por sus trabajos sobre el neutrino.

Finalmente está la más delicada: ¿está realmente justificado destinar tantos recursos económicos a este tipo de megaproyectos?, con su secuela ¿qué retorno socialmente positivo ha tenido la investigación en el CERN hasta ahora? La necesaria brevedad no me permite muchos matices. Creo que es exacto decir que la actual World Wide Web, con su protocolo de comunicaciones abierto tal cual la conocemos ahora, se originó en el CERN para facilitar el acceso a datos almacenados en un ordenador remoto, y es con seguridad el subproducto no previsto más exitoso de todos los tiempos. Sin esa contribución de Tim Berners-Lee, premio Príncipe de Asturias en 2002, es al menos dudoso que las redes preexistentes, Arpanet como la departamento de Defensa de EEUU hubieran evolucionado hacia un sistema tan abierto. Ello nos lleva a un punto que ha enfatizado acertadamente Freeman Dyson en varias de sus interesantes obras de prospectiva científica, como su aconsejable Infinity in all

directions: la evidencia histórica de que disponemos muestra, sin asomo de duda, que no se puede prever dónde, cómo y cuándo van a surgir las ideas, desarrollos o descubrimientos realmente importantes. Y como esta importancia solo se ve clara a posteriori, entretanto lo único razonable es promover y apoyar todo un abanico de campos científicos en los cuales se trabaje, en alguno de ellos (y pues los declarados probablemente, no en preferentes con cualesquiera argumentos) habrá un avance esencial. El apoyo desmesurado a la investigación en Física de partículas fue tradicionalmente contestado, especialmente por parte de físicos en otros campos, como la materia condensada, que tomando como bandera progresivamente el lema 'More is diferent' de Anderson, con el argumento de que dedicar una fracción sustancial de los recursos a un solo proyecto conlleva un serio riesgo de impedir el desarrollo de otros que a la postre pudieran resultar más fructíferos (y que desarrollarse con posiblemente pueden recursos modestos). Si esto se entiende como que es insensato dedicar todos los recursos a un solo campo, yo estoy completamente de acuerdo con esa crítica (un artículo reciente en El Pais, de Sanchez-Ron defiende la misma idea). Pero hay que señalar la manipulación frecuente que conduce a distorsionar la relevancia potencial de muchos proyectos presentándolos con promesas algo temerarias de su eventual relevancia social o práctica, cuando pueden ser interesantes -o no- por otros motivos pero distan de ser realistas en aquellas promesas. En la actual situación, en la que las antiguas 'cantidades astronómicas' han sido superadas de lejos por las nuevas 'cantidades económicas', y al margen de las eventuales discrepancias de detalle, me

parece imprescindible forjar una unidad entre los científicos e investigadores, de todos los campos, que hagan llegar a nuestros dirigentes políticos la convicción de que cortar las inversiones en ciencia, en toda la ciencia, es un auténtico suicidio que, si no se remedia y no parece que en España llevemos ningún camino de ello-, nos llevará como país por un atajo a algún triste lugar en medio de la irrelevancia y conducirá al exilio a los mejores entre nuestra actual generación de jóvenes formados.

Algunas referencias para saber más.

A. Casas, T. Rodrigo, El bosón de Higgs, CSIC, Col. Libros de la Catarata, 2012 Un buen libro casi recién publicado y monográfico sobre el bosón de Higgs, en la línea ¿qué sabemos de ...?

F. Yndurain, Electrones, neutrinos y Quarks: la física de partículas en el nuevo milenio, Ed. Crítica 2006.

Una buena exposición, de 'divulgación para físicos', con una reseña histórica general colocada como telón de fondo y un excelente y claro resumen de la física subyacente. Se trata de un género nada frecuentado en nuestro país del que este libro es un muy buen representante.

C.G. Tully, Elementary Particle Physics in a nutshell, Princeton University Press, 2011. Un texto reciente y autocontenido de la teoría, no de divulgación (i.e, para estudiar). La teoría se presenta desde el primer capítulo de manera lógica, tal cual la vemos hoy, sin los desvíos y meandros de la historia, que apenas aparecen mencionados.

Metamateriales con índice de refracción negativo: una nueva frontera en Electromagnetismo

José Represa, Ana Grande, Ismael Barba y Ana López
Departamento de Electricidad y Electrónica. Universidad de Valladolid
Grupo de Electromagnetismo Computacional

Los metamateriales son una clase de medios estructurados artificiales que presentan propiedades electromagnéticas no encontradas en ningún medio natural. Su comportamiento es una propiedad "emergente" de la estructura en sí, más que de sus constituyentes elementales. El prefijo griego "meta" indica su característica de ir "más allá" de lo conocido hasta el presente. Aunque no hay un acuerdo general en qué tipo de materiales abarca el término, dada la variedad de los mismos, nosotros nos centraremos en una clase conocida como "materiales zurdos" (Left-Handed, LH), "doblemente negativos" (DNG) o, simplemente, de "índice de refracción negativo" (NRI). En ellos es posible la propagación de ondas electromagnéticas pero, a diferencia de los medios ordinarios, aparecen fenómenos inusuales tales como ondas regresivas, refracción negativa o efecto Doppler inverso. En el artículo presentaremos las ideas básicas de la propagación y la estructura de tales medios, así como las principales y más llamativas consecuencias.

Introducción

En En 1968 Victor Veselago, un físico de la antigua Unión Soviética, examinó la posibilidad de propagación de ondas electromagnéticas en un medio material que tuviera, simultáneamente, permitividad eléctrica ε y permeabilidad magnética μ negativas [1]. Aunque era consciente de que tal tipo de medios no se había encontrado en la naturaleza, se planteó la posibilidad de realizarlos físicamente pues, como ya era sabido, el comportamiento de la permitividad y permeabilidad varía con la frecuencia (fenómeno llamado dispersión) pudiéndose alcanzar valores negativos en algunos márgenes de frecuencia. El inconveniente es que para ningún medio natural conocido se tienen esos valores negativos simultáneamente para ε y μ en los mismos intervalos de frecuencia. Su trabajo deduce, entre otros resultados, una velocidad de fase negativa (de sentido contrario a la propagación de la energía, dado por el vector de Poynting, como exige el principio de causalidad), un índice de refracción negativo y una impedancia de onda positiva. De ahí derivan fenómenos sorprendentes y nuevas posibilidades de aplicación, unas "futuristas", como las capas de invisibilidad, otras que ya son realidad en sistemas y circuitos de microondas (por ejemplo, antenas en teléfonos móviles).

Estructura de los metamateriales

Más de treinta años después, David Smith y sus colaboradores de la Universidad de California en San Diego, idearon una estructura periódica formada por "resonadores de anillo partido" (Split-Ring Resonators, SRR) y postes metálicos que presentaban las características exigidas en el trabajo de Veselago [2] (Figura 1). Para

Revista de Ciencias, 1, 15-20. Marzo 2013

ello se basaron en trabajos anteriores de Sir John Pendry, del Imperial College de Londres, a propósito de estructuras metálicas que tenían permitividades o permeabilidades negativas en algún intervalo de frecuencias [3, 4] (Figura 2). En el fondo, la idea subyacente era imitar a la propia naturaleza y la forma en que "construye" su estructura macroscópica a base de "celdas elementales" o moléculas, para conseguir determinadas propiedades (Figura 3).



Figura 1. Estructura periódica, a base de SRRs y postes metálicos, propuesta por Smith *et al.* que se comporta como un medio LH a 5 GHz.

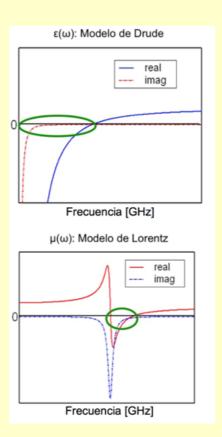


Figura 2. Los postes metálicos proporcionan la permitividad negativa, según el modelo de Drude (arriba). Los resonadores de anillo partido (SRR) la permeabilidad negativa, de acuerdo con el modelo de Lorentz (abajo).

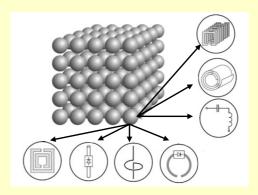


Figura 3. Concepto de metamaterial y "metapartícula". Las metapartículas, cuyos tamaños son del orden de la longitud de onda, pueden contener elementos muy diversos que dotan a la estructura de sus propiedades macroscópicas: anillos, hilos e incluso semiconductores.

Fundamentos

La propagación de ondas electromagnéticas en un medio no conductor se rige por la conocida ecuación de ondas:

$$\nabla^2 \phi - \varepsilon \mu \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = 0 \tag{1}$$

campo eléctrico E o del campo magnético H. Para que la solución sea una onda propagante se requiere que el producto εμ sea positivo. De no ser así, la solución a (1) es un campo atenuado exponencialmente, a medida que penetra en el medio. Es el caso de los plasmas o las ferritas magnetizadas, que tienen uno de los dos parámetros negativos (medios simplemente negativos, SNG). Los medios usuales, que tienen los dos parámetros positivos (medios diestros o Right-Handed, RH), son los que encontramos en la naturaleza y en ellos se produce la propagación de ondas que conocemos habitualmente. Nada impide, teóricamente, una combinación ϵ y μ negativos: su producto sigue siendo positivo y, por tanto, el medio sigue siendo transparente. Podemos ver todo ello resumido en un diagrama μ-ε (Figura 4).

Aparentemente, la solución para medios RH y LH sería la misma pero no olvidemos que (1) se deduce de las ecuaciones de Maxwell, especialmente las ecuaciones rotacionales que, en ausencia de fuentes, podemos escribir como:

$$\nabla \times \vec{E} = -\mu \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \vec{H} = \varepsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$
(2)

y que en régimen armónico estacionario son:

$$\nabla \times \vec{E} = -j\omega\mu \vec{H}$$

$$\nabla \times \vec{H} = i\omega\varepsilon \vec{E}$$
(3)

como consecuencia, para la constante de propagación $k=\omega\sqrt{\varepsilon\mu}$ ha de escogerse el signo negativo de la raíz cuadrada, lo que significa que el vector de onda es antiparalelo al vector de Poynting $\vec{S}=\vec{E}\times\vec{H}$ que indica el avance de la energía (Figura 5). Por otra parte, la impedancia de onda $\eta=E/H=\sqrt{\mu/\varepsilon}$ es positiva, como en el medio RH. El índice de refracción $n=\sqrt{\varepsilon\mu}/\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}$ es, igualmente, negativo.

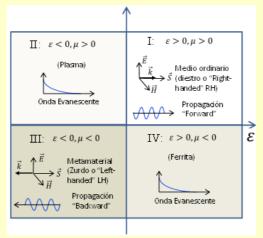


Figura 4. Diagrama μ-ε con distintas propiedades de propagación

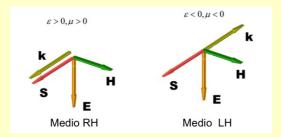


Figura 5. Vectores de campo, de onda y de Poynting en medios RH y LH.

Algunas consecuencias

De lo anteriormente visto surgen fenómenos no habituales:

1. La fase de la onda viaja "hacia atrás" (onda backward), al contrario que la energía. En la Figura 6 vemos dos instantáneas de una onda armónica que viaja desde el aire a un metamaterial. Se observa como la fase de la onda en el metamaterial se propaga hacia la izquierda a medida que transcurre el tiempo, al contrario de lo que sucede en el aire.

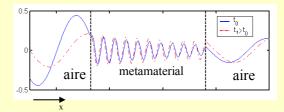
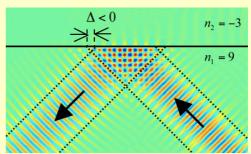


Figura 6. Propagación "backward": el flujo de potencia en la lámina de metamaterial es hacia adelante, mientras que el frente de onda viaja hacia atrás.

2. El efecto Doppler (desplazamiento al rojo de una fuente que se aleja del observador), la radiación de Cerenkov (onda de choque que emite una partícula cargada viajando con una velocidad superior a la de la luz en un medio material) y el desplazamiento Goos-Hänchen (desplazamiento producido en la reflexión total para ondas polarizadas linealmente) se producen al revés que en los medios ordinarios. En la Figura 7 vemos el desplazamiento producido para un haz gaussiano que incide en una interfaz, bajo condiciones de reflexión total, tanto para medios ordinarios como para medios con índice de refracción negativos.



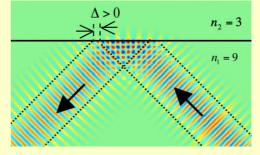


Figura 7. Efecto Goos-Hänchen en la reflexión total entre dos medios RH (abajo) y una interfaz RH/LH (arriba)

3. La ley de Snell de la refracción sigue siendo válida, pues no es más que una consecuencia de las condiciones de contorno sobre los campos eléctrico y magnético.

$$n_1 \sin \theta_{inc} = n_2 \sin \theta_{ref}$$
 (4)

Si uno de los dos índices de refracción es negativo, el ángulo de refracción también lo es, lo que significa que el rayo transmitido está al otro lado de la normal, por comparación a la refracción en medios ordinarios. En la Figura 8 observamos la transmisión de un haz gaussiano a través de una lámina de metamaterial. Las dos refracciones (entrada y salida) se producen con ángulo negativo. Como consecuencia, una lente "divergente" hecha con un material LH haría converger la luz y una lente "convergente" separaría los rayos.

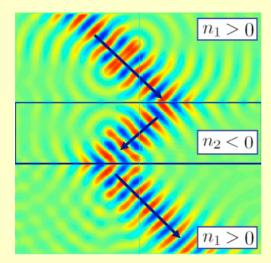


Figura 8. Refracción negativa en una lámina de metamaterial. En este caso se han tomado los índices de refracción iguales en valor absoluto. El ángulo de refracción es igual al de incidencia pero hacia el otro lado de la normal.

4. Sería posible construir una lente plana (lente de Pendry o lente perfecta [5]) que, teóricamente, supera el límite de resolución debido a la difracción (Figura 9).

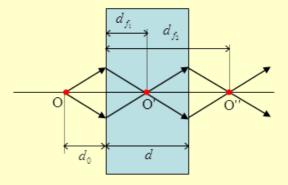


Figura 9. Lente plana: una lámina de metamaterial (en este caso con n = -1) enfoca los rayos de una fuente en dos puntos, uno interno y otro externo.

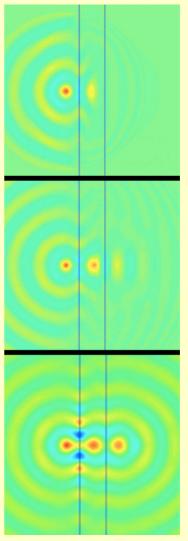
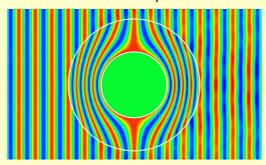


Figura 10. Lente plana (Pendry): Simulación del enfoque de una fuente puntual. Se recogen tres instantes sucesivos.

5. Otra sugestiva posibilidad es la construcción de "capas de invisibilidad" que desvían la luz en torno a un objeto

permitiendo ver lo que hay detrás de él [6]. De esta forma, un observador detrás de la capa de invisibilidad recibiría los rayos (o el frente de onda) tal como lo generó la fuente. Es decir, estaría viendo lo que hay del otro lado de la capa, apareciendo esta como "transparente". En la figura 11 vemos, por un lado la marcha del frente de ondas a través de la capa y, por otro, una realización práctica, a frecuencias de microondas, con una estructura LH a base de resonadores de anillo partido.



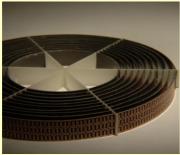


Figura 11. Capa de invisibilidad: Arriba, marcha del frente de ondas. Abajo, dispositivo propuesto en la Universidad de Duke.

No todo son buenas noticias: los metamateriales son intrínsecamente dispersivos, como requiere el principio de conservación de la energía. Eso significa que tienen asociadas pérdidas (en términos de las "metapartículas", significa que tenemos pérdidas óhmicas en los conductores metálicos que forman los SRRs y los postes) lo que modifica más o significativamente menos características ideales y su aplicabilidad. Por otro lado, las propiedades del medio artificial son fuertemente dependientes de la frecuencia y, por lo tanto, su comportamiento como medio LH está limitado a una banda de frecuencias más o menos estrecha. Resumiendo: nuestra capa de invisibilidad absorbería parte de la luz, produciendo una cierta cantidad de sombra y el objeto no sería invisible a todas las frecuencias (por ejemplo, pudiera ser invisible al radar pero no al infrarrojo)

Señalemos que todas las imágenes de los fenómenos que presentamos proceden de

simulaciones numéricas desarrolladas por nuestro grupo. Están basadas en una técnica numérica conocida como de "Diferencias Finitas en el Dominio del Tiempo" (FDTD por sus siglas en inglés) que hemos extendido para permitir el tratamiento de la propagación de ondas electomagnéticas en este tipo de medios (ver, por ejemplo, [7]). Las simulaciones, originalmente dinámicas, permiten visualizar en tiempo real la propagación.

Retos y perspectivas

Son muchos los desafíos y oportunidades de aplicación que ofrecen los metamateriales. Por mencionar algunos de ellos, citemos:

- Sintonizabilidad: como se ha dicho, las propiedades de índice de refracción negativo están limitadas a una pequeña banda de frecuencias. Sería deseable poder controlar esas frecuencias para poder realizar metamateriales "ágiles". Se han propuesto diseños que permiten variar la frecuencia de trabajo mediante modificaciones de la geometría de la estructura (por ejemplo, desplazando unas capas del material respecto a otras). Otras alternativas incluyen la posibilidad control electrónico incluyendo varactores (cuya capacidad se puede variar mediante la aplicación de una diferencia de potencial) o elementos ferroeléctricos o ferrimagnéticos (cuya permeabilidad puede controlarse con un campo magnético)
- 2. Inclusión de componentes no lineales a fin de producir dispositivos tales como generadores de armónicos, moduladores, etc.
- 3. Reducción de pérdidas: bien utilizando otro tipo de materiales para fabricar las "metapartículas", bien con un diseño más eficiente de la geometría de los componentes metálicos, a fin de minimizar las pérdidas óhmicas en los conductores.
- 4. Inclusión de dispositivos activos (transistores, etc.) que permitirían la construcción de circuitos integrados de alta frecuencia
- 5. Aumento de la frecuencia de operación de los metamateriales: Las primeras realizaciones trabajaban en frecuencias del orden de los gigahercios. Para ello, las inclusiones metálicas debían tener tamaños del orden de la longitud de onda, lo que no planteaba excesivos problemas a la hora de su fabricación.

Subir en frecuencia supone reducir ese tamaño, lo que obliga a utilizar técnicas de fabricación nanométricas. En la actualidad ya se dispone de metamateriales que funcionan en el rango de los terahercios y la tendencia es hacia alcanzar frecuencias ópticas para poder combinarlos con dispositivos fotónicos.

6. Finalmente, ser capaces de diseñar y fabricar metamateriales completamente tridimensionales que, a la vez, sean homogéneos e isótropos. En la actualidad, los materiales 3D se realizan por acumulación de estructuras planares, basadas en SRRs. Estas estructuras son fuertemente anisótropas, es decir su respuesta depende de la dirección en la que sean atacados por los campos electromagnéticos.

Referencias

[1] V. G. Veselago, "The electrodynamics of substances with simultaneously negative values of ε and μ ," Soviet

- Physics Uspekhi., vol. 10, no. 4, pp. 509–514, 1968.
- [2] D. R. Smith et al., "Composite medium with simultaneously negative permeability and permittivity," *Phys. Rev. Lett.*, vol. 84, no. 18, pp. 4184–4187, May 2000.
- [3] J. B. Pendry et al., "Low frequency plasmons in thin wire structures," *J. Phys.: Condens. Matter*, vol. 10, pp. 4785–4809, 1998.
- [4] J. B. Pendry et al., "Magnetism from conductors and enhanced nonlinear phenomena," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 47, no. 11, pp. 2075–2081, Nov. 1999
- [5] J. B. Pendry, "Negative refraction makes a perfect lens," *Phys. Rev. Lett.*, vol. 85, no. 18, pp. 3966–3969, Oct. 2000.
- [6] D. Schuring et al., "Metamaterial electromagnetic cloak at microwave frequencies," *Science*, vol. 314, no. 5801, pp. 977-980. Nov. 2006.
- [7] A. Grande et al., "Educational computer simulations for visualizing and understanding the interaction of electromagnetic waves with metamaterials", IEEE EDUCON Educational Engineering, Apr. 2009.

La exploración del Sistema Solar

Abel Calle

Departamento de Física Aplicada. Universidad de Valladolid

La historia de la observación espacial es tan corta que cabe holgadamente en la vida de una persona. Lo que comenzó en los años 50 en plena guerra fría como el reto humano de exhibición del poder de conquista del espacio, rápidamente se reveló como un medio eficaz de observar nuestro propio planeta de forma global, el sistema solar y mucho más allá. En el presente artículo expondremos las misiones de observación del sistema solar más relevantes, atendiendo a la contribución europea, a través de la Agencia Europea del Espacio (ESA), sean exclusivas o compartidas con la agencia norteamericana NASA y la japonesa JAXA

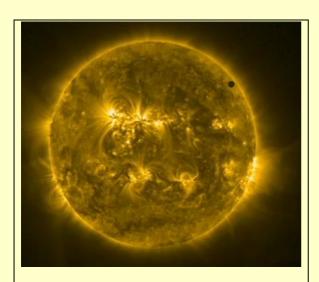
En los años 80, la versión española de Scientific American publicaba una edición especial de artículos dedicados a la exploración espacial que aparecía bajo el título: "El nuevo sistema solar". Se trataba de una extensa recopilación de la información misiones por las primeras recabada espaciales, las Mariner, Pioneer, Viking y las ya míticas Voyager; una auténtica revolución del conocimiento adquirido gracias a las sondas espaciales. La palabra "nuevo" en el título podría llevar a confusión cuando lo que querían mostrar eran las nuevas formas de observación astronómica. Nos permitimos aquí, y con la visión global de unos años transcurridos, titular aquel contenido como "del telescopio a las sondas espaciales". En el presente artículo queremos mostrar el "estado del arte" actual en observación del sistema solar, en lo que se refiere a la contribución europea.

La observación del Sol reviste gran importancia tanto desde el punto de vista científico, para clarificar algunas dudas que todavía existen acerca de nuestra estrella, como para el pronóstico de tormentas solares cuyas consecuencias sobre la tecnología de las telecomunicaciones puede ser nefasta. El SOHO (SOlar Heliospheric Observatory), lanzado en Diciembre de 1995 es un proyecto de cooperación internacional entre ESA y

NASA y ha resultado una de las misiones más rentables en lo que respecta a su vida operacional; téngase en cuenta que la vida útil programada para las misiones espaciales suele ser del orden de 5 años y el SOHO se encuentra actualmente en operación extendida hasta 2014. Inicialmente el objetivo de la misión es realizar observaciones espaciales del sol, desde su núcleo interno hasta la atmósfera externa de la corona solar, así como analizar el alcance del viento solar. De hecho se encuentra ocupando una órbita halo (tipo de órbita estable en los puntos de Lagrange inestables) alrededor del primer punto de Lagrange del sistema Tierra-Sol, situado a una distancia de 1.5 millones de km de la tierra en dirección al sol, posición adecuada para desempeñar el papel de watch-dog de alarmas de tormentas solares, como le denomina la ESA. La principal curiosidad es que SOHO se ha convertido en el más prolífico descubridor de cometas en la historia de la astronomía, aunque no fuera diseñado para tal propósito.

También se encuentra operativa la misión europea PROBA-2 que es el segundo proyecto de la ESA para control a bordo de la autonomía de satélites. Esta misión lleva cuatro instrumentos científicos: dos detectores de partículas para analizar el entorno del plasma solar y dos instrumentos complementarios para analizar la actividad solar.

Revista de Ciencias, 1, 21-28. Marzo 2013



Tránsito de Venus, observado el 6 de Junio de 2012 por la sonda Proba-2. Créditos ESA

Por otra parte, y aunque la misión esté ya completada merece mención la misión europea Ulysses (1990) que ha realizado las primeras y únicas observaciones del entorno del Sol, desde el ecuador hasta los polos, y sobre un amplio rango de condiciones de actividad solar, dando lugar a algunos descubrimientos clave: medidas detalladas del viento solar en regiones polares (la principal innovación de la misión), en mínimo y máximo de actividad, el descubrimiento de que el flujo magnético del Sol es el mismo a todas las latitudes, polvo interestelar y las primeras detecciones directas de átomos de Helio interestelar en el sistema solar. Ulysses tuvo epopeya una verdadera por múltiples problemas técnicos pero lo realmente novedoso fue la puesta en órbita polar solar: fue realizado lanzando el satélite hacia Júpiter y realizando un fly-by sobre los polos de Júpiter para cambiar la dirección de la órbita de Ulysses y darle el impulso gravitatorio hacia los polos del Sol (y entrar en una órbita polar solar estable!). Imposible hacerlo con un lanzamiento directo desde la Tierra debido a su rotación.

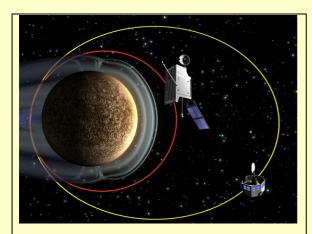
El futuro europeo en observación solar será la misión Solar Orbiter, que ya se encuentra en fase de implementación; se espera su lanzamiento a partir de 2015 y que se situará en órbita elíptica inclinada alrededor del Sol. Esta misión dedicada al estudio de la heliofísica fue seleccionada como la primera misión del programa de la ESA "Cosmic Vision" 2015-2025 cuyos objetivos científicos son responder a las cuestiones de la evolución planetaria y la emergencia de la vida en nuestro sistema solar, además del

funcionamiento de las leyes físicas en el resto del universo. Aunque sobrepasa la temática del presente artículo, y con la intención de exponer el perfil del programa Cosmic Vision, cabe destacar que recientemente (en 2013) la ESA ha establecido el acuerdo oficial para la implementación del telescopio Euclid, misión que se encargará de analizar la naturaleza de la energía y materia oscura, responsables de la expansión acelerada del universo (premio Nobel de Física 2011 compartido, para Saul Perlmutter, Adam Riess y Brian Schmidt).



Perlmutter, Riess y Schmidt. Nobel de Física 2011

Si Mercurio ya presentaba problemas para explicar su propia órbita (la precesión de su perihelio), se ha mostrado imposible a la hora de "dejarse" orbitar. En efecto, intentar llegar a Mercurio con una sonda y conseguir entrar en órbita estable es tan difícil como correr por una pendiente abajo que termina en un gran precipicio y pretender no caer al vacío; la cercanía de Mercurio al Sol hace muy difícil la frenada. Fue Giuseppe Colombo (1920-1984) profesor de la Facultad de Ingeniería de Padua, invitado en 1970 por el JPL (Jet Propulsion Laboratory de la NASA) para participar en la mítica misión Mariner-10 (lanzada en 1973) a Venus y Mercurio, quién sugirió que tras el primer paso de la nave cerca de Mercurio, podría lograrse un segundo encuentro con el planeta; esto fue confirmado por un estudio analítico pormenorizado realizado en el JPL tras su sugerencia, concluyendo que la adecuada elección del punto de fly-by podría conseguir una asistencia gravitatoria suficiente para que la nave volviera a Mercurio 6 meses después. En el congreso de Nápoles, en Septiembre de 1999, el Comité de programas de ciencia de la ESA reconoció los logros del profesor de la Universidad de Padua, Giuseppe (Bepi) Colombo, adoptando este nombre para el Mercurio, proyecto que entonces encontraba bajo consideración; de esta forma, la próxima misión de la ESA dedicada al estudio del planeta se denomina BepiColombo. Esta misión la desarrolla la ESA en colaboración con la agencia japonesa JAXA y es el futuro de la observación de Mercurio.



Composición artística de las dos naves que formarán la misión BepiColombo: la MPO (Mercury Planetary Orbiter) que orbitará entre los 400 y los 1500 km sobre su superficie; y la MMO (Mercury Magnetospheric Orbiter) que orbitará entre los 400 y los 12000 km.

La misión consiste de dos orbitadores independientes y localizados en órbitas diferentes. La ESA se encarga de ensamblar uno de ellos, el MPO (Mercury Planetary Orbiter), que tendrá el objetivo de estudiar la superficie y la composición interna del planeta. El segundo orbitador de la misión, el MMO (Mercury Magnetospheric Orbiter). responsabilidad de la JAXA y cuyo objetivo será el estudio de espacio que rodea al planeta y que se encuentra dominado por su campo magnético. En la actualidad se espera su lanzamiento a mediados de 2015, según las previsiones más recientes hechas públicas por la Agencia Europea.

El interés del estudio de Mercurio no sólo reside en el conocimiento del planeta, en sí mismo, sino en la composición de la nebulosa solar y la formación de todo el sistema solar planetario; dicho de otro modo: conocimiento de Mercurio ayudaría a conocer con precisión el origen de nuestro propio planeta. Para conocer la dificultad de orbitar Mercurio bastará la breve descripción del periplo que llevará BepiColombo: será lanzada a una órbita de transferencia geoestacionaria y luego impulsada mediante propulsión química para realizar un fly-by con la luna, frenar con la ayuda de la gravedad del sol y usar la gravedad de la Tierra, Venus y Mercurio, además de su sistema de propulsión eléctrica, para completar su viaje; finalmente será

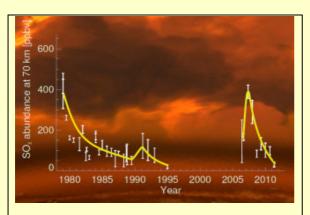
insertada en una órbita polar a Mercurio mediante el uso combinado de su gravedad y motores de cohete convencionales.

En la actualidad, y desde la ya lejana Mariner-10 sólo tenemos observando Mercurio a la MESSENGER (Mercury Surface, misión Geochemistry Space Environment, Ranging) de la NASA, la primera y única misión que ha conseguido orbitar Mercurio de forma estable: para ello necesitó 6 años desde el lanzamiento, en 2004, hasta conseguir estabilizar la órbita alrededor del planeta. En cualquier caso, recientemente ya ha mostrado descubrimientos importantes como existencia de hielo en los polos de Mercurio; ello es posible gracias a tratarse de un planeta sin estaciones y, por lo tanto, sin inclinación de su eje de rotación que permite la existencia de sombras perpetuas en el interior de los cráteres polares, depósitos adecuados para contener hielo.

Si Mercurio plantea las dificultades de observación debido a cuestiones orbitales. los problemas de Venus se deben a su densa cubierta de nubes. Aunque hablamos de misiones europeas, no podemos olvidar el avance tecnológico de Rusia que intentó solventar el problema mediante una sonda meteorológica posada en la superficie de Venus e inició el programa Venera en 1965. Lo consiguió por primera vez la Venera-7 en Diciembre de 1970, 4 meses después de su lanzamiento desde Baikonur, y transmitió datos. La Venera 9 lanzada el 8 de junio de 1975, fue el primer objeto humano en fotografiar la superficie de otro planeta e incluso posteriores Venera emitieron imágenes en color de la superficie: un infierno a 450°C de temperatura y 92 atm de presión; jenhorabuena a los rusos que consiguieron, en 1975 que un aparato tomara imágenes bajo esas condiciones físicas!. Como bien saben quienes se dedican a observación de la tierra. la única forma de observar a través de cubierta de nubes es mediante Radar y fue así como se obtuvieron los primeros mapas topográficos de Venus, sobre todo los elaborados por la misión americana Pioneer-Venus-1, aunque con grandes dificultades ya que las órbitas eran muy excéntricas, con gran diferencia entre el pericentro y el apocentro, y los pulsos radar sólo son efectivos a distancias cortas por la atenuación de la señal con el inverso del cuadrado de la distancia.

En la actualidad la misión que se encuentra en operación es la europea Venus-Express, lanzada en 2005 y con misión extendida a

2014. Venus-Express es un satélite optimizado para el estudio de la atmósfera de Venus, desde la superficie hasta la ionosfera, dado que es en la atmósfera donde residen actualmente las principales incógnitas del planeta: dinámica y estructura atmosférica, composición balance principalmente. En general las principales preocupaciones científicas es responder a por qué el clima de Venus es como es y se ha mantenido así. Otro de los tópicos importantes es la geología y la presunción de existencia de vulcanismo activo en la superficie. A este respecto, el pasado mes de Diciembre los datos de uno de los sensores de Venus-Express (el espectrómetro SPICAV-UV) ha aportado picos pronunciados y no continuos de contenido de SO₂ en las capas altas atmosféricas lo que sería indicativo de erupciones volcánicas explosivas; importante descubrimiento cuando el vulcanismo activo sólo se había constatado, hasta ahora, en el satélite galileano de Júpiter, lo.



Gráfica de concentración de SO₂ en la atmósfera de Venus, a la altura de 70 km, medido por Venus Express, lo que podría ser indicativo de vulcanismo activo. Copyright: E. Marcq et al. (Venus Express); L. Esposito et al. (datos más recientes); ESA/AOES Medialab.

Nuestro satélite natural, la Luna, no ha dejado de suscitar nuestro interés desde que fuera pisada por primera vez en 1969, y después, durante 6 misiones Apollo. Por parte de la ESA la misión SMART-1 ha liderado las investigaciones lunares. Fue lanzada en Septiembre de 2003 en una órbita de transferencia Tierra-Luna y posteriormente entró en órbita elíptica polar, alrededor de la Luna para las operaciones científicas. Llevó a cabo importantes objetivos como geoquímica de la superficie y la búsqueda de hielo en los cráteres del polo sur lunar; además de obtener datos para esclarecer el origen de la Luna; además, fue usada como test y prototipo de propulsión eléctrica en naves espaciales en velocidad de crucero. En Septiembre de 2006 se terminó la misión mediante una maniobra planificada, impactando sobre la superficie. Esta misión estuvo coordinada con otras misiones lunares de las agencias NASA y JAXA, como por ejemplo, tomando imágenes del impacto de la misión japonesa Kayuga (Selene).



Imagen de Phobos (cara que mira a Marte) tomada por Mars Express (High Resolution Stereo Camera, HRSC), en un acercamiento a menos de 200 km, con una resolución de 7 m por píxel. Por su interés, Rusia lanzó la misión Phobos-Grunt el 8 de Noviembre de 2011 tras 15 años de inactividad planetaria, pero el lanzamiento fue fallido quedando la nave en órbita baja alrededor de la Tierra. Créditos ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum)

Marte es el planeta más observado y el que mantiene más expectativas de ser visitado por una misión tripulada en un futuro, todavía, incierto. Desde que las misiones americanas Viking I y II se posaran sobre Marte en 1975 para realizar el primer estudio biológico del planeta muchos han sido los rovers que se han posado en su superficie. Además, una vez que la NASA perdió interés en revisitar la Luna, se ha centrado en estudiar y planificar la próxima misión tripulada a Marte; no será posible en corto plazo pero la información de que se dispone es ingente, precisa y detallada. La Agencia Europea gestiona la misión Mars Express, cuyo nombre proviene del rápido desarrollo de la misión y supuso la primera visita de la ESA a otro planeta; heredó su tecnología de la fallida misión Mars-96 y Rosetta (ver su descripción más adelante) y su objetivo es responder a las preguntas fundamentales acerca de la geología, atmósfera, superficie, historia del agua y potencial para la vida en Marte. Mars Express se encuentra actualmente en operación y, además de cumplir con sus deberes de

teledetección de la superficie de Marte, con, hasta 2 metros de resolución y la atmósfera e interacciones del viento solar, ha servido de misión de apoyo de algunos amartizajes de rovers americanos. Sin embargo la nota discordante se produjo porque la misión transportaba una sonda, la Beagle 2 que debía posarse en la superficie del planeta para analizar el contenido en rocas de diferentes tipos de compuestos del carbono, en la

búsqueda de rastros de vida. Beagle 2 se separó del orbitador con éxito pero no se tuvo señal de comunicación, dándola por perdida tras unos meses de infructuosos intentos de contacto.

No nos ocuparemos en este artículo de los rovers y sondas *lander* en las que contribuye la ESA, por motivos de espacio, dejando este tema para otro artículo.



Esta imagen es una visión en perspectiva generada a partir de los datos obtenidos por la cámara HRSC de Mars Express; la imagen tiene una resolución de 16 m por píxel. La imagen muestra un pequeño canal afluente que se une a un canal principal; los rasgos lineales del fondo del lecho son evidencia de hielo y escombros sueltos raspando el suelo, análogamente a como se produce en los glaciares de la Tierra. Créditos ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum)

Con la intención de mostrar una visión dinámica y evolutiva de los cuerpos del sistema solar, acostumbra a decirse que nuestro planeta Tierra fue, hace millones de años, lo que es hoy Titán, el más grande satélite de Saturno, y que será dentro de unos millones de años lo que es hoy Marte. Lo cierto es que es una forma demasiado simplificada de mostrar la realidad pero muestra la importancia de la observación de estos dos cuerpos celestes. Titán es muy especial en muchos aspectos y así nos lo transmitía Carl Sagan en su obra Cosmos cuando se refería a él como "un infierno en el que llueve gasolina" porque su principal característica es la existencia de grandes lagos de metano consecuencia de la precipitación de su atmósfera rica hidrocarburos. La misión Cassini-Huygens es

una colaboración de la NASA/ESA/ASI para explorar el sistema de cuerpos celestes bajo dominio de Saturno. La contribución de la ESA consiste en la sonda Huygens, que entró en la atmósfera de Titán y descendió hasta su superficie mediante un paracaídas. Cassini, que es el orbitador de la misión, ha completado ya los primeros 4 años de la misión inicial, desde 2008, y parte de la misión extendida, desde 2010, que se denomina "Cassini Equinox Mission", desde septiembre de 2010. La segunda misión extendida continuará hasta Septiembre de 2017, denominada "Cassini Solstice Mission", lo que permitirá el estudio del sistema de Saturno bajo condiciones de su solsticio. No debe extrañar que la observación de Saturno esté supeditada a la geometría de iluminación solar. dado que los principales

descubrimientos que están teniendo lugar son las características de la evolución de las enormes y longevas tormentas en su atmósfera.

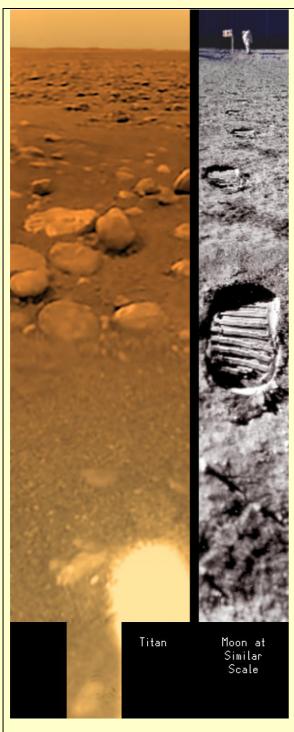


Imagen comparativa, a la misma escala, de la superficie lunar y la superficie de Titán, tomada por la sonda europea Huygens en su descenso, liberada desde el orbitador Cassini.

La sonda Cassini ha realizado importantes observaciones relacionadas con las tormentas de Saturno, siendo las más espectaculares las observaciones dinámicas de relámpagos. Existen en Saturno tres tipos de nubes que producen los relámpagos: la capa superior, formada por hielo de amoniaco, la capa intermedia formada por sulfuro de hidrógeno y amoníaco y la capa inferior formada por agua. La luz de los relámpagos se difunde hacia arriba a través de este sistema de capas nubosas por un espesor del orden de 100 kilómetros. ΕI lector puede encontrar imágenes, este respecto, а http://saturn.jpl.nasa.gov/news/newsreleases/n ewsrelease20120718/.

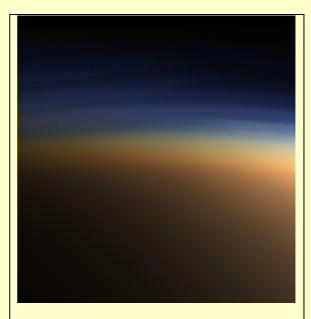


Imagen que muestra la alta atmósfera de Titán: una placa activa donde las moléculas de metano se disocian por la acción de la radiación ultravioleta solar. Imagen tomada por Cassini desde 9500 km de distancia. NASA/JPL/Space Science Institute.

Puede parecer que nos hemos olvidado del más grande de los planetas del sistema solar: Júpiter. El sistema joviano fue estudiado por las Voyager, con resultados sorprendentes como el descubrimiento de vulcanismo activo en la luna lo, producido por las tremendas fuerzas de marea debido a la cercanía al gigante Júpiter. En la actualidad existe un gran interés en encontrar hielo en las lunas de Júpiter. Precisamente, en el momento de escribir este artículo (última semana de Febrero 2013) se anunció la selección de los 11 instrumentos científicos de la misión JUICE de la ESA, con los que estudiará el gigante gaseoso y los océanos ocultos en sus enormes lunas. JUICE (JUpiter ICE), acrónimo inglés de 'Explorador de las Lunas de Hielo de Júpiter', es la primera misión de clase L (del inglés Large, las de mayor tamaño) del programa Cosmic Vision 2015-2025 de la ESA. Despegará en el año 2022 para llegar a Júpiter en 2030, donde pasará al menos tres años estudiando el planeta más grande del Sistema Solar y tres de sus mayores lunas: Ganímedes, Calisto y Europa. La comunidad científica piensa que estas lunas ocultan grandes océanos de agua bajo el hielo que recubre su superficie. La misión JUICE cartografiará sus superficies, analizará su interior y evaluará su potencial para albergar vida. A lo largo de su misión, observará la atmósfera y la magnetosfera de Júpiter, y la interacción de los cuatro satélites galileanos – las tres lunas de hielo e lo - con el gigante gaseoso. La docena una sonda realizará aproximaciones a Calisto, el objeto con más cráteres del Sistema Solar, y sobrevolará Europa dos veces para realizar el primer estudio del espesor de su corteza de hielo. Ganímedes es la mayor luna del Sistema Solar, y la única que presenta un campo magnético propio.

La importancia de los cometas no ha escapado a los objetivos de las misiones espaciales. El principal interés de su estudio está relacionado con la teoría de la panspermia, según la cual la vida en la tierra tendría un origen extraterrestre -los cometas serían el transporte adecuado- y también porque esconden, en su composición, claves para entender el origen y evolución del sistema solar. La misión Giotto (1985) fue la primera misión europea de espacio profundo y diseñada para dar respuesta a las incógnitas que rodean el cometa Halley; para ello tendría que acercarse lo más posible a su núcleo para tomar imágenes en el perihelio del cometa, que es cuando tiene más actividad expulsando gas y polvo, lo cual consiguió en Marzo de 1986 durante el último acercamiento del cometa, que se produce cada 75 años; reveló la primera evidencia del descubrimiento de materia orgánica en un cometa. Se trataba de puesto que se una misión "kamikaze" esperaba la inoperatividad de sus baterías deterioradas por el polvo del cometa en el encuentro; sin embargo, aunque Giotto fue todos instrumentos dañada, sus permanecieron operacionales tras el fly-by. Por ello, se decidió extender la misión para realizar un encuentro con otro cometa: Grigg-Skjellerup, un cometa cuya órbita ha sido alterada por la gravedad de Júpiter y mucho más pequeño y menos activo que el Halley; durante el pico de actividad en las cercanías del Sol, libera menos del 1% del gas y polvo expulsados por el Halley lo que traducido a cifras es menos de 300 kg por segundo

comparados con las 30 toneladas por segundo del Halley.

La misión actualmente operativa en la observación de cometas es Rosetta. Esta misión reencarna el ejemplo de cómo aprovechar los fallos de programación: la misión fue establecida originalmente para tener un encuentro con el cometa Wirtanen; sin embargo el lanzamiento fue retrasado y se excedió el margen de la ventana de lanzamiento por lo que fue propuesto un el cometa Churyumovnuevo objetivo: Gerasimenko. Fue lanzada en 2004 y se espera que culmine su misión con el acercamiento al perihelio del cometa en 2015. A pesar de encontrarse en stand-by hay que decir que ha sido rentabilizada de antemano puesto que en su largo viaje de asistencias gravitatorias, con una compleja órbita de tres fly-by con la Tierra y uno con Marte, ha pasado cercana a dos asteroides Steins (en 2008) y Lutetia (en 2010) con la toma de imágenes y datos observacionales de gran interés.



Núcleo del cometa Halley visto por la sonda Giotto, en su acercamiento a una distancia de 600 km y revelando la existencia de material orgánico.

Capítulo aparte merecen las misiones de estudio del planeta Tierra. Además de las misiones de recursos naturales (cuyo estudio se enmarca en el área de Teledetección) existen varios programas dedicados al conocimiento de diferentes facetas. Así, la misión operativa GOCE (Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer), que forma parte del programa *Living Planet*, de la ESA, dedicada a la medida en alta resolución del potencial gravitatorio terrestre, a través de

un satélite de baja órbita -260 km- que también experimenta un motor de iones para compensar la fricción atmosférica; el programa Double star, un tándem de satélites colaboración de ESA y la Agencia China del espacio, para el estudio del efecto del viento solar sobre el entorno de la tierra. La misión Cluster para el estudio del campo magnético terrestre, que será actualizada con Swarm en los próximos años, una misión formada por tres satélites y que también pertenece al programa Living Planet.

Por lo tanto tenemos un presente y futuro prometedor, con gran cantidad de datos, para sumergirse en el conocimiento de nuestro entorno espacial.

Para saber más...

La página web de la ESA, dedicada a ciencias del espacio en el apartado "for scientists": http://sci.esa.int/

El lector encontrará acceso directo a cualquier de las misiones y los planetas del sistema solar pudiendo acceder a gran parte de las publicaciones recientes en las revistas especializadas.

ESA Bulletin: Publicación periódica de la ESA con descripción técnica de todas las misiones. El lector encontrará un nivel intermedio entre la divulgación y las revistas científicas especializadas. Pueden descargarse de forma gratuita:

http://www.esa.int/About_Us/ESA_Publications/ESA_Publications_Us/ESA_Publications_Publications_Us/ESA_Publ

	Sun	Solar System
Operations	PROBA-2 [2009] SOHO [1995]	Venus Express [2005] Rosetta [2004] Mars Express [2003] Double Star [2003] Cluster [2000] Cassini-Huygens [1997]
Implementation	Solar Orbiter [2017]	BepiColombo [2015]
Completed	Ulysses [1990]	SMART-1 [2003] Giotto [1985]
Future Missions	Cosmic Vision 2015 - 2	025:

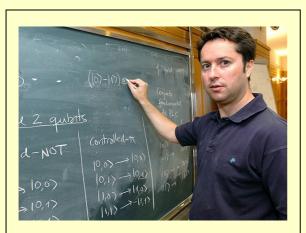
Cómo conseguir un premio Nobel en Física

Santiago Mar

Departamento de Física Teórica, Atómica y Óptica. Universidad de Valladolid

La concesión de los premios Nobel no ha estado exenta de polémica, en muchas ocasiones. Cierto es que los otorgados han sido merecidos, pero algunos investigadores se quedaron en el camino con méritos comparables, a veces por cuestiones de marketing y otras por la oportunidad cronológica de la publicación de sus resultados

En Enero de 2013 se publicaba en la prensa que el físico español Ignacio Cirac había ganado el Premio Wolf de Israel, uno de los más prestigiosos de la Física y considerado la antesala del Nobel. El joven científico dirige la División de Óptica Cuántica en el Instituto Max Planck de Garching (Alemania) y quizás sea el científico español que más cerca está de obtener un premio Nobel de Física.



El físico español **Juan Ignacio Cirac**, que dirige la División de Óptica Cuántica del Instituto Max Planck de Alemania, fue galardonado con el Premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica en 2006. Nacido en 1965, se convirtió en el ganador más joven en esta categoría.

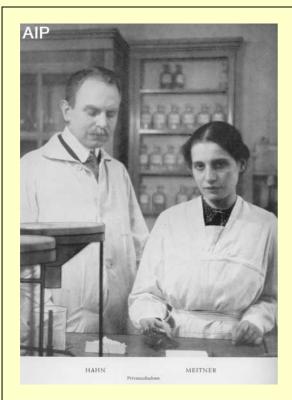
Para alcanzar esta excelencia científica es necesario, por un lado, una gran capacidad de trabajo e inteligencia, y por otro, haber

Revista de Ciencias, 1, 29-31. Marzo 2013

encontrado por primera vez algún hecho especialmente notable de la Física. Si alguien quiere matizar un poco más estas observaciones básicas puede recurrir a cualquiera de los estudios que se han publicado sobre las características de los premios Nobel de Física. Sin embargo yo invito al lector a sacar sus propias conclusiones visitando la Web oficial de los premios Nobel de Física:

http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/

En muchos casos no es fácil asignar un trabajo galardonado a un área científica concreta. Los compartimentos en los que hemos dividido la Física tienen sentido desde un punto de vista administrativo o académico, pero en el campo del conocimiento no siempre están claras las fronteras. En consecuencia con frecuencia es dudoso y subjetivo asignar un premio Nobel a un área concreta. Si a pesar de esta dificultad hacemos un intento de clasificar los aproximado trabajos galardonados nos encontramos con algunos resultados sorprendentes. Por ejemplo, los trabajos de tipo teórico solamente han sido galardonados entre el 10 y el 15% del total, siendo en consecuencia entre el 85 y el 90% trabajos de corte experimental. Quizás uno de los casos más emblemáticos es el de Albert Einstein cuya principal aportación a la Física fue la Teoría de la Relatividad por la que NO recibió el premio Nobel. Sin embargo en 1921 recibía el galardón por el descubrimiento de la ley del efecto fotoeléctrico. Si algún estudiante de física estuviera especialmente atraído por la obtención de un Nobel, mi consejo sería que fuera encaminando su futuro hacia la física experimental, esta simple decisión multiplica por más de cuatro sus posibilidades de ser galardonado.



Lise Meitner junto a Otto Hahn, en su laboratorio. Se menciona a menudo a Lise Meitner como uno de los ejemplos más flagrantes de logros científicos de una mujer ignorados por el comité Nobel. Desde 1997, y después de cierta controversia, se llamó en su honor Meitnerio al elemento químico 109 de la Tabla Periódica. Lise Meitner murió en Cambridge el 27 de octubre de 1968, a los 90 años, habiendo realizado su trabajo más importante sobre la radiación de neutrones y procesos nucleares a los 72 años. Fue una luchadora incansable y una gran promotora de los derechos de las mujeres y, lo mismo que Marie Curie, encontró grandes obstáculos en su carrera, pero si bien no consiguió el preciado galardón del Premio Nobel, es considerada como una de las mejores científicas del mundo

Limitándonos a los trabajos de corte experimental la distribución entre las diferentes áreas de la Física está muy equilibrada con una cierta ventaja para la Óptica. Ya sé que muchos lectores pensarán que estoy "barriendo para casa" dada mi condición de profesor de Óptica, pero no puedo hacer nada frente a la obstinación de los datos objetivos.

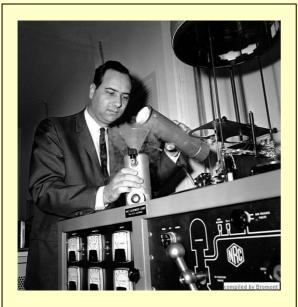
Es verdad que no siempre han sido las razones científicas las que han guiado a los académicos suecos para conceder estos premios. Por ejemplo, Lise Meitner fue una de los descubridores de la fisión nuclear en el año 1938 sin embargo la persecución racial, el miedo y el oportunismo se aliaron para silenciar sus aportaciones y conceder el premio en 1944 a Otto Hahn exclusivamente. El caso de Meitner se suele poner de ejemplo de discriminación de la mujer en los premios Nobel.

Pero éste no es el único caso, en 1957, los científicos chinos Tsung Dao Lee y Chen Ning Yang se hicieron acreedores al Premio Nobel de Física, la científica Chien-Shiung Wu no formó parte de este reconocimiento, a pesar de haber trabajado al mismo nivel que sus colegas varones. Otro caso similar es el de radiastrónoma Jocelyn Burnell. El hecho de ser alumna de Antony Hewish le impidió compartir con éste el Premio Nobel de Física en 1974.



En 1974 Anthony Hewish y Sir Martin Ryle recibieron en conjunto el premio Novel en Física, el primero dado a un trabajo astronómico por el descubrimiento hecho por Jocelyn Bell de los Pulsares. Y aunque no le compartieron el premio, si ha recibido otros muchos en reconocimiento a su labor.

También aparecen hechos muy llamativos como el caso de Theodore H. Maiman, el creador del primer láser. Se han concedido media docena de premios Nobel por trabajos sobre el láser, sorprendentemente su creador no ha sido galardonado. Aquí no aparecen razones sexistas ni políticas, quizás la explicación se encuentre en el carácter de Maiman. En general y salvo raras y honrosas excepciones, los galardonados en Física suelen tener un carácter difícil y complicado, incluso a veces agresivo, justo la antítesis del carácter de Teo, era lo que hoy en día llamamos "buena gente". Espero y deseo que el carácter amigable y entrañable de Ignacio Cirac no sea un impedimento para conseguir su premio Nobel en un futuro próximo.



El 16 de mayo de 1960, **Theodore H. Maiman**, un científico que trabajaba en los laboratorios de investigación que el excéntrico millonario Howard Hughes tenía en Malibú (California, USA) observó por primera vez la amplificación de luz por emisión estimulada de radiación, fenómeno cuyas siglas en inglés forman el acrónimo LASER. Maiman publicó el artículo que explicaba el descubrimiento, un columna de exquisita simplicidad, el 6 de agosto de 1960 en la revista Nature, artículo titulado "Stimulated Optical Radiation in Ruby" (radiación óptica estimulada en rubí)

En resumen: si quieres conseguir un premio Nobel de Física, además de los requisitos obvios de trabajo e inteligencia, es muy determinante dedicarse a la física experimental, ser varón y tener un humor de perros.

Para saber más...

La página web de los Nobel de Física: http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics /laureates/

Arturo Pérez Martín, Decano (olvidado) de Ciencias

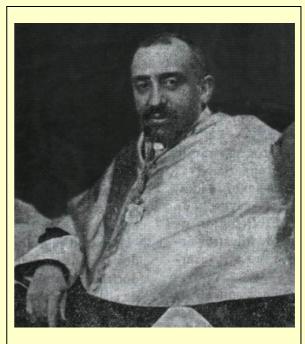
Alberto Lesarri

Departamento de Química Física y Química Inorgánica. Universidad de Valladolid

La Facultad de Ciencias de la UVa tiene una larga trayectoria que se remonta a 1858, a lo largo de la cual se ha enriquecido con las contribuciones de numerosas personas. Este artículo pretende poner de relieve la valía académica y personal de uno de nuestros Decanos más sobresalientes y, a la vez, más desconocidos: Arturo Pérez Martín (1872-1936), un hombre representativo de la Edad de Plata española.

El pasado verano nuestra Facultad empaquetó 42 años de historia para iniciar una nueva vida en el Campus Miguel Delibes. Como era previsible, el traslado sacó a la luz algunas pequeñas sorpresas (y considerable basura). Uno de los días de junio o julio de 2012 encontré un pequeño volumen de bachillerato de los años 30 titulado "Estudio Cíclico de Física y Química". Los autores eran un docente de instituto sevillano y un catedrático de Física General de la UVa llamado Arturo Pérez Martín. El libro había pertenecido al profesor Pérez Martín, pues lleva su firma en las primeras páginas. Huelga decir que en ese momento el nombre de los autores me era totalmente desconocido, pero una afición por los libros antiquos motivó mi curiosidad. Días después el ejemplar volvía a una estantería.

Un mes más tarde me disponía a iniciar unas vacaciones y, como paso inicial, visité una librería. Encontré una historia de la Universidad española en el franquismo, que parecía apropiado para una persona con escasos conocimientos previos. El libro condensa la Tesis de Jaume Claret, un profesor catalán que ha estudiado detalladamente la toma de control de la Universidad por el franquismo [1]. Mi sorpresa fue considerable al leer el capítulo dedicado a la UVa. Nuestra Facultad de Ciencias contaba con el desgraciado honor de tener un Decano que había sido asesinado al inicio del golpe de estado de 1936. El nombre de este profesor me sonaba raramente familiar. A la vuelta del verano una pequeña comprobación bastó para certificar que el autor del libro de bachillerato y el profesor asesinado eran la misma persona, el decano Arturo Pérez Martín.



"¡Pobre Arturo Pérez Martín!" Miguel de Unamuno, 1936

Revista de Ciencias, 1, 32-38. Marzo 2013

Arturo Pérez Martín fue catedrático de Física en Oviedo, Cádiz y Valladolid. Vicerrector de la UVa de 1924 a 1929 y decano de Ciencias desde 1933, su personalidad es una de las más atractivas entre los profesores de su tiempo. Sin embargo, su biografía y las circunstancias de su triste final han permanecido ocultas para la Universidad y la Facultad, donde hoy es un perfecto desconocido. Este artículo pretende por ello iluminar la contribución académica y personal de uno de nuestros decanos sobresalientes.

El profesor Pérez Martín nace en Salamanca en 1872. Inicia sus estudios en el Instituto local y cursa luego cuatro años (becados) de la licenciatura en Ciencias Físico-Químicas en Salamanca, que culmina con Extraordinario. Debe decirse que la sección de Físicas no se crea hasta 1900 y que a finales del XIX solo era posible obtener el doctorado en la Universidad Central (hoy Complutense). Se traslada a Madrid y presenta su tesis en 1900. Hombre culto y atento a la realidad que le rodea, completa estos estudios con la licenciatura en Derecho y desde muy joven colabora en distintos medios periodísticos, entre ellos "El Adelanto" (Salamanca), "El Liberal" (Madrid) y otros.

Desempeña luego diversos trabajos, enseña secundaria en Peñaranda de Bracamonte y prepara oposiciones. En 1903 consigue a los 31 años la cátedra de Física General de la Universidad de Oviedo (3500 pesetas anuales de sueldo). La Física y la ciencia española se encuentran en esos momentos en una situación de cambio de ciclo. El Ministerio de Instrucción Pública se crea en 1900. A principios de siglo se crea también en Madrid de los primeros laboratorios investigación de Física, en el que descollará más tarde Blas Cabrera. En 1905 se funda la Sociedad Española de Física y Química (luego RSEFQ), que publicará "Anales" y se divulgan las Ciencias a través de las Reales Academias. Algo más tarde, la creación de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE) en 1907 marcará el arranque de la formación científica moderna en España, al enviar nuestros universitarios a formarse al extranjero Sin embargo, en la práctica totalidad de las universidades la investigación prácticamente nula, o se limita a áreas relativamente convencionales, como Meteorología (Pérez Martín será responsable de los laboratorios meteorológicos de Oviedo y Valladolid). En las universidades existen cursos prácticos de Física, pero los "Gabinetes de Física" son laboratorios meramente docentes que ofrecen pequeñas experiencias demostrativas [2].

En este contexto existe constancia de viajes investigación de Pérez Martín laboratorios extranieros (Oficina de Pesas y Medidas de Sevres, I Congreso de Electricidad de París, Instituto de Física de Poitiers, etc.) pero solo he podido encontrar un trabajo científico original basado en su tesis doctoral (Generadores eléctricos empleados en la producción de rayos X [3]). Su interés por la Electricidad y el Magnetismo parece claro y su última visita es en 1935 a Max Knoll (Telefunken) en Berlín, donde estudia equipos de TV. Por otro lado, muestra desde joven una gran preocupación docente, que sin duda ocupa la mayor parte de su actividad profesional.

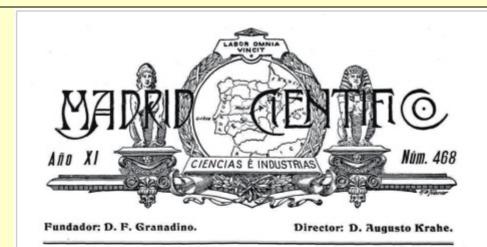
labor docente en Oviedo inmediatamente reconocida, y pronuncia el discurso inaugural de la universidad del curso política 1904-05, titulado Ensayo de pedagógica urgente [4]. Este ensayo muestra de características muchas las regeneracionistas de su tiempo: preocupación por la educación como motor del desarrollo de España y crítica a la falta de una política coherente y la escasez de medios. En palabras del autor: "... los políticos han renunciado a toda política pedagógica y marchan a paso de carreta al encuentro de la civilización europea". A nivel material ".. en España no se puede enseñar .. Universidades e Institutos muchas cátedras tienen más de 200 alumnos ... tenemos más fiestas religiosas que los canónigos". Sabemos que Pérez Martín está en contacto con la intelectualidad de su tiempo, y traslada su ensavo a la II Asamblea Universitaria de la Institución Libre de Enseñanza (ILE) en 1905. aunque no es hombre de la Institución y la criticará en varias ocasiones. Poco después gana un premio del periódico "El Imparcial" por un nuevo ensayo sobre El presupuesto de instrucción pública. El tribunal estaba formado por Ramón y Cajal, Unamuno, Azcárate, Navarro Ledesma y Muñoz del Castillo.

En 1907 se produce un cambio significativo en su vida, al ser elegido por el gobierno de Costa Rica para dirigir el *Liceo* de su capital, lo que equivalía en la práctica a la dirección de toda la política educativa de bachillerato de aquel país. En el periodo de cinco años que pasa en Costa Rica prepara un plan de estudios y un índice de materias para la

segunda enseñanza, que recibe grandes elogios. Regresa a España en 1912. "El Adelanto" le describe en una entrevista: "Anteanoche le vi en el café Novelty. Es el mismo de siempre, su barbilla negra y sedosa, su descuido por la exterioridad y su salmantinismo".

Obtiene la cátedra de Física General de Cádiz, entonces dependiente de la Universidad de Sevilla, en 1912. Dos hechos son significativos de estos años: Inicia la elaboración de su "Curso de Física", que alcanzará en 1927 los 4 volúmenes y varias ediciones, y es miembro electo de la *Real Academia Hispano*

Americana de Ciencias, Artes y Letras (RAHA), única de las Academias con sede en Cádiz. La estancia en Costa Rica transforma a Pérez Martín en un gran americanista. Propugna una mayor integración colaboración con los países iberoamericanos en la revista "La España Moderna" [5] y hay constancia de que se entrevista alrededor de 1915 con José Castillejo, secretario de la JAE, para proponerle la formación de una Universidad Iberoamericana. La complejidad de la misión y las dificultades que le hace notar Castillejo abortan la misión antes de iniciarse.



LOS LIBROS ESPAÑOLES DE FÍSICA

Hace mucho tiempo que había pensado en la utilidad de una crítica justa, serena, imparcial y firmada de los libros españoles de Física alabados ó censurados, frecuentemente, en sueltos anónimos. El Sr. Cabello, con digno atrevimiento, ha empezado á juzgarlos en notables artículos en que; por hacer gala de ingenio, quedan obscurecidas, aparte del valor, todas las demás cualidades que deben resplandecer en el crítico, tanto más, cuanto la profesión y el compañerismo las hacen más precisas.

Artículo de Pérez Martín en "*Madrid Científico*", revista de divulgación de ciencias e ingeniería (1904, 468, 491-494).

En 1917 tiene un curioso roce con su "admirado Unamuno", que previamente había declarado con arrebato característico que el profesorado universitario estaba plagado de incompetentes y desaprensivos. En su réplica en la revista "España", fundada por Ortega y Gasset, Pérez Martín defiende y enumera

algunos físicos de su tiempo: "cuando yo he viajado en vacaciones y he querido encontrar a mis compañeros, les he buscado y encontrado en sus laboratorios" [6]. Unamuno será gran amigo de Pérez Martín y lamentará su muerte.

CURSO

DE

FÍSICA GENERAL

DE LA

FACULTAD DE CIENCIAS

POR

ARTURO PÉREZ MARTÍN

Doctor en Ciencias, Licenciado en Derecho Catedrático de Física de la Facultad de Ciencias, por oposición Ex Director del Liceo de Costa Rica Catedrático de la Universidad de Valladolid

ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO

SEGUNDA EDICIÓN

VALLADOLID
Talleres Tipográficos «Cuesta»
Macías Picavea, 38 y 40
1932

En 1921 obtiene la cátedra de Física General de la UVa, sucediendo a Luis González Frades. Termina en estos años su obra "Física General" [7-10], que divide en cuatro volúmenes: 1) Preliminares y Mecánica, 2) Gravedad y calor, 3) Electricidad Magnetismo y 4) Acústica, Óptica Radiaciones. La obra es característica de las necesidades de un curso introductorio con un nivel matemático bajo, pero abarca una extensión reseñable incluso en nuestro días, con más de 500 páginas por volumen. En su bibliografía desarrollo cita de autores contemporáneos, como por ejemplo los estudios de magnetismo de Cabrera. Posteriormente publicará un texto de Física elemental destinado a médicos, que debían cursar Física en primer año [11]. Pérez Martín tuvo también una labor muy influyente en la creación de libros para enseñanza secundaria. Su libro de "Física para el bachillerato" tuvo cinco ediciones y recibió 2 premios públicos. Escribe asimismo un texto de "Física Elemental", otro de "Problemas Fáciles y Manipulaciones Breves de Física" y el "Estudio cíclico" mencionado al inicio [12]. No es de extrañar que la esquela de Pérez Martín, publicada en la prensa 50 años después de su muerte, pidiera un recuerdo "a cuantos estudiaron Física en sus libros".

Entre 1924 y 1929 ocupa el puesto de Vicerrector de la UVa en compañía del Rector Calixto Valverde (en ese tiempo existía un único vicerrector). Quisiera destacar de este periodo su atención a la extensión participando Universitaria, en múltiples actividades. Entre 1926 y 1928 es nombrado Presidente del Ateneo Literario de Valladolid, entidades que tuvieron un papel cultural dinamizador en aquellos años. En 1926 la dictadura de Primo decreta la formación de Patronatos revivir Colegios para los Universitarios [13]. La Universidad Valladolid crea así en julio de 1928 el Colegio Universitario de Santander, que da estabilidad a los cursos iniciados en 1921 y que la República convertirá luego en Universidad Internacional de Verano de Santander (hoy Univ. Int. Menéndez Pelayo - UIMP). Pérez Martín será el primer Director del Colegio de Santander, "habida cuenta de dotes de excepcionales competencia. actividad y amor a la enseñanza".

En 1933 Pérez Martín es nombrado Decano "a propuesta unánime de la Facultad de Ciencias", puesto que ocupará hasta el momento de su asesinato.

Por último, resulta inevitable referirse aquí al momento político de los años 20-30 y a las circunstancias que rodean la muerte de Pérez Martín, ya que este aspecto ha sido obviado sistemáticamente. Pérez Martín era una persona moderada relativamente У conservadora. Desde su estancia en Oviedo traba amistad con Melguiades Álvarez, fundador durante la monarquía Alfonsina del Partido Reformista. El partido tiene escasa implantación a nivel nacional, aunque destaca en algunas provincias como Asturias o Salamanca. En su periodo gaditano Pérez Martín es vicepresidente del Comité Provincial de Cádiz. En los años siguientes el Partido Reformista evoluciona hacia el republicanismo moderado. En julio de 1931 Pérez Martín es elegido presidente en Valladolid del nuevo Partido Republicano Liberal-Demócrata, como recoge "El Norte de Castilla". Dada la poca relevancia del grupo no ocupa ningún cargo público a excepción del año anterior a su muerte. En octubre de 1934 se produce la Revolución de Asturias y el consistorio vallisoletano, mayoritariamente socialista, es destituido por el Gobernador Civil el 11 de octubre [14]. A renglón seguido el Gobernador designa una nueva corporación entre 44 personalidades conservadoras (mayormente ligadas al Partido Radical y a la derechista Acción Popular), entre las que incluye a Pérez Martín. Esta presencia en el Ayuntamiento se prolongará hasta las elecciones de febrero de 1936, que dan el triunfo a la izquierda y reponen el consistorio anterior al 34. En paralelo a estos acontecimientos, la vida universitaria en los años 20-30 sufre diversos incidentes y algunos cierres. No creo que exista un incidente único al que atribuir la responsabilidad de los hechos posteriores, pero se han resaltado en ocasiones varios acontecimientos. En 1932 un grupo de profesores conservadores propone al claustro la denuncia del Estatuto de autonomía de Cataluña. La moción es desechada, pero la relación de asistentes servirá como lista negra para la posterior depuración del profesorado vallisoletano [1,14]. También en 1932 un grupo de extrema derecha en el que se incluye Girón de Velasco (futuro ministro) asalta el rectorado, agrediendo al Rector y causando destrozos. La Universidad, con participación del Prof. Pérez Martín, decreta su expulsión fulminante de la Universidad. La fusión de las JONS y Falange Española en 1934 generará nuevos incidentes. En suma, es probable que se asociara a Pérez Martín con el equipo de gobierno universitario de la época republicana.

En julio de 1936 se produce el golpe de estado, que va acompañado en Valladolid de una increíble violencia represiva [15,16]. El profesor Pérez Martín se recluye en su casa. Sufre no menos de seis registros, en los que es escondido por su familia. Finalmente es secuestrado a finales de septiembre por personas que dicen llevarlo "a declarar". Hay que resaltar que tras su secuestro varios profesores acuden al domicilio del Prof. Pérez Martín, en particular el ex rector Calixto Valverde, que será uno de los que muestren mayor cercanía con la familia. El nuevo Gobernador civil dice desconocer lo sucedido. Recibe dos tiros en la sien e ingresa en el depósito judicial el día 30 de septiembre. La causa de la muerte es anotada en el registro como "lesión cerebral". Tenía 64 años. La Universidad lamenta en junio de 1937 "el fallecimiento". En los años posteriores los expedientes de depuración del personal universitario definen al Prof. Pérez Martín como "masón y probablemente de Izquierda Republicana". Parece que ambos extremos no son correctos. El Prof. Palomares ha definido la primera acusación como "un mito". Una investigación llevada a cabo en el Archivo de Salamanca por el Prof. Berzal no ha arrojado tampoco indicios de que perteneciera a la masonería que, como es sabido, era una excusa fácil para acusaciones políticas. Finalmente, en 1941 el Prof. Pérez Martín fue denunciado por FE de las JONS por "responsabilidades políticas" por la fundación del Partido Liberal-Demócrata, pero el caso parece que fue archivado. La última hoja del expediente personal de Pérez Martín que obra en el Archivo General de la Administración de Alcalá es una súplica de su viuda para acceder a una ayuda económica, que recibió el visto bueno del nuevo Rector González de Echávarri.

La biografía del Prof. Pérez Martín es el reflejo de toda una época y parte de la historia viva de nuestra Facultad. Como máxima autoridad académica represaliada nunca ha recibido un homenaje de la UVa. Me gustaría concluir por ello solicitando a nuestro equipo decanal que dedique unos minutos a su memoria la próxima celebración de S. Alberto Magno y que su retrato cuelgue en la galería de Decanos de la Facultad, en pie de igualdad y justicia con el resto de Decanos que han construido nuestra Facultad a lo largo de los años.

Agradecimientos

Agradezco enormemente la información aportada por las siguientes personas e instituciones: Familia Pérez Martín (Arturo de Giles Pérez, Prof. Carmen Pérez - UPF), Prof. M. C. Cózar (Real Acad. Hispanoamericana Ciencias, Artes y Letras & Univ. Cádiz), Prof. E. Berzal (UVa), Prof. J. M. Palomares (UVa), Prof. J. Claret (Univ. Oberta Catalunya), O. Castán (Grupo Verdad y Justicia), Rosa Mª Calleja (Asoc. para la Recuperación de la Memoria Histórica de Valladolid), A. Carreras Zalama (Archivo Simancas).

Referencias

- [1] Jaume Claret, "El Atroz Desmoche: La Destrucción de la Universidad Española por el Franquismo, 1936-1945", Ed. Crítica, 2011.
- [2] El Prof. Pérez Martín cita en varias ocasiones los instrumento eléctricos fabricados por M. Kohl A.G. (Chemnitz Alemania), algunos de los cuales aun puede verse en las vitrinas del Hall de la Facultad.
- [3] A. Pérez Martín, "Estudio de los generadores eléctricos empleados en la producción de los Rayos X", Salamanca, Imp. F. Núñez, 1903.
- [4] A. Pérez Martín, "Ensayo de política pedagógica urgente", Discurso Inaugural Universidad de Oviedo, Curso 1904-05, Est. Tip. A. Brid, 1904.
- [5] A. Pérez Martín, "La inmensa Hispania", en "La España Moderna", 1910, 253 (enero), 96-107; 254 (febrero), 119-132; 255 (marzo), 76-96; 263 (noviembre), 5-22.
- [6] A. Pérez Martín, "Profesorado y libros de texto", en "España", 1917, 108 (febrero), 12-13
- [7] A. Pérez Martín, "Introducción al Curso de Física General de la Facultad de Ciencias: Preliminares y Mecánica", 488 págs., 1917. Segunda. Ed., Tall. Tip. Cuesta, 1925.
- [8] A. Pérez Martín, "Curso de Física General de la Facultad de Ciencias", Tomo 1, Gravedad y Calor, 655 págs., 1920, Segunda Ed., Tall. Tip. M. Alvarez, 1926.
- [9] A. Pérez Martín, "Curso de Física General de la Facultad de Ciencias", Tomo 2, Electricidad y Magnetismo, 2da. Ed., 654 págs., 1923, Segunda Ed., Tall. Tip. Cuesta, 1932.
- [10] A. Pérez Martín, "Curso de Física General de la Facultad de Ciencias", Tomo 3, Acústica, Óptica y Radiaciones, 735 págs., Tall. Tip. Cuesta, 1927
- [11] A. Pérez Martín, "Curso Elemental de Física para Estudiantes de Medicina", Tall. Tip. Cuesta, 1935.

- [12] a) J. Monzón y A. Pérez Martín, "Física para el Bachillerato Universitario", Tall. Tip. Cuesta, 1927 (Cinco Ediciones 1927-33). b) J. Monzón y A. Pérez Martín, "Texto de Física Elemental", Imp. & Lib. E. de las Heras, 1935. c) A. Pérez Martín y Julio Monzón, "Colección de Problemas Fáciles y Manipulaciones Breves de Física", 1929, Segunda Ed., Imp. & Lib. E. de las Heras, 1935.
- [13] J. M. Palomares, "La Historia de un fracaso: Los patronatos de la Universidad de Valladolid en el siglo XX", Inv. Hist. 2006, 26, 237.
- [14] J. M. Palomares, "La Segunda República en Valladolid", Universidad de Valladolid, 1996.
- [15] J. M. Palomares, "La Guerra Civil en la Ciudad de Valladolid, Ayuntamiento Valladolid, 2001.
- [16] a) E. Berzal (Coord.), "Testimonio de Voces Olvidadas", Fundación 27 de Marzo, León, 2007; b) E. Berzal, "Muerte y Represión en el Magisterio de Castilla y León", Fundación 27 de Marzo, León, 2



La observación solar

Juan Carbajo

Grupo Universitario de Astronomía. Universidad de Valladolid

Es lo último en que puede pensar una persona de fuera del mundillo de la astronomía cuando oye hablar de observación astronómica. Sin embargo se realiza con mucha frecuencia; dado que se realiza de día, no suele requerir desplazarse y además observar el sol es tremendamente interesante, pues al fin y al cabo se trata de la estrella más importante para nosotros.

Presentación del GUA

El Grupo Universitario de Astronomía (G.U.A.) y la Sociedad Astronómica Syrma son dos asociaciones hermanadas dedicadas a la Astronomía y que nacen vinculadas a la Universidad de Valladolid a mediados de los años 80. La Asociación de Astronomía se ha dedicado desde entonces a la divulgación, mediante numerosas charlas semanales y

ciclos de conferencias temáticas, así como observaciones públicas y orientadas a los socios. También dispone de una biblioteca especializada en esta ciencia, así como del material necesario para hacer observaciones nocturnas y solares, a completa disposición de los socios. Ante todo, destacar el hecho de que se trata de un grupo dedicado a la divulgación científica, donde pueden compartirse experiencias, y siempre con una orientación hacia el aprendizaje. En este primer artículo de colaboración con la revista de la facultad de ciencias se ha escogido el

Revista de Ciencias, 1, 39-42. Marzo 2013

J. Carbajo La observación solar

tema de las observaciones solares, actividad que el G.U.A. ha realizado en numerosas ocasiones. Desde 1999 la asociación ha organizado viajes a lugares como Francia, Sudáfrica, Turquía, Rusia o China para intentar (y a veces conseguir) ver eclipses totales de sol. También pudimos contemplar, esta vez desde la Península, el tránsito de Venus en 2004 y el eclipse anular de sol en 2005. Pero no resulta necesario que se dé uno de estos grandes acontecimientos astronómicos para observar, pues el sol siempre tiene algo interesante que ofrecernos. Antes comenzar, se hace obligado alertar de que nunca se debe mirar al sol directamente, y menos con algún sistema óptico. Existen múltiples técnicas que nos permiten ver el sol sin ningún riesgo, explicaremos aquí las más empleadas por nosotros.

Telescopio con Filtro Mylar

Se trata de una forma sencilla y económica de observar el sol, puesto que tan solo es necesario colocar el filtro en la parte delantera de un telescopio normal. El funcionamiento de estos filtros es sencillo: Los metales que encontramos en la vida cotidiana son opacos, debido a sus altos coeficientes de absorción y, por tanto, la luz solo es capaz de penetrar unas pocas micras en ellos. Sin embargo, si trabajamos con una lámina lo suficientemente fina, conseguiremos que parte de esa luz pase a través de la misma.

Existen diferentes tipos de filtros. El filtro Mylar, el más empleado por la asociación, consiste en una lámina de aluminio de un grosor específico, el suficiente como para absorber la mayoría del espectro visible, pero no tan grueso como para ser totalmente opaco. Este filtro absorbe, sobre todo, los rayos de longitud de onda más larga, los más rojizos, haciendo que veamos el sol con una tonalidad azulada. Con esta clase de filtros somos capaces de ver la **fotosfera solar**.

La fotosfera es una de las capas más exteriores del sol, su nombre se debe a que en esta capa emergen los fotones del sol y comienzan su viaje hacia nosotros. La luz del sol se genera durante las reacciones de fusión que se dan en el núcleo del sol. El plasma es tan denso en las capas internas del sol que en cuanto se genera un fotón este se ve absorbido por la partícula más cercana. Esta partícula queda excitada para más tarde remitir dicho fotón. El proceso de absorción-reemisión se repetirá miles de millones de veces, y hará que el fotón viaje del interior

hacia el exterior del sol. La densidad va disminuyendo según asciende, hasta que llega a una zona con una densidad suficientemente baja como para escapar del sol. A esta zona la llamamos fotosfera.



Telescopio Wiliam Optics 110mm con filtro Mylar sobre montura Losmandy GM8. Cortesía del GUA

La estructura predominante de la fotosfera son las manchas solares. Una mancha solar es una zona más oscura que el resto de la fotosfera, debido a que es una zona más fría que sus alrededores. Pero siendo así ¿qué es lo que ha hecho que se enfríe esta zona del plasma? ¿qué hace que una mancha se mantenga durante días? El proceso por el que se calienta la fotosfera es un proceso de convección, el plasma caliente de capas inferiores asciende hasta la fotosfera, y el plasma más frío de la fotosfera desciende, ocupando el lugar que dejó el caliente. Esto forma miles de burbujas en la superficie solar. Es un proceso análogo al que observamos en un recipiente con agua hirviendo, donde las burbujas ascienden hacia el exterior.

La presencia de un campo magnético en una región determinada suprime dicho proceso haciendo, por tanto, que el plasma se enfríe. En la mancha encontramos dos regiones, la umbra y la penumbra. La umbra es la zona más oscura, en ella la intensidad del campo magnético es muy elevada y se encuentra

J. Carbajo La observación solar

suprimida completamente la convección. La penumbra es una zona que rodea la umbra, su tonalidad es algo más clara que esta, y su campo magnético también es inferior. Es una zona en la que el campo magnético no suprime la convección si no que la deforma, haciendo que las burbujas se alarguen de forma radial siguiendo las líneas de campo magnético. La mancha se mantendrá estable hasta que el campo magnético se debilite y la convección se restablezca en la zona.



En esta imagen de la fotosfera solar podemos apreciar varias manchas. 30/9/2011 telescopio Meade lx 200 300mm f10 a foco primario cámara Nikon D300 suma de 6 fotos. Cortesía de Domicio Carbajo

Las manchas no se producen solas, sino que, por lo general, aparecen en conjuntos de dos o más, teniendo entre sí polaridades magnéticas contrarias.

Telescopio con Filtro Hα

Otra forma de observar el sol es mediante filtros que dejan pasar solamente una pequeña parte del espectro. En nuestro caso empleamos un filtro ha, es decir observamos una de las líneas de emisión del hidrógeno. Este sistema es bastante más caro que el anterior, puesto que el filtro es mucho más complejo. Otra de las diferencias es que, por lo general, en lugar de acoplar un filtro para un telescopio normal se emplea un telescopio especializado. Este tiene parte del filtro en la zona delantera del telescopio y otra parte en la diagonal del mismo.

Al observar en esta región del espectro podemos ver estructuras que antes nos eran invisibles, puesto que la luminosidad de la fotosfera nos la ocultaba. La capa que podemos ver en este caso se encuentra por encima de la fotosfera siendo, por tanto, menos densa que esta. A esta capa la llamamos cromosfera. Podemos ver

numerosas estructuras en esta región como son:

- Células de convección: estas son muy difíciles de observar en la fotosfera, sin embargo en la cromosfera, y mediante este sistema de filtrado, se hacen evidentes. Las podemos ver como una granulación en toda la superficie del sol.
- Fáculas: se aprecian como regiones más brillantes que la cromosfera circundante y son el efecto en la cromosfera de los mismos campos magnéticos que generan las manchas solares en la fotosfera. Por tanto estamos ante la misma perturbación, pero ubicada en una capa superior. Los campos magnéticos, al atravesar capas menos densas, se expanden. De esta forma generan estructuras más grandes.
- Protuberancias solares: las protuberancias son plasma solar eyectado de su superficie. A través del telescopio se ven como pequeños filamentos que asoman por el borde del disco solar. Sin embargo, se debe tener cuidado con la apreciación de tamaños en astronomía, ya que el tamaño real de estas estructuras puede llagar a ser de 50.000 km, es decir, algo más de cuatro veces el diámetro de la tierra.



Telescopio Coronado 60mm con filtro hAlpha incluido sobre trípode fotográfico.Cortesía GUA

J. Carbajo La observación solar

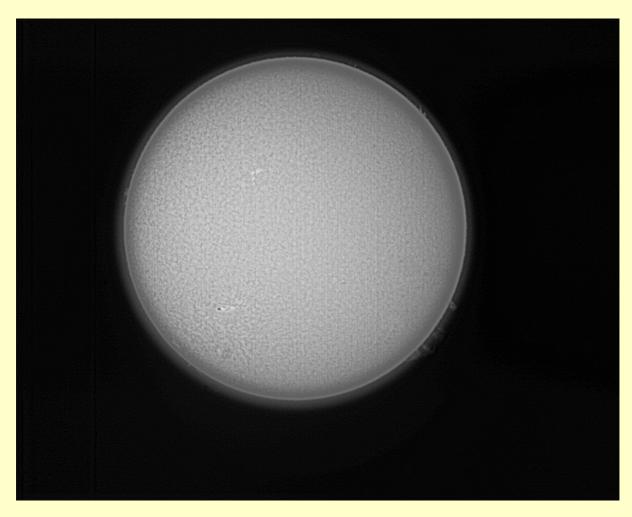
Una vez eyectado el plasma de la superficie solar, puede mantenerse sobre ésta durante bastantes horas, mucho más tiempo del que cabría esperar teniendo en cuenta solo la gravedad solar. La causa de esta "levitación" se encuentra en los ya mencionados campos magnéticos solares. Las protuberancias se encuentran confinadas los campos magnéticos y están ligados a ellos. Cuando la gravedad tira de la protuberancia hacia abajo, ésta arrastra las líneas de campo con ella y, en consecuencia el campo magnético genera una mantiene a la opuesta que protuberancia en su posición.

El estudio del confinamiento magnético de las protuberancias se está estudiando con gran interés en la actualidad con el objetivo de confinar plasma muy caliente de cara a producir generadores de energía mediante el proceso de fusión termonuclear.

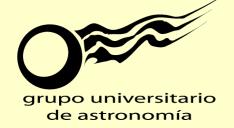
Para saber más...

Para profundizar más en el tema recomendamos el libro "El Sol, Algo más que una Estrella" de Manuel Vázquez Abeledo, libro disponible para los socios en la biblioteca del G.U.A.

Para todo aquel que esté interesado en ver estos fenómenos in situ realizamos, frecuentemente, observaciones solares. Más información y fechas en nuestra página web: http://www.syrma.net/



Cromosfera solar con granulación producida por la convección, dos fáculas más brillantes y protuberancias en el borde solar. Telescopio coronado 60mm cámara QHY5 monocroma sumado a partir de video. Cortesía de Domicio Carbajo.



Cosmonoticias



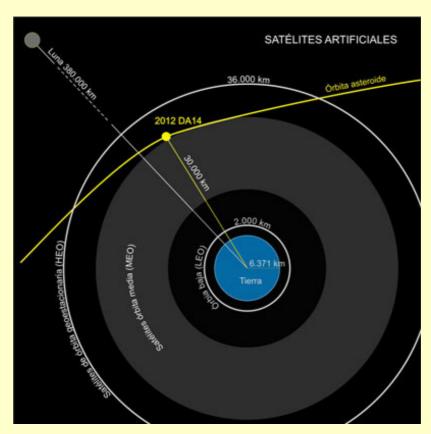
Juan Carbajo. GUA. Univ. de Valladolid

Paso cercano de un asteroide

El pasado día 15 de febrero el asteroide 2012 DA14 pasó a menos de 30,000 km de la tierra, lo que supone que lo hizo por dentro de la órbita geoestacionaria. El asteroide fue descubierto hace un año desde el Observatorio Astronómico de La Sagra (Granada). Este es un objeto cercano a la tierra (NEO: Near Earth Object), tiene entre 40 y 90 metros de diámetro, y de haber caído en la tierra habría producido un efecto similar al acontecido en Tunguska a principios del siglo XX.

Este objeto tuvo una magnitud de entre 7 y 9, y se pudo observar con telescopio. El asteroide realizó su máximo acercamiento a las 20:27 hora peninsular, si bien a esa hora se encontraba demasiado cerca del horizonte como para poder observarlo. Desde la Península tuvimos la mejor visibilidad a partir de las 22:00, cuando pudimos observarlo cruzando el cielo a algo más de 30 grados por hora entre las constelaciones de la Osa mayor y Draco, dirigiéndose hacia el norte.

Los miembros del G.U.A. fuimos en busca de un cielo lo suficientemente oscuro para ver este acontecimiento. El asteroide resultó ser menos brillante de lo estimado y esto, junto con su rápido movimiento, hizo nos resultara difícil encontrarlo. Cuando lo logramos lo estuvimos siguiendo durante algo más de una hora, y pudimos apreciar cómo fue perdiendo, aparentemente, velocidad y brillo ya que se alejaba de nosotros.



Gráfica a escala de la aproximación del asteroide 2012 DA14 junto a la Tierra y su situación en relación a los satélites artificiales. Observatorio Astronómico de Mallorca.



El 15 de Febrero, Fernando Cabrerizo perteneciente al Grupo Universitario de Astronomía, tomó esta magnífica imagen del asteroide 2012DA14 (etiqueta roja en la imagen), desde San Pedro de las Herrerías (Zamora). A pesar de la magnitud, puede apreciarse el trazo de su trayectoria debido al tiempo de exposición. La imagen se puede descargar en alta resolución desde aquí: http://www.cacahuet.es

¿Habrá dos Grandes Cometas en 2013?

Cada cierto tiempo, y para deleite de los aficionados a esta ciencia, aparecen en el cielo grandes cometas. Aunque últimamente no hemos tenido la suerte de otros años, en que fue posible la observación de este tipo de fenómenos, ésta podría cambiar próximamente. Se espera que el cometa PanSTARRS sea el próximo gran cometa, pudiéndose ver en la primavera de este año, o quizá nos sorprenda el cometa ISON a finales de 2013.

Un cometa es una mezcla de roca y hielo, que se suele encontrar en los confines del Sistema Solar, si bien de vez en cuando alguno cambia su trayectoria adentrándose en el sistema solar interior. Al acercarse el cometa al sol, éste calienta su superficie haciendo que se sublime el hielo y otros elementos volátiles. La imposibilidad de determinar la cantidad de hielo y la estructura del cometa, junto con la dificultad que conlleva determinar su órbita con precisión, hacen que sea muy complejo predecir que brillo pueden llegar a tener.

A finales de 2011 se descubrió el cometa C/2010 X1 Elein, que prometía ser un cometa muy brillante en otoño de 2012. Sin embargo este se fragmentó cuando llegaba a regiones cálidas del sol, prácticamente desapareciendo. También puede suceder lo contrario, pues por ejemplo, a comienzos de 2007, un cometa que se pensaba sería poco brillante, el c/2006 P1 McNaught se convirtió en el más brillante del último siglo. Esperemos que las condiciones resulten favorables y podamos disfrutar del cometa PanSTARRS, o el ISON, o incluso los dos.



El gran cometa de 2007 McNaught C / 2006 P1. | R.H. McNaught

Medio ambiente

Abel Calle. Dpto. de Física Aplicada. Univ. de Valladolid

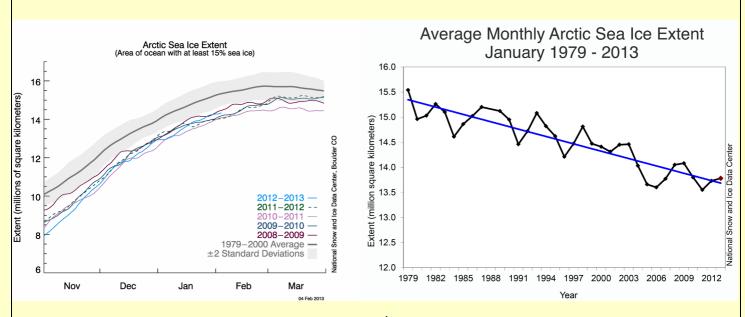
Una de cal y otra de arena...

Dos importantes noticias breves relacionadas con el uso de satélites para el estudio del medio ambiente. Una buena y otra mala. Empecemos por la mala:

Calentamiento global

Ya estamos muy acostumbrados a las noticias relacionadas con el cambio climático y el calentamiento global. Las sucesivas cumbres internacionales convocadas para paliar este problema sólo sirven para llevar a los medios este asunto (algo es algo). Lo cierto es que a pesar de que sigue habiendo detractores, existe un test objetivo para dar cuenta de los cambios producidos por el calentamiento global que están sucediendo en el Planeta, estén provocados por la causa que cada uno quiera agenciarse; se trata de las mediciones anuales que realizan los satélites sobre la cubierta de hielo del Ártico.

Para medir la extensión de hielo ártico, se utilizan medidas del final del verano del hemisferio norte, en situaciones de mínimo anual, y se comparan los mínimos entre los diferentes años de la serie. Las medidas son indiscutibles al utilizar datos de satélites que aportan una visión global. En la actualidad este interés ha dado lugar a nuevas misiones espaciales como la Cryosat europea que tiene por objetivo la medida del espesor de hielo; es decir, medir mediante un sistema radar las placas para que no haya lugar a dudas en imágenes del espectro óptico. La noticia de finales de 2012 (que incorpora las últimas medidas) procede de la agencia americana NASA y dice que la extensión de la cubierta de hielo en el océano Ártico está en pleno acuerdo los científicos de la NASA y los pertenecientes al *National Snow and Ice Data Center* (NSIDC) y establecen que dicha cubierta es la más pequeña jamás observada en tres décadas, a partir del inicio de las observaciones de satélite. La cubierta ha sido median mediante el sensor *Special Sensor Microwave/Imager* perteneciente al satélite que forma parte del *U.S. Defense Meteorological Satellite Program; el valor asignado es de* 4.1 millones de km² (lo que significa 70.000 km² por debajo del más bajo hasta ahora, en 2007).



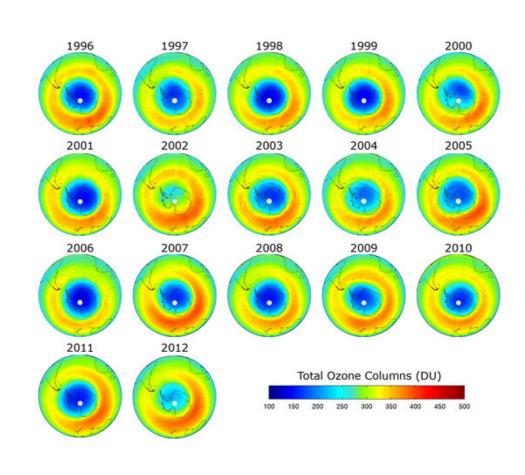
Evolución interanual de la cubierta de hielo en el océano Ártico, desde 1979 hasta 2013. Los datos muestran un decrecimiento del 3.2% por década. *National Snow and Ice Data Center, EEUU*

Revista de Ciencias, 1, 46-47. Marzo 2013

El agujero de la capa de ozono

Desde que las nuevas tecnologías de observación por satélite están en funcionamiento, se han sucedido las noticias relacionadas con el medio ambiente. En la década de los 80 la preocupación fundamental era el preocupante aumento del agujero de la capa de ozono, que iniciado en la Antártida, empezaba a extenderse a otras latitudes. A lo largo de los años hemos recibido datos de los satélites mostrando cifras record, tanto en lo que se refiere a los mínimos valores de concentración de ozono en la Antártida, como a los datos de extensión en km² afectados por el fenómeno. Y es que desde comienzos de los 80 el agujero de ozono que se desarrolla en la Antártida durante la primavera del hemisferio sur –de Septiembre a Noviembre- resulta en un decremento de la concentración del orden del 70%.

Este problema medioambiental tiene causas muy complejas debido a la interacción de múltiples factores químicos y meteorológicos que en la Antártida se manifiestan de forma más pronunciada. Lo que sí parecía claro es que ciertos componentes químicos que liberan radicales de cloro (CFC) tenían efectos nefastos al actuar como catalizadores en las reacciones de destrucción de la molécula de ozono. En 1987 se celebró el Protocolo de Montreal, en que se acordó la



restricción en la producción de CFC's; en 1992, el acuerdo de Copenhagen, estableció la total eliminación de la producción de CFCs. Aunque los CFC fueron prohibidos en 1987, perviven durante muchos años en la atmósfera. Se estima que hacia 2050 los niveles de cloro volverán a los de la década de los 60.

A comienzos de Febrero de este año, la Agencia Europea del Espacio nos sorprendía con una buena noticia en muchos años y es que los satélites que se encargan del seguimiento de valores han detectado que el reciente agujero de ozono sobre la Antártida ha sido el más pequeño que se ha observado en la pasada década. Los resultados han correspondido al satélite meteorológico MetOp, satélite que continúa la serie de observaciones iniciadas por sus predecesores europeos ERS-2 y Envisat.

¿Quiere esto decir que la capa de ozono está en vías de recuperación? Veremos la tendencia en años sucesivos.

La ciencia es como la tierra: sólo puede poseerse una pequeña parte. Isaac Newton (1642-1727)

El verdadero valor de un hombre se determina examinando en qué medida y en qué sentido ha logrado liberarse del yo. Albert Einstein (1879-1955)

Louis Pasteur (1822-1895)

l'Triste época la nuestra! Es más fácil desintegrar un átomo que un prejuicio. Albert Einstein (1879-1955)

La ciencia es como el sexo: a veces produce algo útil, pero no es ésa la razón de que se haga. Richard P. Feynman (1918-1988)

La frase más excitante que se puede oír en ciencia, la que anuncia nuevos descubrimientos, no es "/Eureka!", sino "Es extraño ... Isaac Asimov (1920-1992)

El primer principio moral de un físico: nunca se debe hacer un cálculo sin antes conocer el resultado. John Archibald Wheeler (1911-2008)

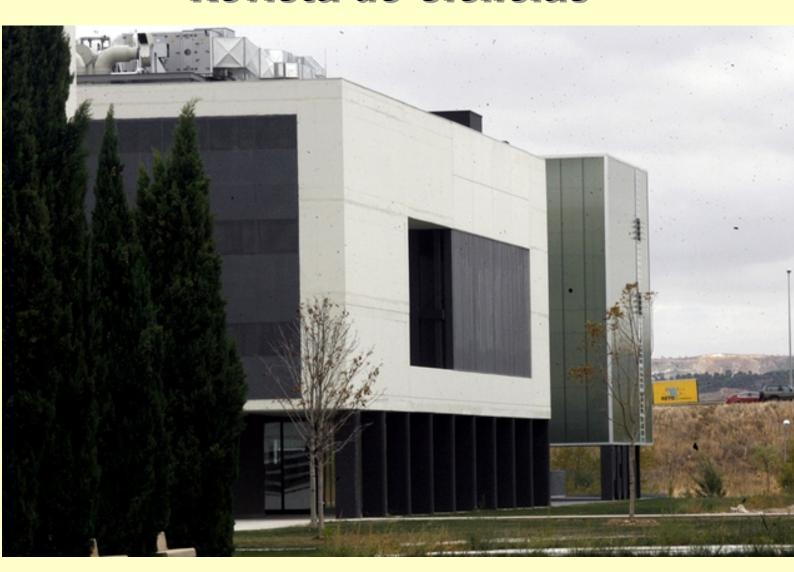
Las tinieblas del espíritu no pueden disiparla los rayos del Gol, sino la comprensión de la Naturaleza. Jenofonte (Siglo I A.C.)

La divulgación científica tiene éxito si, de entrada, no hace más que encender la chispa del asombro. Carl Sagan (1934-1996)

Hay una selección natural de metáforas, imágenes, analogías y anécdotas. Se puede llegar casi a cualquier parte si se camina por un sendero bien pavimentado que el público pueda recorrer. Carl Sagan (1934-1996)

En una sociedad democrática, los ciudadanos necesitan tener unos conocimientos básicos de las cuestiones científicas, de modo que puedan tomar decisiones informadas y no depender únicamente de los expertos. Stephen Hawking (1942-actualidad)

Revista de Ciencias





Revista de Ciencias Número 1 Marzo 2013

Facultad de Ciencias. Paseo de Belén, 7, 47011-Valladolid Universidad de Valladolid