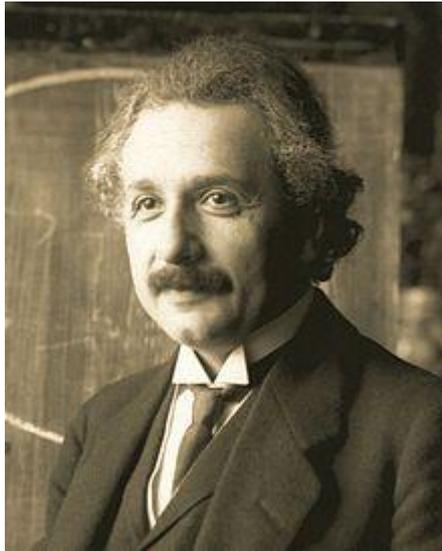


Albert Einstein

<file:///H:/ABRIL/Albert%20Einstein%20-%20Wikipedia,%20la%20enciclopedia%20libre.htm>

Albert Einstein 🌟



Einstein en 1921

Albert Einstein (en alemán [ˈalbɛʁt ˈaɪnʃtaɪn]; Ulm, Imperio alemán, 14 de marzo de 1879 - Princeton, Estados Unidos, 18 de abril de 1955) fue un físico alemán de origen judío, nacionalizado después suizo y estadounidense. Es considerado como el científico más importante del siglo XX. Manuel Alfonseca cuantifica la importancia de 1000 científicos de todos los tiempos y, en una escala de 1 a 8, Einstein y Freud son los únicos del siglo XX en alcanzar la máxima puntuación;¹ asimismo califica a Einstein como «el científico más popular y conocido del siglo XX»²

En 1905, cuando era un joven físico desconocido, empleado en la Oficina de Patentes de Berna, publicó su teoría de la relatividad especial. En ella incorporó, en un marco teórico simple fundamentado en postulados físicos sencillos, conceptos y fenómenos estudiados antes por Henri Poincaré y por Hendrik Lorentz. Como una consecuencia lógica de esta teoría, dedujo la ecuación de la física más conocida a nivel popular: la equivalencia masa-energía, $E=mc^2$. Ese año publicó otros trabajos que sentarían bases para la física estadística y la mecánica cuántica.

En 1915 presentó la teoría de la relatividad general, en la que reformuló por completo el concepto de gravedad.³ Una de las consecuencias fue el surgimiento del estudio científico del origen y la evolución del Universo por la rama de la física denominada cosmología. En 1919, cuando las observaciones británicas de un eclipse solar confirmaron sus predicciones acerca de la curvatura de la luz, fue idolatrado por la prensa.⁴ Einstein se convirtió en un icono popular de la ciencia mundialmente famoso, un privilegio al alcance de muy pocos científicos.⁵

Por sus explicaciones sobre el efecto fotoeléctrico y sus numerosas contribuciones a la física teórica, en 1921 obtuvo el Premio Nobel de Física y no por la Teoría de la Relatividad, pues el científico a quien se encomendó la tarea de evaluarla, no la entendió, y temieron correr el riesgo de que luego se demostrase errónea.^{6 7} En esa época era aún considerada un tanto controvertida.

Ante el ascenso del nazismo, el científico abandonó Alemania hacia diciembre de 1932 con destino a Estados Unidos, donde impartió docencia en el Instituto de Estudios Avanzados de Princeton. Se nacionalizó estadounidense en 1940. Durante sus últimos años trabajó por integrar en una misma teoría la fuerza gravitatoria y la electromagnética.

Aunque es considerado por algunos como el «padre de la bomba atómica», abogó por el federalismo mundial, el internacionalismo, el pacifismo, el sionismo y el socialismo democrático, con una fuerte devoción por la libertad individual y la libertad de expresión.^{8 9 10 11} Fue proclamado como el «personaje del siglo XX» y el más preeminente científico por la revista Time.¹²

Biografía

Infancia

Nació en la ciudad alemana de Ulm, cien kilómetros al este de Stuttgart, en el seno de una familia judía. Sus padres eran Hermann Einstein y Pauline Koch. Hermann y Pauline se habían casado en 1876, cuando Hermann tenía casi 29 años y ella 18 años.¹³

La familia de la novia vivía cerca de Stuttgart, concretamente en la ciudad de Cannstatt, allí su padre Julius Koch explotaba, con su hermano Heinrich, un comercio muy próspero de cereales. Pauline tocaba el piano y le transmitió a su hijo su amor por la música, entre otras cualidades como su "perseverancia y paciencia".¹⁴ De su padre, Hermann, también heredó ciertos caracteres como la generosidad y la amabilidad que caracterizó a Albert.¹³



Einstein a los 3 años en 1882

En 1880 la familia se mudó a Múnich, donde crecería durante 14 años y su padre y el hermano de este, Jakob, quien influyó intelectualmente sobre Albert, fundaron en octubre una empresa dedicada a la instalación de agua y gas. Como el negocio marchaba bien, con el apoyo de toda la familia decidieron abrir un taller propio de aparatos eléctricos (*Elektrotechnische Fabrik J. Einstein & Cie.*), que suministraban a centrales eléctricas en Múnich-Schwabing, Varese y Susa en Italia, la que fracasaría tras endeudar a toda la familia. Esto causó un trauma no solo para Albert sino también para el resto de la familia. A fin de saldar las deudas y financiar el traslado, el querido jardín de la casa de Múnich fue vendido a un promotor inmobiliario.¹³

Desde sus comienzos, demostró cierta dificultad para expresarse, pues no empezó a hablar hasta la edad de 3 años, por lo que aparentaba poseer algún retardo que le provocaría algunos problemas. Al contrario que su hermana menor, Maya, que era más vivaracha y alegre, Albert era paciente y metódico y no gustaba de exhibirse. Solía evitar la compañía de otros infantes de su edad y a pesar de que, como niños, también

tenían de vez en cuando sus diferencias, únicamente admitía a su hermana en sus soledades. Cursó sus estudios primarios en una escuela católica; desde 1888 asistió al instituto de segunda enseñanza Luitpold (que en 1965 recibiría el nombre de *Gymnasium Albert Einstein*). Sacó buenas notas en general, no tanto en las asignaturas de idiomas, pero excelentes en las de ciencias naturales. Los libros de divulgación científica de Aaron Bernstein marcaron su interés y su futura carrera. Fue un periodo difícil que sobrellevaría gracias a las clases de violín (a partir de 1884) que le daría su madre (instrumento que le apasionaba y que continuó tocando el resto de sus días) y a la introducción al Álgebra que le descubriría su tío Jacob.¹⁵ Su paso por el Gymnasium (instituto de bachillerato), sin embargo, no fue muy gratificante: la rigidez y la disciplina militar de los institutos de secundaria de la época de Otto von Bismarck le granjearon no pocas polémicas con los profesores: en el Luitpold Gymnasium las cosas llegaron a un punto crítico en 1894, cuando Einstein tenía 15 años. Un nuevo profesor, el Dr. Joseph Degenhart, le dijo que «nunca conseguiría nada en la vida». Cuando Einstein le respondió que «no había cometido ningún delito», el profesor le respondió: «tu sola presencia aquí mina el respeto que me debe la clase».¹⁶



Einstein en 1893, a los 14 años.

Su tío, Jacob Einstein, un ingeniero con gran inventiva e ideas, convenció al padre de Albert para que construyese una casa con un taller, en donde llevarían a cabo nuevos proyectos y experimentos tecnológicos de la época a modo de obtener unos beneficios,

pero, debido a que los aparatos y artilugios que afinaban y fabricaban eran productos para el futuro, en el presente carecían de compradores y el negocio fracasó. El pequeño Albert creció motivado entre las investigaciones que se realizaban en el taller y todos los aparatos que allí había. Además, su tío incentivó sus inquietudes científicas proporcionándole libros de ciencia. Según relata el propio Einstein en su autobiografía, de la lectura de estos libros de divulgación científica nacería un constante cuestionamiento de las afirmaciones de la religión; un libre pensamiento decidido que fue asociado a otras formas de rechazo hacia el Estado y la autoridad. Un escepticismo poco común en aquella época, a decir del propio Einstein. El colegio no lo motivaba, y aunque era excelente en matemáticas y física, no se interesaba por las demás asignaturas. A los 15 años, sin tutor ni guía, emprendió el estudio del cálculo infinitesimal. La idea, claramente infundada, de que era un mal estudiante proviene de los primeros biógrafos que escribieron sobre Einstein, que confundieron el sistema de calificación escolar de Suiza (un 6 en Suiza es la mejor calificación) con el alemán (un 6 es la peor nota).¹⁷ En este "Erziehungsrat" aparece con nota 6 en todas las asignaturas: Álgebra, Física, Geometría, Geometría Analítica y Trigonometría.

En 1894 la compañía Hermann sufría importantes dificultades económicas y los Einstein se mudaron de Múnich a Pavía en Italia cerca de Milán. Albert permaneció en Múnich para terminar sus cursos antes de reunirse con su familia en Pavía, pero la separación duró poco tiempo: antes de obtener su título de bachiller decidió abandonar el Gymnasium. Sin consultarlo con sus padres, Albert se puso en contacto con un médico (el hermano mayor de Max Talmud, un estudiante de medicina que iba todos los viernes a comer a la casa de los padres de Einstein) para que certificara que padecía de agotamiento y necesitaba un tiempo sin asistir a la escuela, y convenció a un profesor para que certificara su excelencia en el campo de las matemáticas. Las autoridades de la escuela le dejaron ir. Justo después de las Navidades de 1894, Albert abandonó Múnich y se fue a Milán para reunirse con sus propios padres.¹⁶

Juventud

Entonces, la familia Einstein intentó matricular a Albert en la Escuela Politécnica Federal de Zúrich pero, al no tener el título de bachiller, tuvo que presentarse a una prueba de acceso que suspendió a causa de una calificación deficiente en una asignatura de letras. Esto supuso que fuera rechazado inicialmente, pero el director del centro,

impresionado por sus resultados en ciencias, le aconsejó que continuara sus estudios de bachiller y que obtuviera el título que le daría acceso directo al Politécnico. Su familia le envió a Aarau para terminar sus estudios secundarios en la escuela cantonal de Argovia, a unos 50 km al oeste de Zúrich, donde Einstein obtuvo el título de bachiller alemán en 1896, a la edad de 16 años. Ese mismo año renunció a su ciudadanía alemana, presuntamente para evitar el servicio militar, pasando a ser un apátrida. Inició los trámites para naturalizarse suizo. A fines de 1896, a la edad de 17 años el joven Einstein ingresó en la Escuela Politécnica Federal de Zúrich, Suiza, probablemente el centro más importante de la Europa central para estudiar ciencias fuera de Alemania, matriculándose en la *Escuela de orientación matemática y científica*, con la idea de estudiar física.¹⁶



Conrad Habicht, Maurice Solovine y Einstein, los fundadores de la efímera Academia Olimpia

Durante sus años en la políticamente vibrante Zúrich, descubrió la obra de diversos filósofos: Henri Poincaré, Baruch Spinoza, David Hume, Immanuel Kant, Karl Marx^[cita requerida] y Ernst Mach. También tomó contacto con el movimiento socialista a través de Friedrich Adler y con cierto pensamiento inconformista y revolucionario en el que mucho tuvo que ver su amigo de toda la vida Michele Besso. En octubre de 1896 conoció a Mileva Maric, una compañera de clase serbia, de talante feminista y radical, de la que se enamoró. En 1900 Albert y Mileva se graduaron en el Politécnico de Zürich y en 1901 a la edad de 22 años consiguió la ciudadanía suiza. Durante este período discutía sus ideas científicas con un grupo de amigos cercanos, incluyendo a Mileva, con la cual tuvo en secreto una hija en enero de 1902, llamada Lieserl. Al día de hoy nadie sabe que fue de la niña, asumiéndose que fue adoptada en la Serbia natal de Mileva, después que ambos contrajeran matrimonio, el 6 de enero de 1903, en la ciudad de Berna. No obstante, esta teoría difícilmente puede demostrarse, ya que solo se

dispone de pruebas circunstanciales. Los padres de Einstein siempre se opusieron al matrimonio, hasta que en 1902 su padre cayó enfermo de muerte y consintió. Más su madre nunca se resignó al mismo.^{18 19}

Se graduó en 1900, obteniendo el diploma de profesor de matemáticas y de física, pero no pudo encontrar trabajo en la Universidad, por lo que ejerció como tutor en Winterthur, Schaffhausen y en Berna. Su compañero de clase, Marcel Grossmann, un hombre que más adelante desempeñaría un papel fundamental en las matemáticas de la relatividad general, le ofreció un empleo fijo en la *Oficina Federal de la Propiedad Intelectual de Suiza, en Berna*, una oficina de patentes, donde trabajó de 1902 a 1909.²⁰ Su personalidad le causó también problemas con el director de la Oficina, quien le enseñó a "expresarse correctamente".

En esta época, Einstein se refería con amor a su mujer Mileva como «una persona que es mi igual y tan fuerte e independiente como yo». Abram Joffe, en su biografía de Einstein, argumenta que durante este periodo fue ayudado en sus investigaciones por Mileva. Esto se contradice con otros biógrafos como Ronald W. Clark, quien afirma que Einstein y Mileva llevaban una relación distante que le brindaba la soledad necesaria para concentrarse en su trabajo.²¹

En mayo de 1904, Einstein y Mileva tuvieron un hijo de nombre Hans Albert Einstein. Ese mismo año consiguió un trabajo permanente en la *Oficina de Patentes*. Poco después finalizó su doctorado presentando una tesis titulada *Una nueva determinación de las dimensiones moleculares*, consistente en un trabajo de 17 folios que surgió de una conversación mantenida con Michele Besso, mientras se tomaban una taza de té; al azucarar Einstein el suyo, le preguntó a Besso:

«¿Crees que el cálculo de las dimensiones de las moléculas de azúcar podría ser una buena tesis de doctorado?».

En 1905 redactó varios trabajos fundamentales sobre la física de pequeña y gran escala. En el primero de ellos explicaba el movimiento browniano, en el segundo el efecto fotoeléctrico y los dos restantes desarrollaban la relatividad especial y la equivalencia masa-energía. El primero de ellos le valió el grado de doctor por la Universidad de Zúrich en 1906, y su trabajo sobre el efecto fotoeléctrico, le haría merecedor del Premio

Nobel de Física en 1921, por sus trabajos sobre el movimiento browniano y su interpretación sobre el efecto fotoeléctrico. Estos artículos fueron enviados a la revista Annalen der Physik y son conocidos generalmente como los artículos del Annus mirabilis ("año admirable").²²



Albert Einstein en 1920.

Madurez

En 1908 a la edad de 29 fue contratado en la Universidad de Berna, Suiza, como profesor y conferenciante (*Privatdozent*). Einstein y Mileva tuvieron un nuevo hijo, Eduard, nacido el 28 de julio de 1910. Poco después la familia se mudó a Praga, donde Einstein obtuvo la plaza de *Professor* de física teórica, el equivalente a Catedrático, en la Universidad Alemana de Praga. En esta época trabajó estrechamente con Marcel Grossmann y Otto Stern. También comenzó a llamar al tiempo matemático *cuarta dimensión*.²³ En 1913, justo antes de la Primera Guerra Mundial, fue elegido miembro de la *Academia Prusiana de Ciencias*. Estableció su residencia en Berlín, donde permaneció durante diecisiete años. El emperador Guillermo, le invitó a dirigir la sección de Física del *Instituto de Física Káiser Wilhelm*.²⁴

El 14 de febrero de 1919, a la edad 39 años, se divorció de Mileva, luego de un matrimonio de 16 años, y algunos meses después, el 2 de junio de 1919 se casó con una

prima suya, Elsa Loewenthal, cuyo apellido de soltera era Einstein: Loewenthal era el apellido de su primer marido, Max Loewenthal. Elsa era tres años mayor que él y le había estado cuidando tras sufrir un fuerte estado de agotamiento. Einstein y Elsa no tuvieron hijos.

El destino de la hija de Albert y Mileva, Lieserl, nacida antes de que sus padres se casaran o encontraran trabajo, es desconocido. De sus dos hijos, el primero, Hans Albert, se mudó a California, donde llegó a ser profesor universitario, aunque con poca interacción con su padre; el segundo, Eduard, sufría esquizofrenia y fue internado en 1932 en una institución para tratamiento de enfermedades mentales en Zúrich. Fue el primero de muchos ingresos. Einstein quería llevar a su hijo enfermo a Princeton, pero la embajada de EE. UU. no lo admitió por sus malos antecedentes. Eduard falleció en el centro psiquiátrico en 1965.²⁵

En los años 1920, en Berlín, la fama de Einstein despertaba acaloradas discusiones. En los diarios conservadores se podían leer editoriales que atacaban a su teoría. Se convocaban conferencias-espectáculo tratando de argumentar lo disparatada que resultaba la teoría especial de la relatividad. Incluso se le atacaba, en forma velada, no abiertamente, en su condición de judío. En el resto del mundo, la Teoría de la relatividad era apasionadamente debatida en conferencias populares y textos.²⁶

En Alemania, las expresiones de odio a los judíos alcanzaron niveles muy elevados. Varios físicos de ideología nazi, algunos tan notables como los premios Nobel de Física Johannes Stark y Philipp Lenard, intentaron desacreditar sus teorías.²⁷ Otros físicos que enseñaban la teoría de la relatividad, como Werner Heisenberg, fueron vetados en sus intentos de acceder a puestos docentes.²⁸

En 1923 visita España, entablando relación con Ortega y Gasset. Al desembarcar en Barcelona, y dadas las ideas socialistas que profesaba,²⁹ acepta una invitación para dar una conferencia en la sede de CNT, donde entabla amistad con Ángel Pestaña. Pregunta qué significan las siglas CNT, Confederación Nacional del Trabajo, y cuando comprende y dadas las ideas anarquistas del sindicato propone eliminar la palabra Nacional, que en Alemania tenía connotaciones violentas.³⁰

Antes del ascenso del nazismo, (Adolf Hitler llegó al poder como canciller el 30 de enero de 1933) había dejado Alemania en diciembre de 1932 y zarpar inciertamente hacia Estados Unidos, país donde impartió docencia en el *Instituto de Estudios Avanzados de Princeton*, agregando a su nacionalidad suiza la estadounidense en 1940 a la edad de 61 años.³¹

Para la camarilla nazi los judíos no son sólo un medio que desvía el resentimiento que el pueblo experimenta contra sus opresores; ven también en los judíos un elemento inadaptable que no puede ser llevado a aceptar un dogma sin crítica, y que en consecuencia amenaza su autoridad –por el tiempo que tal dogma exista– con motivo de su empeño en esclarecer a las masas. La prueba de que este problema toca el fondo de la cuestión la proporciona la solemne ceremonia de la quema de libros, ofrecida como espectáculo por el régimen nazi poco tiempo después de adueñarse del poder.

Einstein. Nueva York. 1938.³²

Einstein, en 1939 decide ejercer su influencia participando en cuestiones políticas que afectan al mundo. Redacta la célebre carta a Roosevelt, para promover el Proyecto atómico e impedir que los «enemigos de la humanidad» lo hicieran antes:

...puesto que dada la mentalidad de los nazis, habrían consumado la destrucción y la esclavitud del resto del mundo.³³

Durante sus últimos años, Einstein trabajó por integrar en una misma teoría las cuatro Fuerzas Fundamentales, tarea aún inconclusa.³⁴

Muerte

El 16 de abril de 1955, Albert Einstein experimentó una hemorragia interna causada por la ruptura de un aneurisma de la aorta abdominal, que anteriormente había sido reforzada quirúrgicamente por el *Dr. Rudolph Nissen* en 1948. Einstein rechazó la cirugía, diciendo: *"Quiero irme cuando quiero. Es de mal gusto prolongar artificialmente la vida. He hecho mi parte, es hora de irse. Yo lo haré con elegancia."* Murió en el Hospital de Princeton a primera hora del **18 de abril de 1955** a la edad de 76 años. En la mesilla quedaba el borrador del discurso frente a millones de israelitas

por el séptimo aniversario de la independencia de Israel que jamás llegaría a pronunciar, y que empezaba así: "Hoy les hablo no como ciudadano estadounidense, ni tampoco como judío, sino como ser humano".



El anuncio en el *New York World-Telegram*

Einstein no quiso tener un funeral rutilante, con la asistencia de dignatarios de todo el mundo. De acuerdo a su deseo, su cuerpo fue incinerado en la misma tarde, antes de que la mayor parte del mundo se enterara de la noticia. En el crematorio solo hubo 12 personas, de los cuales estuvo su hijo mayor. Sus cenizas fueron esparcidas en el río Delaware a fin de que el lugar de sus restos no se convirtiera en objeto de mórbida veneración. Pero hubo una parte de su cuerpo que no se quemó.

Durante la autopsia, el patólogo del hospital, *Thomas Stoltz Harvey*³⁵ extrajo el cerebro de Einstein para conservarlo, sin el permiso de su familia, con la esperanza de que la neurociencia del futuro fuera capaz de descubrir lo que hizo a Einstein ser tan inteligente. Lo conservó durante varias décadas hasta que finalmente lo devolvió a los laboratorios de Princeton cuando tenía más de ochenta años. Pensaba que el cerebro de Einstein «le revelaría los secretos de su genialidad y que así se haría famoso». Hasta ahora, el único dato científico medianamente interesante obtenido del estudio del cerebro es que una parte de él - la parte que, entre otras cosas, está relacionada con la capacidad matemática - es más grande que la misma parte de otros cerebros.³⁶

Son recientes y escasos los estudios detallados del cerebro de Einstein. En 1985, por ejemplo, el profesor Marian Diamond de Universidad de California Berkeley, informó de un número de células gliales (que nutren a las neuronas) de superior calidad en áreas del hemisferio izquierdo, encargado del control de las habilidades matemáticas. En

1999, la neurocientífica Sandra Witelson informaba que el lóbulo parietal inferior de Einstein, un área relacionada con el razonamiento matemático, era un 15% más ancho de lo normal. Además, encontró que su cisura de Silvio, un surco que normalmente se extiende desde la parte delantera del cerebro hasta la parte posterior, no recorría todo el camino.

Todos contra Einstein

La controvertida figura del científico alemán suscitó agrios debates en su época. Un grupo de enemigos de sus teorías en la Alemania Nazi llegó a crear una asociación en su contra, e incluso un hombre fue acusado de promover su asesinato. Por si fuera poco, se publicó el libro titulado *Cien autores en contra de Einstein*, cuyo objetivo era evidente.³⁷ El genio se limitó a decir: "*¿Por qué cien? Si estuviera equivocado, bastaría con uno solo.*"³⁸

Trayectoria científica

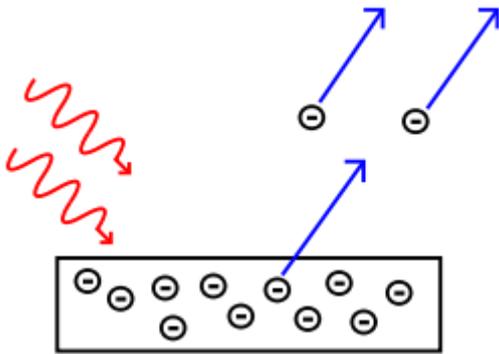
En 1901 apareció el primer trabajo científico de Einstein: trataba de la atracción capilar. Publicó dos trabajos en 1902 y 1903, sobre los fundamentos estadísticos de la termodinámica, corroborando experimentalmente que la temperatura de un cuerpo se debe a la agitación de sus moléculas, una teoría aún discutida en esa época.³⁹

Los artículos de 1905

En 1905 finalizó su doctorado presentando una tesis titulada *Una nueva determinación de las dimensiones moleculares*. Ese mismo año escribió cuatro artículos fundamentales sobre la física de pequeña y gran escala. En ellos explicaba el movimiento browniano, el efecto fotoeléctrico y desarrollaba la relatividad especial y la equivalencia masa-energía. El trabajo de Einstein sobre el efecto fotoeléctrico le proporcionaría el Premio Nobel de física en 1921. Estos artículos fueron enviados a la revista "Annalen der Physik" y son conocidos generalmente como los artículos del "Annus Mirabilis" (del Latín: Año milagroso). La Unión internacional de física pura y aplicada junto con la Unesco conmemoraron 2005 como el Año mundial de la física⁴⁰ celebrando el centenario de publicación de estos trabajos.

Efecto fotoeléctrico

Artículo principal: *Efecto fotoeléctrico*



Un diagrama ilustrando la emisión de los electrones de una placa metálica, requiriendo de la energía que es absorbida de un fotón.

El primero de sus artículos de 1905 se titulaba *Un punto de vista heurístico sobre la producción y transformación de luz*. En él Einstein proponía la idea de "quanto" de luz (ahora llamados fotones) y mostraba cómo se podía utilizar este concepto para explicar el efecto fotoeléctrico.

La teoría de los cuantos de luz fue un fuerte indicio de la dualidad onda-corpúsculo y de que los sistemas físicos pueden mostrar tanto propiedades ondulatorias como corpusculares. Este artículo constituyó uno de los pilares básicos de la mecánica cuántica. Una explicación completa del efecto fotoeléctrico solamente pudo ser elaborada cuando la teoría cuántica estuvo más avanzada. Por este trabajo, y por sus contribuciones a la física teórica, Einstein recibió el Premio Nobel de Física de 1921.

Movimiento browniano

Artículo principal: *Movimiento browniano*



Albert Einstein. Parque de las Ciencias de Granada.

El segundo artículo, titulado *Sobre el movimiento requerido por la teoría cinética molecular del calor de pequeñas partículas suspendidas en un líquido estacionario*, cubría sus estudios sobre el movimiento browniano.

El artículo sobre el movimiento browniano, el cuarto en grado de importancia, está estrechamente relacionado, con el artículo sobre teoría molecular. Se trata de una pieza de mecánica estadística muy elaborada, destacable por el hecho que Einstein no había oído hablar de las mediciones de Brown de la década de 1820 hasta finales de ese mismo año (1905); así pues, escribió este artículo titulándolo "Sobre la teoría del movimiento browniano"⁴¹

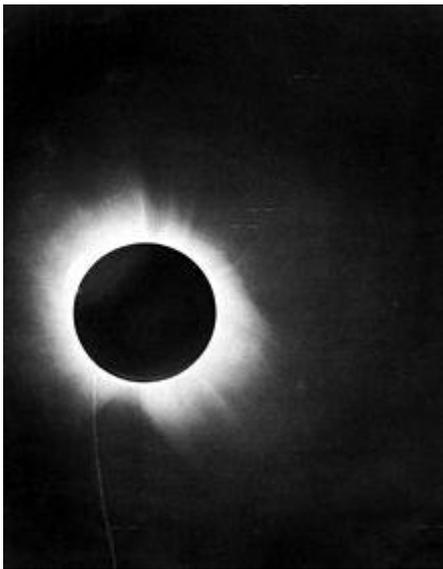
El artículo explicaba el fenómeno haciendo uso de las estadísticas del movimiento térmico de los átomos individuales que forman un fluido. El movimiento browniano había desconcertado a la comunidad científica desde su descubrimiento unas décadas atrás. La explicación de Einstein proporcionaba una evidencia experimental incontestable sobre la existencia real de los átomos. El artículo también aportaba un fuerte impulso a la mecánica estadística y a la teoría cinética de los fluidos, dos campos que en aquella época permanecían controvertidos.

Antes de este trabajo los átomos se consideraban un concepto útil en física y química, pero al contrario de lo que cuenta la leyenda, la mayoría de los físicos contemporáneos ya creían en la teoría atómica y en la mecánica estadística desarrollada por Boltzmann, Maxwell y Gibbs; además ya se habían hecho estimaciones bastante buenas de los radios del núcleo y del número de Avogadro. El artículo de Einstein sobre el movimiento atómico entregaba a los experimentalistas un método sencillo para contar átomos mirando a través de un microscopio ordinario.⁴¹

Wilhelm Ostwald, uno de los líderes de la escuela antiatómica, comunicó a Arnold Sommerfeld que había sido transformado en un creyente en los átomos por la explicación de Einstein del movimiento browniano.

Relatividad especial

Artículo principal: *Teoría de la relatividad especial*



Una de las fotografías tomadas del eclipse de 1919 durante la expedición de Arthur Eddington, en el que se pudieron confirmar las predicciones de Einstein acerca de la curvatura de la luz en presencia de un campo gravitatorio.

El tercer artículo de Einstein de ese año se titulaba *Zur Elektrodynamik bewegter Körper* ("Sobre la electrodinámica de cuerpos en movimiento"). En este artículo Einstein introducía la teoría de la relatividad especial estudiando el movimiento de los cuerpos y el electromagnetismo en ausencia de la fuerza de interacción gravitatoria.⁴²

La relatividad especial resolvía los problemas abiertos por el experimento de Michelson y Morley en el que se había demostrado que las ondas electromagnéticas que forman la luz se movían en ausencia de un medio. La velocidad de la luz es, por lo tanto, constante y no relativa al movimiento. Ya en 1894 George Fitzgerald había estudiado esta cuestión demostrando que el experimento de Michelson y Morley podía ser explicado si los cuerpos se contraen en la dirección de su movimiento. De hecho, algunas de las ecuaciones fundamentales del artículo de Einstein habían sido introducidas anteriormente (1903) por Hendrik Lorentz, físico holandés, dando forma matemática a la conjetura de Fitzgerald.⁴³

Esta famosa publicación está cuestionada como trabajo original de Einstein, debido a que en ella omitió citar toda referencia a las ideas o conceptos desarrollados por estos autores así como los trabajos de Poincaré. En realidad Einstein desarrollaba su teoría de una manera totalmente diferente a estos autores deduciendo hechos experimentales a partir de principios fundamentales y no dando una explicación fenomenológica a observaciones desconcertantes. El mérito de Einstein estaba por lo tanto en explicar lo sucedido en el experimento de Michelson y Morley como consecuencia final de una teoría completa y elegante basada en principios fundamentales y no como una explicación *ad-hoc* o fenomenológica de un fenómeno observado.⁴²

Su razonamiento se basó en dos axiomas simples: En el primero reformuló el principio de simultaneidad, introducido por Galileo siglos antes, por el que las leyes de la física deben ser invariantes para todos los observadores que se mueven a velocidades constantes entre ellos, y el segundo, que la velocidad de la luz es constante para cualquier observador. Este segundo axioma, revolucionario, va más allá de las consecuencias previstas por Lorentz o Poincaré que simplemente relataban un mecanismo para explicar el acortamiento de uno de los brazos del experimento de Michelson y Morley. Este postulado implica que si un destello de luz se lanza al cruzarse dos observadores en movimiento relativo, ambos verán alejarse la luz produciendo un círculo perfecto con cada uno de ellos en el centro. Si a ambos lados de los observadores se pusiera un detector, ninguno de los observadores se pondría de acuerdo en qué detector se activó primero (se pierden los conceptos de tiempo absoluto y simultaneidad).⁴⁴ La teoría recibió el nombre de "teoría especial de la relatividad" o "teoría restringida de la relatividad" para distinguirla de la teoría de la relatividad

general, que fue introducida por Einstein en 1915 y en la que se consideran los efectos de la gravedad y la aceleración.⁴⁵

Equivalencia masa-energía

Artículo principal: *Equivalencia entre masa y energía*



La famosa fórmula es mostrada en Taipéi 101 durante el evento del año mundial de la física en 2005.

El cuarto artículo de aquel año se titulaba *Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig* y mostraba una deducción de la fórmula de la relatividad que relaciona masa y energía. En este artículo se exponía que "la variación de masa de un objeto que emite una energía L , es:

$$\frac{L}{V^2}$$

Donde V era la notación de la velocidad de la luz usada por Einstein en 1905.

Esta fórmula implica que la energía E de un cuerpo en reposo es igual a su masa m multiplicada por la velocidad de la luz al cuadrado:

$$E = mc^2$$

Muestra cómo una partícula con masa posee un tipo de energía, "energía en reposo", distinta de las clásicas energía cinética y energía potencial. La relación masa-energía se utiliza comúnmente para explicar cómo se produce la energía nuclear; midiendo la masa de núcleos atómicos y dividiendo por el número atómico se puede calcular la energía de enlace atrapada en los núcleos atómicos. Paralelamente, la cantidad de energía producida en la fisión de un núcleo atómico se calcula como la diferencia de masa entre el núcleo inicial y los productos de su desintegración, multiplicada por la velocidad de la luz al cuadrado.

Relatividad general

Artículo principal: *Teoría general de la relatividad*

En noviembre de 1915 Einstein presentó una serie de conferencias en la Academia Prusiana de las Ciencias en las que describió la teoría de la relatividad general. La última de estas charlas concluyó con la presentación de la ecuación que reemplaza a la ley de gravedad de Newton. En esta teoría todos los observadores son considerados equivalentes y no únicamente aquellos que se mueven con una velocidad uniforme. La gravedad no es ya una fuerza o acción a distancia, como era en la gravedad newtoniana, sino una consecuencia de la curvatura del espacio-tiempo. La teoría proporcionaba las bases para el estudio de la cosmología y permitía comprender las características esenciales del Universo, muchas de las cuales no serían descubiertas sino con posterioridad a la muerte de Einstein.⁴⁶

La relatividad general fue obtenida por Einstein a partir de razonamientos matemáticos, experimentos hipotéticos (*Gedanken experiment*) y rigurosa deducción matemática sin contar realmente con una base experimental. El principio fundamental de la teoría era el denominado principio de equivalencia. A pesar de la abstracción matemática de la teoría, las ecuaciones permitían deducir fenómenos comprobables. El 29 de mayo de 1919 Arthur Eddington fue capaz de medir, durante un eclipse, la desviación de la luz

de una estrella al pasar cerca del Sol, una de las predicciones de la relatividad general. Cuando se hizo pública esta confirmación la fama de Einstein se incrementó enormemente y se consideró un paso revolucionario en la física. Desde entonces la teoría se ha verificado en todos y cada uno de los experimentos y verificaciones realizados hasta el momento.⁴⁷

A pesar de su popularidad, o quizás precisamente por ella, la teoría contó con importantes detractores entre la comunidad científica que no podían aceptar una física sin un Sistema de referencia absoluto.

Estadísticas de Bose-Einstein

Artículo principal: *Estadística de Bose-Einstein*

En 1924 Einstein recibió un artículo de un joven físico indio, Satyendranath Bose, denominado "La ley de Plank y la hipótesis del cuanto de luz", describiendo a la luz como un gas de fotones y pidiendo la ayuda de Einstein para su publicación. Einstein se dio cuenta de que el mismo tipo de estadísticas podían aplicarse a grupos de átomos y publicó el artículo, conjuntamente con Bose, en alemán, la lengua más importante en física en la época. Las estadísticas de Bose-Einstein explican el comportamiento de los tipos básicos de partículas elementales denominadas bosones.⁴⁸



Debatiendo con su amigo Niels Bohr en la casa de Paul Ehrenfest ubicada en Leiden, Holanda (diciembre de 1925).

Debates Bohr-Einstein

Artículo principal: *Debate Bohr-Einstein*

Los debates Bohr-Einstein fueron una serie de amistosas disputas públicas sobre la mecánica cuántica entre Albert Einstein y el danés Niels Bohr. Sus debates se recuerdan por su importancia para la filosofía de la ciencia.

La Teoría de Campo Unificada

Einstein dedicó sus últimos años a la búsqueda de una de las más importantes teorías de la física, la llamada Teoría de Campo Unificada. Dicha búsqueda, después de su Teoría general de la relatividad, consistió en una serie de intentos tendentes a generalizar su teoría de la gravitación para lograr unificar y resumir las leyes fundamentales de la física, específicamente la gravitación y el electromagnetismo. En el año 1950, expuso su Teoría de campo unificada en un artículo titulado «Sobre la teoría generalizada de la gravitación» (*On the Generalized Theory of Gravitation*) en la famosa revista *Scientific American*.

Aunque Albert Einstein fue mundialmente célebre por sus trabajos en física teórica, paulatinamente fue aislándose en su investigación, y sus intentos no tuvieron éxito. Persiguiendo la unificación de las fuerzas fundamentales, Albert ignoró algunos importantes desarrollos en la física, siendo notablemente visible en el tema de las fuerzas nuclear fuerte y nuclear débil, las cuales no se entendieron bien sino después de quince años de la muerte de Einstein (cerca del año 1970) mediante numerosos experimentos en física de altas energías. Los intentos propuestos por la Teoría de cuerdas o la Teoría M, muestran que aún perdura su ímpetu de alcanzar demostrar la gran teoría de la unificación de las leyes de la física.⁴⁹

Actividad política

Los acontecimientos de la Primera Guerra Mundial empujaron a Einstein a comprometerse políticamente, tomando partido. Siente desprecio por la violencia, la

bravuconería, la agresión, la injusticia.⁵⁰ Fue uno de los miembros más conocidos del Partido Democrático Alemán, DDP.

Albert Einstein fue un pacifista convencido. En 1914, noventa y tres prominentes intelectuales alemanes firmaron el «Manifiesto para el Mundo Civilizado» para apoyar al Kaiser y desafiar a las «hordas de rusos aliados con mongoles y negros que pretenden atacar a la raza blanca», justificando la invasión alemana de Bélgica; pero Einstein se negó a firmarlo junto a sólo otros tres intelectuales, que pretendían impulsar un contra-manifiesto, exclamando posteriormente:⁵¹

Es increíble lo que Europa ha desatado con esta locura. (...) En estos momentos uno se da cuenta de lo absurda que es la especie animal a la que pertenece.

Albert Einstein.



Con Oppenheimer en 1947.

Con el auge del movimiento nacional-socialista en Alemania, Einstein dejó su país y se nacionalizó estadounidense.