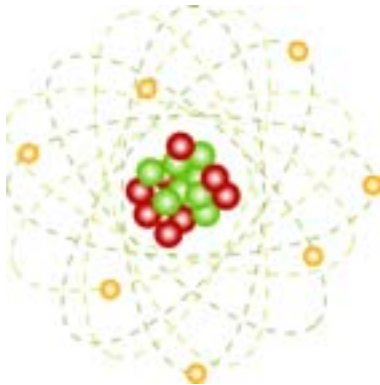


Albert Einstein

el hombre, el científico, el ciudadano



Albert Einstein

El hombre, el científico,
el ciudadano



Nicolás Copérnico



Isaac Newton

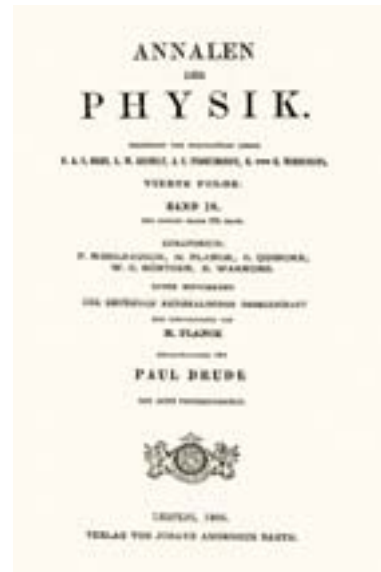
Un año especialmente importante para la vida de Albert Einstein y también para la humanidad fue 1905. En esta fecha, el científico publicó en la prestigiosa revista alemana *Annalen der Physik* un conjunto de artículos que irían a conmocionar al mundo de la ciencia y nuestra comprensión del mundo físico y del Universo.

Albert Einstein, 1920.

La originalidad de su pensamiento, expresado en esos trabajos, fue tan grande que inició una revolución en el mundo de las ideas comparable a la que en su momento introdujeron Copérnico o Newton.

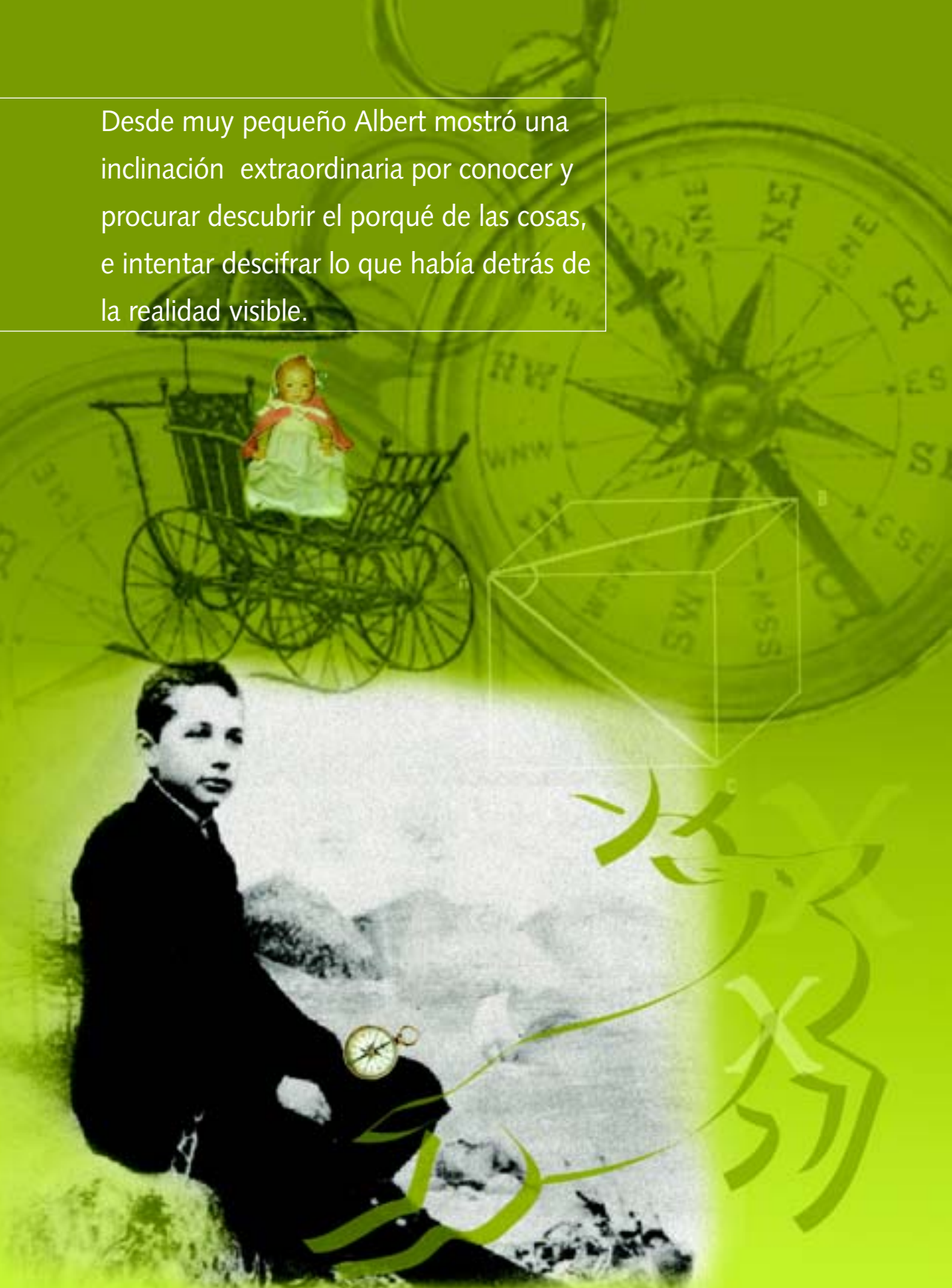
Para la ciencia, Einstein marca un hito; sin embargo, la fama de la cual gozó en vida y la continua exposición que los medios de comunicación hicieron de su cotidianidad y aparente extravagancia han dificultado el entendimiento cabal no sólo de sus teorías científicas, sino de sus posturas como militante de importantes causas sociales. Mientras su figura ha sido endiosada por poseer supuestamente una mente fuera de lo común, o trivializada por las imágenes fotográficas irreverentes que de él se divulgan hasta la saciedad —el personaje de melena rebelde e indumentaria descuidada—, los verdaderos contenidos de sus ideas y sus actitudes en bien de la sociedad han sido dejados al margen u olvidados.

Al lado del gran científico inmerso en sus estudios y cálculos, atareado en preparar conferencias y exposiciones, convivía el ser humano con sus contradicciones y anhelos, con una tensa vida familiar y una preocupación constante por aportar, desde sus amplios conocimientos, criterios para que la humanidad progresara no sólo técnica, sino social y espiritualmente.



Portada de la prestigiosa revista en la que Albert Einstein escribió, en 1905, los artículos que conmocionarían el mundo de la física. La revista era dirigida por el premio Nobel de Física Max Planck.

Desde muy pequeño Albert mostró una inclinación extraordinaria por conocer y procurar descubrir el porqué de las cosas, e intentar descifrar lo que había detrás de la realidad visible.



Un niño inquieto

Todos sus biógrafos coinciden en afirmar que Einstein tuvo problemas con el lenguaje y que fue un poco lerdo para aprender a hablar y que, al parecer, respondía con lentitud a lo que se le preguntaba. Aunque esto no dejó de preocupar a sus padres, más tarde él mismo reconoció que se trataba de una especie de introspección profunda por la que se abstraía del mundo, para formularse los problemas que se le planteaban y encontrar respuestas.

La revelación del misterio de la ciencia se le dio casualmente a los cinco años cuando su padre lo llevó a visitar una feria. Dentro de una vitrina apareció una gran brújula que dejó fascinado al niño.

¿Por qué, invariablemente y aunque se moviera el objeto, la aguja siempre apuntaba al norte magnético? El que la

aguja se comportara de manera tan determinada le causó una impresión honda e indeleble. "Detrás de las cosas debía haber algo oculto...", pensó, asombrado. Develar esa clave se convirtió en una de las motivaciones de su vida. La dedicaría precisamente a eso, a hacer inteligibles los enigmas escondidos en la naturaleza. "El misterio es lo más hermoso que nos es dado sentir. Es la sensación fundamental. La cuna del arte y la ciencia verdaderos", escribiría años después.



Albert Einstein a la edad de diez años en el Gymnasium Luitpold de Munich, 1889.



Hermann Einstein



Pauline Koch



Albert a la edad de cuatro años.



Albert con su hermana Maja, 1884.

Su afición por las matemáticas proviene también de su infancia. Su tío Jakob le enseñaba álgebra. Resolvían ecuaciones sencillas jugando con la incógnita: el juego consistía en dar caza al animal X hasta averiguar su nombre –el valor de la incógnita X–. A Albert le gustó el juego y se entusiasmó con las matemáticas. Un poco más tarde descubriría el encanto de la lógica y la certidumbre científica que encierra la geometría.

A la edad de doce años experimenté un segundo asombro de naturaleza muy distinta: fue sobre un librito de geometría euclídea del plano que cayó en mis manos al comienzo de un curso escolar. Allí había asertos que podían probarse con tanta seguridad que parecían estar a salvo de toda duda. Esta claridad, esta certeza, ejerció sobre mí una impresión indescriptible.

La familia

Albert Einstein nació en Ulm, al sur de Alemania, el 14 de marzo de 1879, en el seno de una familia judía. Su padre Hermann (1848-1902), hombre bondadoso, amable y soñador, según palabras del propio Albert, mantenía una empresa electroquímica que le hacía tener apuros econó-

nicos recurrentes, mientras su madre, Pauline Koch (1852-1920), mujer enérgica y relativamente severa, era gran melómana y buena pianista. Ella inculcó en Albert, a quien indujo a tocar el violín desde temprano, la habilidad de intérprete y el gusto por la música que lo acompañarían toda la vida. “La música de Mozart es tan pura y hermosa que la veo como la belleza interior del universo mismo. El violín es la alegría de mi vida. [...] Si no fuera físico, sería probablemente músico”.

Cuando su hermana Maja nació en 1881 y sus padres se la presentaron recién nacida, Albert pensó que era un juguete y preguntó: “¿Y dónde están las ruedas?”

De Maja Einstein no es mucho lo que se conoce, salvo que en 1910 se casó con Paul Winteler, hijo de un antiguo profesor de Albert, y que fue la gran amiga y confidente de Einstein durante su vida. Vivió con Einstein sus últimos años, luego de huir del régimen de Mussolini en Italia.

El ambiente familiar le proporcionó a Albert el entorno adecuado para desarrollar su curiosidad innata y su talento. El estímulo de su tío, la propia empresa del padre que, pese a sus dificultades financieras, producía artefactos de novedosa tecnología para la época como dinamos, lámparas de arco, bombillos y teléfonos, y hasta el hecho de que su abuelo hubiera trabajado en el estudio del sabio Thomas A. Edison, sin duda crearon en la sensibilidad y en la impresionable imaginación del niño gustos y aptitudes por la ciencia y la experimentación técnica muy duraderos.



El padre de Albert mantenía una empresa de productos electroquímicos.

Estudiante inconforme

Albert Einstein inició sus estudios de primaria en una escuela católica de Munich, adonde sus padres se habían trasladado, pero muy pronto mostró incapacidad para adaptarse a la educación reglada y la disciplina militarista sin razón de las escuelas prusianas de la época, que lo indujo a abandonar, a los quince años, el Gymnasium Luitpold de esa ciudad sin acabar los estudios secundarios.

Más que los estudios formales y rígidos, los cuales le crearon problemas con sus profesores y una sensación de frustración general, se interesó por su propia cuenta en leer libros de divulgación científica y emprendió solo el estudio del cálculo infinitesimal. Son estas lecturas y el propio ambiente familiar lo que alentaron su vocación y su espíritu de investigación. De niño, Albert era reflexivo y autosuficiente, y aunque no era un estudiante destacado, por su antipatía a la severidad escolar, siempre sobresalió en las asignaturas de matemáticas, ciencias y latín –debido a la lógica que entraña esta lengua, según decía–.

En 1894, los problemas económicos que enfrentaba la compañía de su padre obligaron el traslado de la familia a Pavía, en Italia, cerca de Milán. Albert permaneció en Munich, y después de abandonar la escuela fue llevado a Suiza, donde en Aarau pudo completar sus inconclusos estudios secundarios, requisito para ingresar al Instituto Politécnico de Zurich e iniciar su carrera



Albert Einstein (sentado, primero a la izquierda) con sus compañeros en el Politécnico de Zurich, Suiza, 1899 ca.

en ciencias, matemáticas y, especialmente, física. En ese momento, renunció a la nacionalidad alemana y solicitó la ciudadanía suiza, la cual le fue concedida cinco años más tarde.

Durante sus inquietos años en el Politécnico de Zurich, Einstein descubrió la obra de diversos filósofos (Hume, Kant, Leibniz), base de muchas de sus orientaciones futuras en relación con el conocimiento, y tomó contacto con el movimiento socialista y con cierto tipo de pensamiento inconformista. Discutía mucho sus ideas científicas y sociales con un grupo de amigos, reunidos en lo que llamaban la Academia Olimpia, acompañados a veces por Mileva Maric, compañera de clase serbia, de actitud feminista y radical, de la que se enamoró. En 1900, Albert se graduó en el Politécnico, y en enero de 1902 tuvo con Mileva una hija llamada Lieserl. Un año más tarde la pareja se casó, aunque la madre de Einstein siempre se opuso a la relación. Poco se sabe, sin embargo, de esa hija que nunca vivió con sus padres, ya que, al parecer, las penurias económicas que soportaban los obligaron a entregarla en adopción.



Albert y su esposa Mileva.



Los esposos con su segundo hijo Hans Albert.



Albert con su segunda esposa, Elsa.

“La razón humana debe construir en primer lugar las formas, antes de poder comprobar las cosas... El saber no puede surgir de la mera experimentación sino que surge de la comparación entre lo ideado y lo observado”.

Albert Einstein



Inicios profesionales

Einstein fue el único de su clase a quien no se le otorgó el título de maestro y, al concluir sus estudios, tuvo muchas dificultades para conseguir trabajo. En la propia universidad le fue negado por las diferencias que siempre mantuvo con sus profesores. Después de algunos meses angustiosos, por mediación del padre de un compañero de clases, obtuvo un cargo en la Oficina de Patentes de Suiza, en Berna, como experto técnico. Esto le ofreció cierto alivio a su pobreza, pero especialmente le permitió contar con el tiempo necesario para investigar y comenzar a escribir sus primeros artículos científicos.

En 1904 nació su segundo hijo, Hans Albert, y en ese mismo año obtuvo el doctorado con la tesis titulada *Una nueva determinación de las dimensiones moleculares*. Pero es en 1905, cuando Einstein, con apenas 26 años, al publicar su serie de cinco artículos cambió definitivamente el rumbo del pensamiento científico y la concepción hasta entonces vigente del universo físico. Este reconocimiento llegaría mucho más tarde. Y sólo años después, 1905 sería considerado “extraordinario y maravilloso” (el *annus mirabilis*).

En 1908 fue contratado en la Universidad de Berna, como profesor y conferencista. Un año después, renunció a su cargo en



En la Oficina de Patentes de Suiza, 1904.



La Oficina de Patentes en Berna, Suiza.

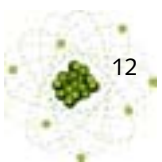
la oficina de patentes y fue nombrado profesor asociado de la Universidad de Zurich. Albert y Mileva tuvieron un nuevo hijo, Eduard, nacido en junio de 1910. Poco después, la familia se trasladó a Praga donde Einstein se desempeñó como catedrático en la Universidad Alemana de esa ciudad. En esa época trabajó estrechamente con Marcel Grossman, amigo fiel que lo acompañaría siempre, y quien le ofreció el conocimiento matemático que le sería indispensable para abordar un nuevo concepto sobre la gravitación. En 1912 asumió el cargo de profesor de física teórica del llamado en ese entonces Instituto Federal de Tecnología de Zurich, su antigua universidad.

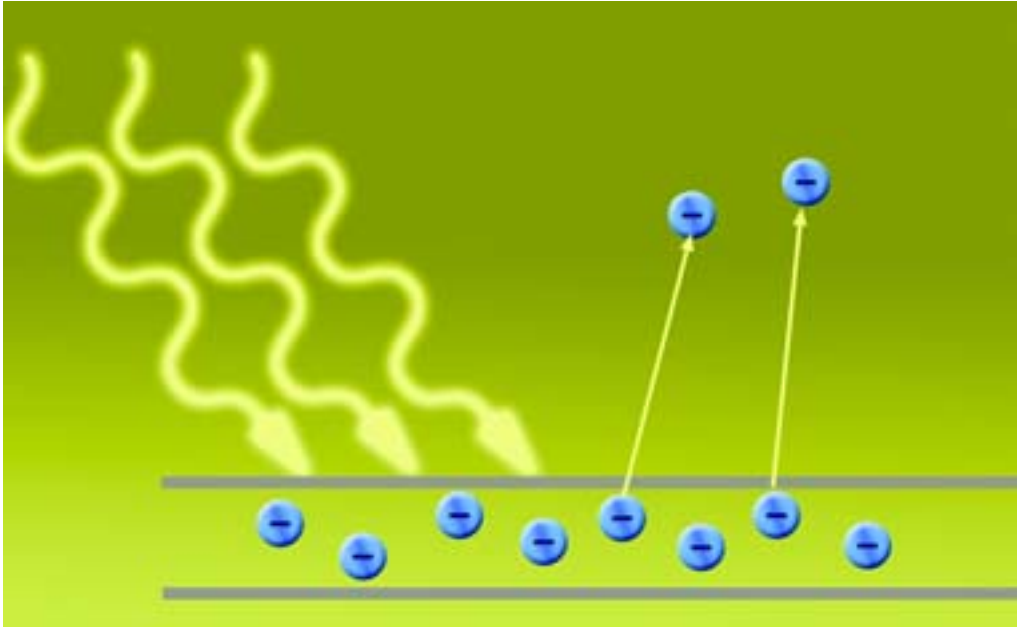


Albert Einstein en 1920.

La contribución científica

Aunque desde el siglo XVII existían dos concepciones divergentes de la luz, la ondulatoria defendida por Christian Huygens y la corpuscular sostenida por Newton, a principios del siglo XX primaba la idea que la luz era una **onda electromagnética** con una **energía** continua. **Max Planck** propuso en 1900 que dicha energía estaba compuesta por diminutos paquetes indivisibles, *quantos* –hoy llamados fotones–, que se mueven a una velocidad determinada. Cada **fotón** transporta y cede una cierta cantidad de energía sólo en su totalidad, sin posibilidades de fragmentación. Al demostrar esto, rechazando la vieja tradición, pero apoyándose en los trabajos pioneros de físicos contemporáneos como Planck,



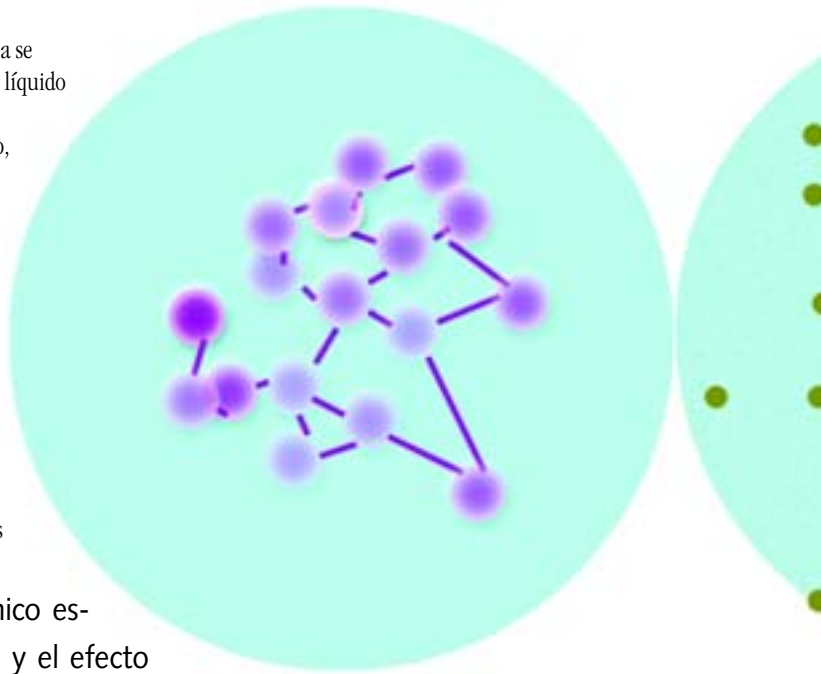


El efecto fotoeléctrico revela la naturaleza corpuscular de la luz. Fotones con la cantidad adecuada de energía, extraen, por colisión, electrones ligados a sus átomos en un material conductor.

Einstein reveló la dualidad **onda-partícula** de la luz. Descubrimientos posteriores extenderían esta dualidad a toda la materia, que marca la naturaleza de los sistemas físicos de poseer simultáneamente las características de onda y de partícula. Esas apreciaciones constituyen uno de los principios básicos de la **física cuántica** y destruyen concepciones de la física tradicional sobre la linealidad e infinitud de la luz. Esta nueva perspectiva que Einstein presentó en el primero de sus artículos de 1905, le valió el premio Nobel de Física en 1921.

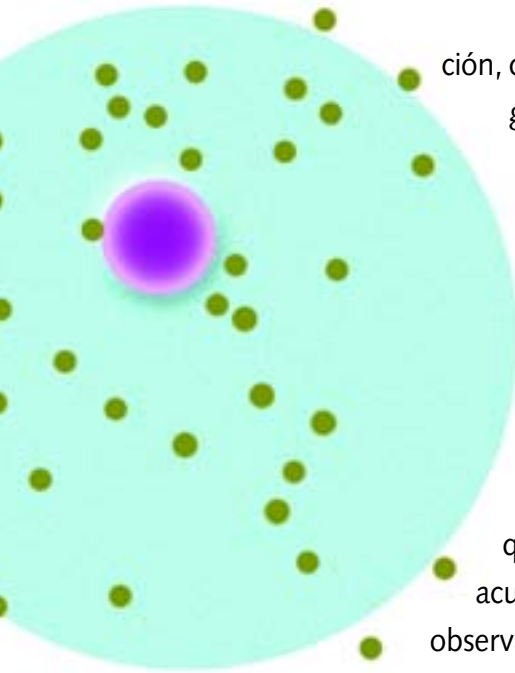
Antes de Einstein, muchos científicos y naturalistas dudaban de la existencia de los átomos y las moléculas. En su segundo trabajo de 1905 mostró que, si en un líquido se suspendían partículas muy pequeñas pero visibles, el bombardeo irregular de éstas por los átomos invisibles del líquido debería producir una danza agitada y al azar de las partículas suspendidas. Tal danza aleatoria de partículas microscópicas había sido observada hacía

En la ilustración de la derecha se representan los átomos de un líquido golpeando una partícula en suspensión que, por lo mismo, recorre una trayectoria aleatoria y al azar (como lo muestra el diagrama de la izquierda). Einstein logró explicar en detalle este efecto conocido como “movimiento browniano”, y con ello aclaró comportamientos atómicos importantes en un momento en el que se dudaba de la existencia de los mismos.



tiempo por el botánico escocés Robert Brown y el efecto era llamado el “movimiento browniano”, pero era un misterio sin resolver. Einstein logró explicar este movimiento con detalle. Había creado una nueva y poderosa herramienta para estudiar el movimiento de los átomos y sentar las bases de la **física atómica**, de la mecánica de fluidos y de la teoría cinética. Su método de observa-

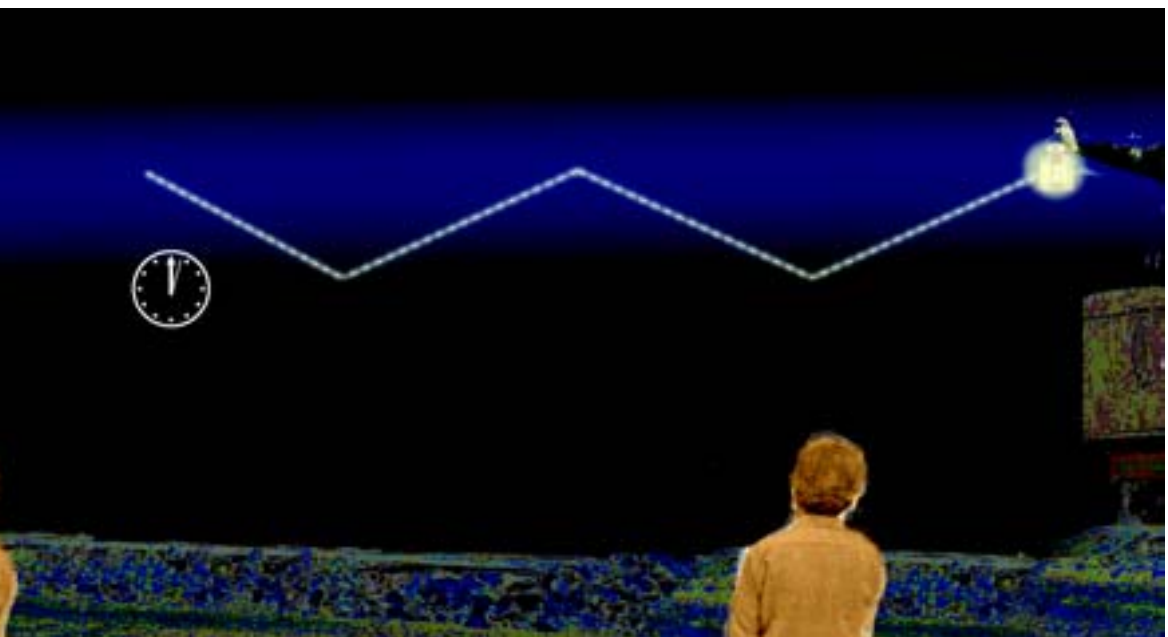




ción, como tantas de sus proposiciones, era de una gran simplicidad.

Hasta el siglo XIX, se heredó de Newton la idea de un espacio y un tiempo absolutos, inamovibles y ajenos a cuanto ocurre en el universo. Einstein rompe este paradigma y en el tercero de sus artículos enuncia el principio de la relatividad, más adelante llamada especial. Sugirió que el tiempo no es una dimensión absoluta sino que puede ir más rápido o más despacio, de acuerdo con la velocidad de desplazamiento del observador. La simultaneidad pasó a ser un concepto relativo y también las nociones de intervalos de

Para la teoría de la relatividad especial el tiempo que miden distintos observadores es diferente. El cómputo del tiempo del que va en el tren es diferente del cómputo que hace la persona que está en el andén viéndolo pasar. En la ilustración, el personaje que va en el tren moviendo una lámpara de arriba a bajo percibe la luz de esa manera, mientras que el que está en el andén la percibe como una línea luminosa que se desplaza en diagonal con el tren.

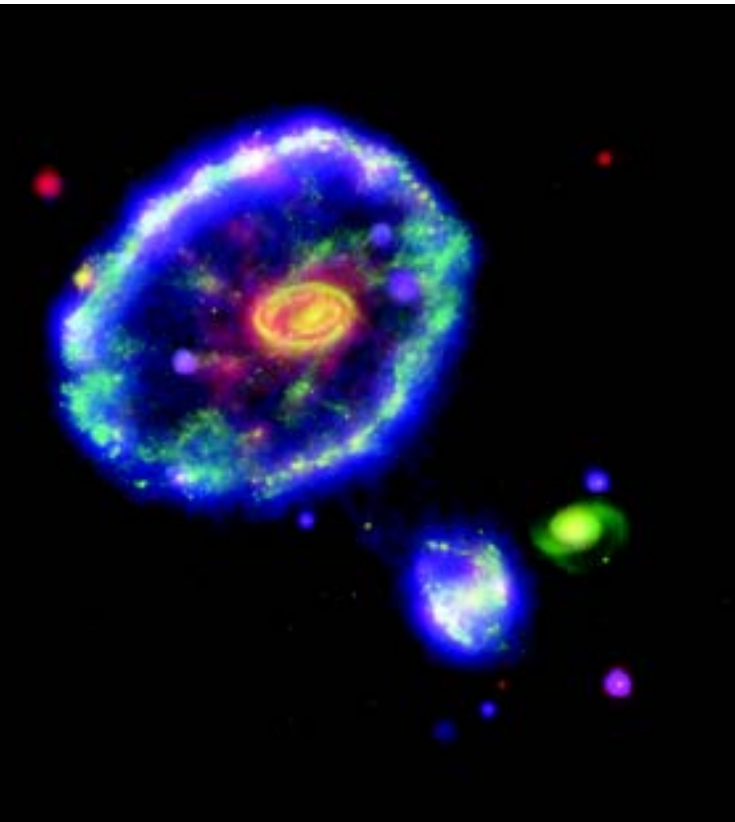


tiempo y longitud. Con la revisión del concepto espacio-tiempo, logró, en su quinto trabajo de ese año, la equivalencia entre masa y energía, en la ecuación famosa $E=mc^2$. Por ese entonces Einstein ignoraba el formidable poder escondido en esa fórmula que establecía que la energía de un cuerpo equivale a su **masa** multiplicada por la velocidad de la luz al cuadrado. Con ello demostró que toda la materia con masa posee energía en reposo o energía latente, distinta de las clásicas energía cinética y energía potencial. Si un cuerpo emite una cierta cantidad de energía, coligió, entonces su masa debe disminuir en una cantidad proporcional. La relación masa-energía se utiliza comúnmente para explicar cómo se produce la energía dentro de las estrellas por reacciones nucleares.

En el cuarto trabajo publicado en 1905 –donde estima el número de Avogadro y otros asuntos–, Einstein hizo aportes que completaron los anteriores y ayudaron a sentar los fundamentos de la física atómica y molecular, que se desarrollaría con velocidad en los años siguientes, gracias a sus deducciones.

Galaxia Cartwheel, situada a 500 millones de años de la Tierra en la *Constelación del Escultor*. La forma del anillo es el resultado de una colisión, probablemente con una de las pequeñas galaxias que aparecen en la imagen hace unos 200 millones de años. Como una roca lanzada en un estanque, la colisión produjo una onda que se propagó a través del disco galáctico a 320.000 km/h, dejando a su paso regiones de formación estelar (regiones azules).

Fotografía: Telescopio de Rayos X Chandra/



Los años berlineses y sus causas públicas

En 1914, justo antes de que estallara la Primera Guerra Mundial, Einstein se estableció en Berlín a donde fue llamado como catedrático de la Universidad de Berlín. Al tiempo, fue designado como miembro de la Academia Prusiana de Ciencias y, un poco más tarde, nombrado director del Instituto de Física Kaiser Wilhelm, máximos honores para una persona de su trayectoria y edad, que se convirtieron en el motivo de su regreso a Alemania. Por esa época se relacionó a través de cartas, visitas y reuniones científicas con los más importantes físicos de Europa. Y si bien su trabajo empezó a ser reconocido y aceptado, y en su vida profesional y doméstica apareció cierta holgura material, su vida emocional sufriría muchas tensiones. Su matrimonio con Mileva se vio afectado en tal grado que, después de conflictivos años de convivencia, se divorciaron en 1919. Mientras ella se refugió en Suiza con sus dos hijos, ese mismo año Einstein se casó con una prima, Elsa Lowenthal (apellido del esposo anterior con el que tuvo dos hijas), quien había cuidado de él cuando sufrió una fuerte



Albert Einstein en Berlín, 1921.



Con su esposa Elsa Lowenthal en 1931.



Con el físico Max Planck.

crisis nerviosa y desórdenes gástricos unos años antes. Albert y Elsa estuvieron unidos hasta la muerte de ella, mas no tuvieron descendencia. Por su parte, la suerte de Eduard, el segundo hijo que tuvo con Mileva, fue trágica, pues al sufrir de esquizofrenia y tener que ingresar repetidamente y por largo tiempo a diversos sanatorios, murió en uno de ellos. Hans Albert, el hijo mayor, se hizo profesor universitario en California, pero no mantuvo una relación estrecha con su padre.

En estos convulsivos años de guerra e incertidumbre política, le surgió a Einstein una pasión que asumiría con mucha

vehemencia el resto de su vida: el pacifismo. En 1914 firmó con un reducido número de intelectuales, entre ellos Romain Rolland de Francia, el *Manifiesto a los europeos*, en el que se oponía vigorosamente al militarismo alemán. Fue un acto valiente que lo enfrentó a un grupo de más de noventa científicos que, encabezados por el físico Max Planck, apoyaban abiertamente la intervención alemana en la guerra. “Mi pacifismo es un sentimiento instintivo, un sentimiento que se apodera de mí porque el asesinato es repugnante. Mi actitud no proviene de ninguna teoría intelectual sino que está basada en mi profunda antipatía hacia toda clase de odio y crueldad”, –declaró.

Además de intervenir abiertamente en favor de la estabilidad alemana al cofundar el Partido Demócrata Alemán, ayudó a formar una coalición no partidista que luchó por establecer una paz justa y por instituir una

organización supranacional que ayudara a prevenir futuras guerras. En 1922 se unió al recientemente creado Comité de Cooperación Intelectual establecido dentro de la Liga de Naciones. Fue uno de los líderes de la Liga Alemana por los Derechos Humanos y no dejó de formular numerosas manifestaciones en contra del militarismo.

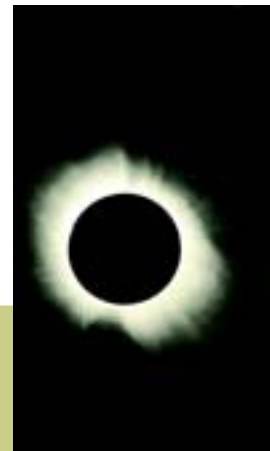
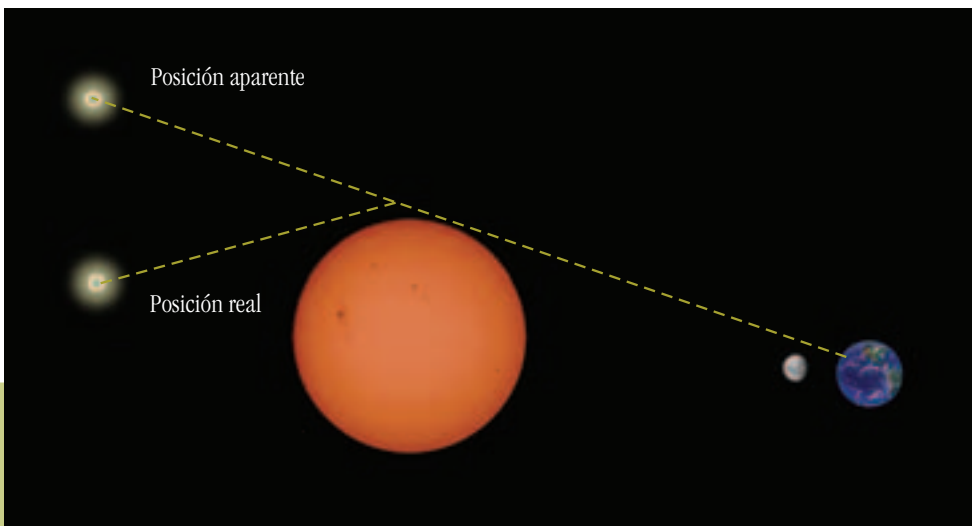
A lo largo de estos años, Einstein llamó la atención sobre numerosas causas, como la liberación de presos políticos y la defensa de la democracia frente a la expansión del fascismo. Hizo discursos públicos, declaraciones en la prensa, firmó peticiones. En 1924 defendió las posiciones radicales de la Escuela de Arquitectura de la Bauhaus, condenó el servicio militar obligatorio y meses después firmó una protesta contra el fascismo italiano y se sumó a nuevas declaraciones pacifistas –consideraba a Gandhi la figura política más destacada del siglo XX–. En 1929 firmó apoyando las apelaciones para la conmutación de las sentencias de muerte dictadas contra agitadores árabes en la Palestina británica. Y, aunque no fue un judío practicante, apoyó a la comunidad judía desde que comenzó a ser perseguida por el movimiento antisionista nazi.



La afición de Einstein por la música fue muy grande; llegó a ser un buen intérprete del violín. “Si no fuera físico, sería probablemente músico”, decía.

La Relatividad General

Pese a las dificultades en su vida familiar y a las convulsiones políticas y bélicas de ese período, Einstein no interrumpió un instante sus investigaciones. En 1915, después de una ardua y disciplinada búsqueda en la que recibió la colaboración de su amigo entrañable Michele Besso, consolidó el sostén matemático que le permitiría formular la Teoría General de la Relatividad, en la que estableció que la razón de la gravedad es una curvatura en la geometría del espacio-tiempo causada por la masa. La gravedad no es más una fuerza o acción a distancia, como lo era en la mecánica newtoniana, sino una consecuencia de esa curvatura del espacio-tiempo. Sus ecuaciones muestran cómo la materia afecta directamente el entramado del espacio y del tiempo, deformándolos. La teoría permitía comprender características esenciales del universo, muchas de las cuales no serían comprobadas sino hasta después de la muerte de Einstein. La



Con la observación de un eclipse de sol, se pudo comprobar cómo la luz se desvía al pasar cerca del sol, tal como había sido calculado por Einstein algunos años antes.

Para la Teoría General de la Relatividad, la gravedad genera la curvatura geométrica del espacio-tiempo, como consecuencia de la presencia en el mismo de una masa.

relatividad general fue concebida por Einstein a partir de razonamientos matemáticos, experimentos virtuales y rigurosa deducción, sin contar realmente con una base experimental. Ésta comenzó a generarse en 1919, cuando con un eclipse de Sol, observado por las expediciones dirigidas por el prestigioso físico inglés sir Arthur Eddington, enviadas al África y al norte del Brasil, se pudo comprobar la desviación de la luz de una estrella al pasar por el limbo del sol, tal como había sido calculado por Einstein. De ahí en adelante su teoría ha sido corroborada hasta nuestros días en las más disímiles condiciones.

La confirmación que ofrecieron la mediciones del eclipse fueron difundidas en anchos titulares por los medios de comunicación, y la fama de Einstein se incrementó considerablemente. No obstante, muchos miembros de la comunidad científica no estaban dispuestos a admitir una física sin un sistema de referencia absoluto, por lo que la teoría no fue aceptada de inmediato y, por el contrario, se vio sometida a encarnizados debates. Con todo, en 1921, Albert Einstein recibió el Premio Nobel de Física y su reputación se consolidó definitivamente.

Impresión artística de la nave espacial Cassini entre Júpiter y Saturno, transmitiendo ondas de radio hacia la Tierra. Las ondas de radio que aparecen en color verde, se doblan por la gravedad del Sol.

Montaje fotográfico de Bruno Bertotti, astrofísico de la Universidad de Pavía, Italia.





El espacio, en la mecánica de Newton, es un medio no material, matemático y absoluto en el cual reside la materia. La alteración que sufre un cuerpo en su estado de movimiento radica en su interacción con otros cuerpos, y todo ello sucede teniendo como escenario el espacio absoluto, el cual cumple tan sólo un papel descriptivo, por lo demás pasivo.

Por otro lado, el tiempo es una medida de la ocurrencia de hechos periódicos, la cual sirve de referente en la ordenación de sucesos no necesariamente regulares. Newton lo concibe como un ente abstracto, matemático, absoluto y ajeno a los procesos de su propia medición.

Espacio y tiempo existen de manera independiente en esta concepción.

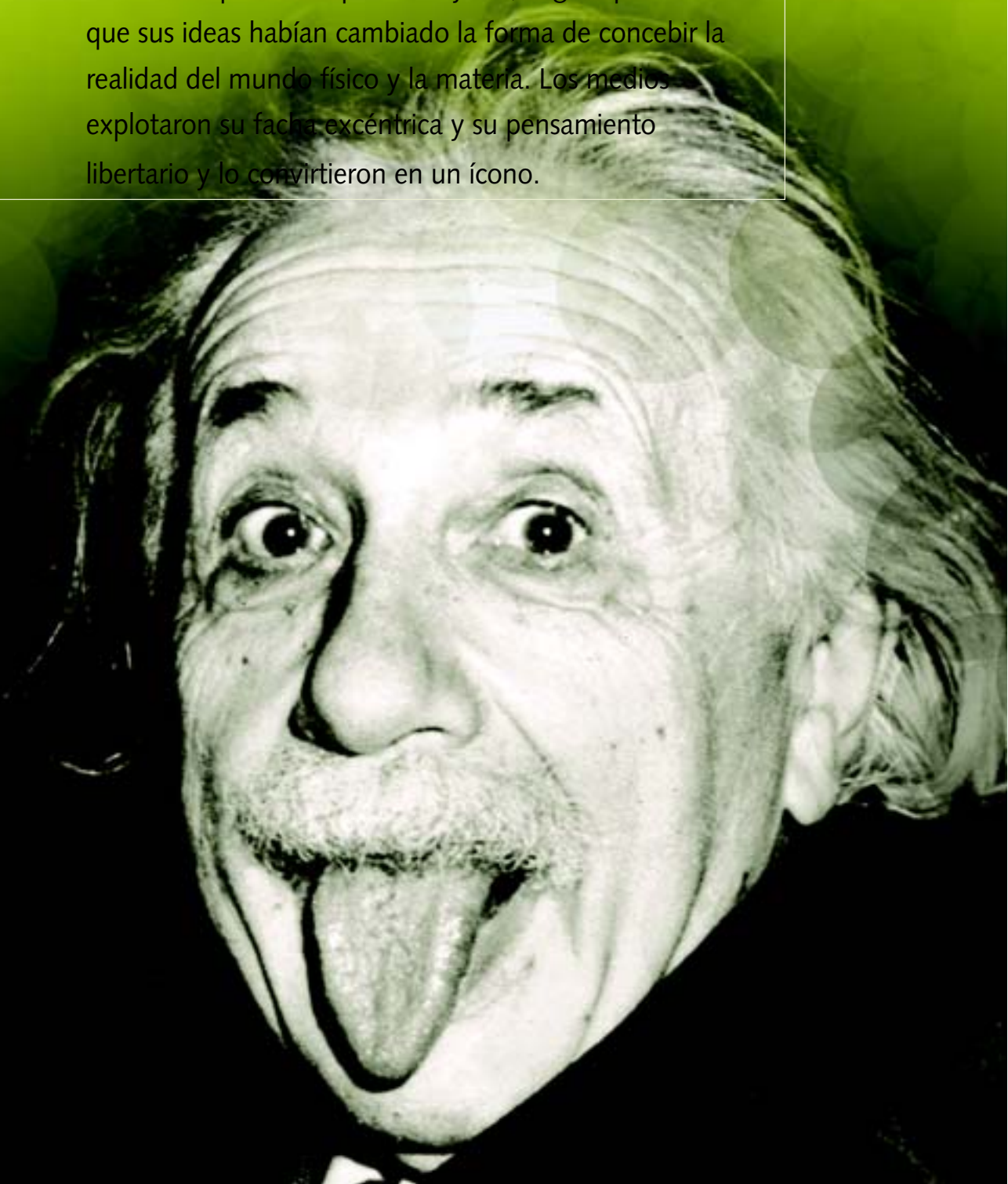


espacio-tiempo

En la Relatividad General, Einstein reinterpreto los conceptos de espacio y tiempo clásicos y los concibió de manera conjunta en lo que llamó el espacio-tiempo. Ya no se trata de dos entidades matemáticas descriptivas sino del entorno alterado por la materia, que permea y condiciona sus propiedades geométricas y la forma en que se puede medir.

Para Newton, el Sol mantiene a la Tierra en órbita e impide que escape; igualmente impide el movimiento rectilíneo uniforme de la Tierra. En el esquema de la Relatividad General de Einstein, el Sol altera el espacio-tiempo que lo rodea creando propiedades geométricas locales que condicionan el movimiento de la Tierra.

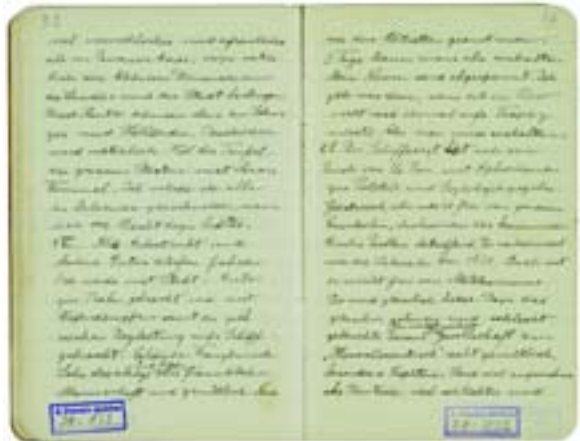
Einstein fue una figura asediada por los medios de comunicación de todo el mundo. Aunque sus teorías no fueran comprendidas por la mayoría, el gran público intuía que sus ideas habían cambiado la forma de concebir la realidad del mundo físico y la materia. Los medios explotaron su facha excéntrica y su pensamiento libertario y lo convirtieron en un ícono.



La celebridad

Después de la comprobación experimental de sus teorías por parte de la comunidad científica y de la adjudicación del Nobel, Einstein pasó a ser una figura pública de dimensión mundial. Empezó a ser solicitado por gobiernos, instituciones, universidades y agrupaciones de intereses diversos e inició una serie de giras que lo llevarían por diferentes lugares del planeta y arraigarían más su imagen como un estereotipo del científico moderno: genial, excéntrico, independiente. Visitó Estados Unidos en varias ocasiones, Japón, China, Palestina, España y otros países europeos. En Inglaterra, adonde iba con frecuencia, fue recibido con especial calidez. Trabajó amistad con intelectuales como H. G. Wells, Bertrand Russell y George Bernard Shaw. Este último, en una cena en su honor durante el brindis le dijo: “Lo incluyo junto con Pitágoras, Ptolomeo, Copérnico, Galileo, Kepler y Newton en la lista de los ocho únicos grandes físicos de la historia. De estos ocho sólo tres formularon una teoría completa del universo: Ptolomeo, Newton y Einstein. Los otros hicieron arreglos”.

En 1925 emprendió un viaje por Brasil, Uruguay y Argentina, en el que se reunió con personalidades y científicos, dentro de una agenda agotadora. Al finalizar el periplo, Einstein escribió en su diario de viaje: “Finalmente libre, pero más muerto que vivo”. Se debe resaltar que el 7



El diario de Albert Einstein, donde relata su viaje a Suramérica. 1 y 2 de mayo de 1925.

de mayo había presentado un trabajo en la Academia Brasileña de Ciencia titulado *Observaciones sobre la situación actual de la teoría de la luz*, el compromiso científico más importante en su visita a Suramérica. Este trabajo es relativamente desconocido, al igual que su diario de viaje.

Un año antes había entregado otro ensayo científico fundamental sobre la naturaleza de algunas partículas subatómicas. El físico indio Satyendra Nath Bose le escribió para que apoyara la publicación de un artículo en el que describía la luz como un gas de fotones, y Einstein comprendió que el mismo tipo de estadísticas podría ser aplicado para describir algunos grupos de átomos. Juntos publicaron el artículo, al que Einstein añadió sus propios aportes. Las estadísticas, conocidas más tarde como de Bose-

Einstein, describen el comportamiento de las partículas llamadas **bosones**. Este trabajo en colaboración, señaló también un rasgo de la manera como el científico veía su obra en relación con la de sus colegas. Pese a su radical independencia y al quiebre que inauguran sus postulados, siempre se sintió heredero de una tradición de pensamiento a la que rindió tributo y agradecimiento. Lo mismo hizo con hallazgos de sus contemporáneos que le sirvieron de sustento en muchas ocasiones. Sentía a Galileo, Newton, Maxwell y **Lorentz** como los pilares de la Física sobre los que había podido construir su obra. Al respecto escribió: “Pienso mil veces al día que mi vida externa e interna se basa en el trabajo de otros hombres, vivos o muertos. Siento que debo esforzarme por dar en la misma medida en que he recibido y sigo recibiendo”.



Albert Einstein con Hendrik Antoon Lorentz, al frente de su casa en Leiden, 1921. Foto: Ehrenfest.

Pero la situación de Einstein en el Berlín de comienzos de la década de 1930 se volvió muy enredada. Sus posiciones abiertas en defensa de causas sociales controvertidas para el partido nazi en ascenso, su apoyo a la comunidad judía y su independencia de criterio político y científico irritaban a los nuevos mandos del nacionalsocialismo. Sus teorías empezaron a ser desacreditadas por notables científicos de la corte hitleriana y fue hostigado en su trabajo cotidiano hasta el punto de que algunos amigos temieran por su seguridad personal. En 1933, cuando Hitler asume el poder pleno, al no lograr sostener más su vida y sus investigaciones en ese ambiente hostil y enraizado, emigra a Estados Unidos. Nunca más pisaría tierra alemana.



Pasaporte de Albert Einstein. Renunció por causas políticas a la ciudadanía alemana en dos ocasiones en su vida.

Sus teorías empezaron a ser desacreditadas por notables científicos de la corte hitleriana y fue hostigado en su trabajo cotidiano hasta el punto de que algunos amigos temieran por su seguridad personal. En 1933, cuando Hitler asume el poder pleno, al no lograr sostener más su vida y sus investigaciones en ese ambiente hostil y enraizado, emigra a Estados Unidos. Nunca más pisaría tierra alemana.

El Instituto de Investigaciones Avanzadas

Aunque varias universidades de distintos países estaban interesadas en contar con Einstein entre su equipo de profesores, él decidió vincularse al Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, en New Jersey, Estados Unidos, donde años atrás había dictado ciclos de conferencias. Se vinculó como investigador sin cargas administrativas ni docentes. Enseñó, sin embargo, a grupos pequeños y especiales de estudiantes en sesiones no formales. El resto de tiempo lo ocupó en investigar y en llevar una activa vida de comentarista científico, político y social. Al poco tiempo de llegar, renunció de nuevo a su



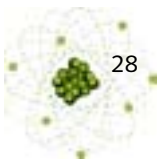
Albert Einstein caminando por los campos del Instituto de Investigaciones Avanzadas de Princeton, Estados Unidos.

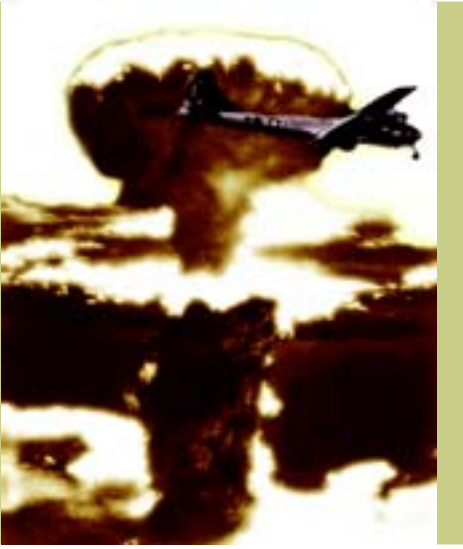
nacionalidad y a las instituciones científicas alemanas a las que pertenecía, y se hizo ciudadano norteamericano en 1940. En 1936 murió su esposa Elsa, así que a los 57 años de edad quedó bajo la protección y cuidado de su cuñada y de su secretaria, Helen Dukas, quienes lo acompañarían hasta el fin de sus días.



Einstein y Szilard en Estados Unidos. Él y otros científicos firmaron una carta a Roosevelt, instándolo a preparar armas nucleares.

A comienzos de los años treinta, investigadores de diversos países experimentaban exitosamente para lograr la ruptura de los núcleos de los átomos y así liberar cantidades descomunales de energía para aplicarla en la elaboración de armas de un poder destructivo nunca antes visto. Joit, en Francia, y Fermi y Szilard, en Estados Unidos, habían abierto un camino muy promisorio, experimentando con uranio la provocación de una potente reacción nuclear en cadena. Sospechas fundadas indicaban que técnicos nazis también avanzaban en esa línea de pesquisas. Aterrado con la perspectiva de ver a Hitler equipado con este mortífero poderío, Einstein y un grupo de colegas firmaron en 1939 una carta al presidente Roosevelt instándolo a desarrollar con prontitud armamento con energía nuclear. La respuesta del mandatario fue el Proyecto Manhattan que desembocó en la construcción de la bomba atómica y el horror de Hiroshima y Nagasaki pocos años más tarde. La participación de Einstein en el proyecto no fue más allá de haber firmado la carta; y aunque había roto un precepto de su pacifismo radical al considerar un acto defensivo extremo haber animado el desarrollo atómico de los Estados Unidos, no dejó de





Hiroshima. Explosión atómica del 16 de agosto de 1945.

contemplar los peligros y atrocidades de la guerra en cualquiera de sus formas. “No me quedó otra salida. Pero matar en la guerra no es en mi opinión mejor que un asesinato vulgar”.

De ahí en adelante, sus acciones se encaminaron con todo vigor a lograr el desarme de las potencias y a buscar por todos los medios formas amables de convivencia planetaria. Hizo parte del Comité de Emergencia de los Científicos Atómicos con el objeto de estimular el control internacional y civil de la energía nuclear, y divulgó las prescripciones del Comité en entrevistas de radio y pu-

blicaciones que tuvieron una influencia enorme en la opinión pública. “El descubrimiento de las reacciones atómicas en cadena no tiene porque ser más peligroso para la humanidad que el descubrimiento de las cerillas”, escribió. Defendió a los objetores de conciencia del servicio militar “los verdaderos héroes de la guerra”, según dijo, y estimuló abiertamente la desobediencia civil en los científicos que estaban siendo perseguidos en la caza de brujas por los grupos del senador McCarthy. En 1955, pocos meses antes de su muerte, hizo una firme declaración con Bertrand Russell, como antes lo había hecho con intelectuales de la talla de Stephan Zweig, Thomas Mann o Romain Rolland, para urgir a los científicos del mundo a que mediaran en el conflicto entre Este y Oeste y a limitar drásticamente el armamento nuclear. “Nosotros los científicos, cuyo trágico destino ha sido el de ayudar a fabricar los métodos de aniquilación más repugnantes y efectivos, debemos considerar como nuestro solemne y trascendental deber el hacer todo lo que esté a nuestro alcance para prevenir el uso de estas armas...”.

La teoría del campo unificado

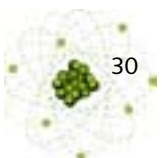
En 1916 Albert Einstein pronunció un discurso en un homenaje dirigido al físico Max Planck, en el que le expresó cómo su amor por la Ciencia podría conducirlo a resolver el problema más importante de la Física en ese momento, planteado por él mismo: “¡Ojalá pueda [usted] unificar en un sistema homogéneo la teoría cuántica con la electrodinámica y la mecánica!”. Este deseo expresado ante quien fuera de alguna forma su maestro, se convirtió, sin embargo, en su propio objetivo vital. En efecto, los últimos treinta años de su vida de investigador los ocupó Einstein en la búsqueda



Albert Einstein en el Instituto de Investigaciones Avanzadas de Princeton, Estados Unidos.

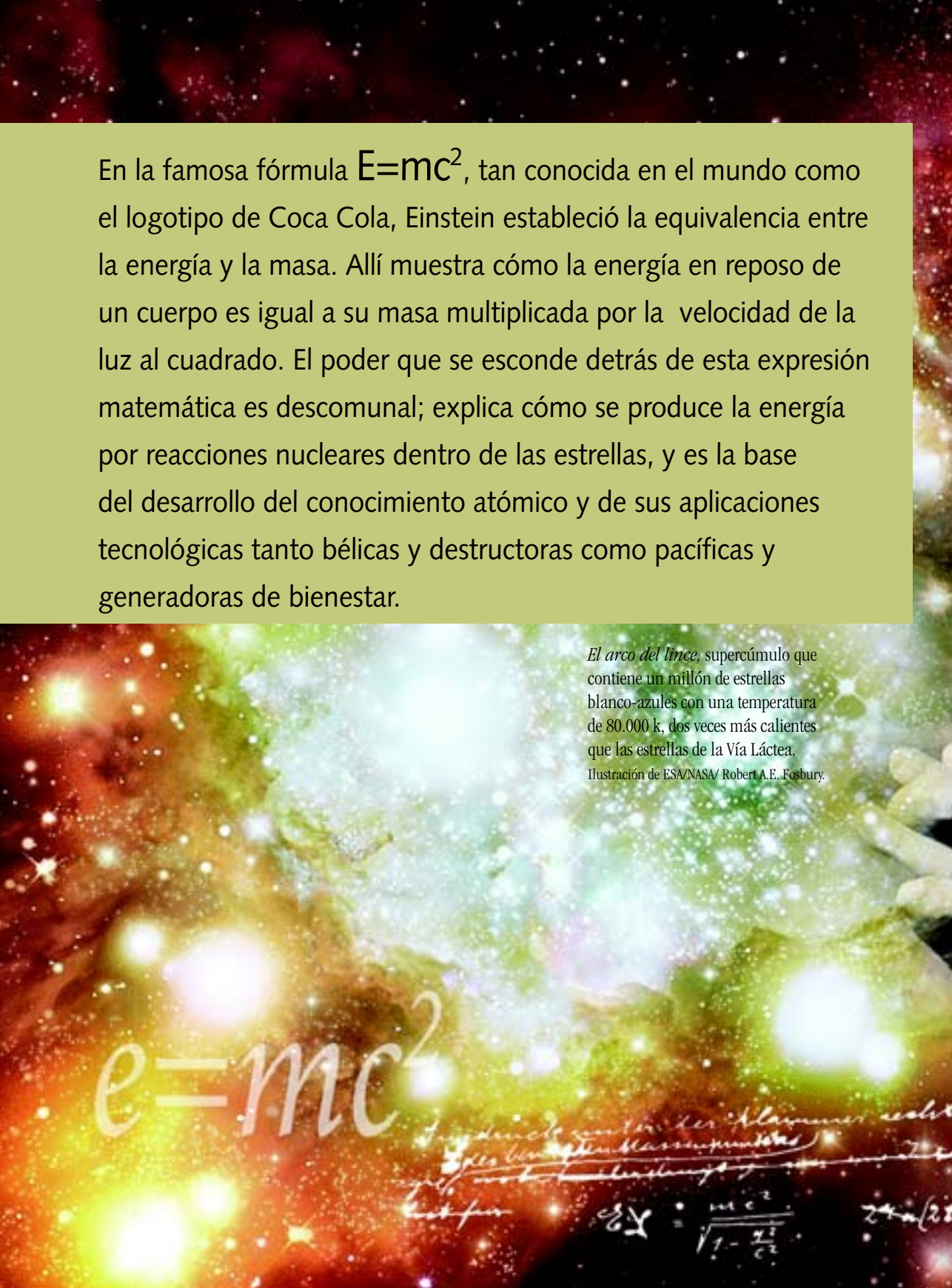
de una teoría que fuera capaz de unir principios que parecían dispares y a generalizar, tratando de fusionar diferentes elementos en un gran panorama coherente. Indagó afanosamente para describir las diferentes fuerzas de la naturaleza como emanación de una única fuerza. Pensaba que si pudiese hallar una teoría de campo unificada, esa teoría podría explicar también la estructura de la materia. Buscaba

completar un aparente vacío en la teoría cuántica, el hecho de que ésta explica el mundo sólo en términos de probabilidad: “Aún creo en la posibilidad de un modelo de realidad, esto es, de una teoría que describa las cosas en sí y no sólo la posibilidad de su aparición”. Dudaba de su



propia capacidad para encontrar la solución, pero estaba convencido de que más adelante, alguien la hallaría. Exploró solo y de manera obsesiva, corrigiendo, haciendo y deshaciendo formulaciones matemáticas interminablemente durante años para ofrecer una imagen simple e iluminada del mundo físico.

Si bien avanzó mucho en la comprensión de las **fuerzas gravitacionales** y **electromagnéticas** –dos de los cuatro tipos de **fuerzas fundamentales** del modelo estándar que la Física establece para explicar el universo– como entes emergentes de una estructura más general, sólo hasta la década de 1970 se pudo entender a las **fuerzas nucleares fuerte y débil** –las otras dos fuerzas fundamentales– dentro de un modelo común. Esta circunstancia hizo que su teoría unificadora careciera de soporte y no se convirtiera en algo definitivo. No obstante, como en tantas otras áreas, Einstein abrió el camino y dejó un trazo indeleble que ha permitido que hoy sea cada vez más plausible la concepción de un campo unificado de donde surgen todas las fuerzas básicas. La actual teoría de las supercuerdas es hasta ahora la zona más prometedora para visualizarlo. Ésta dibuja las partículas fundamentales –protones, fotones, leptones, quarks– como manifestaciones de pequeñísimas espirales que vibran como las cuerdas de un violín en un fantástico espacio multidimensional –de once dimensiones–, desde donde la gravitación emerge como un subproducto. Es el distinto “tono” de las vibraciones el que determina las propiedades de cada partícula elemental. Se presume que en su etapa naciente, el universo poseía esa configuración en donde las fuerzas fundamentales estaban unidas en una sola fuerza y que se separaron justo después del comienzo del espacio-tiempo.

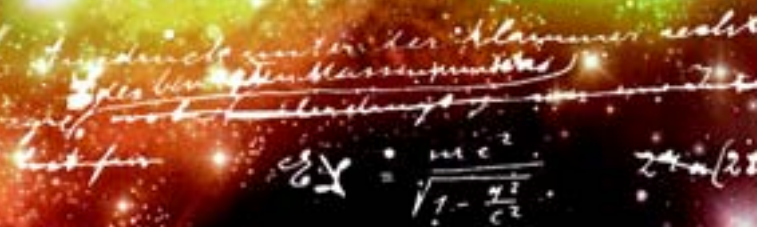


En la famosa fórmula $E=mc^2$, tan conocida en el mundo como el logotipo de Coca Cola, Einstein estableció la equivalencia entre la energía y la masa. Allí muestra cómo la energía en reposo de un cuerpo es igual a su masa multiplicada por la velocidad de la luz al cuadrado. El poder que se esconde detrás de esta expresión matemática es descomunal; explica cómo se produce la energía por reacciones nucleares dentro de las estrellas, y es la base del desarrollo del conocimiento atómico y de sus aplicaciones tecnológicas tanto bélicas y destructoras como pacíficas y generadoras de bienestar.

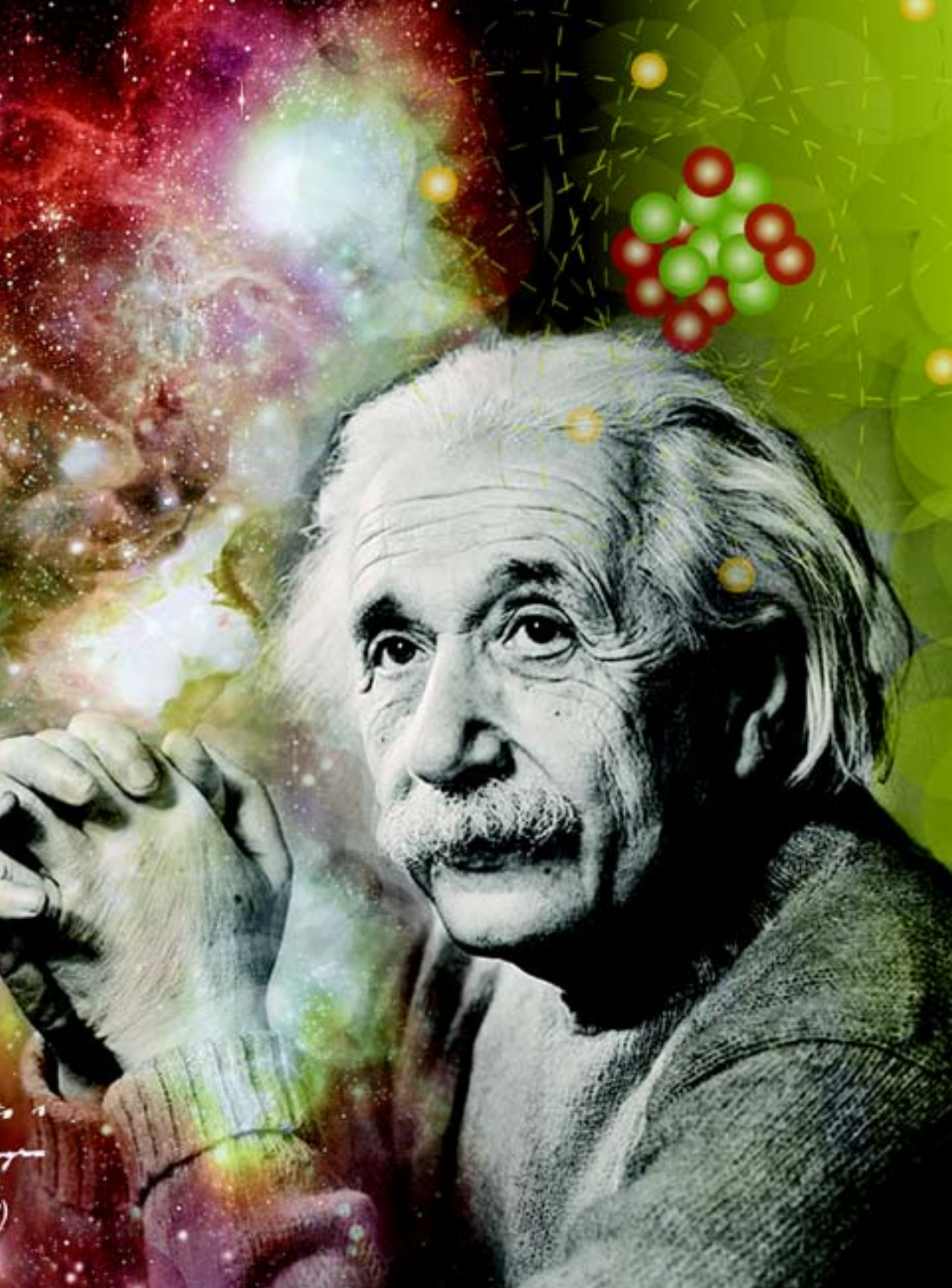
El arco del lince, supercúmulo que contiene un millón de estrellas blanco-azules con una temperatura de 80.000 k, dos veces más calientes que las estrellas de la Vía Láctea.

Ilustración de ESA/NASA/ Robert A.E. Fosbury.

$$E=mc^2$$



Handwritten notes and the equation $E=mc^2$ in a cursive script.

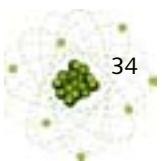


Convicciones espirituales

La idea de la teoría unitaria, sin duda, se fundaba en la confianza de una *armonía preestablecida* que el propio Einstein atribuía a los sustratos más profundos de la realidad. Fue lo que manifestó en su famosa expresión de “Dios no juega a los dados”, para refutar las opiniones de quienes veían al mundo como producto del azar y la indeterminación. En este aspecto, coincidían su indagación científica, sus conocimientos filosóficos y una apreciación de tipo místico de la creación. Tres facetas que se integraban con frecuencia en sus búsquedas intelectuales y trascendentales. Aunque nunca fue practicante religioso, pues rechazaba el aspecto dogmático y el temor que inspiran en sus feligreses las religiones que erigen dioses vengativos y castigadores, no dejó de percibir “la fe más profunda en la racionalidad del universo construido” y lo que denominó como “religiosidad cósmica”, que se manifiesta “en el sublime y maravilloso orden tanto en la naturaleza como en el mundo de las ideas”. “Creo en el Dios de Spinoza, que se nos revela por medio de la armonía de todo cuanto existe, no en un Dios que se preocupa del destino y las acciones de los seres humanos”, afirmaba.

Su refinado sentido de unidad en lo creado, especialmente entre los propios hombres, se aclara profundamente cuando dice:

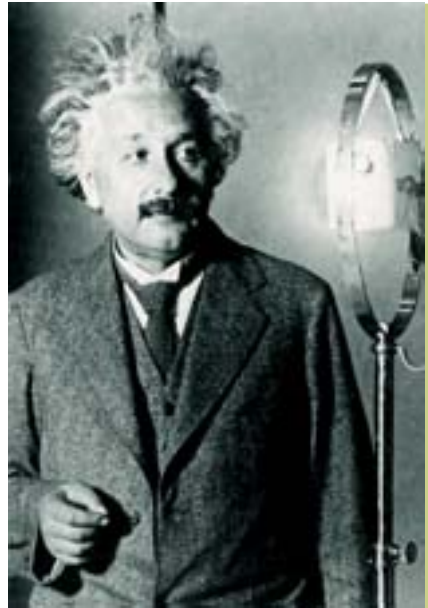
Un ser humano es parte de un todo, llamado por nosotros universo, una parte limitada en el tiempo y el espacio. Se experimenta a sí mismo, sus pensamientos y sentimientos como algo separado del resto... algo así como una ilusión óptica de su conciencia. Esta falsa ilusión es para nosotros como una prisión que nos restringe a nuestros deseos personales y al afecto que profesamos a las pocas personas que nos rodean. Nuestra tarea debe ser el liberarnos de esta cárcel ampliando nuestro círculo de compasión para abarcar a todas las criaturas vivas y a la naturaleza en conjunto en toda su belleza...



Ciencia, sociedad y tradición

Einstein fue un consumado físico teórico, lo que quiere decir que su especialidad lo confinaba a su mesa de trabajo. Sus instrumentos eran la pluma, el papel y el pensamiento deductivo. Siempre estuvo muy alejado de laboratorios o los sofisticados y colosales aparatos que acompañan a los físicos experimentales que operan sobre las partículas atómicas. Sin embargo, la formulación abstracta de sus proposiciones y visiones sobre la realidad y el cosmos, expresadas en ecuaciones y reglas matemáticas, pudieron ser comprendidas por muchos otros científicos y filósofos, que las usaron en provecho de sus investigaciones, y hasta llegaron al gran público para modelar de un modo distinto nuestra concepción del universo, el tiempo, el espacio, el movimiento y la materia. El trabajo de Einstein tiene implicaciones sobre lo infinitamente pequeño y también sobre lo gigantesco, lo cósmico. Atraviesa edades y presupone dimensiones espacio- temporales nuevas. Prefigura también la unidad insondable que subyace entre lo dispar y lo aparentemente distante.

La teoría de la relatividad y el conjunto de trabajos y colaboraciones que dejó Einstein a la humanidad no son, sin embargo, producto único de un genio aislado o de un cerebro fuera de lo común. Como a él mismo le gustaba reconocer, se encontraba situado en el centro de la ciencia de su



Einstein defendió públicamente, durante toda su vida, multitud de causas a favor de las libertades de las minorías y de quienes carecían del poder de manifestarse.

época y de una vieja tradición. De Galileo a Poincaré, entre Heisenberg y Euclides, entre Niels Bohr y Kepler. Incluso su propio ambiente familiar que, como vimos, favoreció su disposición para la investigación y la curiosidad natural para develar los misterios del mundo físico.

De los cálculos del físico teórico pudieron salir los fundamentos que, posteriormente y en manos de otros, se transformaron en la tecnología apta para desarrollar artefactos que hoy nos rodean y nos hacen la vida más fácil. En las fotocopiadoras, detectores de luz de videocámaras, alarmas, aparatos de visión nocturna, células fotovoltaicas –que transforman la energía solar en eléctrica– y apertura automática de puertas se hallan los principios del efecto fotoeléctrico. De otros estudios de Einstein sobre propiedades de la luz surgiría años después la tecnología láser, de amplia aplicación en comunicaciones, bioingeniería y medicina. De la teoría del movimiento browniano se hallan hoy aplicaciones en el mundo de las finanzas como estadísticas y curvas de fluctuaciones, en la robótica, en los análisis de mercado o en estudios para la toma de decisiones. Desde 1995 los condensados atómicos de Bose-Einstein, que son una realidad como quinto estado de la materia, aportan grandemente a la investigación física y la tecnología de vanguardia. De su famosa fórmula $E=mc^2$,

Albert Einstein hablando ante un grupo de personas en 1924, en la ceremonia de inauguración de una cadena radial estatal. Fue un hombre público que puso su gran prestigio al lado de causas humanitarias en todo el planeta.



que establece la equivalencia entre energía y masa, ha surgido como consecuencia el funcionamiento de la tomografía de positrones, la esterilización de alimentos y los reactores de fisión que se usan para generar energía, entre otros. De la teoría de la relatividad surgió, por ejemplo, el preciso funcionamiento de los sistemas de posicionamiento global (GPS por sus siglas en inglés), de amplia utilización en navegación, viajes y deportes.

Cuando Albert Einstein murió el 18 de abril de 1955 a los 76 años, en el hospital de Princeton, se apagó también la vida de un verdadero líder social. El catálogo de sus luchas por defender causas alrededor de la paz, la justicia social y la libertad fue enorme. Además del pacifismo convencido y del clamor por el desarme que manifestó toda la vida y lo llevó a recorrer miles de kilómetros por el mundo, y su antimilitarismo radical, sobresale su discurso enfático contra los nacionalismos exacerbados. Defendió diversas ideas por establecer un gobierno supranacional mundial justo que dirimiera los conflictos y controlara el armamentismo y la guerra —una “comunidad humana universal”, como la llamó—. Fue amigo abierto y público de las minorías culturales, de las luchas por los derechos civiles de los negros norteamericanos, de los perseguidos por razones étnicas y del medio ambiente. Tomó posiciones para proteger y exaltar el movimiento sionista, del cual fue uno de sus dirigentes, hasta el grado de que le fue ofrecido en 1952 la presidencia del emergente Estado de Israel, honor que declinó; esto no le impidió, simultáneamente, propugnar por una nación que respetara los territorios palestinos y supusiera la convivencia y el respeto de los derechos de los árabes. Fue, en fin, un hombre de ciencia genial que no evadió su papel como ciudadano del mundo, volcando todo su talento, prestigio y energía en bien de altos principios de tolerancia, paz y humanitarismo.





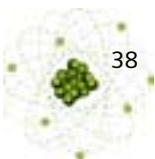
glosario

Bosón · El bosón, denominación dada en honor al físico indio Satyendra Nath Bose, es una partícula de espín entero (0, 1, 2,...) Esta propiedad confiere a los bosones unas características especiales. Son bosones los fotones y los núcleos atómicos con un número par de nucleones, como las partículas alfa. En la física de altas energías, son las partículas portadoras de las interacciones fundamentales.

Dualidad onda-partícula · Posesión de propiedades tanto ondulatorias como corpusculares por parte de los objetos subatómicos. El principio fundamental de la teoría cuántica es que una entidad a la que estamos acostumbrados a considerar como una partícula (por ejemplo, un electrón, con un momento lineal p) puede comportarse también como una onda, mientras otras entidades que solemos concebir como ondas (por ejemplo, la luz), también pueden describirse como corpúsculos (en este caso, fotones).

Ondas electromagnéticas · Son ondas producidas por la oscilación o la aceleración de una carga eléctrica. Tienen componentes eléctricos y magnéticos. La radiación electromagnética se puede ordenar en un espectro que se extiende desde ondas de frecuencias muy elevadas –longitudes de onda pequeñas– hasta frecuencias muy bajas –longitudes de onda altas–. Pero en general, son aquellas ondas que no necesitan de un medio material para propagarse. Las ondas de radio, las microondas, las ondas luminosas visibles, infrarroja y ultravioleta, y los rayos X y gamma, son ejemplos de ondas electromagnéticas. La luz visible es sólo una pequeña parte del espectro electromagnético.

Energía · Aptitud de la materia para producir fenómenos físicos o químicos. Se puede definir como la capacidad de un sistema de poner en movimiento una máquina o, más rigurosamente, de realizar un trabajo. Su magnitud es igual a la del trabajo requerido para llevar al sistema al estado correspondiente, desde un estado de referencia, generalmente



de un nivel de energía nulo. No es un fenómeno físico medible, es sólo una herramienta matemática. Se puede describir completamente la dinámica de un sistema en función de las energías cinética y la potencial de sus componentes.

La energía cinética es una forma de energía debida al movimiento de los cuerpos. Equivale al trabajo que es necesario realizar para que el cuerpo pase del estado de reposo ($v = 0$) al estado de desplazamiento con una velocidad v .

La energía potencial puede pensarse como la energía almacenada en un sistema, o como la medida del trabajo que un sistema puede generar.

Física atómica · Disciplina del conocimiento que se ocupa de los fenómenos que ocurren en el átomo y sus componentes, entre ellos el núcleo (física nuclear).

Fotón · Es la partícula mediadora de la interacción electromagnética y la expresión cuántica de la luz. En física se suele utilizar el símbolo γ (*gamma*) para referirse a un fotón. Los fotones son partículas fundamentales, componentes de todas las manifestaciones de radiación electromagnética; es decir que tanto la

luz, como las ondas de radio o los rayos X poseen fotones.

Fuerzas fundamentales · Son las fuerzas que gobiernan el equilibrio de la materia y la energía en el universo. Corresponden a cada una de las interacciones que puede sufrir la materia y que no pueden descomponerse en interacciones más básicas. En la física moderna se consideran cuatro campos de fuerzas como origen de todas las interacciones fundamentales: la **gravedad**, la **electromagnética**, la **fuerza nuclear débil** y la **fuerza nuclear fuerte**.

La más apreciable y la más débil es la **gravedad**, que se manifiesta a través de la interacción entre las masas. La **fuerza nuclear débil** es responsable de los procesos de desintegración de los átomos y actúa entre los leptones, una de las dos familias de partículas elementales de las que está constituida toda la materia; el más conocido es el electrón. La **fuerza electromagnética** sostiene la estructura del átomo al mantener los electrones alrededor del núcleo; se manifiesta entre partículas y cuerpos cargados eléctricamente. La **fuerza nuclear fuerte** mantiene la estructura del núcleo atómico, une los quarks dentro de los protones y neutrones, y a éstos

entre sí para formar el núcleo; es la más potente de todas y se libera en las explosiones nucleares.

Gravedad · En la mecánica clásica, la gravedad es la fuerza de atracción mutua que experimentan dos objetos con masa. Se trata de una de las cuatro fuerzas fundamentales.

La interacción gravitatoria es la responsable de los movimientos a gran escala en todo el Universo, ya que es la que hace que los planetas sigan órbitas predeterminadas alrededor del Sol. Isaac Newton fue la primera persona en darse cuenta de que la fuerza que hace que los objetos caigan con aceleración constante en la Tierra y la fuerza que mantiene en movimiento los planetas y las estrellas era la misma, y a él se debe la primera teoría general de la gravitación.

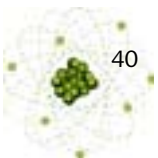
Lorentz, Hendrik · Físico y matemático holandés, nació en Arnhem, en 1853. Estudió en la Universidad de Leiden, en donde posteriormente fue profesor de física matemática entre 1878 y 1923. Fue director de investigación en el Instituto Teyler, de Haarlem, de 1923 a 1928.

Se le deben importantes aportes en los campos de la termodinámica, la radiación, el magnetismo, la

electricidad y la refracción de la luz. Formuló conjuntamente con George Francis Fitz-Gerald una teoría sobre el cambio de forma de un cuerpo como resultado de su movimiento; este efecto, conocido como *contracción de Lorentz-Fitz-Gerald*, fue una más de las importantes contribuciones realizadas por Lorentz al desarrollo de la teoría de la relatividad. Fue, al igual que Henri Poincaré, uno de los primeros en formular las bases de la teoría de la relatividad, recogidas y profundizadas por Albert Einstein. Ganador del Premio Nobel de Física en 1902 por sus teorías sobre la radiación electromagnética. Murió en Haarlem, Holanda en 1928.

Masa · La masa es una propiedad de los objetos físicos que, básicamente, mide la inercia de un cuerpo (masa inercial) o la cantidad de materia (masa gravitacional). Es un concepto central en la mecánica clásica y sus disciplinas afines. En el Sistema Internacional de Unidades se mide en kilogramos.

Partículas elementales · Son los constituyentes básicos que forman la materia y la antimateria, y en la teoría cuántica algunas de ellas son las



encargadas del intercambio de las fuerzas fundamentales. Las partículas elementales no pueden ser divididas en partes más pequeñas. Existen dos familias: los *quarks*, que se combinan para formar el protón, el neutrón y los hadrones. Los *quarks* no pueden existir aislados, excepto en condiciones extremas de energía como la que existía en el Big Bang. La otra familia es la de los *leptones* que tiene seis miembros: el electrón, el muón, la partícula tau y sus neutrinos asociados a cada uno.

Planck, Max · (1858 -1947) Físico alemán considerado como el padre de la teoría cuántica. Nacido en Kiel, estudió física en las universidades de Munich y de Berlín. Desde 1892 fue director de la cátedra de Física teórica de esta última universidad, de la que llegó a ser rector en 1913.

En 1899 descubrió una constante fundamental, la denominada Constante de Planck, que es usada para calcular la energía de un fotón. Un año después descubrió la ley de radiación del calor, denominada Ley de Planck, que explica el espectro de emisión de un cuerpo negro. Esta ley se convirtió en una de las bases de la teoría cuántica, que emergió unos años más tarde con la colaboración de Albert Einstein y Niels Bohr.

Durante la Segunda Guerra Mundial, Planck intentó convencer a Hitler de que perdonara a los científicos judíos. Erwin, el hijo de Planck, fue ejecutado por alta traición el 20 de julio de 1944, por la supuesta colaboración en el intento de asesinato de Hitler.

Fue director de la *Deutsche Physikalische Gesellschaft* (Sociedad Alemana de Física) y de la *Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften* (KWG, Sociedad del emperador Guillermo para el avance de la ciencia) que a su muerte llevó su nombre. En 1918 recibió el Premio Nobel en física por sus aportes a la teoría de la mecánica cuántica.

Spinoza, Baruch · Filósofo holandés (1632-1677) racionalista, de tradición cartesiana, pertenecía a la comunidad judía de Amsterdam de donde fue expulsado por sus ideas heterodoxas. Pensaba que lo único que mantenía vivo al cristianismo y al judaísmo era su aferramiento a dogmas y ritos vacíos. Hizo una lectura crítica de la Biblia. Llegó a la conclusión de que todo lo que existe es naturaleza, y que Dios y la Naturaleza eran una misma cosa. Veía a Dios en todo lo que existe y a todo lo que existe en Dios. Dios

es el mundo. De otra parte, Spinoza entiende la realidad como un todo único, en el que cada parte remite a la totalidad y en ella encuentran su justificación y fundamento. Dado que todo lo real y cada una de sus partes están relacionados entre sí, la realidad tiene la misma estructura que un sistema geométrico –cada proposición y teorema se vinculan estrechamente con los demás–.

La fuerte oposición que encontraron sus ideas lo llevó a vivir una vida aislada dedicada a la filosofía. Ganaba su sustento como pulidor de vidrios ópticos.

Teoría cuántica · Teoría física basada en la utilización del concepto de unidad cuántica para describir las propiedades dinámicas de las partículas subatómicas y las interacciones

entre la materia y la radiación. Las bases de la teoría fueron sentadas por el físico alemán Max Planck, quien en 1900 postuló que la materia sólo puede emitir o absorber energía en pequeñas unidades discretas llamadas cuantos. Otra contribución fundamental al desarrollo de la teoría fue el principio de incertidumbre, formulado por el físico alemán Werner Heisenberg en 1927, que afirma que no es posible especificar con exactitud y de manera simultánea la posición y el momento lineal de una partícula subatómica.

La teoría cuántica básicamente nos dice que la luz no llega de una manera continua, sino que está compuesta por pequeños paquetes de energía, a los que llamamos cuantos. Estos cuantos de energía se llaman fotones.



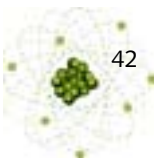
bibliografía básica

Libros de Albert Einstein

- Einstein, Albert, *Mi visión del mundo*, Barcelona, Tusquets Editores, 2005.

Sobre Albert Einstein

- De Frutos Sánchez, David; Albadalejo Vivero, Carmen, *Albert Einstein*, Madrid, Dastin Export Ediciones, 2004.



Sitios web

- www.aip.org (del American Institute of Physics)
- www.albert-einstein.org/index.html (en inglés)
- http://es.wikipedia.org/wiki/Albert_Einstein

Artículos sobre Albert Einstein

- Muñoz, Boris, "Albert Einstein entre la vida y el cosmos", Revista Puntal, Caracas, agosto de 2005.
- Revista Española de Física. Volumen 19, Números 1 y 4. Madrid, 2005.
- www.madrimasd.org, "14 miradas sobre Albert Einstein", (conjunto de artículos sobre Einstein desde distintas disciplinas).

Bibliografía complementaria de Albert Einstein

- Einstein, Albert, *Sobre la teoría de la relatividad especial y general*, Madrid, Alianza Editorial, 1984.
- *El significado de la relatividad*, Madrid, Espasa-Calpe, 2005.
- *Cien años de relatividad: los artículos clave de Albert Einstein de 1905 y 1906*, Madrid, Nivola Libros y Ediciones, 2004.
- *Así lo veo yo*, Buenos Aires, Longseller, 2003.
- *La física, aventura del pensamiento*, Buenos Aires, Editorial Losada, 2002.
- *Notas autobiográficas*, Madrid, Alianza Editorial, 2003.
- Freud, Sigmund, *¿Por qué la guerra?*, Barcelona, Editorial Minúscula, 2001.

Sobre Albert Einstein

- Calaprice, Alice, *Querido profesor Einstein: correspondencia entre Albert Einstein y los niños*, Barcelona, Editorial Gedisa, 2003.
- Calle, Carlo I, *Einstein para dummies*, Bogotá, Editorial Norma, 2006.
- De Closets, Françoise, *No digas a Dios lo que tiene que hacer: Einstein, la novela de una vida*, Barcelona, Editorial Anagrama, 2005.
- Fernández Buey, Francisco, *Albert Einstein: ciencia y conciencia*, Barcelona, Intervención Cultural, 2005.
- Galison, Peter, *Relojes de Einstein y mapas de Poincaré: los imperios del tiempo*, Barcelona, Editorial Crítica, 2005.
- Gómez, Teodoro, *Einstein relativamente fácil: la guía definitiva para entender a Einstein y las teorías que cambiaron nuestra concepción del universo*, Barcelona, Océano Ámbar, 2001.
- Overbye, Dennis, *Las pasiones de Einstein*, Barcelona, Editorial Lumen, 2005.
- Parker, Barry, *Einstein: pasiones de un científico*, Buenos Aires, El Ateneo, 2005.
- Sánchez Ron, José Manuel, *Einstein esencial*, Barcelona, Editorial Crítica, 2005.
- Seeling, Carl, *Albert Einstein*, Madrid, Espasa-Calpe, 2005.
- Turrión Berges, Javier, *Einstein último: los papeles de Fantova*, Zaragoza, Mira Editores, 2005.
- VV.AA, *Einstein 1905: un año milagroso: cinco artículos que cambiaron la física*, Barcelona, Editorial Crítica, 2001.
- Wolke, Robert, *Lo que Einstein contó a sus amigos*, Barcelona, Ma Non Troppo, 2004.

Instituto Distrital de Cultura y Turismo

Directora · Martha Senn

Subdirectora de Eventos y Escenarios · Olga Lucía Olaya Parra

Planetario de Bogotá

Gerente · Catalina Nagy Patiño

Albert Einstein. El hombre, el científico, el ciudadano.

© Alcaldía Mayor de Bogotá

© Instituto Distrital de Cultura y Turismo

© Planetario de Bogotá

2006

ISBN ·

Textos · José Antonio Carbonell Blanco

Diseño de la colección, diagramación e ilustración · Cristina López Méndez

Corrección de textos científicos · Pablo Cuartas Restrepo, Julián Betancur

Corrección de textos · Margarita Rosa Londoño, Catalina Nagy Patiño

Fotografía · The Hebrew University of Jerusalem, The Albert Einstein Archives,
Emilio Segré Archives.

Impresión ·

Impreso en Colombia

