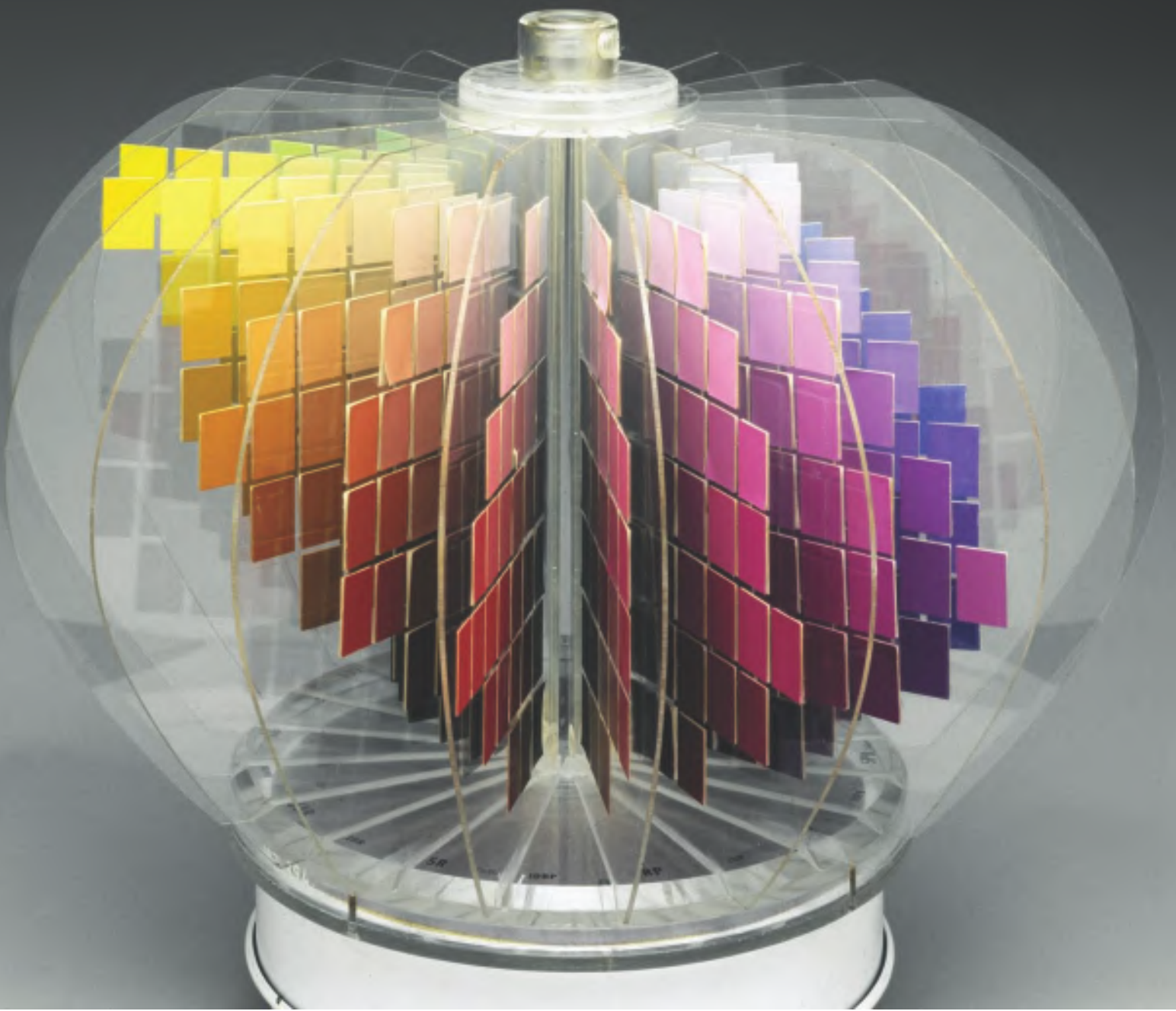


# La divulgación de la física a través de los museos europeos de la ciencia

JUAN MANUEL OLIVERAS SEVILLA

La declaración de 2005 como año mundial de la física ha estimulado la divulgación de esta disciplina en los museos, pero el reto de mejorar su enseñanza continúa.



El año 2005 fue catalogado como año mundial de la física en la asamblea general de la International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP) celebrada en Berlín en el año 2002 en una resolución que posteriormente fue adoptada por la UNESCO. Al mismo tiempo en 2005 se ha conmemorado el centenario del llamado Annus Mirabilis en el que Albert Einstein publicó cinco importantes trabajos cuyas ideas se convirtieron en base e influencia de la física moderna. Además se conmemoraba el cincuentenario de su fallecimiento ocurrido en 1955.

En este mismo año, el colectivo de físicos del mundo pretende mucho más que recordar y difundir la figura y legado de Albert Einstein, promocionando el conocimiento y la enseñanza de la física.

Actualmente, la enseñanza de la física está bastante reducida en el bachillerato, de forma que los estudiantes llegan a la Universidad con una deficiencia en sus conocimientos. En la carrera de Ingeniería Técnica, la casi totalidad de las asignaturas está relacionada con la física, y por las características de la formación recibida, el ingeniero técnico no solo debe tener una buena base científica sino que además necesita una completa formación práctica indispensable para su quehacer diario en la industria: su conocimiento ha de ser teórico y práctico.

De la experiencia en la industria el ingeniero técnico sabe de primera mano que los procesos industriales cumplen las leyes de la física. La mecánica clásica, la mecánica de fluidos, la electricidad, la electrónica, el magnetismo, la termodinámica etc. gobiernan los procesos productivos, que sólo son entendibles desde el conocimiento de la física. Para poder automatizar los procesos industriales en tiempo real es necesario medir, utilizando leyes de la física; presiones, temperaturas, caudales etc.; luego transmitir dichas medidas mediante señales utilizando la electricidad, la electrónica, las redes de transmisión etc. Posteriormente hay que transformar estas señales en unidades de ingeniería a través de un poco más de física y procesar la información utilizando algoritmos, que tan solo son modelos físico-matemáticos. No sería aventurado decir que "todo es física".

Este año es una buena ocasión para reflexionar sobre el desarrollo científico y técnico como elemento vital para nuestra sociedad. Quisiera animar al público en general y a los ingenieros técnicos en particular a que se acerquen a la ciencia, a través de aquellas actividades que más

les atraigan. Podemos mencionar desde seminarios de alto nivel para profesionales hasta exposiciones en museos de los que hablaremos de forma resumida.

Desde el punto de vista profesional, podemos citar al Instituto Max Planck de Berlín, creado en honor al físico alemán Max Planck, fundador de la teoría cuántica y Premio Nobel de Física en 1918. Tiene este Instituto varias sedes, una de las cuales, dedicada a sistemas de software, fue creada recientemente a finales de 2004.

Con motivo de los homenajes celebrados en este año de la física, el Profesor Jürgen Renn, director del Instituto Max Planck para la Historia de la Ciencia (Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte), situado en la Wilhelmstrasse de Berlín, visitó España para ofrecer una conferencia sobre Einstein en el centenario de su *año milagroso*, y en ella dejó patente que para ser capaces de enfrentarnos a cambios fundamentales, no es oficial poseer un conocimiento especial en matemáticas o en física experimental, sino que es muy útil tener también un conocimiento histórico y filosófico.

Algunas veces la investigación más básica puede tener aplicaciones directas, pero no porque se busque directamente sino porque ha habido un efecto colateral. Y dio el ejemplo de la navegación por satélite. Einstein nunca centró sus estudios en nada en particular, sólo en el conocimiento del universo, pero uno de los resultados fue la navegación por satélite que tenemos en nuestros coches.

También manifestó la importancia de tener una cultura pública sobre la ciencia, pero esto debe ser de la manera adecuada porque la ciencia no es un conocimiento de fácil adquisición que se pueda comprar en el supermercado. Es importante abrir las mentalidades y concienciar a la gente de que la ciencia es algo que pueden entender si quieren tener una opinión sobre ella. No necesitan estar relacionados con ella o confiar en ella, deben reflexionar sobre la ciencia. Y dejó patente que para él no hay un dominio de los hechos científicos sin conocer también los valores éticos; no hay hechos sin interpretación ni interpretación sin hechos: ambas cosas van unidas. Así se conforma la cultura pública.

### El Museo de la Técnica de Berlín

En esta capital de la ciencia y de la técnica que es Berlín se encuentra el Deutsches Technikmuseum Berlin (DTMB) con sus dos colecciones más importantes dedicadas a la construcción naval y

a los viajes aéreos. En la figura 1, se puede contemplar la azotea del DTMB, que alberga un impresionante bimotor que parece listo para despegar.

Como dato curioso, en el sector naval podemos señalar su simulador de navegación marina. Además cuenta con una colección de coches antiguos los llamados Oldtimer, y en el parque del museo se encuentran un molino y una cervecía antigua donde se puede conocer el proceso de elaboración tradicional de la cerveza producto este tan arraigado en Alemania.

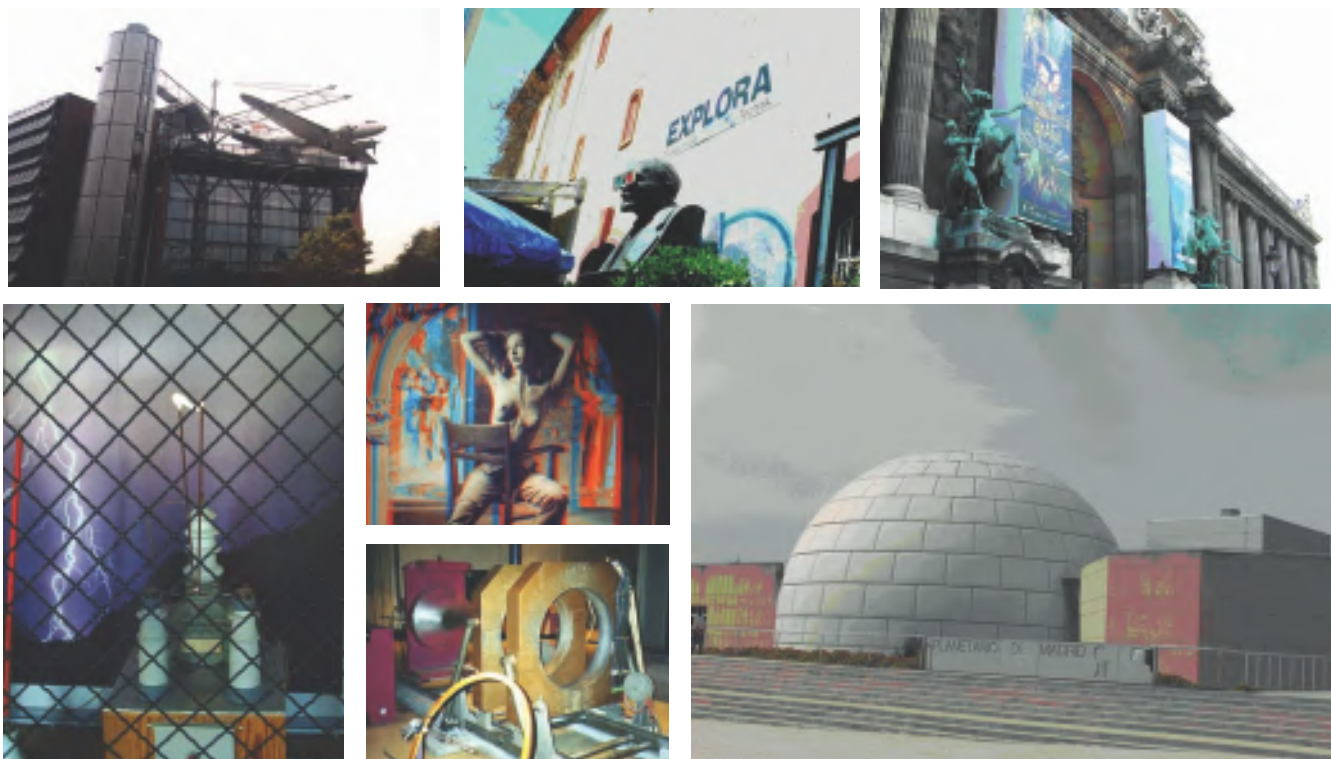
### El Spectrum

Junto al DTMB y bajo su dependencia se encuentra el Spectrum, uno de los mayores centros de ciencia en Europa con cerca de 250 experimentos para descubrir la física y la técnica. Valga de ejemplo los relacionados con la alta tensión (figura 4). El Spectrum inició su andadura en 1982, siguiendo la tradición del Urania de Berlín, que desde 1888 a 1928 fue el primer centro de ciencia del mundo basado en las ideas inspiradas por Alexander von Humboldt, que consistían ni más ni menos en explicar la ciencia al público en general. Spectrum es pues el único centro de ciencia en el mundo cuyas raíces tienen más de 100 años.

Los experimentos de física que podemos disfrutar en el Spectrum versan sobre acústica, técnica musical, electricidad, tecnología de la comunicación, radioactividad, mecánica, óptica, dinámica de fluidos, calor, ilusión óptica, espejos, percepción etc.

Otro punto de encuentro para los amantes de la Física lo podemos encontrar en otra ciudad alemana, Frankfurt am Main. Allí se encuentra un museo relacionado con esa importante rama de la física que es la óptica y las ilusiones ópticas. Este museo, llamado Explora, está situado en la Glauburgplatz de Frankfurt y su recinto es un búnker de hormigón armado construido para la segunda guerra mundial (figura 5). El visitante puede experimentar con maravillosas ilusiones ópticas basadas en las técnicas anaglíficas, holográficas y muchos más efectos ópticos.

Las técnicas anaglíficas consisten en el empleo de dos imágenes, una roja y otra verde (uno para cada ojo) producen un efecto parecido al estereoscópico; es decir un efecto de relieve. Sirva de ejemplo la mostrada en la figura 5, correspondiente a la obra titulada Andrea. Se trata de una estereofotografía lograda con



De izquierda a derecha y de arriba a abajo: Figura 1. Azotea del Museo Alemán de la Técnica de Berlín (DBTM). Figura 2. Entrada al museo Explora de Frankfurt (Alemania). Figura 3. Palais de la Découverte de París. Figura 4. Experimentos con alta tensión en Spectrum de Berlín. Figura 5. Estereofotografía en un montaje anaglífico en el museo Explora. Figura 6. Potente electroimán del Palais de la Découverte. Figura 7. Cúpula del Planetario de Madrid.

un montaje anaglífico realizado por Ingo Riedel en 1994 Alemania.

Por otra parte la holografía, que fue inventada por Dennis Gabor en 1948, consiste en la técnica del registro de imágenes con la que se captan aspectos tridimensionales de los objetos mediante negativos fotográficos bidimensionales. Para el registro se bifurca un haz de un manantial de onda coherente (láser). Uno de los haces parciales, llamado onda de referencia incide directamente sobre la placa holográfica. El otro haz ilumina el objeto y se refleja sobre la misma placa holográfica; este haz recibe el nombre de onda objetiva. Por recorrer caminos distintos, las dos ondas se desfasan entre sí, y se neutralizan o refuerzan al converger sobre la placa mencionada, produciéndose así sobre ésta un espectro interferencial único por cada punto del objeto. Una vez revelada, la placa holográfica constituye el holograma, el cual, iluminado por su cara posterior con un haz de luz idéntica a la de referencia utilizada para el registro, produce una imagen tridimensional en el espacio que es la holografía.

### El Palais de la Découverte

No podemos dejar de mencionar un manantial de ciencia que podemos encontrar en Francia, concretamente en

su capital París: el Palais de la Découverte (figura 3). Situado en la avenida Franklin Roosevelt, en este museo el visitante tiene una relación directa con la ciencia participando activamente en espectaculares experimentos científicos. Con terminales interactivos, modelos, vídeos, conferencias y con todo tipo de material científico a su alcance en seis secciones que tratan de astronomía, física, matemáticas, química, ciencias de la tierra y de la vida. El público puede observar, reflexionar y examinar su nivel de conocimientos por sí mismo. Fundado en 1927 por iniciativa del físico francés Jean-Baptiste Perrin, Premio Nobel de Física en 1926.

Este museo dedicado a los descubrimientos científicos es a la vez un centro de estudios científicos y de divulgación. La física ocupa en el Palais de la Découverte una superficie aproximada de 3.000 metros cuadrados, repartidos en 11 salas reagrupadas en nueve secciones que versan de áreas tan diversas de la física como: física de partículas, magnetismo y superconductores, luz, fluidos, mecánica, calor, sonidos y vibraciones, pero sobre todo, el electromagnetismo y la electrostática con espectaculares experimentos.

Las exposiciones de electrostática se realizan en un recinto teatral, que goza de una excelente acústica y visibilidad

contando para su realización con un generador de 300 kV.

Un espacio de 300 metros cuadrados está consagrado a los fenómenos fundamentales del electromagnetismo. Cuenta para ello con uno de los electroimanes más grandes del mundo (figura 6), de diez toneladas, alimentado por una corriente continua de 500 amperios. Es capaz de producir un campo magnético de 0,2 teslas. Con este potente electroimán se realizan múltiples experimentos frente aun público concurrido.

En otras salas dedicadas a la corriente alterna se muestran al público levitaciones de tubos y placas de aluminio mediante los campos electromagnéticos producidos por bobinados recorridos por corrientes alternas de 800 amperios.

Para la simulación de descargas atmosféricas cuenta el Palais de la Découverte con un transformador de Tesla capaz de producir una tensión de 1.500.000 voltios y crear descargas de hasta dos metros de longitud.

Otros experimentos muestran los efectos de las fuerzas de Laplace, de las corrientes de Foucault, etc.

### El Planetario de Madrid

Ya situados en España han sido varios los centros que se han apoyado la divulgación de la física en 2005, pero en parti-

cular podemos citar en Madrid al Planetario. Situado en el parque Tierno Galván, este centro nació en 1986 con el claro objetivo de divulgar la astronomía. Cuenta para ello con un amplio abanico de medios audiovisuales, de entre los cuales destaca su proyector principal: el planetario óptico Carl Zeiss Jena modelo Spacemaster, capaz de proyectar unas 9.000 estrellas en la cúpula de 17,5 metros de diámetro que cubre la sala de proyección (figura 7).

En 2005 el Planetario ha acogido una amplia exposición titulada *De la manzana a los agujeros negros*, que pretende dar respuesta a las preguntas más significativas sobre la gravedad, el giro de los planetas alrededor del Sol; ¿qué son los agujeros negros? o ¿por qué se expande el Universo?. Podremos adentrarnos en lugares en los que la gravedad alcanza su valor límite: los agujeros negros (figura 13), y aprender lo que es, cómo se forma, cuanto pesa, qué pasa si nos acercamos a un agujero negro, dónde están, etc.

La exposición muestra que hay planetas fuera de nuestro sistema solar y ayuda a conocer un poco más a Galileo Galilei, Isaac Newton y Albert Einstein y sus estudios sobre la gravedad.

### La figura de Albert Einstein

En 2005 se ha hablado mucho de Albert Einstein, pero vale la pena antes de que acabe el año recordar su figura. La vida de Einstein comienza en la ciudad alemana de Ulm en 1879 y de alguna forma estaría ligada a la ingeniería pues en edad muy temprana ya fue aleccionado por su tío Jacob, ingeniero de formación, que quería adentrarse en el mundo de la electrotecnia pues había inventado una dinamo que quería comercializar. De hecho, sus estudios de Física y Matemáticas los realizó en el Politécnico de Zurich, donde se graduó en el 1900; posteriormente lograría la nacionalidad Suiza. Aunque nació en Ulm después, su familia se trasladó al sur de Alemania, a las afueras de Munich, en cuyo instituto católico cursó la primera enseñanza, y posteriormente a Suiza donde realizo sus estudios.

Pero el que fuera el año maravilloso de Einstein sería 1905. Por eso en 2005 se ha celebrado el centenario de su Annus mirabilis. Hasta entonces el mundo era newtoniano. El universo funcionaba como un reloj bajo las leyes inmutables que Newton dejara impresas en el libro más importante de la física, el *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Pero a partir de 1905 todo iba a cambiar, pues



Albert Einstein (1879-1955) fotografiado en 1920.

en dicho año Einstein envió cinco artículos a la revista *Anales de Física s*, a saber: la explicación del efecto fotoeléctrico, el movimiento browniano, bases de la teoría especial de la relatividad, el que contiene la famosa ecuación  $E = mc^2$ , y un segundo trabajo sobre el movimiento browniano. Posteriormente publicó su tesis doctoral, en la que plantea una nueva forma de medir el tamaño de las moléculas, que se convirtió en su trabajo más citado.

Pese a la importancia de estos trabajos, la imaginación popular asocia a Einstein con la teoría especial de la relatividad. Con ella suprimió del universo el éter, esa sustancia que llenaba el espacio y permitía a la luz viajar por el espacio, y resolvió las discrepancias que había entre la mecánica clásica, y el electromagnetismo.

Así como fue necesario, desde el punto de vista newtoniano, hacer las dos suposiciones *tempus est absolutum* y *spatium est absolutum*, desde el punto de vista de la teoría de la relatividad especial debemos decir *continuum spatii et temporis est absolutum*. En esta última afirmación *absolutum* significa no sólo físicamente real sino también independiente de sus propiedades físicas, y que produce un efecto físico pero no siendo, él mismo, influido por las condiciones físicas.

Gran parte de la ciencia debe mucho a Einstein. En pocos años, este genio demostró la existencia de las moléculas, impulsó la mecánica cuántica. Recordemos su famosa frase "Dios no juega a los dados", dicha con motivo de las polémicas acerca de la interpretación de dicha mecánica cuántica. Desarrolló la mecánica estadística moderna y concibió la

teoría de la relatividad especial. Esta teoría es simple y elegante. Se basa en el principio de la relatividad especial cuyo teorema nos dice que dado un sistema inercial, cualquier otro sistema, dotado de movimiento uniforme y sin rotación respecto del primero, también es un sistema inercial. Y las leyes de la naturaleza son concordantes entre sí cuando se usa para expresarlas un sistema inercial cualquiera. Se dejó de considerar el tiempo y el espacio como entidades separadas y se empezó a hablar de un continuo espacio-tiempo que depende del observador.

Pero, ¿a que llamamos sistema de referencia inercial? Simplemente, a sistemas de coordenadas en los que la mecánica de Newton funciona. Cuando haya que formular las leyes de la física en los sistemas no inerciales, es decir, en los sistemas acelerados usaremos la teoría más compleja de la relatividad general.

La formulación de la teoría de la relatividad especial o restringida basada en los experimentos de Michelson-Morley fue lo que verdaderamente le dio fama internacional. El experimento de Michelson-Morley realizado en 1887 versaba sobre la detección de diferencias de velocidad de la luz al cambiar de dirección cuando atravesaba el éter. El resultado fue la detección de una diferencia de velocidad nula, lo que hizo inaceptable la existencia del éter. Gracias a sus trabajos logró demostrar que a partir de la hipótesis de la constancia de la velocidad de la luz y de la relatividad del movimiento, el experimento podía explicarse en el marco de las ecuaciones de la electrodinámica formuladas por J. C. Maxwell. Y se aceptó que ambos movimientos de la Tierra el orbital y el rotacional no tenían efecto sobre la propagación de las ondas electromagnéticas. Aunque esto en la actualidad no es exactamente cierto pues se ha demostrado que si bien el movimiento orbital alrededor del Sol no produce efecto sobre la propagación de las ondas electromagnéticas como lo determinara ya en su momento el experimento de Michelson-Morley si hay un efecto en cuanto a la rotación de la Tierra en torno a su eje conocido como el efecto Sagnac sin cuya corrección por ejemplo el sistema de posicionamiento global GPS tendría un error adicional de treinta metros; pero eso es otra historia.

Einstein demostró que el efecto de contracción de la longitud y el de aumento de la masa pueden deducirse del hecho de que la velocidad de la luz en

el vacío es la máxima posible a la cual puede transmitirse cualquier señal. Lo más sorprendente que Einstein mostró en el marco de ésta teoría es la relación existente entre la energía (E) y la masa (m) con la famosa ecuación  $E = mc^2$ , en la que c representa la velocidad de la luz en el vacío; dejando patente que la masa y la energía son intercambiables y están relacionadas a través de esa expresión; en base a ella se pueden entender los fenómenos atómicos y la estructura de la materia.

Su fama, que continuaba creciendo de forma imparable, le llevó en 1913 al Instituto de Física Káiser Guillermo de Berlín. En plena Primera Guerra Mundial publicó un trabajo definitivo en el que expuso la teoría general de la relatividad en 1915, en el cual establecía las ecuaciones que habrían de cambiar la visión del universo y de su evolución. Esta teoría, de la cual la cosmología newtoniana pasa a ser un caso particular, permitió justificar fenómenos como la precesión del perihelio de Mercurio, la deflexión de los rayos de luz por la presencia de grandes concentraciones de masa, el corrimiento hacia el rojo del espectro de galaxias lejanas a causa de la presencia de campos gravitatorios intensos, etc.

### Efecto fotoeléctrico

El Premio Nobel de Física lo obtendría en 1921 por el trabajo sobre el efecto fotoeléctrico, según el cual la energía de los electrones emitidos no depende de la intensidad de la luz incidente. Aplicando la hipótesis cuántica formulada por M. Planck, logró dar una explicación satisfactoria del fenómeno. Uno de sus mayores logros fue la descripción del espacio-tiempo que explica correctamente el campo gravitatorio del sistema solar; cuya descripción introduce uno de los objetos más pintorescos de la física: el agujero negro. La relatividad general también predice que el Universo se encuentra en expansión.

La llegada al poder de Hitler en Alemania coincidió con un ciclo de conferencias que estaba impartiendo en California, por lo que se estableció en Princeton, donde entró a formar parte del Instituto de Estudios Avanzados. El 1 de octubre de 1940 Einstein en New Jersey jura su ciudadanía estadounidense.

Durante la Segunda Guerra Mundial, y ante la creciente evidencia de que Alemania estaba desarrollando el arma atómica, dirigió una famosa carta al presidente F. D. Roosevelt en la que le urgía a que desarrollase la bomba atómica.

Cuando el Proyecto Manhattan dio finalmente sus frutos, con los bombardeos atómicos sobre Hiroshima y Nagasaki, la magnitud de la devastación le movió a expresar públicamente su rechazo hacia el arma que había contribuido a crear. Los últimos años de su vida los dedicó al desarrollo de una teoría del campo unificado que pudiera hacer compatibles las teorías sobre los fenómenos electromagnéticos y gravitatorios, aunque, al igual que Heisenberg, no llegó a conseguirlo en el momento de su fallecimiento en Princeton EE UU, ocurrido en 1955. En 2005 se ha celebrado asimismo el cincuentenario de su muerte.

### Un modelo de científico

La figura de Einstein representa un excelente ejemplo para las generaciones venideras de lo que representa la actividad del científico. Einstein fue una figura poco convencional, cuya creatividad e intuición le guiaron en su idea de entender el Universo de otra manera y ganarse el apelativo de "ingeniero del Universo". El mejor homenaje a su memoria sería la recuperación social del entusiasmo por participar en la aventura de la ciencia.

La cultura de nuestro siglo XXI va a ser una cultura científica técnica. Actualmente no podemos imaginar la vida sin electrificación, sin medios de transporte, sin nuestras maquinillas eléctricas o electrónicas, sin ordenadores, sin internet y sin miles de otros avances tecnológicos que han convertido a las sociedades desarrolladas en las más avanzadas de la historia. Sobre estos medios se sostiene nuestro nivel de vida. En el siglo XXI la capacidad intelectual, el ingenio y la organización de nuevas tecnologías son sin duda elementos estratégicos fundamentales a los que no son ajenos los ingenieros técnicos.

## AUTOR

### Juan Manuel Oliveras Sevilla

Ingeniero técnico industrial en Electricidad con intensificación en Electrónica por la Escuela Politécnica de Cartagena. Entre 1982 y 1994 fue instructor de formación profesional en la antigua empresa nacional Bazán de construcciones navales en su factoría de Cartagena. Actualmente trabaja como técnico en la empresa Navantia.