

ENCUENTROS CON LA
CIENCIA
Del macrocosmos al microcosmos



Los contenidos de este libro se publican bajo la licencia
Reconocimiento-No comercial-Sin obras derivadas 3.0
de **Creative Commons**
(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>)

www.encuentrosconlaciencia.es

Einstein, el Universo y Queen

Miguel Angel Sabadell. *Físico Teórico. Editor Revista MUY INTERESANTE*

Hans Albert Einstein estuvo en coma durante cuatro semanas tras el ataque al corazón que sufrió en la cola de una cafetería después de pronunciar una conferencia en el Woods Hole Oceanographic Institution, Massachusetts. El único hijo superviviente del mayor científico del siglo XX tenía 69 años y, como su padre, huyó del mundo dedicándose con arrebatada pasión a la ciencia. Hans Albert era una autoridad mundial en sedimentos y control de inundaciones. Nunca habló de su famoso padre, ni de su familia o su vida privada. Sólo la música era capaz de hacerle opinar sobre cosas que no fueran cuestiones meramente profesionales. Su padre había hecho un buen trabajo: le enseñó cómo mostrar una inquebrantable resistencia a expresar sus sentimientos. Sólo tenía dos pasiones, la música y navegar... como su padre.

Respetado y querido por méritos propios, sólo había una cosa que él comparaba a la tortura china de la gota de agua: que le preguntasen «¿Es usted familiar de Albert Einstein?». Invariablemente como sucedió en los demás aspectos de su vida, el interlocutor recibía como única respuesta su permanente y débil sonrisa. Pero su hija Evelyn sentía que detrás de todo había oculto un resentimiento alimentado por los muchos secretos de familia que su padre dejó al morir.

En sus *Notas autobiográficas* –de las que, con humor negro, decía que eran su nota necrológica– Einstein avisaba al lector que se enfrentaba a un libro que tenía muy poco de biográfico y mucho de científico, repleto de fórmulas matemáticas y conceptos sutiles. En una de las anécdotas más famosas de su autobiografía contó la emoción que sintió el día

en que su padre le enseñó una brújula, a lo que sigue una emocionada reflexión sobre la fascinación que sobre el intelecto puede producir la observación de las experiencias cotidianas... pero olvidó mencionar que su padre se llamaba Hermann: «Lo esencial de un hombre como yo está precisamente en lo que piensa y en cómo piensa, no en lo que hace o padece». Aquí, como en muchas otras cosas, Albert Einstein fue un hombre peculiar: «Yo soy así, y no puedo ser de otra manera». Pero, ¿cómo era Albert Einstein?

Él mismo se definía como un hombre solitario, un *Einspanner* –un coche tirado por un único caballo– y así se debe entender su vida. Resulta sintomático que dijera que el mejor empleo para un científico era el de farero: en la soledad de su torre, libre de todo contacto humano, para poder encontrarse a solas con sus pensamientos y ecuaciones.

Si algo caracterizó su vida fue, como escribió su amigo y también físico Abraham Pais, una «profunda necesidad emocional de no dejar que nada interfiriera con su pensamiento. Era capaz también de sentir profunda cólera... [pero] no lo hacía menos como hombre de sentimiento que como hombre de pensamiento». Tenía el 'don' de poder apartarse del mundo sin esfuerzo emocional; daba un paso y salía de él cuando quería. Quizá por ello, al morir su gran amigo Michele Besso escribió a su viuda: «Lo que yo admiraba más en Michele, como hombre, era el hecho de haber sido capaz de vivir tantos años con una mujer, no solamente en paz, sino también constantemente de acuerdo, empresa en la que yo, inevitablemente, he fracasado por dos veces».

Albert Einstein es sin duda el mayor icono del siglo XX, como bien demostró la revista *Time* al concederle el título de *hombre del siglo*. Sin embargo, la imagen que tenemos de Einstein no es la de sus tiempos jóvenes, cuando era un hijo errante, un tanto balarrasa y casanova, sino la que transmitió en sus últimos años, un anciano de pelo blanco y ojos tristes e inquisitivos. Cuando no tenía más 20 años y acababa de solicitar la nacionalidad suiza, en 1899, le dijo a su hermana Maja: «Si todo el mundo viviese una vida como la mía no habría necesidad de novelas». El problema es que una buena parte de esa vida fue ocultada al público y a los historiadores de la ciencia por sus representantes legales.

Cuando Hans Albert murió en 1973 bastantes de los secretos de su padre reposaban en el interior de una caja de zapatos en la cocina de su casa en Berkeley, correspondencia familiar desde finales del siglo XIX. La colección de cartas era tan delicada que los albaceas de la herencia del físico, que tenían el control legal sobre la publicación de sus palabras, fueron a juicio para impedir que Hans Albert publicase parte de su contenido a finales de los 1950. Ni a su propio hijo le estaba permitido revelar detalles íntimos de su padre. No es extraño que los guardianes de la reputación del sabio, su secretaria Helen Dukas y el economista Otto Nathan, recibiesen el apelativo de "los sacerdotes de Einstein". ¿Qué podía ocultarse en las cartas y escritos del hombre del siglo?

Todo tiene un comienzo

Una soleada mañana de viernes, el 14 de marzo de 1879, vio la luz un bebé de cabeza deforme y excesivamente gordo. Tanto que su abuela se lamentó: «¡Demasiado gordo!» Al día siguiente, su padre, un comerciante de colchones, acudía al registro. «Nº 224. Hoy, el comerciante Hermann Einstein, residente en Ulm, Bahnhofstrasse (Calle de la Estación) B nº 135, de fe israelita, conocido personalmente, se presentó ante el funcionario del registro abajo firmante y declaró que de su esposa Pauline Einstein, nacida Koch, de fe israelita, nació [...] a las 11:30 de la mañana, un niño del sexo masculino que recibió el nombre de Albert».

Poco vivió Einstein en Ulm, una antigua ciudad a orillas del Danubio, de calles estrechas barridas por el viento. Al año siguiente su padre, aconsejado por su hermano Jakob, decidió mudarse a Munich para emprender juntos un negocio de instalaciones de gas y agua. Pero ése no era el verdadero objetivo. Jakob, ingeniero de formación, quería formar parte del novedoso mundo de la electrotecnia (la primera calle iluminada con electricidad fue Main Street de la californiana Menlo Park en la nochevieja de 1879). Jakob había inventado una dinamo que quería comercializar a través de su empresa, *Elektro-Technische Fabrik J. Einstein & Co.*

Einstein vivió parte de su niñez en una hermosa casa a las afueras de Munich, donde nacería en 1881 su hermana Marie, o Maja –como la llamaría Einstein toda su vida–, a la que siempre estuvo muy unido. Aunque el mismo Einstein dijo que empezó a hablar tarde, cuando tenía más de tres años, esto no es del todo cierto; su abuela recuerda en una carta «sus divertidas ideas» cuando tenía dos años. Otro de los mitos más extendidos del niño Albert es que no se le dio bien el colegio. Todo lo contrario, fue un alumno aplicado: «sigue siendo el primero de su clase y las notas son excelentes», escribió su madre. El ambiente familiar propició que el joven Albert se acercara a la ciencia y las matemáticas: su padre tenía un talento natural para las matemáticas que no pudo desarrollar pues su familia no pudo permitirselo, y su tío era un apasionado de la ciencia y la técnica; él le enseñó el teorema de Pitágoras.

Cuando tenía cinco años sus padres contrataron a una instructora para que adquiriera cierta educación formal, pero terminó bruscamente cuando Albert le arrojó una silla a la cabeza. Su madre Pauline, una mujer de fuerte carácter –todo lo contrario que su marido, un hombre tranquilo y más bien pasivo–, era una pianista de talento y transmitió su pasión por la música a sus hijos: a Albert el violín y a Maja el piano.

El pequeño Albert tenía cierta inclinación a la soledad y le encantaban los juegos que exigían paciencia, como construir castillos de naipes de hasta 14 pisos. Resulta llamativo que ya de muy niño le horrorizaba lo militar hasta tal punto que tenía verdadero pavor a los desfiles. Esta aversión a la autoridad impuesta la padeció en el instituto, el Luitpold Gymnasium. Allí un profesor le dijo una vez que estaría mucho más contento de no tenerlo como alumno en su clase. «¡Pero si no he hecho nada malo!», contestó Einstein. «Sí, es verdad –le replicó el profesor–. Pero te sientas en la última fila y sonríes, y eso viola el sentimiento de respeto que un maestro necesita en su clase». Ese muchacho que se sonreía en la escuela fue después el viejo que cuando le dijeron que el padre de la bomba atómica, Robert Oppenheimer, iba a ser acusado de espía soviético, se rió y dijo: «Lo que tiene que hacer es ir a Washington, decir a los funcionarios que están locos y volverse a casa».

Los negocios no marcharon bien y en 1894 la familia Einstein se hizo cargo de una fábrica en Pavia, cerca de Milán, dejando a Einstein interno en el instituto. Desesperadamente solo y odiando profundamente la mentalidad germánica del militar 'paso de la oca', se marchó a Italia sin acabar el curso con la decidida intención de renunciar a su nacionalidad alemana. En Italia pasó los momentos más felices de su vida, viviendo a su aire, leyendo, viajando, leyendo, escuchando música, leyendo... Pero los negocios volvieron a marchar mal y su padre le apremió para que se asegurara un porvenir.

Einstein decidió prepararse por libre al examen de ingreso del Politécnico de Zurich. Suspendió. El director del Politécnico le instó que se preparara en la Escuela Cantonal de Aargau, en la ciudad de Aarau. Acostumbrado a la férrea disciplina germánica, el espíritu de libertad que allí se respiraba sorprendió a Einstein. La escuela estaba dividida en dos secciones: por una, el gimnasio o la escuela clásica, con 56 alumnos aprendiendo el latín de rigor, y una escuela técnico-comercial con otros 90 alumnos. Sin traza del autoritarismo que tanto odió en Munich, los alumnos eran tratados como individuos y se animaba a pensar por sí mismos. No es de extrañar que fuera en 1895 en Aarau, con 16 años, cuando se planteó una 'insignificante' pregunta que le obsesionó durante mucho tiempo: ¿Qué impresión produciría una onda luminosa a quien avanzara a su misma velocidad? Era el primero de sus famosos *Gedanken-Experimente* o experimentos mentales y marcaba el comienzo de su teoría especial de la relatividad.

Mientras estos pensamientos ocupaban gran parte de su tiempo adolescente, y después de sus clases en la Escuela, el dieciséisañero Einstein se enamoró de Marie Winteler, la hermosa hija del matrimonio que le acogió. Marie era dos años mayor que él y ambos se quisieron profundamente, como los dos adolescentes que eran. «Nos quisimos fervientemente, pero era un amor completamente idealizado», escribiría Marie años después. En sus recuerdos Einstein era «tan hermoso como un cuadro» pero se sentía abrumado por la brillantez en aumento de su «querido e inteligente ensortijado», el «amado gran filósofo». Su estancia allí fue uno de los periodos más felices de su vida: tenía a una hermosa chica a su lado y la excelente Escuela de Aarau, uno de los sistemas educativos más afamados de la época.

Pero al terminar el instituto y marchar al Politécnico en 1896 las cosas cambiaron. Einstein sugirió, sin previo aviso, que debían dejar de escribirse. Sorprendentemente, y según se desprende de las cartas de Marie, Albert pareció acusarla de querer acabar con su relación al irse de maestra a Olsberg, al noroeste de Aarau y más lejos de Zurich. Claro que eso no le impedía enviar la ropa sucia a Marie para que se la lavara...

La relación continuó, más por empeño de Marie que de Albert, quien había posado sus ojos en una compañera de clase del Politécnico, Mileva Maric. No está muy claro cuándo el futuro físico dio por terminada su relación con Marie —simplemente, dejó de escribirle—, pero en las vacaciones de primavera de su primer año en Zurich marchó a ver a su familia a Pavia en lugar de esperar a que Marie se reuniese con él tal y como había planeado durante el invierno. La ruptura sumió a Marie en una profunda depresión de la cual tardó bastantes años en salir. Cuando se casó, Einstein dijo a su amigo Besso que eso ponía fin a uno de los peores puntos negros de su vida.

Desde Zurich con amor

En octubre de 1896 Einstein llegaba al Politécnico. Su naturaleza rebelde encontró apoyo en Marcel Grossmann «que asistía regularmente a clase y elaboraba a fondo los apuntes». Con semejante amanuense gratuito no es de extrañar que Einstein tuviera tiempo para dedicarse a otras cosas. En particular, para cortejar a una compañera de clase cuatro años mayor que él, Mileva Maric, una serbia de ojos oscuros y bonita voz que arrastraba una cojera desde su infancia.

Resulta llamativo que el tono de 'amor eterno' que utilizara con ella fuera exactamente el mismo que el usado con Marie. A Einstein siempre le gustó la compañía de las mujeres, aunque nunca estuvieron por encima de su pasión por la ciencia. Marie, consciente de su inferioridad intelectual respecto a Albert, temía ser demasiado poca cosa para él y que eso le molestase hasta el punto de que perdiera interés por ella. Semejantes pensamientos no cruzaban por la mente de Mileva. Acostumbrado a las conversaciones burguesas y casi frívolas de las

mujeres a las que había dedicado sus atenciones, Einstein quedó fascinado por ella: una mujer en un mundo de pensamientos de hombres. Y mientras Marie le escribía desde Olsberg, Albert acudía a conciertos con Mileva.

En 1900, el año del examen de licenciatura, la Sección VI A de física y matemáticas del Politécnico de Zurich tenía los mismos cinco alumnos con los que empezó: Marcel Grossmann, vástago de una rica familia que estuvo a su lado en los tiempos de penuria y quien, a través de su padre, le consiguió el trabajo en la Oficina de Patentes; Jakob Ehrat, a menudo compañero de pupitre de Einstein y a cuya madre iba a visitar siempre que se sentía sólo; Louis Kollros, quien sacaría la mayor puntuación en el decisivo examen final; y Mileva.

Para entonces la relación entre ambos había pasado de amistad a romance, algo que había crecido lentamente durante los cuatro años de estudios en física y matemáticas. Einstein la veía, además, como su camarada intelectual. El aspirante a ciudadano suizo –lo solicitó el 19 de octubre de 1899– quedó cuarto (4,91 sobre 6) y Mileva no aprobó, algo que la deprimió profundamente. Pero el amor entre ellos iba a enfrentarse a un gran reto: la madre de Einstein. Cuando vio que la relación de su hijo con Mileva iba más allá que sus clásicos flirteos con otras mujeres, se enfadó muchísimo. Al contrario que sucediera con Marie Winteler, su amor por ella le enfrentó a sus padres, especialmente con su controladora madre Pauline: «Echarás a perder tu futuro y cerrarás el camino a tu propia vida», le escribió. Como buena alemana, Pauline creía que los serbios eran de una clase inferior. Y no sólo eso: «Ella es un libro, igual que tú [...] Pero tú deberías tener una mujer. Cuando tengas 30 años, ella será una vieja bruja».

Los años difíciles

Tras superar el examen del Politécnico Einstein albergaba cierta esperanza en conseguir un puesto allí. Pero ese carácter tan irreconciliable con la vida social y la autoridad académica le granjeó muchos enemigos, entre otros sus profesores del Politécnico. Comenzó una época de mera supervivencia, saltando de un trabajo temporal a otro –una

sustitución en la Politécnica de Winterthur, instructor de matemáticas de un doctor llamado Nüschke...-, con una familia empobrecida y un padre cada vez más enfermo.

El 18 de diciembre de 1901 responde a un anuncio aparecido una semana antes en la *Gaceta Federal Suiza* para cubrir una plaza vacante en la Oficina Federal Helvética de la Propiedad Intelectual, más conocida por todos como la Oficina de Patentes de Berna. Por su parte, el padre de Marcel Grossmann utiliza su influencia con el director de la oficina para encontrar un empleo a Albert. Hay suerte. Ese mismo diciembre recibe una carta donde se le notifica que en breve será contratado como experto técnico de tercera clase con un sueldo inicial de 3.500 francos.

En enero 1902 sucedió un 'incidente' que iba a marcar profundamente su relación y del cual nada se supo hasta 1987: Mileva dio a luz a una hija, Lieserl. La actitud de Einstein, que se encontraba trabajando en ese momento como profesor en Schaffhausen mientras que Mileva permanecía en Zurich, es llamativa. Durante el embarazo sus cartas revelan a un padre expectante y entusiasmado. Sin embargo, tras el nacimiento de Lieserl —en casa de los padres de ella en Novi Sad— adoptó una actitud distante y fría. No la volvió a mencionar en sus cartas y jamás fue a verla. Como si hubieran adoptado un pacto de silencio, ninguno de los dos volvió a mencionarla en sus cartas. La hija ilegítima de Einstein desaparece de la historia dos semanas después de su nacimiento y de ella jamás ha vuelto a saberse nada. Para muchos estudiosos, fue dada en adopción y nunca supo quién fue su padre.

La relación entre ambos se resintió y Mileva no volvió a ser la misma. Algunos apuntan a que se multiplicaron sus ocasionales atisbos neuróticos —en apoyo de esta hipótesis sobre el carácter de Mileva se suele mencionar esta frase que le escribió Einstein en mayo de 1901 «¡Si pudiera darte parte de mi felicidad para que nunca pudieras estar triste y pensativa!»—. A ello habría que añadir que por segunda vez suspendió el examen de licenciatura.

El 23 de junio Einstein tomaba posesión de su plaza en la Oficina de Patentes y cuatro meses más tarde moría su padre, no sin dar su con-

sentimiento a la boda de su hijo con Mileva y con la obvia irritación de su mujer. Para Robert Schulmann, director del *Einstein Papers Project*, aquél «fue un matrimonio envenenado desde el principio».

Se casaron el 6 de enero de 1903. Einstein, con la confianza de un trabajo seguro, se volcó en su trabajo y la pericia científica de Mileva la convirtió en “su colega”. ¿Pudo esto, a la larga, afectar a su matrimonio? Años después confesaba: «Muy pocas mujeres son creativas. No enviaría a mi hija a estudiar física. Estoy contento de que mi [segunda] mujer no sepa nada de ciencia». Para Einstein, la ciencia hacía a las mujeres agrias. Quizá por ello dijera de Marie Curie «nunca ha escuchado cantar a los pájaros»; Einstein vio en la ceguera emocional de la francesa la suya propia, y no le gustó.

En octubre los Einstein vivían en un apartamento de un dormitorio situado en el segundo piso del número 49 de Kramgasse, en el casco antiguo de Berna y a un escaso centenar de metros de la famosa torre del reloj –se mudarían a mediados de mayo de 1905 a las afueras de la ciudad–. Durante ese tiempo Einstein trabajó en la mesa de la cocina o en la del comedor, con la mano derecha garrapateando fórmulas mientras sostenía a su hijo Hans Albert, nacido en 1904, con la izquierda. Einstein tenía una increíble habilidad para abstraerse del mundo, de lo que él llamaba «lo meramente personal»: mientras a su alrededor podían hablar y discutir, él se sentaba cómodamente en el sofá y se ponía a trabajar. En un tiempo récord y en lo que para cualquiera serían las peores condiciones de trabajo, Einstein completó dos de los tres grandes trabajos publicados en el hoy famoso volumen 17 de la revista *Annalen der Physik*, pergeñó el borrador de la teoría de la relatividad, escribió su tesis y diez críticas de libros. Entre pañales, sartenes y papeles, la física newtoniana, la de toda la vida, iba a cambiar.

La Academia Olympia

Unos años antes, el 5 de febrero de 1902, en *El Noticiero de Berna* publicaba un curioso anuncio:

Clases particulares de matemáticas y física para universitarios y bachilleres imparte concienzudamente Albert Einstein, profesor especialista titulado por la Politécnica helvética. Callejón de la Justicia, 32, primer piso. Lección de prueba gratis.

A este reclamo de clases de física por tres francos suizos la hora acude Maurice Solovine, un estudiante rumano que estudia Filosofía en la Universidad de Berna, Konrad Habicht, matriculado en matemáticas en la misma universidad para poder llegar a ser profesor en un colegio. Estos espíritus afines, con grandes intereses en física, matemáticas y filosofía, fundan la *Academia Olympia*. Los tres jóvenes inquietos se reunían por las noches para discutir y estudiar filosofía y física. Un día Solovine, que era rumano, comentó que en cierta ocasión había comido caviar en casa de sus padres. Así que en uno de los cumpleaños de Einstein Solovine y Habicht se gastaron bastante dinero y llevaron a casa del alemán un caviar muy caro. Esa noche le tocaba hablar a Einstein. Tan ensimismado estaba con su disertación que se lo comió todo sin darse cuenta de lo que estaba comiendo.

En 1905 Solovine y Habicht se marcharon de Berna y la Academia se disolvió, pero no dejaron de estar en contacto. Y en la primavera de ese año Einstein enviaba una carta a Habicht donde le explicaba su plan de investigación. Un programa de trabajo que establecería las bases de la física del siglo XX. La carta decía así:

Te prometo cuatro trabajos. El primero trata de las características de radiación y energía de la luz y es muy revolucionario. El segundo trabajo es la determinación del verdadero tamaño del átomo a partir de la difusión y viscosidad de soluciones diluidas de sustancias neutras. El tercero demuestra que, considerando la teoría molecular del calor, los cuerpos en suspensión en un fluido y de dimensiones de una milésima de milímetro deben experimentar un movimiento desordenado producido por la agitación térmica, y este movimiento se puede medir. Es el movimiento de pequeñas partículas que ha sido observado por fisiólogos y denominado por ellos movimiento browniano. El cuarto trabajo, todavía en estado inicial, es sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento, empleando una modificación de la teoría del espacio y el tiempo, y la parte puramente cinemática seguro te interesará.

Estos eran los proyectos de un joven físico totalmente desconocido y empleado en una oscura oficina de patentes. Cuatro trabajos que revolucionarían al mundo: el primero daba una explicación a uno de los misterios de la física de finales de siglo, el efecto fotoeléctrico; con él expresaba una nueva y revolucionaria manera de entender la luz que sería crucial para el desarrollo de la teoría más perfecta jamás creada por la mente humana, la mecánica cuántica, que describe el mundo subatómico. El último ponía las bases de la teoría por la que sería mundialmente conocido, la relatividad especial, que describe el comportamiento de los cuerpos a velocidades cercanas a la de la luz. Los otros dos demostraban que una consecuencia del movimiento molecular era el desplazamiento errático en el seno de un líquido de partículas microscópicas; algo que serviría para demostrar que los átomos eran partículas bien reales, cosa que en aquellos tiempos no estaba muy claro. Con ellos Einstein fue encumbrado a los altares: era un beato de las ciencias. Pero su mayor obra, la que le iba a convertir en santo, estaba por venir.

Annus mirabilis

Comenzando el 17 de marzo de 1905, Einstein envió cinco artículos a la revista *Anales de Física*: el que le condujo al premio Nobel por su explicación del efecto fotoeléctrico, el que le hizo científicamente famoso al explicar el movimiento browniano (11 de mayo), el que puso las bases de la teoría especial de la relatividad (30 de junio), el que contiene la ecuación más famosa de la historia, $E = mc^2$ (27 de septiembre) y un segundo trabajo, menos interesante, sobre el movimiento browniano (19 de diciembre). De propina, una tesis doctoral donde plantea una nueva forma de medir el tamaño de las moléculas (30 de abril), que inicialmente no llamó la atención pero que acabó convirtiéndose en su trabajo más citado.

En toda la historia de la ciencia sólo ha sucedido en otra ocasión algo parecido. Fue 240 años antes, en 1665 y con otro de los grandes genios de la ciencia, Isaac Newton. A mediados del verano de ese año la Muerte Negra, la peste –que había desembarcado en el puerto de

Messina en 1347—volvía a la carga en un nuevo rebrote. Asolaba Londres con tal fuerza que en poco tiempo había muerto uno de cada diez londinenses. Ese otoño, la universidad de Cambridge, temerosa de que allí sucediese lo mismo, cerraba sus puertas y enviaba sus estudiantes a casa. Así que en la soledad de la campiña inglesa Newton se dedicó a la única actividad que, al igual que a Einstein, le satisfacía: pensar. Los 18 meses que pasó allí fueron los más fecundos de su vida y durante ese tiempo concibió todas las ideas que años después lanzaría al mundo. Un mundo que las acogería, no sin ciertas reticencias, y acabaría teniendo el apelativo de newtoniano: el universo funcionaba como un reloj bajo las leyes inmutables que quedaron impresas en el libro más importante de la historia de la física, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Las leyes presentadas en este libro se mantuvieron inamovibles hasta 1905: Einstein pidió perdón a Newton por su osadía.

Un errático movimiento

Los artículos sobre el movimiento browniano (en particular, “Sobre el movimiento de partículas pequeñas suspendidas en líquidos en reposo exigido por la teoría cinética del calor”) y su tesis doctoral tienen su origen en dos problemas centrales de la física de comienzos del siglo XX. El primero era la misma existencia de las moléculas ¿cómo probar que son reales? Y si lo son, ¿cómo determinar su tamaño y contar su número? El segundo problema era consecuencia del primero. Si son reales, ¿cómo relacionar su movimiento con conceptos tales como la temperatura o la presión?

La solución a los primeros interrogantes pudo ocurrírsele mientras tomaba el té. Al poner un terrón en el agua, se disuelve y se difunde por toda la taza, haciéndola más viscosa. De esta simple observación Einstein dedujo una nueva forma de determinar el tamaño de las moléculas y un valor para una constante fundamental de la física, el llamado número de Avogadro, que nos dice la cantidad de moléculas de un gas que hay en un volumen dado en unas condiciones concretas. Con él se puede calcular, por ejemplo, la masa de cualquier átomo. Este fue el contenido de su tesis. Lo curioso es que al enviarla a la universidad de

Zurich el encargado de evaluarla, Alfred Kleiner, la rechazó por ser demasiado corta. Einstein añadió una frase más y fue aceptada.

Los dos artículos de *Anales* discuten un fenómeno estudiado en 1827 por el botánico-conservador del Museo Británico Robert Brown: los granos de polen en suspensión en el agua se mueven de manera errática e imposible de predecir. Y no sólo ellos; rocas pulverizadas, polvo de vidrio y minúsculos trocitos de la Esfinge de Gizeh exhibían ese impredecible movimiento.

Tan curiosa pérdida de tiempo no llamó la atención de ninguno de los cerebros de la época y durante los siguientes cincuenta años el movimiento browniano permaneció almacenado en el cajón de incógnitas singulares en la ciencia. En el último cuarto del siglo XIX se había extendido el consenso entre aquellos poquísimos científicos a los que les preocupaba el movimiento browniano que la causa era el bombardeo constante al que estaba sometida la partícula de polvo por parte de las moléculas que componían el agua. El movimiento molecular —o por lo menos sus efectos— era, por fin, visible al ojo humano. Sin embargo, una cosa era intuir qué era lo que pasaba y otra muy distinta es explicarlo convenientemente. Y en 1905 nadie había logrado explicar este *movimiento browniano*.

Los problemas teóricos y matemáticos a los que se enfrentaba eran insuperables, pero Einstein los salvó con su brillante intuición física. Por un lado, dijo, tenemos el comportamiento microscópico del grano de polen, que podemos asimilar a una molécula gigante. Por otro, ese grano es lo suficientemente grande para que también obedezca las mismas leyes que gobiernan el movimiento de un sólido en un líquido, como un submarino. Einstein llegó a la conclusión de que midiendo el desplazamiento medio del polen podía calcular el valor de constantes fundamentales como el número de Avogadro. La parte decisiva y tremendamente sutil de la afirmación de Einstein —«Dios es sutil, pero no malicioso», decía— son las palabras *desplazamiento medio*: no importa el recorrido real de la partícula sino la distancia en línea recta desde el punto en que empezamos a medir hasta el final. Por poner un símil, el recorrido medio de un coche subiendo un puerto es la distancia que hay desde el lugar de la falda de la montaña en que empieza a subir hasta la cumbre. No importa las vueltas que dé la carretera —ése es el

camino browniano—; lo único que nos interesa es la distancia en línea recta recorrida en un intervalo de tiempo dado. La consecuencia de todo ello es que el grano de polen se mueve debido a que las moléculas de agua chocan con él como en un billar microscópico y, por tanto, el calor no es otra cosa que agitación molecular.

Con este trabajo Einstein respaldó «la existencia de átomos de tamaño definido». Gracias a él ganó el aplauso científico al salvar genialmente los problemas teóricos casi insuperables a los que se habían enfrentado los físicos del siglo XIX, contribuyendo sobremanera a la llamada física estadística. Sin ella hoy en día sería imposible comprender cosas tan dispares como la estructura interna de las estrellas o los superconductores.

Luz y tiempo

A pesar de la importancia del trabajo anterior, la imaginaria popular asocia a Einstein con la teoría especial de la relatividad. El artículo que puso los fundamentos se titulaba “Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento”. Con él eliminaba los problemas surgidos al querer reconciliar la teoría electromagnética de Maxwell con la mecánica de Newton, que se ocupa de los cuerpos en movimiento, y el descubrimiento experimental de que la velocidad de la luz parecía ser independiente de la velocidad del observador. Al parecer, las dos grandes teorías de la física del siglo XIX eran incompatibles.

Ya Galileo sugirió que las leyes físicas eran las mismas independientemente de si estamos quietos o corriendo a velocidad uniforme. Esto funcionaba de perlas con pelotas y piedras, pero no con la luz. Maxwell había demostrado que la luz era una onda electromagnética viajando a 300.000 kilómetros por segundo por el éter, un fluido sutil y en reposo absoluto que llenaba el espacio. La existencia del éter era absolutamente necesaria para que la luz viajase por el espacio, pues de todos era conocido que las ondas necesitaban de un medio para propagarse. Por eso el espacio no estaba vacío sino lleno, hasta el más diminuto intersticio, por ese material tan tenue que no se podía ver

ni medir pero tan rígido que permitía a la luz correr por el cosmos. Ahora bien, según la física clásica ni el movimiento ni el reposo absolutos existen: nuestro tren se mueve porque el del lado marcha hacia atrás... ¿o es él el que se mueve y nosotros estamos quietos? En el mundo de la mecánica newtoniana el reposo se define con referencia al entorno. Sin embargo, y como mencionaba el físico Banesh Hoffmann, «la teoría de Maxwell establece diferencias injustificadas entre reposo y movimiento». La situación era crítica: o se cambiaba la mecánica de Newton o se hacía lo propio con la bien establecida teoría electromagnética de Maxwell. Nadie quería desprenderse de ninguna de ellas y por ello se buscaban imaginativas formas de salvar ambas... y salvar el éter.

Einstein, contra todo pronóstico, optó por contradecir a Newton... en parte. Semejante decisión le llevó a afirmar que la velocidad de la luz es irrebasable. Esto era algo inconcebible, pues todo el mundo sabe que si corremos hacia delante a 20 km/h dentro de un tren que va a 100 km/h, quien nos observe desde el andén nos verá viajar a 120 km/h. Al parecer, esto no pasaba con la luz y Einstein elevó esta observación a carácter de principio de la física: la velocidad de la luz es la misma te muevas como te muevas. Tomar semejante determinación no fue motivada por explicar los experimentos sino por algo más profundo, algo que guió a Einstein toda su vida: la teoría nacida a partir de aquí era simple, elegante y bella. Claro que el precio a pagar era bastante elevado: tuvimos que dejar de considerar el tiempo y el espacio como absolutos; no son entidades separadas sino que debemos hablar de un continuo espacio-tiempo que *depende del observador*.

Como la información nos llega en forma de luz y su velocidad no es infinita, dos sucesos simultáneos para un observador no tienen que serlo para otro. El tiempo es relativo, el tictac del reloj depende de la velocidad a la que se mueve. Algo que se demuestra cada día en los aceleradores de partículas de todo el mundo.

Esta sorprendente característica queda perfectamente reflejada en la llamada "paradoja de los gemelos". Imaginemos dos gemelos, Andrés y Javier. Andrés monta en una nave espacial que viaja a velocidades cercanas a la de la luz y Javier se queda en casa esperando. Cuando

por el reloj de la nave han pasado veinte años, Andrés vuelve. Por desgracia, la teoría de la relatividad de Einstein juega en su contra. Cuando regresa, para Javier han pasado sesenta. Andrés ha viajado hacia el futuro más despacio que su hermano. Esta es la enseñanza de Einstein: todo reloj en movimiento, ya sea mecánico, eléctrico, atómico o biológico, retrasa con respecto a los que permanecen en reposo respecto a él. Una bonita forma de viajar al futuro... sin billete de vuelta. Una lección que los amantes del rock deben conocer: la canción '39 del histórico grupo Queen –cuyo fundador, Brian May es astrofísico– narra precisamente esto.

Pero lo más sorprendente es lo que Einstein mostró a los editores de *Annalen* el 27 de septiembre: masa y energía son intercambiables y están relacionadas a través de la fórmula $E = mc^2$. Sin ella prácticamente ningún fenómeno atómico, desde las reacciones nucleares a las desintegraciones radiactivas, pasando por la propia estructura de la materia, podrían entenderse.

Onda o partícula

Ahora bien, el artículo que cambió el mundo y por el que recibió el premio Nobel en 1921 fue "Sobre un punto de vista heurístico concerniente a la producción y transformación de la luz". En él explicaba el efecto fotoeléctrico, que cotidianamente vemos en acción en puertas, en la cinta de las cajas de los supermercados, en las escaleras mecánicas, en el encendido del alumbrado público cuando anochece, en la regulación del tóner de la fotocopidora, en los fotomultiplicadores de las cámaras de vídeo o en las células fotovoltaicas que componen los paneles de energía solar, capaces de convertir en energía eléctrica el 20% de la luz del Sol. El circuito se pone en funcionamiento debido a un curioso fenómeno que presentan ciertos metales: al incidir luz sobre ellos, emiten un electrón. ¿Por qué sucede así? Nadie lo sabía. Y no sólo eso. Para sorpresa de todos, la velocidad con la que salen los electrones del metal no depende de la intensidad de la luz. Esto era algo incomprensible, pues todos sabemos que la velocidad del balón depende de la potencia con la que se chuta. Sin embargo, la velocidad

dependía... ¡del color de la luz! Para la física clásica era como si la velocidad del balón dependiese del color de la bota del jugador.

Se necesitaba una nueva física. Quizá, aquella que nació el 14 de diciembre de 1900, cuando el alemán Max Planck explicaba un oscuro y, en apariencia, poco importante fenómeno: la radiación de cuerpo negro. En física, un cuerpo negro es un radiador ideal, pues absorbe toda la energía que le llega y, por tanto, su apariencia es negra. Después, esa energía la emite de una forma muy particular. El problema era que desde 1859 nadie había encontrado una fórmula que lo aclarase. Planck trabajó intensamente y al final se dio cuenta de que únicamente podría deducirla si suponía algo que hasta entonces era impensable: debía renunciar a la física de Newton y admitir que la materia no absorbe ni emite energía en forma continua. «Fue un acto de desesperación porque había que encontrar una interpretación teórica a toda costa». Para entenderlo imaginemos una manguera en cuya boca se ha puesto un pulverizador de agua. Por desgracia, nuestro pulverizador ideal no puede ir troceando las gotas de agua indefinidamente. Cuando llegue a la molécula de agua no podrá seguir. Del mismo modo, la idea de Planck era que la materia no podía absorber ni emitir radiación en cantidades cada vez más pequeñas, sin límite alguno. Existe una cantidad mínima de energía por debajo de la cual no se puede bajar: el cuanto.

Einstein fue más allá y propuso que, además, la radiación, la propia luz, estaba compuesta por cuantos, los fotones. De este modo tan simple y elegante Einstein explicó las propiedades del efecto fotoeléctrico y, con él, desempeñó un papel crucial en el desarrollo de la teoría más perfecta de la ciencia, la mecánica cuántica, al ser el primero en afirmar que la luz se comporta, a la vez, como partícula y como onda. Pero Einstein no se detuvo aquí. Años más tarde, en 1917, publicaría su artículo "Sobre la teoría cuántica de la radiación", donde seguía explorando la interacción de la luz con la materia. En aquel trabajo predijo un 'efecto insignificante' que nadie tomó en consideración hasta la década de 1950: el láser. Y en 1924 un joven físico bengalí, Satyendranath Bose, escribió al ya famoso Einstein una carta donde le pedía que revisara un artículo basado en sus ideas y que había sido rechazado por una revista científica. En definitiva, pedía ayuda al

genio. Einstein lo leyó y, al contrario que los editores del *Philosophical Magazine*, quedó tan impresionado que recomendó su publicación en el *Zeitschrift für Physik* y añadió una nota diciendo que pensaba completar esas ideas. Así nació la llamada estadística de Bose-Einstein, donde se trata a los fotones de luz como si fueran un gas de moléculas. Casi 70 años más tarde, en los laboratorios del Joint Institute for Laboratory Astrophysics (JILA), en Boulder, Colorado, culminaba un esfuerzo de dos décadas por parte de los científicos de todo el mundo por comprobar experimentalmente una predicción de esa teoría. A temperaturas de unas pocas mil millonésimas de grado por encima del cero absoluto, los átomos pierden su identidad individual y se comportan como si fueran un único 'superátomo': es el condensado de Bose-Einstein.

Ahora bien, y a pesar de su innegable 'paternidad cuántica' siempre renegó de ella. No le gustaba porque conducía a la desaparición de la causalidad: «Dios no juega a los dados». Incluso decía que ser tan buena era una prueba clara de que era incorrecta. Esta postura revela su carácter: Einstein no era un revolucionario; podía ser radical, pero nunca fue un rebelde. La relatividad no significó una ruptura tan drástica con el mundo antiguo como la teoría cuántica. Semejante oposición merece, cuando menos, una breve digresión en nuestra historia.

Einstein y la teoría cuántica

El acto de observar modifica la perspectiva del observador. El descubrimiento de América cambió la forma de ver nuestro planeta; saber que las galaxias eran otras islas de estrellas muy lejanas mudó nuestra percepción del universo; pero la exploración del mundo subatómico nos ha llevado muchísimo más lejos, a un lugar que nadie esperaba encontrar: cuestionar la esencia misma de la realidad. «Si alguien dice que puede pensar en los problemas cuánticos sin sentir vértigo, sólo demuestra que no ha comprendido lo más elemental de ellos», señaló en cierta ocasión a un discípulo uno de sus fundadores, Niels Bohr. Y es verdad. La teoría cuántica es, aparentemente, tan absurda y con tanto sinsentido que, cien años después, sigue siendo un misterio.

Nuestro modelo del mundo proviene de nuestras propias percepciones. Sin embargo, eso no quiere decir que sea real, por lo menos en todas las escalas. Un anillo de oro puede parecer muy sólido, pero está formado casi completamente por espacio vacío; la bola de billar blanca no golpea a la roja, sino que los campos eléctricos de los electrones de los átomos que las componen se repelen: si no fuera por ellos, una pasaría a través de la otra sin enterarse.

Pero la teoría cuántica ha llegado mucho más lejos. Según ella, la realidad misma, entendida como algo objetivo que se encuentra ahí fuera, deja de existir, es sólo una ilusión. No vemos las cosas en sí mismas, sino aspectos de lo que son.

Todo tiene su origen en la naturaleza de la luz. Durante siglos los físicos discutieron si era una onda, como lo son el sonido o las olas del mar, o una nube de innumerables partículas, como los balines disparados por una escopeta de feria. A principios de este siglo los físicos estaban estupefactos: había fenómenos que únicamente se podían explicar si la luz se comportaba como una onda, y otros en los que debía ser una partícula. La solución, sorprendente, estaba en aceptar lo imposible: que la luz era ambas cosas a la vez. Y el golpe de gracia: la materia también se comporta igual. Los electrones no son pelotas únicamente, y esto es algo que a los científicos les costó mucho aceptar. Y más que se comportan de una forma u otra en función de lo que queramos ver, como en el conocido dicho 'las cosas son del color del cristal con que se miran'.

La consecuencia de aceptar esto es terrible: el ser humano ha dejado de ser un ser aparte, separado de la naturaleza y de los actos de observación. Al observar, modificamos el mundo. Aún más, al observar hacemos que el mundo sea de una forma y no de otra. Pero el mazo definitivo lo dio un físico enamorado del mundo griego, Werner Heisenberg. El mundo clásico desapareció cuando demostró una indeterminación fundamental: o bien conocemos la trayectoria de un protón, o bien conocemos su posición, pero no ambas. Hay que dejar muy claro que no se trata de un problema de nuestros instrumentos de medida; es una indeterminación fundamental de la naturaleza. Cuanto más exploramos el mundo subatómico, mayor es la indeterminación

que observamos. Cuando un fotón choca con un átomo haciendo saltar a uno de los electrones a una órbita superior, el electrón lo hace instantáneamente, sin atravesar el espacio intermedio. Lo mismo que las órbitas atómicas están cuantizadas, el electrón deja de existir en un punto para aparecer simultáneamente en otro: este es el famoso y desconcertante salto cuántico.

Incluso la noción de causalidad desaparece, quedando únicamente la probabilidad de que algo suceda. Podemos arrojar una pelota todo lo que queramos contra una pared, porque no siempre rebotará; esto es sólo probablemente verdadero. En alguna ocasión la pelota irá a otro sitio y sólo podremos decir que hay una cierta probabilidad de que eso suceda.

Que la física cuántica rompiera con el confortable determinismo clásico no gustó a muchos. Y entre ellos se encontraba Albert Einstein: «La mecánica cuántica -dijo en cierta ocasión- es imponente, pero una voz interior me dice que no es lo real. La teoría dice mucho, pero no nos acerca verdaderamente al secreto del 'viejo'. Yo, al menos, estoy convencido de que Él no juega a los dados». Uno de esos juegos de dados es la desintegración radiactiva.

El gato de Schrödinger

Desde el descubrimiento de la radiactividad por Henri Becquerel en 1894 sabemos que hay átomos que son inestables. Para estabilizarse se desintegran, emitiendo un electrón, dos protones y dos neutrones pegados o, simplemente, luz de muy alta energía. La cuestión es que, a pesar de ser capaces de saber si un átomo se va a desintegrar o no, somos incapaces de predecir cuándo lo hará. Lo máximo que podemos hacer es predecir que, por ejemplo, transcurrida una hora hay un 50% de posibilidades de que un átomo se desintegre. Dicho de otro modo: tras una hora, no hay forma de saber si ese átomo se ha desintegrado a no ser que miremos. Esto hace del acto de observar algo fundamental: si no lo hacemos, para nosotros ese átomo está en una especie de limbo desintegrado y no-desintegrado.

Esto quizá no nos llame la atención; puede, incluso, parecernos demasiado lejano de nuestro mundo cotidiano y real. Ahora bien, imaginemos la siguiente situación: tomemos esa misma sustancia radiactiva como motor de un ladino mecanismo. Si un átomo de esa sustancia se desintegra, se dispara un martillo que rompe una ampolla rellena de un gas letal. Ahora metamos en una caja este dispositivo y un gato. Transcurrida una hora somos incapaces de decidir si el gato está vivo o muerto. Desde nuestro punto de vista, el gato tiene un 50% de posibilidades de estar vivo y otro tanto de estar muerto. Está en un limbo vivo-muerto. Pero esto no puede ser: o está vivo o está muerto. Únicamente si abrimos la caja sabremos lo que pasa. Démonos cuenta de que este desconocimiento no lo es por ignorancia de lo que ocurre, sino porque las leyes que rigen la desintegración radiactiva son probabilísticas. En definitiva, lo que nos dice la física cuántica es que el gato no existe hasta que lo observamos. En el momento de abrir la caja es cuando su existencia, que hasta entonces era una mezcla de vivo y muerto, es una cosa o la otra. Este experimento mental es el conocido gato de Schrödinger.

Es este carácter probabilístico de la mecánica cuántica el que nos lleva a la terrible conclusión de que no existe ninguna realidad profunda. Mientras nadie los mida, los objetos cuánticos no tienen ningún atributo, ninguna propiedad intrínseca. Esta es la llamada la *interpretación de Copenhague*, la corriente ortodoxa dentro de la física. Vivimos, pues, en un mundo fantasma, donde nada hay definido hasta que se mide. Las consecuencias de esta interpretación no preocupan demasiado a los físicos. La teoría cuántica satisface el principal criterio de una teoría, a saber, estar de acuerdo con los resultados experimentales. Luego, ¿qué más da lo que implique filosóficamente? Ante semejante panorama no es de extrañar que Einstein dijera: «Si la mecánica cuántica fuera correcta, el mundo estaría loco». A lo que muchos físicos le responden: «Einstein tenía razón. El mundo está loco».

EPR

Una locura... No es raro que el propio Stephen Hawking comentara en cierta ocasión: «Cuando oigo hablar del gato de Schrödinger, cojo

mi revólver». A Einstein no le gustaba nada esta situación probabilística. Para atacarla, en 1935 Einstein, junto con Boris Podolsky y Nathan Rosen, publicó un artículo que, paradójicamente, iba a marcar el futuro de la mecánica cuántica. Titled "¿Puede considerarse completa la descripción mecanocuántica de la realidad?", en él aparecía lo que desde entonces se conoce como la paradoja EPR, un experimento mental con el que querían dar a entender que la teoría cuántica era incompleta y, por tanto, que jamás podría ser una descripción de la realidad. La propuesta era brillante. Imaginemos que lanzamos dos monedas, inicialmente unidas por una de sus caras, al aire. Al caer se separan y Juan y Pedro las cogen al vuelo sin mirarlas. Entonces deciden irse de viaje. Cuando Juan llega a Australia, abre la mano y ve que es cara. Según la leyes de la teoría cuántica, Juan sabe inmediatamente que Pedro, en Suecia, verá una cruz. Para comprender todas las implicaciones de este experimento debemos recordar algo crucial: la mecánica cuántica dice que las propiedades de las partículas, en este caso 'salir cara o cruz', no existen hasta que se miden. Esto es, hasta el momento en que Juan abre la mano, la moneda no se encuentra ni con la cara hacia arriba ni con la cruz, sino en un estado 'mezcla' de los dos, y tiene la misma probabilidad de estar de una forma u otra. Es en el momento en que Juan mira cuando la moneda presenta una de las dos caras. Y en ese momento es cuando él puede asegurar, sin duda alguna, que la otra moneda mostrará el otro lado¹. Aparentemente es como si se produjese una transmisión de información instantánea de un extremo al otro, algo que contradice un principio físico básico: nada puede propagarse a mayor velocidad que la luz. Ahora bien, el experimento de EPR se ha realizado múltiples veces y nunca ha fallado. Einstein no tenía razón. Es más, este experimento se ha convertido en uno de los mecanismos más utilizados para la transmisión segura de información, y constituye, de hecho, el pilar más firme de las nuevas tecnologías de la criptografía y computación cuánticas.

¹ En realidad el experimento se hace con partículas. Si una de ellas se encuentra en reposo, sin girar y se desintegra en otras dos idénticas que parten girando en sentidos y direcciones opuestas, estas se encuentran en un estado enredado en el que no se puede asegurar cuál de ellas está girando en un sentido y cuál en otro.

«El pensamiento más feliz de mi vida»

Tras el despliegue de pirotecnia intelectual que supuso 1905 tuvimos que esperar dos años, a 1907, para que volviera a suceder algo parecido. Sentado ante su mesa de la oficina de patentes, tuvo un pensamiento: si una persona cae libremente, no siente su propio peso. «Fue el pensamiento más feliz de mi vida». Acaba de abrir la puerta a su obra maestra: la Teoría General de la Relatividad. Einstein había descubierto el llamado *principio de equivalencia*: encerrados en un armario, no hay forma de distinguir si nos encontramos en un planeta o nos llevan por el espacio a aceleración constante. Esto es, gravedad y aceleración son intercambiables. Este fue el gran milagro de Einstein, que le hizo pasar de beato a santo.

Con este principio en la mano y con la inapreciable ayuda de su amigo matemático Marcell Grossmann, Einstein trabajó duramente durante varios años. En noviembre de 1915 Albert Einstein presentó su teoría de la gravitación en la Academia de Ciencias Prusiana, «el momento más dichoso de mi vida». En esas lecciones dio a conocer una teoría que conectaba la geometría del espacio con la materia presente en él: el valor de la curvatura del espacio en un punto es una medida de la gravedad existente en dicho punto. De este modo Einstein nos dijo cómo era el Universo, cuál era su geometría.

La Geometría –con g mayúscula– nació hace 2.300 años en la entonces próspera y floreciente ciudad de Alejandría. La dinastía macedonia de los Ptolomeos había fundado un templo a las Musas, el Museo, famoso por su biblioteca compuesta por miles de pergaminos traídos de todas partes. Fue allí donde Euclides escribió uno de los libros más famosos de la historia: *Elementos de Geometría*. El libro es importante por dos motivos: uno, porque recopilaba todo lo que hasta entonces se sabía de geometría; dos, porque lo hizo de una manera que quedaría por siempre como método de trabajo en las matemáticas: a partir de unos pocos postulados que se aceptan sin demostración porque resultan evidentes, se deducen todas las consecuencias, teoremas, posibles. Euclides partió de cinco postulados y con ellos construyó la Geometría.

Y aún hoy el mundo seguiría siendo euclídeo si no fuera por el quinto postulado de Euclides, también conocido como el postulado de las paralelas, que en su versión moderna, dada por el matemático John Playfair en 1795, dice: "Dada una recta y un punto que no pertenece a la recta, sólo se puede trazar una línea paralela a la primera que pase por ese punto". Este quinto postulado no era del gusto de Euclides, que en su libro intentó utilizarlo lo menos posible. Durante mucho tiempo los matemáticos buscaron afanosamente la forma de demostrar que ese quinto postulado podía deducirse de los otros cuatro, pero buscaron en vano, a pesar de que en diferentes ocasiones se creyó haber encontrado la prueba. Tuvimos que esperar al tardío año de 1817 para que uno de los matemáticos más brillantes de la historia, Karl Friedrich Gauss, se convenciera de que este postulado era independiente de los otros cuatro. De hecho, descubrió que si lo negaba, si permitía trazar más de una paralela a una recta por un punto dado, obtenía una geometría totalmente consistente. Pero el brillante y nada polemista Gauss no se atrevió a publicar sus resultados. Las ideas del filósofo Immanuel Kant dominaban el pensamiento de la época: «la geometría euclidiana es la necesidad inevitable del pensamiento» había dicho. Y, al igual que había sucedido en la Edad Media con Aristóteles, no se podía contradecir al filósofo.

Lo que sí hizo fue comentárselo a su amigo matemático Farkas Bolyai, que a su vez instruyó a su hijo János en el arte de las matemáticas pero advirtiéndole: «No pierdas ni una hora de tu tiempo en el problema del quinto postulado». Como buen hijo no hizo caso a su padre. El trabajo de János sobre geometría creó un nuevo mundo y Gauss calificó al joven geómetra como «un genio de primer orden». Seis años más tarde, en 1829, un ruso llamado Nicolai Ivanovich Lobachevsky publicaba un trabajo sobre esta nueva geometría en una oscura revista de la universidad local. Pero su intento de hacerlo llegar a un público más amplio fue ahogado por uno de los popes de las matemáticas rusas, Ostrogradski.

Este mismo fantasma persiguió a una de las mentes más originales de las matemáticas: Georg F. B. Riemann. Discípulo de Gauss, su conferencia impartida el 10 de junio de 1854 para obtener su Habilitación, el grado que le permitía ser profesor en una universidad alemana, es recordada como un clásico de las matemáticas. Su título: *Sobre*

las hipótesis que fundamentan la geometría. Un trabajo que nadie tomaría en cuenta más allá de una curiosidad matemática hasta que 60 años después Einstein la usara para explicar la forma del Cosmos. Resulta fascinante descubrir que oculto tras el quinto postulado de Euclides se encontrase el mismo universo.

Relatividad general

En noviembre de 1915 Albert Einstein lanzaba al mundo una nueva forma de entender la gravedad. Era su teoría más completa, producto exclusivo de una mente prodigiosa. Con ella pudimos comprender no sólo cómo actuaba la gravedad, sino qué era. Hasta entonces, la gravedad era entendida como una fuerza de acción a distancia e instantánea. Con cierto encanto fantasmagórico, su verdadera naturaleza yacía oculta en algún rincón oscuro y escondido de la física. Nadie sabía por qué actuaba de esa forma. Fue en el curso de las tres famosas lecciones dictadas por Einstein en la Academia cuando se hizo la luz. Quizá la frase que resume mejor la teoría einsteiniana es la que aparece en el clásico libro *Gravitation* de los físicos Wheeler, Thorne y Misner: «El espacio dice a la materia cómo debe moverse; la materia dice al espacio cómo debe curvarse».

Podemos visualizar el funcionamiento de la gravedad con la siguiente analogía. Imaginemos una típica cama elástica como representación bidimensional del espacio-tiempo en que vivimos. Si no hay nada encima de ella (materia), su forma (geometría) es totalmente plana, sin deformaciones. Supongamos que colocamos en el centro una esfera de hierro maciza (una estrella). La superficie elástica va a deformarse debido a la presencia de masa. Si arrojamamos una canica (un planeta, una sonda espacial...) sobre ella, veremos que se desplaza en línea recta hasta encontrarse con la distorsión creada por la esfera. Siguiendo la pendiente caerá hacia ella o, según sea el ángulo de incidencia, describirá una trayectoria curva a su alrededor; estará orbitando en torno a la masa central. Ésta es la idea básica de la relatividad general: el valor de la curvatura en un punto del espacio es una medida de la gravedad existente en dicho punto. A mayor curvatura, mayor gravedad.

Igualmente es fácil ver que una esfera de plomo deformará en mayor grado la cama elástica que una de madera de igual tamaño. Luego cuanto más densa sea una estrella, la distorsión del espacio-tiempo será mayor y la gravedad será más intensa. Ésta es, en pocas palabras, la imagen que las ecuaciones de Einstein nos ofrecen de nuestro universo con gravedad.

La relatividad general es una de las teorías más importantes de la física. Su encanto se vio confirmado en el eclipse total de 1919, cuando el astrofísico Arthur Stanley Eddington observó la desviación de los rayos de luz de las estrellas al pasar cerca del Sol. Por ese motivo las estrellas no estaban donde debían estar, sino donde Einstein decía. Tras la confirmación, *The New York Times* la tildó como «uno de los más grandes éxitos –si no el más grande– de la historia del pensamiento humano». Eso sí, nadie la entendía. Cuentan que una vez alguien le comentó a Eddington: «¿Sabe que sólo hay tres personas en el mundo que comprenden la relatividad general?» A lo que Eddington contestó: «¿Sí? ¿Quién es el otro?»

Hoy en día, la Teoría General de la Relatividad está considerada como la descripción más acertada de la gravitación y es el pilar de la cosmología moderna. De hecho, el Premio Nobel de Física de 1993 supuso el reconocimiento implícito de su validez, así como el espaldarazo a una de las predicciones más fascinantes de esta teoría: la existencia de ondas gravitacionales. Otra consecuencia de la teoría que se descubrió experimentalmente en 1979 es el llamado efecto de lente gravitacional, que los astrónomos usan para observar galaxias distantes, tan débiles que pueden pasar totalmente desapercibidas incluso para los más potentes telescopios. Sin embargo, cuentan con la ayuda inesperada de las lentes gravitacionales. En determinadas condiciones, si se coloca un grupo de galaxias, un cúmulo, entre nosotros y una galaxia muy lejana, éste se comporta como si se tratara de una lente, amplificando la imagen y aumentando el brillo de lo que se encuentra detrás. Es como si los astrónomos tuvieran un *zoom* pegado al frente de sus telescopios. Uno de estos teleobjetivos naturales es el cúmulo Abell 2218, en la constelación del Dragón. Para hacernos una idea, el efecto de lente gravitacional creado por el cúmulo amplifica la imagen 5 veces y aumenta su brillo 30 veces. Gracias a esta "técnica"

se han encontrado pequeños grupos de objetos que podrían ser de las primeras estructuras formadas en nuestro universo.

La relatividad general, además, nos tiene reservado en su interior un par de sorpresas. La primera, unos objetos muy extraños que van a desempeñar un papel destacado en el destino final del universo. La segunda, el origen del universo.

Embudos cósmicos

Puede resultar llamativo que la primera solución a las ecuaciones de la relatividad general no fuera encontrada por el propio Einstein. Su descubridor fue el astrónomo alemán Karl Schwarzschild, director del observatorio de Postdam. Con cuarenta años abandonó la tranquilidad de su cargo para alistarse como voluntario al comenzar la I Guerra Mundial. Mientras se encontraba en el frente ruso estudió los artículos publicados por Einstein y un mes después, en diciembre de 1915, halló una solución analítica al problema de una masa puntual situada en el espacio vacío.

Desgraciadamente no pudo defender su trabajo en la Academia. Durante su estancia en el frente oriental contrajo una enfermedad de la piel, el pénfigo². Repatriado urgentemente, murió el 11 de mayo de 1916 en un hospital de Postdam.

El manuscrito entusiasmó a Einstein, que lo presentó en la Academia cuando Schwarzschild yacía en el lecho de muerte. Uno de sus mayores logros es que su descripción del espacio-tiempo explica correctamente el campo gravitatorio del Sistema Solar. Sin embargo, lo realmente fascinante es que esa misma descripción introduce uno de los objetos más asombrosos y desconcertantes de la física: el agujero negro. Schwarzschild demostró que si una masa está lo suficientemente concentrada, la curvatura del espacio en regiones próximas alcanzará tal magnitud que la dejará separada, aislada, del resto del universo. En nuestra imagen del espacio-cama elástica lo podemos representar como un embudo. Cualquier masa que se precipite en su interior se perderá irremisiblemente.

¿Por qué? A medida que nos acercamos a un cuerpo la velocidad necesaria para escapar de su campo gravitatorio va siendo cada vez mayor. Si nos encontramos frente a un astro lo suficientemente masivo y compacto puede llegar a ocurrir que llegados a una determinada distancia la velocidad de escape sea exactamente la de la luz. Si a partir de ese punto continuamos acercándonos al objeto, la velocidad de escape se hace mayor que la de la luz. Como la velocidad de la luz marca el límite físico a todas las velocidades posibles de las partículas existentes en nuestro universo, nada puede salir. La luz y todo lo que se encuentre en esa región del espacio queda atrapado, sin conexión posible con el resto del universo. A esa distancia que marca el límite de no-retorno se la conoce con el nombre de radio de *Schwarzschild* u *horizonte de sucesos*. Nada de lo que pudiera acontecer en su interior será visto, oído o conocido por ningún observador externo.

La idea de que pudiese existir un cuerpo tan inefablemente extraño repugnaba a gran cantidad de físicos, incluyendo a Einstein y Arthur Eddington. Se dedicaron grandes esfuerzos a encontrar algún mecanismo que impidiera su existencia en la naturaleza. Por desgracia para ellos, en 1939 Robert Oppenheimer –el padre de la bomba atómica– y Hartland Snyder demostraron que tales objetos no eran meros fuegos de artificio matemáticos y sí podían existir en el mundo real.

Un universo en expansión

La relatividad general no sólo predice la existencia de objetos como los agujeros negros; también predice la estructura y evolución de nuestro universo. Sus ecuaciones aplicadas al conjunto del cosmos conllevan una sorprendente propiedad: su expansión. Un universo hinchándose como un globo no suele llamarnos hoy la atención. No porque lo comprendamos, sino porque estamos habituados a escu-

² Una enfermedad de tipo autoinmune cuya característica básica es la aparición de ampollas extensas por todo el cuerpo, muy frágiles. Viene acompañada de anorexia, cansancio, fiebre, dolores en las articulaciones... Esta situación se agrava paulatinamente y en aquella época -antes de la aparición de los corticoides- conducía a la muerte.

Vida en común

Volvamos de nuevo a la vida cotidiana del genio. Con el paso de los años el matrimonio con Mileva fue enrareciéndose. En mayo de 1912 la discordia ya era innegable. Para entonces Einstein había retomado su relación con su prima Elsa, la que sería su segunda mujer —el primer mensaje que Einstein le mandó el 30 de abril era una nerviosa declaración de amor—. Su papel en la desintegración del matrimonio no está claro debido al natural secretismo con que Einstein envolvió su vida. Lo cierto es que la evolución del matrimonio Einstein-Mileva desde ese año hasta su divorcio en 1919, justo el año en que el físico se convirtió en una figura reverenciada a nivel mundial, fue el clásico: distanciamiento, peleas, falta de relación... incluso llegó a más: hubo violencia doméstica.

Sus dos hijos, Hans Albert y Eduard, sufrieron la separación y fueron usados como arma arrojadiza. La relación que tuvo con ellos fue irregular: sí ejerció de padre, pero la ciencia, como en cualquier otra faceta de su vida, siempre estuvo por encima. Un momento crítico sucedió cuando Eduard sufrió un colapso mental. Mileva y Hans Albert le pidieron que volviera a Suiza, donde vivían, para ayudarlo. Einstein les contestó que prefería quedarse en Berlín, donde en ese momento era profesor. Primero, porque creía que podía hacer un buen trabajo científico allí; segundo, porque estaba convencido de que Mileva había envenenado a sus hijos contra él. Eduard, esquizofrénico, terminó sus días en una institución mental de Suiza.

Einstein se divorciaba el 14 de febrero de 1919 y se casaba con Elsa el 2 de junio. Su segunda mujer fue la pareja que Einstein necesitaba: cuidaba de él tan amorosamente como podría hacerlo una madre. Einstein, convertido ya en una figura legendaria por los medios de comunicación, se dedicaba a su gran amor: la ciencia. Claro que no descuidó su relación con las mujeres. Muchos estudiosos piensan que fueron, casi sin excepción, unas relaciones puramente platónicas pero lo suficientemente intensas como para que sus dos mujeres tuvieran

⁴ Éste es el valor de la densidad crítica hoy. Como el universo se expande, el volumen cambia y cualquier densidad es función del tiempo transcurrido.

celos. Hasta el punto de que Elsa, enfrentada al secreto a voces de la relación entre su marido y Margarete Lebach, una joven rubia austriaca, recibiera el consejo de sus hijas de separarse.

Poco a poco Einstein fue expresando cínicos comentarios acerca del matrimonio: que tuvo que ser inventado por un cerdo sin imaginación, que era esclavitud en un envoltorio cultural... Algunos le han acusado de misoginia, pero su actitud hacia las mujeres fue la misma que hacia los hombres: a todos trató con distante cortesía y amabilidad. Einstein fue un hombre preocupado por la humanidad pero indiferente hacia los seres humanos concretos, a quienes valoraba únicamente por su capacidad intelectual eso hizo que Elsa se sintiera siempre inferior.

El Nobel

En 1974 la Fundación Nobel decidió abrir sus archivos. Pero no todos: sólo aquellos de los que hubieran pasado 50 años desde la concesión del premio científico más importante del mundo. Así nos enteramos, por ejemplo, que Albert Einstein fue nominado 62 veces en 12 años. Y no ha sido el que más nominaciones ha recibido. Arnold Sommerfeld, otro de los padres de la teoría cuántica, fue nominado 81 veces y nunca consiguió la preciada medalla.

«La historia de la ciencia moderna podría ser escrita sin mirar más allá de los nombres de los premios Nobel de física, química y medicina», escribió un periodista en 1911. Nada más lejos de la realidad. Al menos en física. Dejando a un lado que en las primeras décadas el Comité Nobel decidió que la investigación teórica no merecía tanto crédito como la experimental (y, de hecho, un número importante de las mejores cabezas de los primeros 30 años del siglo XX se quedaron sin él), para ganar el Nobel es necesario investigar en áreas que él estime son importantes. Además de no caerles en desgracia, como le sucedió a Einstein.

Tras el eclipse de Sol de noviembre de 1919, que confirmaba una de las predicciones más asombrosas de la relatividad general, cualquiera hubiera apostado por Einstein para los Nobel de 1920. Pero no se le



Reunión de físicos. Fotografía oficial del Congreso Solvay de Física celebrado en Bruselas en 1927, entre cuyos asistentes se encontraba Albert Einstein. El tema central fue «Electrones y fotones».

concedió. El premio recayó en Charles-Edouard Guillaume por descubrir una aleación de níquel y acero que se mantenía casi inalterada a pesar de que hubiera cambios en su entorno. Aunque este hallazgo fue decisivo para construir instrumentos de medida de altísima precisión, la elección no pudo ser más errada.

El año siguiente fue peor. Quien informó a la Academia de Ciencias sueca del trabajo de Einstein sobre la relatividad, tanto especial como general, fue Allvar Gullstrand, un profesor de óptica en la universidad de Uppsala. No entendió ninguna de las dos, pero se vio en la obligación de negar el premio al alemán. El "experto" sueco del Comité había hablado y la Academia, a pesar de que sabían del error cometido, decidieron no concederle el premio: no tenían en demasiada estima a Einstein y ninguna intención de desairar a uno de sus más respetados miembros. Fue al año siguiente, cuando se incorporó un profesor de física matemática llamado Carl Wilhelm Oseen —un hombre arrogante y pretencioso que dominaría el comité durante más de dos décadas—, que se decidió concederle el premio con carácter retroactivo. Pero Oseen no se creía la relatividad y quería dar un tirón de orejas al genio: al final Einstein recibió el premio por su trabajo sobre el efecto fotoeléctrico —un trabajo importante, pero menor en comparación

con la relatividad— en una ceremonia celebrada en 1922, a la que no pudo —o no quiso— asistir. Pero poco podía importar. Einstein iba camino de convertirse en dios.

El Instituto de Estudios Avanzados

A comienzos de los 1930 las universidades de Oxford, Jerusalén, París, Madrid y Leyden le ofrecían todo tipo de prebendas con tal de que fuera profesor suyo. Pero quien lo consiguió fue el recién creado Instituto de Estudios Avanzados de Princeton.

Princeton, en el estado de Nueva Jersey, fue durante muchos años una tranquila aldea conocida por los norteamericanos únicamente porque durante la Guerra de la Independencia George Washington derrotó a los británicos cerca de allí. Fue fundada en 1685 por unos cuáqueros que se enamoraron de los arroyos, bosques y llanuras de aquella comarca. Con una pequeña universidad desde 1756, en octubre de 1933 y prácticamente de la noche a la mañana, la apacible vida de esta pequeña ciudad se vio trastocada al convertirse en un centro mundial de puro pensamiento.

Oficialmente, el 30 de mayo de 1930 se creó el Instituto de Estudios avanzados, aunque abrió sus puertas tres años más tarde. El Instituto de Princeton fue obra de los millones de Louis Bamberger y de su hermana Caroline Bamberger Fuld y del empeño y esfuerzo de Abraham Flexner. Aunque el verdadero padre de la criatura fue Platón, pues el Instituto de Estudios Avanzados parece haber sido trasplantado desde los bosque de Atenas a los bosques norteamericanos. Iba a ser una especie de centro de investigación sin estudiantes, ni profesores, ni clases. Los mejores hombres de ciencia llegarían allí para realizar sus investigaciones sin laboratorios ni instrumental de ninguna clase. Lo único que debería hacerse era pensar.

Robert Oppenheimer, el padre de la bomba atómica, fue director del Instituto durante 20 años, y lo definía como un hotel para intelectuales, un lugar donde los sabios podían aislarse y olvidarse durante todo el tiempo de las necesidades materiales de la vida. Dividido

en cuatro especialidades, Matemáticas, Ciencias Naturales, Historia y Sociología, para ser admitido en este restringido círculo debía (y debe) pasarse un proceso de selección que sólo superaban los más brillantes. Los que tienen esa suerte reciben un sueldo, un despacho y un apartamento. Desde que llegan hasta que se marchan el Instituto les ofrece desayuno y comida cinco días a la semana y cena los miércoles y los viernes. En el Instituto no hay nadie que marque ritmos de trabajo. Cada cual lo hace a la velocidad que quiere y cuando termina su estancia no debe entregar ningún informe de lo que ha hecho. Como si no han hecho nada. Cogen sus maletas y se van de este paraíso intelectual en el que han cobrado un muy buen sueldo. ¿O no se le llama también el Instituto de Sueldos Avanzados?

En el invierno de 1932 Abraham Fexner estaba en California a la caza de talentos. Entonces un profesor del Instituto Tecnológico de California, el famoso *Caltech*, le sugirió que fuese a hablar con Einstein, que casualmente estaba por allí. Einstein era el candidato perfecto para el Instituto de Estudios Avanzados. Cuando Fexner le propuso la idea de convertirse en el primer profesor del Instituto, se sintió tentado por la idea. Al final aceptó y el 17 de octubre de 1933 Einstein, en compañía de Elsa, su secretaria Helen Dukas y su ayudante Walther Mayer, llegaron a Nueva York. Como dijo el físico Paul Langevin, «es un acontecimiento tan importante como podría serlo la mudanza del Vaticano al Nuevo Mundo. El Papa de la física se ha mudado de casa y Estados Unidos se ha convertido en el centro mundial de las ciencias naturales». Fue allí, entre los árboles que llevaban a su casa en la calle Mercer, donde se forjó ese aspecto legendario que nunca le abandonó.

Ni siquiera ante sus colegas. El gran físico Wolfgang Pauli, un hombre que no se caracterizaba precisamente por ser respetuoso, trató a Einstein de manera diferente al resto. Se dio su nombre a niños y a puros, el *London Palladium* le pidió que se asomara a su escenario durante tres semanas, fijándose él mismo el sueldo, Einstein fue reverenciado como a un dios, aunque él mismo era la esencia de la modestia y la amabilidad. «Yo hablo de la misma manera con todo el mundo, ya sea basurero o rector de universidad». Claro que también tenía su ego. Una vez, Einstein envió un artículo a la revista *Physical Review*. El editor tuvo la osadía de hacer lo que siempre se hace en las publicaciones

científicas: enviarlo a otros científicos para que lo revisaran y esperar su juicio sobre si era o no válida su publicación. Esto no le gustó nada: nunca más volvió a enviar sus trabajos a esa revista.

Últimos pensamientos

En sus últimos años sus intereses científicos se encontraban dirigidos hacia lo que llamaba *la teoría del campo unificado*. Si la gravedad es la curvatura del espacio, ¿podría reducir el campo electromagnético a una geometría? Einstein quería unificar sobre una misma base geométrica la gravedad y el electromagnetismo. Muchos jóvenes investigadores, deslumbrados por su genio, colaboraron con él y todos ellos salieron desencantados, pero él seguía publicando sus ecuaciones, cada vez más complejas. Ecuaciones que aparecían en las primeras páginas de los periódicos con titulares como «Einstein ofrece una nueva teoría para unificar la ley del cosmos».

Pero la naturaleza no tiene obligación de cumplir las ecuaciones ideadas por los científicos, ni aunque ese científico se llame Albert Einstein. Y a pesar de que sus teorías eran erróneas la idea subyacente es esencialmente correcta. La unificación de las fuerzas de la naturaleza es, hoy día, uno de los campos más intensos de trabajo de la física.

Einstein no fue sólo un físico. También estuvo comprometido con la humanidad. Su pacifismo a ultranza a menudo prestaba su nombre a declaraciones por la paz se vio truncado al apoyar firmemente la construcción de la bomba atómica. Incluso copió de nuevo de su puño y letra el artículo original sobre la relatividad que publicó en 1905 para recaudar fondos para la guerra. Cuenta su secretaria que, mientras ésta le dictaba, en un determinado momento levantó la cabeza y exclamó: «¿He dicho yo eso? Podía haberlo hecho sin tantas complicaciones». La subasta del manuscrito alcanzó los seis millones de dólares.

Einstein también fue un hombre comprometido políticamente. Es más, admiraba el coraje político de personas como Walter Rathenau, ministro de asuntos exteriores de la República de Weimar. Tras su asesinato escribió: «No es mérito ser un idealista cuando uno vive

en babia; él fue idealista aun viviendo en la tierra y conociendo su hedor como casi nadie». Pero había algo que no lo convertía en buen político. Bertrand de Jouvenel decía que la principal característica de un problema político era que admite arreglo pero no solución. Algo inaceptable para el genial físico. Así, cuando en noviembre de 1952 murió el presidente de Israel Chaim Weizmann y el primer ministro David Ben-Guiron decidió ofrecerle la presidencia, éste preguntó a su secretario personal: «¿Y qué hacemos si acepta?» Por suerte para ellos, no lo hizo.

El 18 de abril de 1955, una hora después de la media noche, su corazón dejó de latir. Tenía 76 años. Dos días antes había dicho a un amigo íntimo: «No estés tan triste. Todos tenemos que morir».

¿El incorregible plagario?

En 1969 se publicaba en serbio la biografía de Mileva Maric. Su autor, Desanka Trbuhovic-Gjuric, defendía que gran parte de la relatividad especial era creación, no de Einstein, sino de su primera mujer. No era la primera vez que se lanzaba este tipo de acusación, ni tampoco fue la última. También se ha dudado su paternidad en las ecuaciones clave de la relatividad general. Algunos historiadores han señalado que el artículo donde aparecen por primera vez las ecuaciones del campo gravitatorio fue enviado por Einstein a la Academia de Ciencias de Berlín el 25 de noviembre de 1915, pero 5 días antes el gran matemático de Gotinga David Hilbert enviaba otro titulado "Los fundamentos de la física" donde también aparecen las ecuaciones de la relatividad general. ¿Pudo haberse inspirado Einstein en este artículo que sabemos que Hilbert le envió para encontrar las ecuaciones que buscaba con ahínco desde 1907? En principio es posible, aunque lo que resulta innegable es que la interpretación correcta corresponde, sin lugar a dudas, a Einstein.

No obstante, ambas acusaciones no se sostienen. La primera, porque en ningún momento de su vida Mileva comentó tal punto y no hay

ninguna indicación en los documentos de la época que nos haga pensar así (algunos *conspiranoicos* han querido ver en el hecho de que Einstein le entregara la totalidad del dinero del premio Nobel a Mileva, como le prometió en el divorcio, una forma de acallar su voz). La segunda, sólo se pudo resolver a favor de Einstein en 1999 porque se encontraron las primeras pruebas del artículo de Hilbert, fechadas el 6 de diciembre de 1915.

La paternidad de Einstein de ambas teorías es, pues, innegable. Lo que sí es cierto es que la construcción formal de ambas teorías fue labor de otros: Minkowski para la relatividad especial y el propio Hilbert y Noether, entre otros, para la general.

El coleccionista de tejidos

Una noche de invierno de 1996 el cerebro de Albert Einstein cruzaba la frontera entre Estados Unidos y Canadá dando botes dentro de dos envases llenos de alcohol en el maletero de un Dodge. Esta no fue más que una de las "aventuras" del cerebro del físico, que fue extraído tras su muerte por el jefe de patología del Hospital de Princeton, Thomas Harvey, que durante cierto tiempo lo guardó en su casa. Troceado, el cerebro de Einstein se ha encontrado en lugares tan sorprendentes como un refrigerador de cervezas, un bote de té en las afueras de Tokyo o un frigorífico en Honolulu. La razón de semejantes odiseas es bien simple: había que descubrir si en las células de su cerebro residía el genio; una empresa fútil donde las haya. Curiosamente, algo parecido habían hecho los soviéticos con el del padre de la revolución rusa, Lenin. Y mientras las cenizas del sabio fueron esparcidas en un lugar secreto, las partes de su cerebro que aún tenía en su poder Harvey las entregó en 1996 a Elliot Krauss, jefe de patología del Hospital de Princeton.

La muerte de Einstein significó el final de una era. Pero no la de nuevos y grandiosos experimentos, sino la de un modo de trabajo. La ima-

gen del científico solitario que con la única y exclusiva fuerza de su cerebro es capaz de modificar profundamente la visión del mundo en que vivimos, murió con él. Desde entonces, y salvo raras y puntuales excepciones, la física es labor de grupos de investigación.

Pero su cerebro no fue sólo lo que desapareció; el oftalmólogo de Princeton Henry Abrams extrajo sus ojos, que mantuvo durante décadas encerrados en la caja de seguridad de un banco de la costa este de New Jersey.

PARA SABER MÁS

Sobre la vida de Einstein



Abraham, C., *Possesing genius. The bizarre odyssey of Einstein's brain*, St Martin's Press, 2002

Bjerknes, Ch. J., *Albert Einstein, the incorregible plagiarist*, XTX Inc, 2001

Brian. D, *Einstein, a life*, John Wiley & Sons, 1996

Clark, R. W., *Einstein. The Life and Times*, Harper Collins, 1984

Highfield, R. & Carter, P., *The private lives of Albert Einstein*, St Martin's Press, 1993

Hoffmann, B., *Einstein*, Salvat, 1984

Kuznetsov, B., *Einstein. Vida, Muerte, Inmortalidad, Progreso*, 1990

Miller, A. I., *Einstein, Picasso*, Basic Books, 2001

Overbye, D., *Einstein in love*, Penguin Books, 2001

Pais, A., 'El Señor es sutil...': *La ciencia y la vida de Albert Einstein*, Ariel, 1984

Regis, E., *¿Quién ocupó el despacho de Einstein?*, Anagrama, 1992

Stachel, J. (ed.), *Einstein's miraculous year : Five papers that changed the face of physics*, Princeton University Press, 1996

Turrión, J., *Einstein. II El tiempo propio*, UnaLuna, 2002

Sobre la física de Einstein

Bartusiak, M., *La sinfonía inacabada de Einstein*, Océano, 2001

Barbour, J., *The end of time*, Oxford University Press, 2001

Close, F., *Lucifer's legacy. The meaning of asymmetry*, Oxford University Press, 2000

Cole, K. C., *The hole in the universe*, Harcourt, 2001

Davies, P. C. W., Brown, J., *Superstrings, a theory of everything?*, Cambridge University Press, 1988

Davies, P. C. W., *Dios y la nueva física*, Salvat, 1986

Davies, P. C. W., *Sobre el tiempo*, Crítica, 1996

Ferguson, K., *La medida del universo*, Robinbook, 2000

Ferris, T., *La aventura del universo*, Crítica, 1990

Ferris, T., *The whole shebang*, Simon & Schuster, 1997

Feynman, R. P., *The character of physical law*, Penguin, 1992

Fritzsch, H., *Los quarks, la materia prima de nuestro universo*, Alianza Editorial, 1984

Gott, J. R., *Time travel in Einstein's universe*, Houghton Mifflin Co, 2001

Green, B., *The elegant universe*, Vintage, 2000

Hawking, S., Israel, W. (eds.), *300 years of gravitation*, Cambridge University Press, 1990

Kaku, M., *Hyperspace*, Doubleday, 1994

Lederman, L., Teresi, D., *The god particle*, Houghton Mifflin, 1993

Lindley, D., *The end of physics*, BasicBooks, 1993

Livio, M. *The accelerating universe*, John Wiley & Sons, 2000

Overbye, D., *Corazones solitarios en el cosmos*, RBA, 1993

Peat, F. D., *Superstrings and the search for the theory of everything*, Abacus, 1993

Pullman, B., *The atom in the history of human thought*, Oxford University Press, 1998

Silk, J., *The Big Bang*, W. H. Freeman and Co., 1989

Singer, C., *A history of scientific ideas*, Oxford University Press, 1959

Smolin, L., *Three roads to quantum gravity*, Basic Books, 2001

Spielberg, N. y Anderson, B. D., *Siete ideas que modificaron el mundo*, Pirámide, 1990