

De la teoría de la luz a la energía nuclear

Albert Einstein: Científico, Filósofo y Humanista

Conferencia organizada por la Academia Nacional de Ingeniería
y la Universidad Católica el día 30 de noviembre de 2005 a cargo del
Acad. Ing. Ramón M. Sosa

*"Soy en verdad un viajero solitario, y los ideales que han
iluminado mi camino y han proporcionado una y otra vez nuevo
valor para afrontar la vida han sido: la belleza, la bondad y la
verdad."*

A. Einstein

PARTE 1. BIOGRAFIA

1.1 Niñez y adolescencia

Albert Einstein nació en la ciudad alemana de Ulm, el 14 de marzo de 1879 pero con su familia se trasladó a Munich cuando él contaba un año de edad.

Hijo de padres judíos no practicantes, Hermann Einstein y Pauline Koch que tuvieron dos hijos a los cuales les pusieron los nombres (no judíos) Albert y Maja (María) (su hermana dos años y medio menor que él y con la cual mantuvo estrechas relaciones toda su vida).

El padre les inculcó el amor por la literatura y la madre por la música. El joven Albert y su madre se acompañaban en la interpretación de música clásica y él tocaba a Mozart con un sentimiento tal que hizo que su prima Elsa, que sería su segunda esposa, se enamorase de él.

Su primera experiencia con la física, como lo contase Einstein en una autobiografía, escrita casi al final de su vida, fue una brújula que le mostró su padre cuando él tenía alrededor de cinco años que le hizo pensar que "a través de esas cosas tenía que haber algo muy profundo".

Cuando tenía alrededor de doce años le regalaron un libro de geometría y él decía que "la claridad y certeza de las explicaciones me produjeron una impresión indescriptible".

Se le describe en sus primeros años como tímido y retraído, con aparentes dificultades en el lenguaje y de aprendizaje lento, pero mostrando, sin embargo, una disposición especial para las matemáticas como lo mostró debido a la instrucción inicial que le brindó su tío Jacob en distintas disciplinas entre ellas el álgebra.

Comenzó la primaria a la edad de 7 años junto con las clases de violín, que fue una de las actividades que le insumieron gran parte de su atención y que estudió por 7 años. A los 11 años comenzó a estudiar el cálculo, lo que muestra ya su interés por las matemáticas a tan temprana edad.

En un ensayo que él escribió por esa época decía lo siguiente:

Si tuviese la suerte de salvar mis exámenes iría a Zurich donde estaría cuatro años dedicándome a estudiar Física Y Matemática. Pienso que sería un profesor en las ramas de las ciencias naturales pero eligiendo la parte teórica de ellas. Las razones para ello es mi disposición para el pensamiento abstracto y matemático y mi falta de imaginación y habilidades para las cuestiones prácticas.

En 1888 ingresó al gimnasio Luitpold para realizar sus estudios secundarios. Le disgustó enormemente la forma de enseñar pero fue allí que recibió la única enseñanza religiosa, lo que le provocó un profundo estado de misticismo religioso que concluyó cuando se puso en contacto con los libros de Física y Filosofía que le suministró un amigo de la familia y estudiante de medicina.

Por motivos vinculados con la empresa de instrumentos eléctricos que su padre tenía con su tío Jacob, la familia se traslada a Milán y luego a Pavía en Italia. Con certificados médicos que declaran que el joven Einstein padece trastornos nerviosos sale de Alemania a los 15 años y se reúne con su familia en Pavía con lo cual, por un lado, le permite evadir el servicio militar en Alemania, y por otro, abandonar la secundaria que le era sumamente fastidiosa. Le faltaban tres años para terminarla pero el joven Einstein, al cual no lo motivaban los estudios, excepto la física y la matemática, decidió abandonarlos e irse también a Italia. Allí vivió compenetrándose de la cultura italiana sintiendo una admiración especial por Miguel Ángel y su genial obra.

Allí vivió pensando y estudiando por su cuenta gozando de toda la libertad que quería, pero su padre lo obligó a pensar en la culminación de sus estudios secundarios y en realizar estudios universitarios. Regresó a Munich y después se trasladó a Zurich, en Suiza, para sus estudios universitarios, los cuales no pudo comenzar por no haber terminado sus estudios secundarios.

1.2 Instituto Politécnico de Zurich (ETH)

A los 16 años quiso ingresar al Instituto Politécnico de Zurich (ETH) para estudiar ingeniería eléctrica pero fracasó en su examen de ingreso. Por esa época renunció a la ciudadanía alemana y durante cinco años careció de

ciudadanía en país alguno (recién en 1899 solicitó la ciudadanía suiza que obtuvo dos años después en 1901 a la edad de 22 años).

Una vía alternativa de ingreso al ETH la obtuvo cursando estudios en la escuela secundaria en Aarau, pequeña ciudad de la Suiza alemana. En un año obtuvo el "abiturium" lo que le permitió ahora sí ingresar al ETH para estudiar Física y Matemática. Fue durante esa estadía en Aarau que el joven Einstein, a la edad de 16 años, se puso a pensar en las propiedades curiosas de la luz y en particular qué ocurriría si uno viajase a la velocidad de la luz.

Allí, según la ley de adición de las velocidades de la mecánica, la luz estaría en reposo, pero la luz en reposo no puede existir. Según el electromagnetismo y en particular las ecuaciones de Maxwell, la luz estaría moviéndose a la velocidad c (300 mil kilómetros por segundo) o sea ambas disciplinas de la Física estarían en contradicción.

Incidentalmente eso no pasa con una onda sonora, pues uno puede viajar a la velocidad del sonido y éste queda en reposo respecto al viajero.

Esos pensamientos se plasmarían 10 años mas tarde en la teoría de la relatividad.

En el ETH Einstein estudió Física con Heinrich Weber y Matemática con Hermann Minkowski, en donde llegó a ser amigo de su condiscípulo Marcel Grossmann, lo cual le fué de gran ayuda en sus actividades posteriores.

Parece ser que en el ETH se interesó mas por los laboratorios que por las clases teóricas, dado que los estudios teóricos los realizaba en forma autodidáctica recurriendo a los trabajos originales de los físicos de renombre de la época, entre los cuales se contaba Lorentz, por el cual sentía una gran admiración. Allí recibió la gran ayuda de su condiscípulo Grossmann para obtener las notas de los cursos de matemática a los cuales no asistía. y que le permitió salvar las pruebas.

Posteriormente Grossmann y otros dos condiscípulos obtienen puestos de asistentes en el ETH, cosa que no pudo lograr Einstein.

Durante su estadía en el ETH conoce a Michele Angelo Besso con quien trabaría una amistad que duraría toda la vida, y a quien Einstein consideraba la persona mas inteligente que tuvo la oportunidad de conocer y que tuvo importante incidencia en su obra científica como escucha y crítico de sus ideas y al cual agradece en su primer trabajo sobre la teoría de la relatividad de 1905.

En Suiza la vida le fue difícil. Pasó hambre a pesar de la modesta ayuda económica que recibía de su familia mientras realizaba sus estudios. Además, por no ser de nacionalidad Suiza sufrió segregación académica. Luego de haber terminado sus estudios en 1900 a la edad de 21 años, se casó con la joven matemática croata Mileva Maric, su ex compañera de estudios, y también obtuvo la nacionalidad Suiza a principios de 1901.

Al graduarse cesó la modesta asignación que le pasaba su familia y Einstein tuvo que pasar por el via crucis de encontrar trabajo. Sin recomendaciones

adecuadas terminó dando clases particulares durante dos años, intercalados con algún que otro contrato para realizar tareas docentes..

Sin embargo, en diciembre de 1900 envía su primer trabajo a la revista alemana especializada en Física *Annalen der Physik*, la cual lo pondría, en los siguientes años, en contacto con todos los físicos del mundo.

Escribe un trabajo que presenta a la Universidad de Zurich como tesis doctoral pero éste es rechazado, y lo manda a publicar a los *Annalen der Physik* donde es publicado en 1902.

Pero al fin la suerte le empezó a sonreír cuando, por medio de una recomendación del padre de su ex condiscípulo Grossmann, el cual a la sazón enseñaba matemática en el ETH, pudo ingresar a la oficina de Patentes en Berna como experto técnico de tercera clase en junio de 1902. a la edad de 23 años.

1.3 Berna (1902-1909)

Einstein se trasladó a Berna en febrero de 1902. Para subsistir, hasta tomar su cargo en junio tuvo que dar clases particulares de física, las cuales publicitaba en un diario de la ciudad ofreciendo una hora de prueba gratis.

Su trabajo en la Oficina de Patentes era el de evaluar las solicitudes de patentes, y eso le dejaba mucho tiempo libre y al fin tuvo lo que deseaba, tiempo libre para pensar sin dificultades económicas.

En ese mismo año comenzó a preparar su examen de doctorado, siendo admitido al mismo en 1905.

Si bien Einstein era de carácter más bien solitario, se reunía en su apartamento durante la noche con dos amigos en reuniones bastante ruidosas, para desesperación de sus vecinos, en las cuales se trataban temas de Física, Filosofía y Literatura. Estos eran Maurice Solovine, un ex alumno con el que fue amigo por el resto de su vida y un estudiante de matemática, Konrad Habicht. Entre los tres fundaron lo que llamaron la Academia Olimpia.

Allí Einstein pudo exponer sus ideas sobre temas de Física frente a los agudos intelectos de sus amigos.

En esa época, Einstein leía a los filósofos Spinoza, Hume y Mach y en particular leyó la obra "Ciencia e Hipótesis" del gran matemático y filósofo francés Henri Poincaré lo cual apreció mucho.

Fue en 1905, a la edad de 26 años y a los tres años de estar en la Oficina de Patentes, donde estuvo por siete años, que publicó parte de los trabajos que revolucionarían la Física en muchos campos y que le darían fama imperecedera, del cual justificadamente en el presente año, 2005, se festeja el centenario y se considera el año de la Física.

Luego nos referiremos a ellos en mas detalles en la próxima sección, pero ahora señalamos a cinco de ellos en el orden de su presentación y luego publicación en los *Annalen der Physik*:

- 1) Cuantización de la radiación electromagnética (dualidad onda corpúsculo para la luz). Este trabajo mereció el Premio Nóbel y lo envió a publicar en marzo.
- 2) Tesis doctoral sobre "Nueva determinación de las dimensiones moleculares"... que hoy a los 100 años es uno de los trabajos mas citados; fue enviado en abril y publicada al siguiente año.
- 3) "Sobre el movimiento de partículas suspendidas en un líquido en reposo según la teoría cinético-molecular del calor" que es una teoría del movimiento browniano y que fue enviada en el mes de mayo.
- 4) Electrodinámica de los cuerpos en movimiento (Hoy llamada Teoría Especial de la Relatividad), enviada a publicar en junio.
- 5) La inercia de la energía, en la que establece su famosa fórmula que relaciona la masa con la energía, enviada a publicar en setiembre.

En los meses de julio y agosto fue a visitar a los familiares de su esposa.

En 1908 entró como docente privado (es decir pagado por sus alumnos) a la Universidad de Berna, después de haber presentado su tesis "Consecuencias para la naturaleza de la radiación a partir de la ley de distribución de la energía de los cuerpos negros".

1.4 Zurich (1909- 1910). Praga (1911) Zurich (1912-1913)

En 1909 fué llamado como profesor de Física a la Universidad de Zurich dejando su cargo en la Universidad de Berna y el de la Oficina Nacional de Patentes.

Dejó así una etapa de su vida de la cual dijo "Fueron hermosos aquellos años en Berna"

Es interesante ver como obtuvo este su primer cargo como profesor universitario a la edad de 30 años, ya en el pináculo de la fama.

En 1908 la universidad de Zurich crea la cátedra de Física Teórica y entre los candidatos para ocupar el puesto de profesor asociado estaban Einstein y Friedrich Adler, ex compañero de estudios del ETH e hijo de uno de los fundadores del partido socialdemócrata de Austria. Por simpatías políticas, le dieron el cargo a este último. Pero cuando éste se enteró que Einstein tenía interés en el cargo escribió a las autoridades una carta en la que decía:

Si es posible obtener una persona como Einstein para nuestra Universidad es absurdo darme a mi el puesto. Debo decir francamente que mis habilidades como investigador en Física no soportan la menor comparación con las de Einstein. Una oportunidad como la presente de

conseguir una persona que nos puede beneficiar tanto elevando el nivel general de la Universidad no debe perderse debido a simpatías políticas.

Allí tiene Einstein sus primeros estudiantes de doctorado y también desarrolla un aparato para medir fluctuaciones de voltaje a producidas por el movimiento browniano, en una estadía que dura solo 18 meses.

En 1911 fue nombrado profesor en la Universidad alemana Karl Ferdinand de Praga, a pesar de no profesar ninguna religión y ser de ciudadanía suiza. Allí se traslada en marzo de ese año y asiste al primer congreso de Solvay.

En 1912 vuelve a Zurich como profesor del ETH y allí desarrolla una parte muy importante de la teoría general de la relatividad y consigue que su amigo y matemático Marcel Grossmann colabore con él en la fundación de la teoría. Entre 1911 y 1912 se establece una nueva forma de la teoría empleando el cálculo tensorial de Tullio Ricci y Levi Civita.

En 1913 recibe la visita del padre de la teoría cuántica, el físico Max Planck y del fisicoquímico Nernst, para inducirlo a trasladarse a Alemania donde residía el centro más importante de la Física de entonces.

1.5 Berlín (1914-1920).

Como resultado de esas actuaciones, en 1914 decidió abandonar Zurich y se estableció en Alemania para ocupar un sillón en la Academia Real Prusiana de Berlín, un puesto de profesor en la Universidad de Berlín (sin tareas de enseñanza) desempeñando al mismo tiempo el cargo de Director del Instituto Emperador Guillermo para la Física.

Sin embargo, con todas esas impresionantes ofertas a sus 35 años de edad, no volvió a solicitar la ciudadanía alemana a la que había renunciado años antes.

Se desarrolla la primera guerra mundial y Einstein, siendo ciudadano suizo y no alemán, no tiene problemas en continuar con su trabajo. En noviembre de 1915 culmina con la formulación de la teoría de la relatividad y continúa con sus trabajos en varios aspectos de las teorías cuánticas.

En 1916 publica su primer libro "Sobre la Teoría especial y general de la relatividad", libro que en opinión del gran físico alemán Max Born significó "la mayor proeza de la reflexión del hombre sobre la naturaleza, la más sorprendente combinación de penetración filosófica, intuición física y capacidad matemática"

Tal obra significó esfuerzos que, en carta a sus amigos, calificó de sobrehumanos, desarrollados a partir de 1907 pero especialmente, y en forma ininterrumpida, desde 1911 hasta 1915 trabajando en forma absolutamente solitaria, sin que nadie sino él estuviese enterado de lo que estaba haciendo y sin que nadie se lo requiriese; lo que lo guiaba era la profunda convicción de la necesidad lógica de la teoría.

Ese esfuerzo le acarreó una úlcera gástrica y problemas hepáticos en 1917. Durante este período lo ayudó su prima Elsa, recientemente enviudada, con la cual se casa en 1919, habiéndose ya divorciado de su primera esposa Mileva Malic.

Ese año pasa una breve temporada en la Universidad de Zurich, pero pese a las ofertas de esa institución y del ETH de volver a esa ciudad, Einstein declina esas ofertas.

Es en 1919 en que se mide la desviación de la luz de una estrella por el sol en un eclipse de éste, al cual nos referiremos mas adelante, hallándose un valor acorde con el previsto teóricamente usando la teoría de la relatividad, lo cual lanzó a Einstein a la popularidad en todo el mundo siendo considerado incluso superando a Newton.

Es así que al final de la primera guerra mundial Einstein se transformó en el científico mas grande de todos los tiempos.

En 1920 sus conferencias en Berlin fueron interrumpidas por demostraciones anti semitas, y en la sala de conciertos mas grande de Berlin se realizó un gran mitin para atacar la teoría de la relatividad, considerándola una ciencia judía.

1.6 Actividades viajeras (1921-1933)

En 1921 realiza su primer viaje a EEUU junto con Chaim Weitzmann, fundador y primer presidente del Estado de Israel, para juntar fondos para la creación de la Universidad Hebrea de Jerusalem, desarrollando al mismo tiempo una intensa actividad científica. Este es el inicio de una actividad itinerante que le llevaria durante varios años por todo el mundo.

En junio de 1922 es asesinado su amigo judio Walther Rathenau, Ministro de Relaciones Exteriores. Comprendiendo que su vida estaba en peligro se aleja por un tiempo de Alemania. realizando un viaje por el Japón entre octubre de 1922 y febrero de 1923. Es durante ese viaje que se entera que se la ha concedido el premio Nobel de 1921, pero curiosamente por sus trabajos sobre la teoría de la luz y no -como se podría pensar- por la Teoría de la Relatividad como se expresó en el motivo " por sus servicios a la física teórica y especialmente por su descubrimiento de la ley del efecto fotoeléctrico".

En julio de 1923 da su conferencia Nobel en Gotenburgo, Suecia, pero en lugar de darla sobre el tema del premio lo hizo sobre la Relatividad General.

Entre sus numerosas giras mundiales merece citarse la que hizo al Río de la Plata y en particular a Uruguay en 1925 habiéndose entrevistado, entre otros, con nuestro filósofo Carlos Vaz Ferreira.

En 1927 asistió al mundialmente famoso congreso de Solvay en el cual se suponía iba a debatir con los creadores de la Mecánica Cuántica, la novel disciplina Física que se comenzó a gestar en los años inmediatos anteriores

con las figuras de Bohr, de Broglie, Heisenberg, Schrödinger y Dirac, entre otros, a la cual asistió también el iniciador de la teoría cuántica Max Planck.

Curiosamente Einstein declinó presentar un trabajo a dicha conferencia y formuló una muy simple objeción a la interpretación probabilística de la Mecánica Cuántica (debida a Max Born) quedando entonces en silencio.

En 1928 sufrió un quebranto de salud debido al exceso de trabajo, del cual afortunadamente se repuso rápidamente.

Volvió a EEUU en 1930 y en 1932, siendo en esta ocasión que se le ofreció un cargo en el recientemente creado Instituto de Estudios Superiores en la Universidad de Princeton, NJ, en el cual estuvo hasta su fallecimiento. El plan era que Einstein pasase siete meses en Berlin y cinco en Princeton, pero a principios de 1933 los nazis tomaron el poder en Alemania y eso lo decidió a no visitar mas su país natal y a partir de 1935 radicarse definitivamente en EEUU. Obtuvo la ciudadanía de dicho país en 1940 pero sin renunciar a la ciudadanía suiza.

Como anécdota, cuando le preguntaron qué salario deseaba ganar dijo 3500 dólares anuales, pero a continuación preguntó "O podría vivir con menos?". El salario que le fijaron fue 15000 dólares anuales.

1.7 Princeton (1933-1955)

En Princeton vive una vida mas tranquila que la que le tocó vivir en Europa, Adquirió la casa ubicada en la calle Mercer 112, en la que habitó hasta su muerte. Allí vivía con su esposa Elsa y su secretaria Helen Dukas, que le acompañó desde su enfermedad en 1928.. En 1939 también va a vivir con ellos la hermana Maja, que vivía en Florencia pero tuvo que abandonar el país por las persecuciones anti judías de Mussolini; cuando en 1946 Maja se aprestaba a regresar a Europa sufrió un ataque cardíaco que la dejó inválida de por vida, ocupándose Einstein de ella.

Mantuvo sus actividades científicas en forma activa, dedicándose entre otras cosas, a extender su teoría de la Relatividad General, entre otras a la teoria de los campos unificados y a las teorías cuánticas. Trató infructuosamente de hallar una teoría satisfactoria que unificase el campo gravitatorio con los electromagnéticos, y al mismo tiempo de hallar una teoría de alternativa a la probabilística de la mecánica cuántica.

También en este período tuvo una vida política muy activa.

Fue en 1943 que reconstruyó, luego de casi 40 años, su manuscrito de 1905 de la teoría de la relatividad, que no lo había conservado, para recabar fondos subastándolo para apoyar los esfuerzos bélicos. La compañía de seguros de Kansas lo adquirió en 6,5 millones de dólares en bonos de guerra y luego lo donó a la Biblioteca del Congreso.

Cuando el presidente de Israel, Chaim Weizmann, murió en 1952, el primer ministro Ben Gurión le ofreció a Einstein la presidencia vacante. Este rechazó

el ofrecimiento de la forma mas diplomática posible aduciendo que en tal puesto tendría que tomar acciones que podrían estar en conflicto con su conciencia.

En 1948 sufre de un aneurisma muy grande en la aorta abdominal que le provoca serios trastornos de salud y dolores intensos. El 13 de abril de 1955 el aneurisma se rompe y Einstein es hospitalizado de urgencia y el 18 de abril a las 1:15 am muere. De acuerdo con su voluntad es cremado, ese mismo día, en la ciudad de Trenton, capital de New Jersey y sus cenizas dispersadas en un lugar no determinado. La autopsia del cadáver fue realizada por el doctor Thomas Harvey en cuya ocasión y de acuerdo con su expresa voluntad le es extraído el cerebro que él había donado para su estudio.

Einstein dejó dos hijos de su primer matrimonio: Hans Albert, doctor en Ingeniería egresado del ETH y mas tarde profesor en Berkeley, California (fallecido en 1973 a los 69 años de edad), y Eduard, que no terminó sus estudios de música y murió en Zurich en un hospital siquiátrico en 1965 a los 55 años de edad.

PARTE 2.- El científico; breve reseña científica.

En la Tabla 1 (ubicada al final de este trabajo) se señalan las publicaciones científicas que realizó estando en Berna que es donde comenzó su carrera científica.

Las cinco primeras son previas al año 1905 que es el año del cual se celebra el centenario.

1900- 1904

El primer trabajo lo publicó en 1900, a los 21 años de edad y este fue un año muy significativo en la historia de la Física, pues fue el año en el cual Planck publicó su teoría de los cuantos, que revolucionó la Física y, como veremos en lo que sigue, tuvo estrecha relación con muchos de los trabajos de Einstein.

Como en gran parte de sus actividades científicas trabajó solo y sobre todo al principio sin ninguna relación ni conocimiento de otros científicos. Este trabajo es sobre el fenómeno de capilaridad y fué escrito en Zurich.

El segundo es sobre la teoría termodinámica de la diferencia de potencial de pares metálicos y sobre un método eléctrico para la investigación de fuerzas moleculares; lo envía y es publicado en 1902, y es la semilla de la que posteriormente desarrollaría sobre lo es hoy la Mecánica y la Termodinámica Estadística y sobre el movimiento browniano.

El tercer trabajo, enviado y publicado también en 1902, se refiere a la teoría cinética del equilibrio térmico y el segundo principio de la termodinámica en el cual introduce el concepto de “ensemble” y así se le puede considerar como fundador de la Termodinámica Estadística.

El cuarto trabajo de este período, enviado y publicado en 1903, es sobre la teoría de los fundamentos de la termodinámica y con este trabajo se le puede considerar como cofundador de la Mecánica Estadística junto con el físico estadounidense Williard Gibbs, que poco antes que Einstein publicase sus importantes trabajos, pero que eran desconocidos en Europa en aquel entonces.

El quinto y último trabajo de este período fue enviado y publicado en 1904 y es sobre la teoría molecular general del calor; es una continuación del anterior y en él se introduce la teoría de las fluctuaciones .

Un físico que hubiese publicado sólo esos cinco trabajos ya se hubiera hecho famoso pero en el caso de Einstein lo mas importante estaba por venir y lo fundamental se desarrolló casi todo en el año siguiente.

El año del milagro:1905

Y llegamos al año 1905 que se ha señalado como el año del gran milagro para la Física . y cuyo centenario se festeja el presente año.

En este año envía a publicación seis trabajos que revolucionarían la Física en tres áreas diferentes e independientes entre si: el movimiento browniano, la teoría de la relatividad y la teoría cuántica de la radiación, llamada posteriormente de los fotones.

Ordenados cronológicamente por fechas de envío (que no coincide con el de la publicación) éstos son los dados en la tabla 2.

TABLA 2

Trabajos enviados por Einstein a publicar en 1905 ordenados por fechas de envío.

corresponde al numeral de la tabla 1 y el título completo se da en dicha tabla.

1)	18 de marzo	#7	Teoría de los fotones	Ann Phys (AP)	17
	(1905)	132			
2)	30 de abril	#6	Movimiento browniano (1)	(AP)	19
	(1906)	289			
3)	11 de mayo	#8	Movimiento browniano (2)	(AP)	17
	(1905)	549			
4)	30 de junio	#9	Relatividad (1)	(AP)	17
	(1905)	891			
5)	29 de setiembre	#10	Relatividad (2))fórmula $E = mc^2$	(AP)	18
	(1905)	639			
6)	19 de diciembre	#11	Movimiento browniano (3)	(AP)	19
	(1906)	371			

La publicación 6 del 30 de abril de 1905 la presentó como tesis doctoral y trata sobre el movimiento browniano; es el primer teorema sobre fluctuación-disipación conocido, y lo aplica a la determinación de dimensiones moleculares.

Movimiento browniano.

Las publicaciones 8 y 11 se refieren a la teoría del movimiento browniano. Es interesante señalar que en la # 8 en la introducción se señala que “de acuerdo con la teoría molecular del calor (#5) cuerpos de tamaños visible al microscopio suspendidos en un líquido ejecutarán movimientos visibles al microscopio” que Einstein no entra a juzgar, por su falta de información el escribir el trabajo, si se trata del movimiento browniano, aunque en un trabajo posterior (#11) confirma que ambos son lo mismo.

Usa como referencias los trabajos #3 y #4.

En dicho trabajo #8 establece la teoría de la difusión de pequeñas esferas en suspensión en un líquido y halla la expresión para el coeficiente de difusión D:

$$D = RT / (6 \pi N k P)$$

donde R es la constante de los gases, T la temperatura absoluta, N el número de Avogadro, k el coeficiente de viscosidad del líquido y P el radio de las esferas.

Funda la teoría de los procesos estocásticos al encontrar, para la raíz cuadrada de las desviaciones de las posiciones relativas al valor medio de estas, λ (valor determinado experimentalmente) la expresión:

$$\lambda = \sqrt{2 D t}$$

donde t es el tiempo.

Eliminando D entre las dos ecuaciones anteriores tenemos la famosa ecuación de Einstein del movimiento browniano:

$$\lambda = \sqrt{t} \sqrt{RT / (3\pi N k P)}$$

Esta ecuación permite, por medida de λ , hallar el radio de las partículas suspendidas P o conociendo P hallar el número de Avogadro. Era muy importante poder verificar experimentalmente tal ecuación, cosa que Einstein no hizo por no poseer los medios adecuados, pero poco tiempo después, como lo menciona en la referencia #11 de 1905, varios científicos verificaron la fórmula de Einstein y además encontraron que efectivamente lo calculado por Einstein correspondía al movimiento Browniano.

Dualidad onda corpúsculo (teoría de los fotones).

La publicación #7 es del 18 de marzo y con ella se funda la teoría cuántica de la luz también llamada la teoría onda corpúsculo o teoría de los fotones..

Nos referiremos brevemente a este trabajo pues sería el inicio de lo que después constituiría una de las construcciones mas grandes en el área de la Física: la Mecánica Cuántica.

La teoría de Planck de 1900, que fue la idea revolucionaria que permitió explicar las características de la radiación emitida por un cuerpo negro, cosa totalmente imposible con las teorías de la Física de aquel entonces, era la de que en el proceso de absorción o emisión de radiación (la luz como caso particular) lo hace por múltiplos de una cantidad elemental, llamada un

"cuanto de energía" de valor ε proporcional a la frecuencia f que escribimos

$$\varepsilon = h f$$

donde la constante de proporcionalidad h es una constante universal llamada la "constante de Planck".

Por lo revolucionaria, Planck se resistió todo lo que pudo a su teoría pero no hallando nada mejor la aceptó al fin.

Planck no hizo ninguna hipótesis sobre la causa de esta cuantización, la cual podía ser debida a que la materia tuviese su energía cuantizada o que la radiación tuviese una estructura del tipo corpuscular.

Respecto a esto último luego de décadas de arduos debates entre la hipótesis corpuscular de la luz se impuso la teoría ondulatoria para explicar los fenómenos de interferencia y difracción de la luz lo cual, aparentemente, descartaba la teoría corpuscular.

Pero le correspondió a Einstein el mostrar que ambas posibilidades de cuantización tenían que aceptarse para explicar hechos experimentales.

En el trabajo 7 y para explicar ciertas características del tipo estadístico de la absorción y emisión de radiación por la materia, se vio obligado a admitir que, en ciertos casos, la luz se comportaba como formada por corpúsculos, los que a partir de 1926 se llamaron "fotones".

Para testear esta hipótesis de los fotones, Einstein la aplicó a un fenómeno no explicado por la teoría ondulatoria de la luz: el efecto fotoeléctrico. En este efecto se emiten electrones cuando la luz de una cierta frecuencia conveniente es absorbida por un cierto metal.

Existe una frecuencia mínima, característica del metal emisor, por debajo de la cual no se observa el fenómeno. La intensidad de la radiación determina, no la energía de los electrones emitidos, como lo indicaría la teoría ondulatoria, sino la cantidad de electrones emitidos por unidad de tiempo. Por otra parte la frecuencia de la radiación determina no los electrones emitidos por unidad de tiempo como lo indicaría la teoría ondulatoria, sino la energía de los fotoelectrones. Otra característica es que la emisión electrónica comienza en el momento en que se inicia la iluminación de la superficie no existiendo retraso apreciable, aún a los niveles mas bajos de radiación.

Einstein explicó en una forma muy sencilla estas características. Primero hay que tener en cuenta que para que un electrón abandone un metal (dentro del cual es sabido pueden moverse libremente) hay que suministrarle una energía mínima W . Cuando se ilumina la superficie metálica, penetran fotones los cuales pueden ser capturados por un electrón a razón de un fotón por electrón. De ese modo si E_m es la energía cinética máxima de un electrón al ser emitido, viene dada por:

$$E_m = hf - W$$

Que es la famosa ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico.

La mínima frecuencia a que ocurre la emisión es f_0 tal que E_m es 0 o sea:

$$W = hf_0$$

Fué este un paso muy atrevido y que muy pocos físicos comprendieron y aceptaron; similarmente a lo que le ocurrió a Planck, Einstein no estaba muy convencido de su teoría.

Uno de los físicos que no creía en dicha teoría fue el famoso físico experimental estadounidense Robert Millikan. En 1916, para probar que esta ecuación de Einstein era falsa, procedió a medir la energía máxima de los fotoelectrones en función de la frecuencia de la radiación, lo que le permitió, entre otras cosas, probar que dicha ecuación era no sólo correcta sino que también encontró el valor de h en total concordancia al hallado por Planck, con lo cual el mismo Einstein se mostró muy sorprendido.

Posteriormente, en 1923, se encontró que también se podía explicar el efecto Compton, el cual no se podía explicar con la teoría ondulatoria.

Esto terminó de convencer a los físicos de lo correcto de la teoría de los fotones.

Con esto se pone de manifiesto la genialidad de Einstein lo cual le significó el Premio Nobel de Física de 1921.

Teoría de la Relatividad.

Ahora vamos a la que se considera el inicio de su tarea mas revolucionaria y que significó el salto a la fama mas alta alcanzada por científico alguno; la teoría de la relatividad.

La publicación #9 que es del 30 de junio de 1905, y que es la cuarta publicación de Einstein en 1905, lleva el título "Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento" y representa el inicio de la Teoría de la Relatividad.

Si bien Einstein venía pensando en el tema desde hacia una década, el escribirlo le llevó sólo unas cinco semanas. Muchísimo se ha escrito sobre el tema y mucho también escribió Einstein y la gran mayoría de las conferencias que desarrolló fueron sobre este tema.

Esta teoría significó abandonar los conceptos clásicos de espacio y tiempo como entes absolutos y separados, como los había considerado Isaac Newton, el creador de la Mecánica Clásica llamada también newtoniana.

Las dos premisas introducidas por Einstein en lo que ahora se llama la Teoría de la Relatividad Especial o Restringida fueron:

- La invariancia de la velocidad de la luz en el vacío independientemente de la velocidad del observador, y

- la invariancia de las ecuaciones correspondientes a leyes físicas en todos los sistemas que se muevan con velocidades relativas constantes entre sí (Principio de la Relatividad).

Comenzó haciendo un análisis crítico de los conceptos de simultaneidad y medida del tiempo. Como consecuencia el espacio y el tiempo aparecen conectados entre sí lo cual matemáticamente se expresó como un ente, el espacio tiempo, en un espacio cuatridimensional (espacio de Minkowski).

La ley de la transformación de coordenadas para el caso de un móvil que se mueve con velocidad constante sufrió un profundo cambio respecto a la de la mecánica newtoniana (transformación llamada de Galileo).

Para un móvil que se mueve sobre el eje x tenemos:

x, t para la coordenada x y el tiempo t en un sistema K y x', t' los correspondientes en un sistema K' que se mueve con velocidad v respecto a K .

La transformación de Galileo es: $x' = x - vt$ $t' = t$

y la de Lorentz (que coincide con las deducidas por Einstein):

$$x' = \beta(x - vt) \quad t' = \beta(t - vx/c^2) \quad \text{siendo} \quad \beta = [1 - (v/c)^2]^{-1/2}$$

siendo $\beta < 1$

Estas transformaciones son las que se cumplían en el electromagnetismo pero no las que se cumplían en la mecánica newtoniana.

Consecuencias: una barra paralela al eje x de longitud L en K tiene en K' una longitud βL o sea se contrae; y un reloj que marque una diferencia de tiempo Δt en K marca uno $\Delta t' = \Delta t/\beta$ en K' o sea se alarga.

Estos curiosos fenómenos se han comprobado experimentalmente en múltiples ocasiones.

La ley de adición de las velocidades también cambia. Consideremos el caso unidimensional en el cual un móvil se mueve con velocidad u respecto a un sistema K' y éste con velocidad v respecto a K . La velocidad U del móvil respecto a K vale:

$$U = u + v \quad \text{mecánica clásica}$$

$$U = (u + v)/(1 + uv/c^2) \quad \text{mecánica relativista}$$

En el caso particular de $u = c$ resulta $U = c$ de acuerdo con la constancia de la velocidad de la luz.

Esto explica porque el famoso experimento de Michelson y Morley para poner en evidencia el movimiento de la luz emitida desde la tierra y como se

suponía se propagaba en el éter (Concepto en el inicialmente Einstein creía) diese un resultado negativo.

En este trabajo también estudian, de acuerdo con el título del trabajo, la transformación de las ecuaciones de Maxwell del electromagnetismo al pasar de un sistema K a otro K' y, entre otras conclusiones, se determina la variación de la masa con la velocidad hallándose la relación :

$$m = \beta m_0$$

siendo m_0 la masa en un sistema considerado (arbitrariamente) en reposo. O sea que la masa crece con la velocidad y a la velocidad $v = c$ es infinita por lo que se necesita una fuerza infinita para acelerarla.

Einstein termina su artículo agradeciendo a Michele Besso, su gran amigo, por la ayuda prestada a través de las discusiones y valiosos estímulos. Recordaba Einstein que al día siguiente de una prolongada discusión con Besso buscó al amigo para agradecerle, comentándole que gracias a ella había logrado que todas las piezas del rompecabezas se ubicaran correctamente, y así estuvo pronto el artículo mas famoso de Einstein.

El quinto artículo enviado el 27 de setiembre de 1905 es el # 10 en la lista 1, y en el se establece que a una energía E le corresponde una inercia, o sea una masa m tal que:

$$E = m c^2$$

Esta es su famosísima ecuación que él, en su trabajo, dice que “es posible que en los cuerpos cuyo contenido en energía sea muy variable -por ejemplo las sales de radio- se encuentre una prueba de la teoría”. La prueba se encontró en la desintegración de los núcleos de U^{235} iniciada por los científicos alemanes y realizada en los Estados Unidos por Fermi en 1939, donde una variación apreciable de la masa significó una liberación enorme de energía, aplicada, como se sabe, en la construcción de la bomba atómica 10 años mas tarde. A esto nos referiremos mas adelante.

Cuantización y dualidad onda corpúsculo para la materia.

El 9 de noviembre de 1906 Einstein envía a publicar el trabajo #15 sobre la Teoría de los calores específicos, que involucra por primera vez la cuantización de la energía para la materia con lo cual se funda la teoría cuántica de los sólidos. Este trabajo fue publicado en 1907.

Los calores específicos de la mayoría de los sólidos a temperatura ambiente son constantes (ley de Dulong y Petit). Hay casos en que se encuentran valores menores que éstos pero al subir la temperatura, estos valores suben hasta alcanzar asintóticamente los dados por la ley de Dulong y Petit. Por otra parte, para los que son constantes al bajar suficientemente la temperatura éstos descienden.

No había explicación dentro de la Física Clásica. Esta predecía, usando el principio de equipartición de la energía, que el calor específico por mol (capacidad calorífica molar) dependía del número de átomos de la molécula y era independiente de la temperatura.

La explicación la dio Einstein, suponiendo que los sólidos estaban constituidos por osciladores armónicos con energías cuantizadas hf igual que en el caso de los fotones. Así Einstein extendió la cuantización de la energía también a la materia.

En conexión con esto recuérdese la teoría de Niels Bohr en 1913, que para dar una teoría del espectro del átomo de hidrógeno dio sus reglas de cuantización para la energía de éste y que la diferencia de energía entre dos niveles energéticos correspondía a un fotón emitido o absorbido por la materia.

Pero Einstein hizo mas. En la referencia #31, que es el último trabajo escrito en Berna y el primero que presenta a un congreso, correspondiente a 1909, lanza la idea revolucionaria de que la dualidad onda-corpúsculo, que él había hipotetizado para la luz (radiación electromagnética en general) era válida también para las partículas materiales.

Esta idea la desarrolló 15 años mas tarde de Broglie y significó el inicio de la Mecánica Cuántica.

Teoría General de la Relatividad 1909-1916

Y para terminar esta semblanza científica consideremos la comunicación #22 que significa el inicio de la Teoría General de la Relatividad y que culminaría con la publicación en AP 49 (1916) 769, estando Einstein en Berlin.

Einstein estaba preparando un artículo de revisión de la Teoría de la Relatividad y estando sentado en su escritorio pensando sobre ello, tuvo repentinamente lo que consideró "la idea mas feliz de mi vida" y que incluyó en dicha revisión. Esa idea fue que es imposible determinar por experimentos por ejemplo dentro de un ascensor si este está en un campo gravitatorio y en reposo respecto de la tierra o es acelerado hacia arriba con una aceleración g pero no existiendo campo gravitatorio.

O sea que los efectos locales de un campo gravitatorio son equivalentes a los que produce una aceleración constante adecuada. Esto es así por un hecho bien conocido pero que para Einstein adquirió un profundo significado y es que la masa inercial y la gravitatoria son iguales, lo cual es consecuencia de que, en un punto dado del espacio, todos los cuerpos, sin importar su masa, sufren la misma aceleración debido al campo gravitatorio.

Lo anterior es el Principio de Equivalencia, que le permitió a Einstein introducir el campo gravitatorio en su teoría así como lo había hecho antes con el campo electromagnético. Lo que había que hacer era introducir en su teoría el estudio de sistemas acelerados.

Una consecuencia que Einstein incluyó en ese trabajo y que a la postre le permitió llegar al conocimiento del gran público, fue el siguiente. Supongamos que un ascensor está acelerado hacia arriba y por un orificio entra un

fotón horizontalmente. Al llegar a la pared opuesta se va a desviar hacia abajo (típico movimiento de un proyectil). Si en la situación equivalente del ascensor en un campo gravitatorio penetra un fotón, éste se va a desviar igual. O sea que la luz es desviada por un campo gravitatorio.

En su trabajo terminado en 1916, Einstein calculó que un rayo de luz al pasar cerca del sol se desviaría $1,7''$, lo que se podría poner en evidencia por la desviación de la luz de una estrella que estuviese cerca del disco solar. Eso se observó en el eclipse total de sol en 1919, hallándose justamente el valor predicho por Einstein. Eso se difundió en todo el mundo y llevó a Einstein a ser considerado un genio científico, superando al propio Newton. En la figura 1 se ve un esquema de dicho experimento.

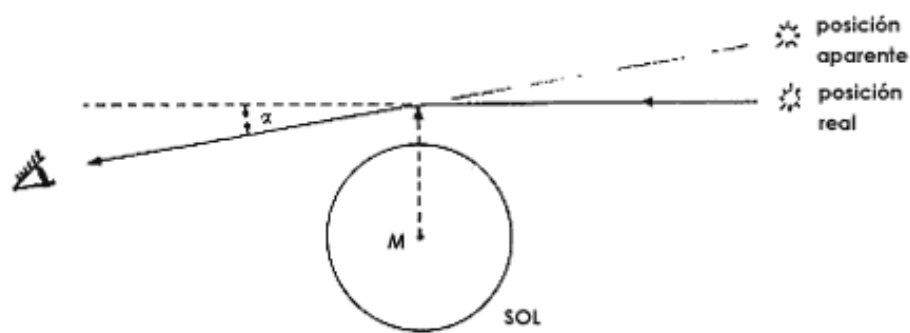


Figura 1. Desviación de un rayo luminoso por el Sol. Al desviar el Sol un haz de luz rasante que viene de una estrella lejana, cambia la posición aparente de ésta. El fenómeno se puede observar cuando la Luna oculta al Sol y obscurece el cielo.

A Einstein le llevó 9 años y un gran esfuerzo ("una tarea sobrehumana" como él lo confesase una vez a sus amigos) completar este trabajo antes que estuviese pronto para su publicación, lo cual logró después de varios intentos fallidos.

Le sirvió de mucho la formulación de la Teoría restringida hecha por su ex profesor de matemática en el ETH Minkowski pero tuvo la ayuda invaluable de Michael Grossmann ya mencionado anteriormente, el cual lo introdujo en el cálculo tensorial desarrollado por Curbastro Levi-Civita y Tulio Ricci y la geometría no euclidiana de Riemann, un tipo de geometría que es la que se cumple en una superficie esférica.

Como se dice corrientemente, un campo gravitatorio generado por masas distorsiona el espacio euclideo cuadridimensional generando una curvatura en dicho espacio.

Además del efecto de la desviación de la luz por un campo gravitatorio hay otros dos efectos comprobados experimentalmente. Uno es el corrimiento de

la luz hacia el rojo, cuya causa es la dilatación del tiempo. Este y el anterior se publicaron en la comunicación # 22 de 1907.

En 1925 el astrónomo estadounidense observó este efecto en una enana blanca, la cual posee un campo gravitatorio mucho más intenso que el solar. El efecto producido por el sol se logró detectar en 1971..

El tercer efecto es el corrimiento observado pero no explicado anteriormente del eje mayor de los planetas debido al sol; en el caso del planeta mercurio es el mas apreciable, de 43 " por siglo. Esto se ilustra en la figura 2.

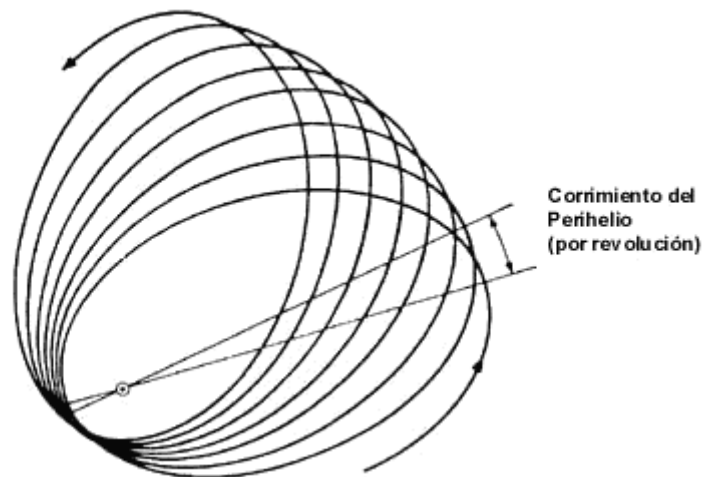


Figura 2. Precesión del perihelio de un planeta. La teoría general de la relatividad predice que la elipse descrita por el planeta va girando lentamente en su plano como se muestra en la figura2

Con esto terminamos de hacer una visión muy sumaria sobre los trabajos científicos de Einstein.

Para resumir diremos que a Einstein debemos:

- Creación de la Mecánica (y Termodinámica) Estadística y la teoría de las fluctuaciones.
- Teoría del movimiento browniano y determinación de tamaños moleculares
- Dualidad onda corpúsculo para la luz (teoría de los fotones).
- Cuantización de la materia (teoría de los calores específicos de los sólidos)
- Teoría de la relatividad.

PARTE 3. Einstein y la Filosofía.

Einstein siempre fue un estudioso de la Filosofía. Desde sus días en la Academia Olímpica reunido con sus amigos discutían de temas filosóficos y desde muy joven leía a Spinoza, Mach y Hume, entre otros. Sin embargo, según le expresó a Solovine, uno de los integrantes de dicha Academia, la encontraba demasiado vaga y arbitraria, por lo cual, para enorme beneficio de la ciencia, prefirió dedicarse a la Física.

A lo largo de su vida siempre estuvo vinculado con problemas filosóficos y especialmente en la filosofía de las ciencias físicas, de lo cual escribió algunos ensayos, basados la mayoría en su experiencia personal.

El principio rector de sus actividades científicas fueron siempre la simplicidad lógica en la formulación teórica de las leyes de la naturaleza.

Con su experiencia de la Relatividad General, él estaba convencido que el hombre, a través del pensamiento abstracto, podía llegar a encontrar las leyes de la naturaleza. Esta es la postura que manifestó en la última conferencia que dio en Europa (en Oxford, en junio de 1933). Sin embargo en sus primeros tiempos pensaba de una forma diferente. Hasta 1920 él pensaba, y así lo manifestó varias veces, que una argumentación formal basada en las características matemáticas de un problema y sin el uso de argumentos físicos fallaría en encontrar las leyes de estos.

El sostenía que la única fuente de conocimientos para las ciencias naturales, entre las que se encontraba la Física, era la experiencia, y que una buena teoría sería la que con un mínimo de postulados pudiera explicar un hecho físico.

La escasez de postulados es una de las características de las obras de Einstein y la causa para que estas fuesen de difícil comprensión para sus contemporáneos.

Con respecto a su pensamiento sobre los conceptos de espacio y tiempo, en su libro "El Significado de la Relatividad" (versión en español de su libro de 1948) Einstein dice:

"Estoy convencido de que ha sido perjudicial la consecuencia que ha tenido para el progreso del pensamiento científico, el empeño de los filósofos en sacar fuera del dominio del empirismo ciertos conceptos fundamentales, trasladándolos de este dominio, que está bajo nuestro control, a las alturas intangibles de lo apriorístico. Admitiendo que el universo de ideas no puede ser deducido de la experiencia por un método lógico sino que, por el contrario, es una creación de la mente humana, sin la cual no es posible la Ciencia, aún así resulta que este universo de ideas es dependiente de la naturaleza de nuestras experiencias. Esto es particularmente aplicable a nuestros conceptos de tiempo y espacio, a los cuales los físicos se han visto obligados, por los hechos, a hacerles descender del Olimpo de lo a priori, con el objeto de modificarlos de modo que puedan prestar servicios útiles"

Pero nunca renunció Einstein a la Filosofía. Durante 1943 se reunía en casa del gran matemático austriaco-estadounidense Kurt Gödel junto con el famoso físico Wolfgang Pauli (el del bien conocido Principio de Pauli) y el famoso matemático filósofo y humanista Bertrán Russell (al que le envió su famosa carta pocos días antes de morir según veremos mas adelante).

Hay un área lindando con la filosofía, a la que Einstein le dedicó gran parte de los últimos años de su vida y en la cual, como en muchas de sus actividades científicas ha sido un navegante solitario y esa tiene que ver con las teorías cuánticas.

La interpretación, llamada ortodoxa, de la función de onda asociada a una partícula es la probabilística, debida a Max Born a la cual se pliegan la mayor parte de los físicos. El cuadrado del módulo de la amplitud de onda en un instante y en un punto del espacio da la densidad de probabilidad (o sea la probabilidad por unidad de volumen) de hallar ahí la partícula. De lo cual se desprende que partículas en un mismo estado pueden ir a lugares distintos, o sea el principio de causalidad no es válido.

Ya en el congreso de Solvay de 1927 Einstein objetó tal interpretación y dio argumentos para contradecirlos. En particular el físico danés Niels Bohr fue uno de los que tomó la defensa de la posición ortodoxa y así se generó la llamada polémica Bohr-Einstein. La relación personal entre ambos científicos fue muy afectuosa ya desde la visita que Bohr le hizo a Einstein en Berlín en 1920, pero la polémica duró por casi 30 años hasta la muerte de Einstein en 1955.

También el creador de la interpretación, Max Born, polemizó con Einstein, pero las relaciones entre ambos no eran tan amables.

En el 6º congreso de Solvay de 1930, Einstein discute un experimento pensado para demostrar que es posible, en principio, violar las relaciones de indeterminación de Heisenberg, pero Bohr le hace ver que tal violación es imposible en base justamente a la teoría relativista. Einstein entonces acepta la consistencia lógica de la Mecánica Cuántica, pero no su necesidad lógica, y hasta su muerte pensó que la Mecánica Cuántica no era aun una teoría completa ni definitiva y se pasó dando argumentos para ello. Es una ironía que él, que desde 1905 trató de convencer a los físicos sobre los cuantos de radiación y de materia y cuando ya la teoría estuvo completa, el se quede solo en su interpretación y sus esfuerzos en construir una alternativa fueron infructuosos.

En una carta escrita a Born en 1944 le escribe:

"Nos hemos convertido en antípodas en lo que se refiere a nuestras expectativas científicas. Tú crees en el Dios que juega a los dados, yo en un orden y una legalidad completas en un mundo que existe objetivamente, y que yo he tratado de capturar mediante recursos harto especulativos. Yo creo firmemente, pero espero que alguien descubrirá un camino más realista, o tal vez una base más tangible que la que la suerte me ha permitido encontrar. Aun el gran éxito inicial de la teoría cuántica no me hace creer en este juego de dados fundamental, aunque soy perfectamente consciente de que

nuestros jóvenes colegas interpretan esto como una consecuencia de la senilidad. Sin duda alguna, llegará el día en que sabremos cuál de estas actitudes instintivas fue la correcta."

PARTE IV. Einstein humanista.

El individuo, con su existencia breve y frágil, sólo puede encontrarle sentido a la vida por su actuación sobre la sociedad.

A.Einstein

Einstein fue una persona considerada, con toda justicia, como ciudadano del mundo y preocupado profundamente por los problemas de la sociedad de su tiempo. El pacifismo y el sionismo fueron los dos movimientos sociales que recibieron su total apoyo.

Durante la primera guerra mundial Einstein, que residía en Alemania desde que abandonó Suiza en 1910, fue de los pocos académicos alemanes que condenaron públicamente la participación de Alemania en la guerra. Por esto y por su apoyo al sionismo fue atacado por grupos antisionistas y de derecha alemanes.

En especial recibió fuertes ataques como científico en campañas organizadas por el físico Lenard contra Einstein y contra la ciencia judía.

Sin embargo recibió el apoyo de muchos científicos alemanes no judíos o como también se les llamaban "arios", entre ellos Planck (al que le hizo la promesa de no abandonar Berlín).

Otros como Von Laue, Sommerfeld, etc. permanecieron en Alemania durante la guerra pero se resistieron abiertamente contra el nazismo.

Acuciado por los continuos ataques de que era objeto Einstein abandonó Europa en 1933 residiendo entonces en forma permanente en los Estados Unidos. Incluso se temió por un atentado contra él por lo cual, los reyes de Bélgica, que él conoció en los congresos de Solvay, le proporcionaron una guardia armada en los últimos meses de su estadía en Europa.

Fue en 1922 cuando decidió salir de Europa para un viaje a Oriente y visitar entre otros países a Japón y en el mismo se enteró que le habían dado el premio Nóbel de Física correspondiente a 1921.

Pero la actuación política mas conocida de Einstein es por la carta que dirigió al presidente Roosevelt para que interviniese, para impedir que los alemanes fabricasen una bomba atómica. La historia es bien conocida.

En 1939 los alemanes Hahn y Strassman estaban haciendo estudios sobre la desintegración del uranio 235, que al fisionarse por la acción de neutrones generaba neutrones y varios núcleos con una disminución de masa tal que, de acuerdo con la ecuación $E = mc^2$, generaba una energía miles de veces

mayor que la energía por reacciones químicas, con la posibilidad de hacerse un proceso en cadena.

El físico húngaro Leo Szilard fue un colaborador y compañero de inventos con el cual Einstein, en un aspecto que no hemos considerado, realizó varias patentes (al fin y al cabo las patentes era una especialización de Einstein desde su tiempo en Berna) que había emigrado a los Estados Unidos en 1938.

Eugene Wigner era también un físico húngaro emigrado a los Estados Unidos. Ambos fueron a visitar a Einstein en agosto de 1939 para hacerle ver el peligro que se correría si los nazis llevaban a cabo la fabricación de la bomba atómica y Szilard redactó una carta que fue dirigida a Roosevelt con la firma sólo de Einstein

Cuando Einstein se enteró, después de la guerra, que los alemanes no estaban en condiciones tecnológicas de fabricar tal arma, dijo que de haber sabido eso jamás habría firmado la famosa carta.

A principios de 1945 y también a petición de Szilard, a petición de varios colegas, Bohr entre otros, Einstein envió una nueva carta a Roosevelt para frenar la fabricación y el uso de una bomba atómica por parte de los Estados Unidos ya que Alemania estaba al borde de la derrota. Pero Roosevelt, entre tanto, fallece y Truman decide emplear la bomba en el Pacífico.

Einstein después del uso de la bomba atómica lucha activamente por el desarme y muy particularmente contra el desarrollo, fabricación y almacenamiento de armas nucleares, lucha en la cual también participaron muchos científicos entre ellos Bohr y Szilard. Su famosa frase “hemos ganado la guerra pero no la paz”, el lema de la conferencia que desarrolló en diciembre de 1945 en New York, sintetiza su accionar político por el resto de su vida.

En 1946 presidió el recién creado Comité de Emergencia de Científicos Atómicos que inició una campaña contra el uso militar de la energía atómica.

En 1951 aparece la publicación del Monthly Review, del partido comunista norteamericano, cuyo primer artículo es escrito por Einstein y se titula “Por qué el socialismo?” en el cual opina que una economía socialista es la única salida para los problemas de la sociedad contemporánea, la cual debe ser acompañada de un sistema educativo con fines sociales, pero reconociendo su insatisfacción por la falta de un clima de libertad intelectual en los países socialistas.

El 11 de abril de 1955, una semana antes de su muerte, escribe su última carta dirigida a Bertrand Russell, en la que acepta la forma final y los firmantes de un manifiesto conocido como “Manifiesto Einstein-Russell” en el cual se llamaba a una conferencia para estudiar los peligros de la guerra y la carrera armamentista, de la cual surgieron conferencias realizadas anualmente con participación de científicos de todo el mundo para afianzar el desarme y la paz.

Tabla 1

LISTA DE TRABAJOS ESCRITOS POR EINSTEIN EN BERNA

1. "Consecuencias del fenómeno de capilaridad". 16 de dic. 1900; *Ann. Phys.* 4 (1901) 513.
2. "Sobre la teoría termodinámica de la diferencia de potencial entre metales y sobre un método eléctrico de investigación de las fuerzas moleculares". 30 de abril de 1902; *Ann. Phys.* 8 (1902) 798.
3. "Teoría cinética del equilibrio térmico y el segundo principio de la termodinámica". 26 de julio 1902; *Ann. Phys.* 9 (1902) 417.
4. "Teoría de los fundamentos de la termodinámica". 26 de enero 1903; *Ann. Phys.* 11(1903)170.
5. "Sobre la teoría molecular general del calor". 29 de marzo 1904; *Ann. Phys.* 14 (1904) 351
6. "Nueva determinación de las dimensiones de la molécula". 30 de abril 1905; *Ann. Phys.* 19(1906) 289 (Tesis doctoral)
7. "Un punto de vista heurístico respecto a la creación y transformación de la luz". 18 de marzo (1905); *Ann. Phys.* 17 (1905)132.
8. "Sobre el movimiento de partículas suspendidas en un líquido en reposo, según la teoría cinético-molecular del calor". 11 de mayo; *Ann. Phys.* 17 (1905) 549.
9. "Sobre la electrodinámica de cuerpos en movimiento" 30 de junio 1905; *Ann. Phys.* 17 (1905) 891.
10. "¿Depende la inercia de un cuerpo de la energía que contiene?" 27 de sept. 1905; *Ann. Phys.* 18 (1905) 639
11. "Sobre la teoría del movimiento browniano", 19 de dic. 1905; *Ann. Phys.* 19 (1906) 371.
12. "Sobre la teoría de la emisión y absorción de la luz". 13 de marzo 1906; *Ann. Phys.* 20 (1906) 299.

13. "Ley de conservación del movimiento del centro de masa y de la inercia de la energía". 17 de mayo 1906; *Ann Phys.* 20 (1906) 627.
- 14 Un método para determinar la relación entre las masas transversal y longitudinal de un electrón". 4 de agosto de 1906; *Ann. Phys.* 21 (1906) 583.
- 15 "La teoría de la radiación de Planck y la teoría de los calores específicos". 9 de nov. 1906; *Ann. Phys* 22 (1907) 180.
- 16 "Corrección al anterior". 3 de marzo 1907; *Ann. Phys.* 22 (1907) 800.
17. "Sobre los límites de aplicabilidad de un teorema sobre el equilibrio termodinámico y sobre la posibilidad de una nueva determinación de los cuantos elementales". 2 dic. 1906; *Ann. Phys.* 22 (1907) 569.
18. "Observaciones teóricas sobre el movimiento browniano". Enero de 1907; *Zs. Elektrochem.* 13 (1907) 41.
19. "Sobre la posibilidad de una nueva demostración del principio de relatividad". 17 de marzo 1907; *Ann. Phys.* 23 (1907) 197.
20. "Sobre la nota de P. Ehrenfest "Movimiento de translación de electrones deformables y el teorema de las áreas". 16 de abril 1907; *Ann. Phys.* 23 (1907) 206.
21. "Sobre la inercia de la energía, según demanda el principio de la relatividad". 14 de mayo 1907; *Ann. Phys.* 23 (1907) 371.
22. "Sobre el principio de relatividad y sus consecuencias". 4 de dic. 1907; *Jahrb. d. Radioaktiv u. Elektronik* 4 (1907) 411.
23. "Un nuevo método para medir pequeñas cantidades de electricidad". 13 de feb. 1908; *Phys. Zs.* 9 (1908) 216.
24. "Teoría elemental del movimiento browniano" 1 de abril 1908; *Zs. Elektrochem.* 14 (1908) 235.
25. "Sobre las ecuaciones electrodinámicas fundamentales de un cuerpo en movimiento". 2 de mayo 1908; *Ann. Phys.* 26 (1908) 532
26. "Sobre las fuerzas ponderomotrices que actúan en el campo electromagnético sobre un cuerpo en reposo". 18 de mayo; *Ann. Phys.* 26 (1908) 541.

27. "Observación sobre el trabajo 25 con J. Laub". 19 enero 1909; *Ann. Phys.* 28 (1908) 445.

28. "Observación sobre el trabajo de Misimanoff 'Sobre las ecuaciones fundamentales...'" 22 de enero 1909; *Ann. Phys.* 28 (1909) 885.

29. "Sobre la situación actual del problema de la radiación" 23 de enero 1909; *Phys. Zs.* 10 (1909) 185.

30. "Sobre la situación actual del problema de la radiación". 13 de abril 1909; *Phys. Zs* 10 (1909) 323.

31. "Sobre el desarrollo de nuestras opiniones respecto a la naturaleza y la estructura de la radiación". *Phys. Zs.* 10 (1909) 817.
