

Desde la época de Galileo se tenía constancia de la relatividad del movimiento y del hecho de que cada objeto posee un sistema de referencia propio. Sin embargo, en el siglo XIX los científicos estaban empeñados en hallar un sistema de referencia absoluto, es decir, que no se moviera y que sirviera de referencia para el resto; era una obsesión justificada por el hecho que toda la mecánica clásica está fundamentada en este tipo de sistemas. Simultáneamente, otro de los problemas que ocupaba a los físicos era el medio a través del cual se propagaba la luz. Uno de los posibles era el éter, que se definía como un fluido imponderable y elástico que ocupa todos los huecos del universo. Si se demostraba la existencia de semejante fluido, éste no sólo explicaría el desplazamiento de las ondas lumínicas, sino que podía ser el sistema de referencia absoluto que tanto ansiaban. Existían dos grandes hipótesis relativas al mismo: que se desplazara en conjunto con la Tierra o que la Tierra se desplazara respecto del éter.

Fue así como, por una parte, los investigadores Michelson y Morley idearon un experimento para medir el desplazamiento de la Tierra con respecto de ese medio, el cual se llevó a cabo en 1887. Partiendo de un dispositivo que Michelson había ideado, construyeron en el laboratorio un nuevo interferómetro, en el que una misma fuente emite dos rayos de luz de la misma longitud que recorren simultáneamente dos caminos (de ida y vuelta), pero dispuestos formando un ángulo de 90° —de esta manera se veían afectados de manera diferente por el éter. Al juntar los dos rayos y observar el patrón de interferencia obtenido, el interferómetro dio un resultado negativo, es decir, no había pruebas de la existencia del éter; pero para no romper todos los esquemas que se tenían, se concluyó que el éter era arrastrado por la Tierra.

Por otro lado, en 1905 Albert Einstein dio a conocer su teoría de la relatividad, que establecía principalmente dos postulados: 1) todo movimiento es relativo a cualquier cosa. En consecuencia, el éter, que se había considerado durante todo el siglo XIX como medio propagador de la luz y como la única cosa absolutamente firme del Universo, con movimiento absoluto y no determinable, quedaba fuera de lugar en la física —que no necesitaba de un concepto semejante; 2) la velocidad de la luz es siempre constante con respecto de cualquier observador.

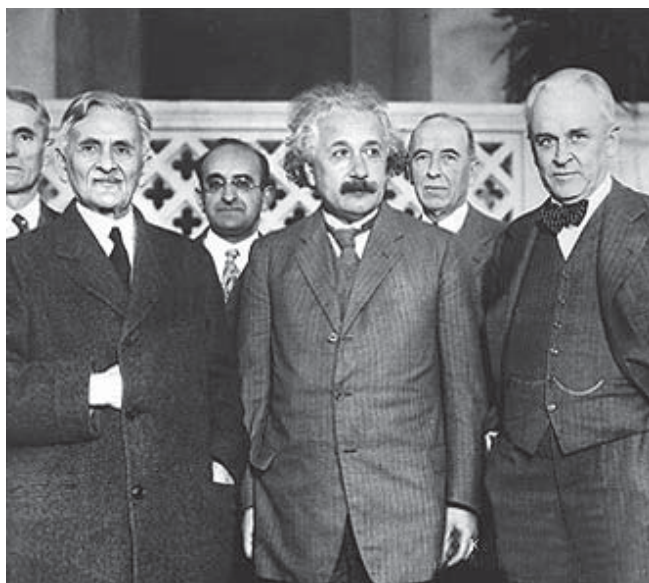
Teniendo en cuenta este contexto, la problemática que los une, parecería evidente que el experimento llevado a cabo por Michelson y Morley y lo establecido por Einstein en su teoría de la relatividad están estrechamente relacio-



La influencia del experimento de **Michelson y Morley** en la teoría de la relatividad



Marta Martín del Rey y Ángel Martín del Rey



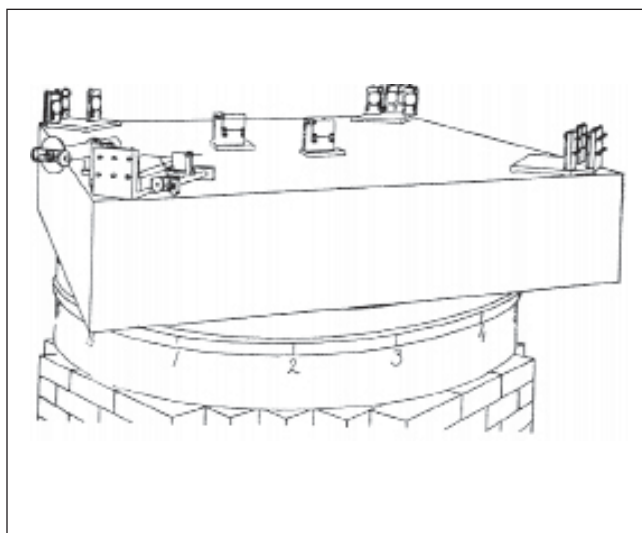
nados; podemos incluso pensar que la base de la que partió Einstein fue el famoso experimento, pues lo que postuló veinte años después es lo obtenido experimentalmente por Michelson y Morley. De hecho, es así como la mayoría de los libros de texto lo establecen y así se enseña en las aulas. Por tomar un ejemplo, en su libro *Principle of Modern Physics*, Robert B. Leighton llega a la siguiente conclusión: “Einstein propuso finalmente un enfoque radicalmente diferente del problema planteado por el experimento de Michelson y Morley. Explicó el resultado nulo recurriendo simplemente al principio de relatividad”. Esta idea la vuelven a poner de manifiesto otros dos científicos, Richard Feynman y Matthew Sands: “como mencionamos anteriormente, se realizaron varios intentos para determinar la velocidad absoluta de la Tierra a través del hipotético éter que se suponía rellenaba todo el espacio. El más famoso de ellos fue el que llevaron a cabo Michelson y Morley en 1887. Pasaron 18 años antes de que Einstein pudiese finalmente explicar dichos resultados”.

Esta misma creencia ha sido compartida por gran parte de la comunidad científica a lo largo del tiempo, asociando lógicamente estos dos hechos. Cabe señalar que en un primer momento la comunidad científica se sintió desconcertada y confusa frente al resultado obtenido por Michelson y Morley, lo que resulta lógico si tenemos en cuenta que los científicos de aquella época mostraban un apego extremo hacia la teoría en la que creían (al contrario de los de la nuestra, que han crecido con la idea de que las teorías físicas actuales van a volverse obsoletas a medida que

vaya avanzando la investigación), ya que la consideraban como verdadera y eterna.

Por la misma razón, la teoría de la relatividad causó gran revuelo. La comunidad científica se sintió totalmente desconcertada frente a esta nueva concepción que les parecía abstracta y sin sentido, aun cuando el propio Einstein afirmara lo contrario: “quiero recalcar que esta teoría no tiene un origen especulativo, sino que debe por entero su nacimiento al deseo de hacer que la teoría física concuerde en la mayor medida posible con los hechos observados. No tenemos en ella un acto revolucionario, sino la continuación natural de una línea que puede trazarse a lo largo de varios siglos. El abandono de ciertos conceptos de espacio, tiempo y movimiento, hasta el presente considerados como fundamentales, no ha de considerarse arbitrario, porque ha sido condicionado por los hechos observados”, dando así por sentada la no existencia del éter, y proponiendo una nueva forma de ver el mundo: la relatividad.

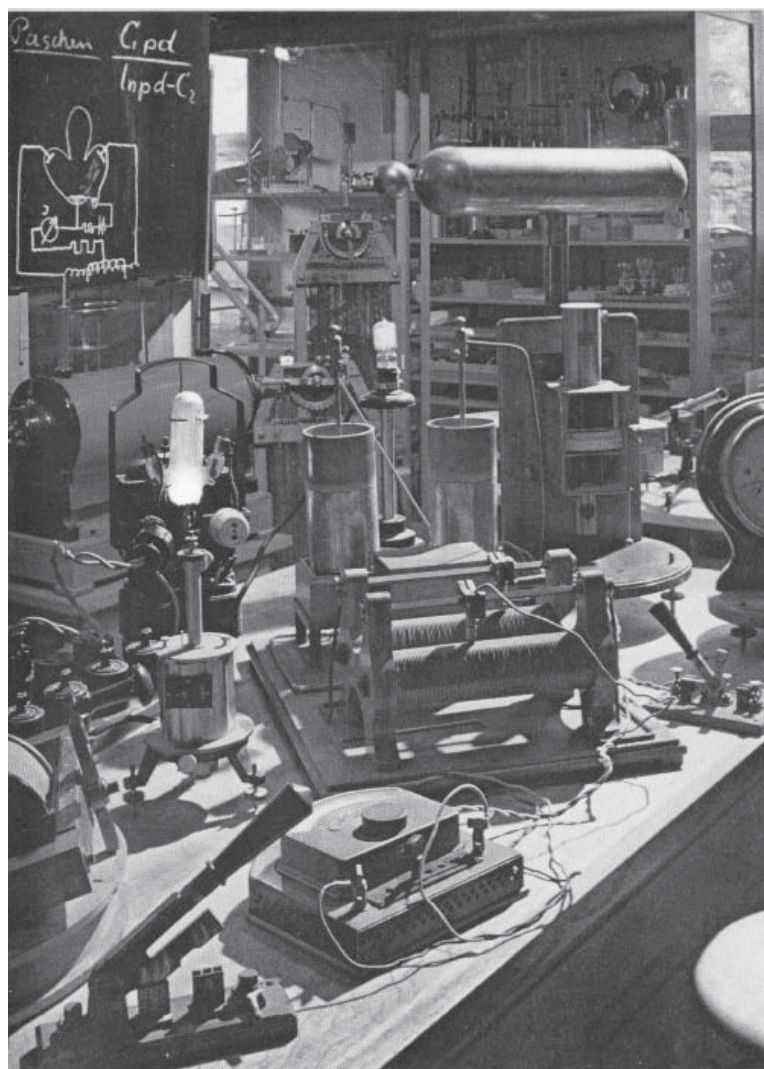
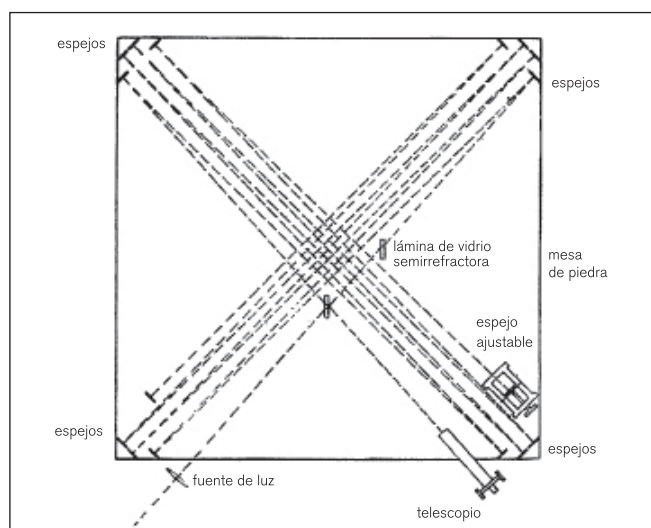
El resultado del famoso experimento fue un elemento que en un primer momento ayudó a la teoría de Einstein a ser aceptada como verdadera —como lo ha sostenido el profesor de física de la Universidad de Chicago, Anthony Ruhan; esto se puede apreciar en los testimonios de científicos de la época, como Max von Laue, quien en 1911 afirmó: “el resultado negativo del experimento de Michelson forzó a hacer una nueva hipótesis que condujo a la teoría de la relatividad. De esta manera el experimento se convirtió en el experimento fundamental de la teoría de la relatividad, puesto que a partir de él uno llega casi directamente a la deducción de las transformaciones de Lorentz que contienen el principio de la relatividad”. Al igual que



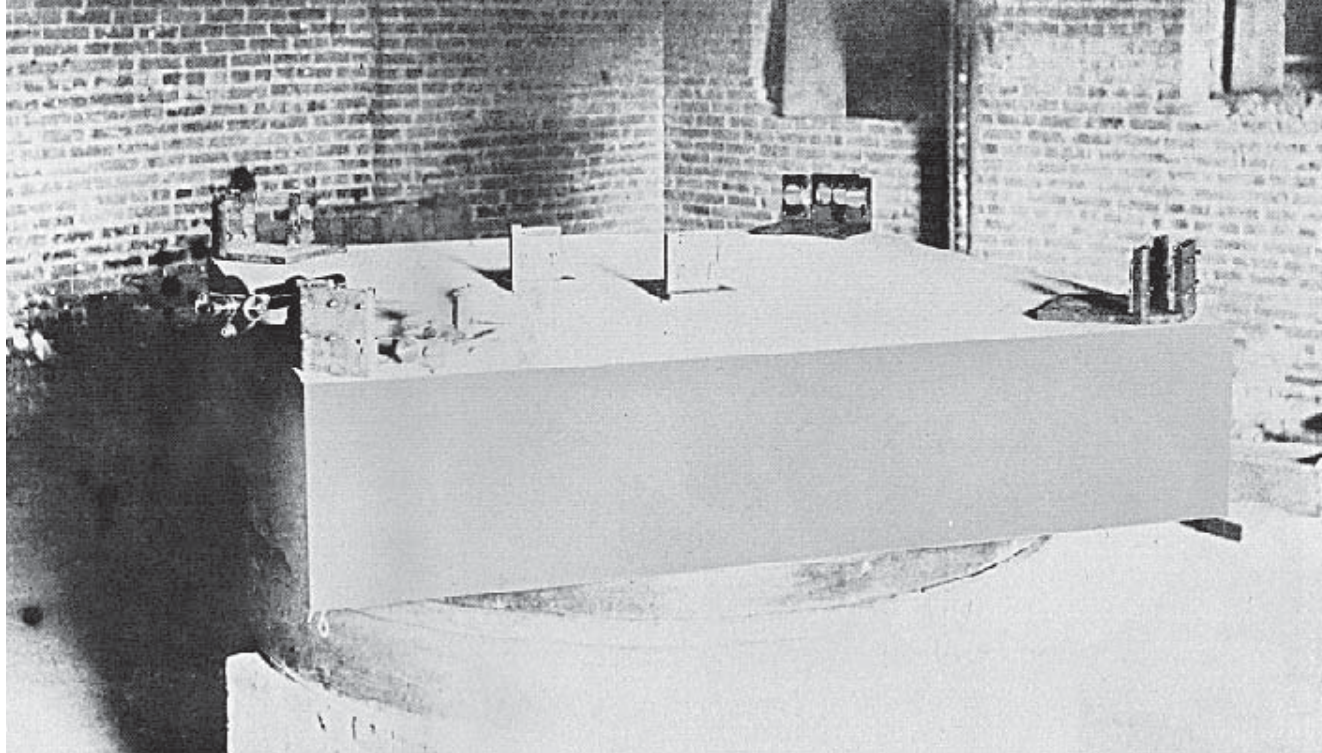
en 1914 lo hiciera Petzold: “la teoría einsteiniana está completamente ligada al resultado del experimento de Michelson y puede derivarse de él”. Aunque estas opiniones no afirman rotundamente el surgimiento de la teoría a partir del experimento, sí destacan un fuerte vínculo entre ellos.

Hubo otros que emitieron opiniones más tajantes; tal fue el caso de Millikan, quien sostenía que todo progreso científico surge del uso de los instrumentos y ponía como ejemplos la teoría de la relatividad y el experimento de Michelson y Morley —primero surgió el interferómetro y luego vino la teoría—, la cámara de niebla de Wilson dio lugar a la mayoría de los conocimientos de los rayos cósmicos, y el magnetrón, progenitor del radar. Millikan defiende la idea del surgimiento de la teoría a partir del resultado experimental, mas no especifica el proceso —aunque se puede deducir que para él eran dos sucesos consecutivos íntimamente relacionados. En el mismo sentido, en 1921 Wien afirma que “el resultado negativo del experimento de Michelson es el hecho experimental sobre el que descansa la teoría de la relatividad”, al igual que años antes Loyd Swenson dijera que ésta surgió de “la necesidad de explicar el resultado negativo del famoso experimento de Michelson y Morley, y de la conveniencia de usar las ecuaciones de Maxwell del campo electromagnético sin modificarlas cuando se aplican a un sistema que está referido a unos ejes móviles”.

Wien y Loyd Swenson son mucho más claros y concisos que sus predecesores, pues expresan su profundo convencimiento de que Einstein partió de lo descubierto por Michelson y Morley para idear su famosa teoría; para ellos



esa deducción suponía “encontrar la llave de la puerta de la relatividad”. Pero como dijo Einstein una vez, para llegar a una teoría física hay muchos caminos y generalmente se suele llegar a ella por caminos indirectos, y el camino que nos parece más fácil o más lógico para el surgimiento de una teoría no es el que necesariamente se ha seguido. En este sentido apuntan los comentarios de H. P. Robertson, quien afirma que “Einstein obtuvo deductivamente su teoría basándose en la transformación de Lorentz. El enfoque inductivo no había llegado a la teoría porque las principales observaciones relevantes de las que se disponía entonces, en especial el experimento de ‘corriente de éter’ de Michelson y Morley (1886), podían ser explicadas de otra manera”. Al contrario de sus colegas, estos investigadores creen que aunque esas dos piezas del rompecabezas encajan, pueden existir muchas más entre ellas.



En la misma línea de pensamiento, Henri Bergson afirma que “la teoría de la Relatividad, incluso la ‘especial’, no está fundamentada exactamente en el experimento de Michelson y Morley, ya que expresa de manera general la necesidad de mantener una forma constante para las leyes del electromagnetismo cuando pasa de un sistema de referencia a otro”. Y en la misma dirección, con mayor contundencia, T. W. Chalmers declara: “debemos dejar claro que a pesar de frecuentes afirmaciones que sostienen lo contrario, la teoría de la relatividad no encontró su inspiración y origen en el resultado negativo de los experimentos sobre la corriente del éter”. Ésta es la idea que defendemos en este ensayo.

El testimonio de Michelson y Einstein

Es probable que todos estos investigadores obtuvieran sus propias conclusiones usando su criterio y razonamiento, la lógica y las evidencias, pero quizá ninguno se preocupó por lo que dijeron los implicados en el asunto. ¿Que pasó por su mente en aquellos momentos?, ¿cómo idearon sus teorías y experimentos?, y ¿cómo se fue moldeando su opinión conforme transcurrieron los años?

Se sabe que Michelson se sintió verdaderamente frustrado con el resultado del experimento, era tal su apego a la teoría del éter que “ignoró” el destino que le vislumbraba su experimento, e incluso llegó a decir que el problema seguía sin resolverse y que si de algo sirvió su trabajo, fue para la construcción del interferómetro. Fue el primer nor-

teamericano que recibió un premio Nóbel de Física —en 1907. No se esperaba de ningún modo que su creencia en el éter fuera falsa, por ello se negó a aceptar la realidad que tenía ante sus ojos y aún más cuando ésta se basaba únicamente en lo que él había obtenido. No se dio por vencido y trató de demostrar que el éter sufría un arrastre diferencial debido a la altitud, pero nuevamente el resultado fue negativo. Michelson se resistía a ver más allá y decía: “debe admitirse entonces que estos experimentos no son suficientemente concluyentes para justificar la hipótesis del éter arrastrado por la Tierra en su movimiento. Pero, ¿cómo se pueden explicar los resultados negativos?”.

Su resistencia se fue debilitando poco a poco. Primero se aferró a la hipótesis de Lorentz y Fitzgerald, en la cual el resultado del experimento suponía una contracción en el material del que estaba hecho el brazo del interferómetro, pero se dio cuenta de que esa explicación era artificial y poco creíble, por lo que finalmente, en 1927, aceptó la explicación dada por la teoría de la relatividad. Pero no fue una aceptación total y sin reservas, ya que esa teoría “destruía” lo que se negaba a dejar: “el éter”. La inconformidad de Michelson se aprecia en sus declaraciones: “es de esperar que la teoría pueda ser reconciliada con la existencia de un medio, efectuando una modificación a la teoría o, más probablemente, por la atribución de propiedades necesarias al éter”.

No obstante, una vez aceptada la relación entre su experimento y la teoría de Einstein, como muchos científicos de la época, creyó que su experimento había sido la clave

para su desarrollo, pero no en el sentido que le atribuía la mayoría, sino como la base de las transformaciones de Lorentz sobre las que descansa la teoría de Einstein. Cuando Einstein dijo que para él no había sido importante su experimento, Michelson defendió el papel que desempeñó en esa revolución científica, quería un reconocimiento en aquello que en un principio calificó de “fracaso”, deseaba un lugar en la historia. Ciertamente, la mayoría de los científicos y experimentalistas ya le habían otorgado dicho reconocimiento, pero el que pedía llegó en 1931, cuando Einstein alabó su trabajo y lo consideró fundamental para su teoría.

En contraste con la opinión de Michelson, que fue progresando y cambiando según se fueron desarrollando los acontecimientos, las opiniones de Einstein fueron muchas y muy variadas, al menos aparentemente. Quizás a simple vista parezcan confusas, un tanto caóticas, pero en el fondo existe una conexión entre todas ellas.

La primera manifestación pública de Einstein al respecto fue en 1915, en un artículo titulado “Relativity Theory”, en donde ya muestra la esencia de su pensamiento, la necesidad que tenía su teoría del experimento de Michelson para ser aceptada: “los éxitos de la teoría de Lorentz eran tan significativos, que los físicos habrían abandonado el principio de relatividad sin remordimiento si no fuese por el hecho de disponer de un importante resultado experimental del que debemos hablar ahora: el experimento de Michelson”. Es decir, que si no existiera el experimento, él también creería a Lorentz, proporcionando ya entonces a Michelson un lugar en esa historia.

Sin embargo, años después, en 1950, en una entrevista con el profesor de física R. S. Shankland, se pone a la de-

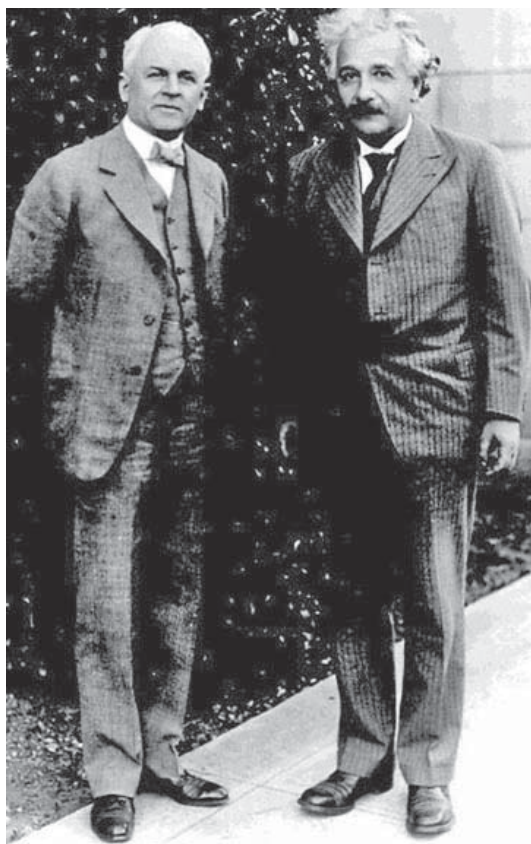


fensiva diciendo que había tenido noticia del experimento de Michelson y Morley por medio de H. A. Lorentz “¡pero solamente después de 1905 le había prestado atención!”. Posteriormente, en otra conversación con el mismo Shankland, se puede apreciar un cambio en el tono y en sus opiniones: “no es tan sencillo decirlo, no estoy seguro de cuándo supe por primera vez del experimento de Michelson. No era consciente de que me hubiera influido directamente durante los siete años en que la relatividad era toda mi vida. Creo que simplemente di por hecho que era verdadero”.

Esa misma idea expresó en una carta enviada y leída en una reunión especial de la Cleveland Physics Society en



1952, donde explica detalladamente los aspectos en los que se asienta su teoría, dejando en un segundo plano el famoso experimento: “la influencia del experimento crucial de Michelson y Morley en mis propios trabajos ha sido bastante indirecta. Tuve noticia de él por las decisivas investigaciones de Lorentz sobre la electrodinámica de los cuerpos móviles (1895) con la que yo estaba familiarizado antes de desarrollar la teoría especial de la relatividad. La suposición básica de Lorentz sobre la existencia de un éter en reposo me parecía poco convincente en sí misma, y también porque llevaba a una interpretación del resultado del experimento de Michelson y Morley que me parecía artificial. Lo que me llevó en cierta manera directamente a la teoría especial de la relatividad fue la convicción de que la fuerza electromotriz que actúa sobre un cuerpo en



movimiento dentro de un campo magnético no era otra cosa que un campo eléctrico. Pero también me sirvió de orientación el resultado del experimento de Fizeau y el fenómeno de aberración". Es decir, "la teoría especial de la relatividad tiene su origen en las ecuaciones de Maxwell de campo electromagnético, a la inversa, éste último puede ser comprendido formalmente de manera satisfactoria solamente por medio de la teoría especial de la relatividad".

Einstein no mentía cuando dijo que no había prestado atención al experimento antes de 1905, porque en la introducción de su artículo expresa las afirmaciones en que se apoya y los ejemplos o razones que daba para cada una de ellas. Especial mención merece el hecho de que no aporta razones o ejemplos a su afirmación de que "los intentos por descubrir un movimiento de la Tierra con respecto al 'éter lumínico' han fracasado", lo cual significa que era una idea que tenía bastante clara y argumentada en su mente. En esa publicación tenemos una evidencia de que Einstein sí escuchó algo referente al experimento de Michelson y Morley, pero no fue lo que le empujó a postular su teoría, sino que simplemente le hizo afianzarse en sus propias ideas. Es decir, que la influencia de dicho resultado fue tan

insignificante, tan inconsciente o indirecta, que no lo dejó por escrito.

Quizá esto se deba a que Einstein era un hombre con una mente verdaderamente privilegiada para la física, que dedicó toda su vida a la ciencia y quiso alcanzar los objetivos que ésta planteaba. Si consideramos que publicó su gran teoría a la edad de 26 años, es claro que desde muy joven se dedicó a la resolución de dicho problema, lo cual consigna su biógrafo en 1930 cuando dice que desde la universidad tenía la inquietud de construir un aparato que midiera el movimiento de la Tierra respecto del éter, nunca lo llevó a cabo, pero la idea permaneció en su mente.

Él ya había deducido entonces lo que Michelson y Morley confirmarían años después con el interferómetro, por ello el experimento no le influyó ni consideró relevante ponerlo en su teoría. Esta seguridad en sus conocimientos se puede apreciar en una anécdota que cuenta su discípula Ilse Rosenthal-Schneider, a quien durante una discusión sobre su teoría, Einstein le enseñó un telegrama de Eddington con los resultados de la medición de la expedición del eclipse, "y cuando yo estaba expresando mi alegría por el hecho de que los resultados coincidiesen con sus cálculos, él dijo sin ninguna emoción 'pero yo sabía que la teoría era correcta'; y cuando pregunté que habría pasado si no hubiese habido confirmación de su predicción, replicó: 'en ese caso lo hubiese sentido por el querido Dios, pues la teoría es correcta'".

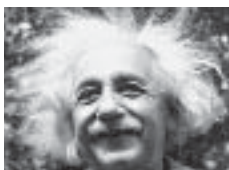


A pesar de ello, Einstein admiraba profundamente a Michelson como persona y como científico, y así lo demostró en el discurso que pronunció en Pasadena en 1931, cuando se encontró con él: “usted, mi honorable Dr. Michelson, empezó este trabajo cuando yo sólo era un pequeñín que ni siquiera tenía tres pies de altura. Fue usted quien condujo a los físicos por nuevos caminos, y con su espléndido trabajo experimental allanó el camino para que pudiese desarrollarse la teoría de la relatividad. Usted descubrió un defecto engañoso en la teoría de la luz basada en el éter, tal como existía entonces, y estimuló las ideas de H. A. Lorentz y Fitzgerald a partir de las cuales se desarrolló la teoría especial de la relatividad. Sin su trabajo esta teoría sería hoy poco más que una interesante especulación; fueron sus comprobaciones las que asentaron por primera vez la teoría sobre una base real”.

Conclusiones

La relación entre el experimento de Michelson y Morley y la teoría especial de la relatividad de Einstein es innegable, pero no es simple. Al parecer Einstein había oído hablar del famoso experimento, pero aunque no fuera así, una vez publicada su teoría necesitaba de él para recibir la aceptación de la comunidad científica, por muy seguro que estuviera de sus buenos resultados. Por su parte, Michelson acabó aceptando la teoría y se sintió honrado de haber contribuido a ella aunque hubiera sido “accidentalmente”.

La relación entre teoría y experimentación no es sencilla, pues en ella influyen múltiples factores (el contexto histórico, la relación entre científicos, sus medios de comunicación); el caso aquí expuesto es clara muestra tal complejidad. 🏠



Marta Martín del Rey

Facultad de Ciencias Físicas,

Ángel Martín del Rey

Departamento de Matemática Aplicada,
Universidad de Salamanca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Einstein, A. 1915. "Relativity Theory". *Die Physik*. Emil Warburg (ed.) B. G. Teubner, Leipzig, pp. 703-713.

_____. 1949. *Autobiographical Notes*.

Feynman, R.; R. B. Leighton; M. Sands, 1963. *The Feynman Lectures on Physics*. Addison-Wesley, Massachusetts.

Holton, G. 1982. "Einstein, Michelson y el experimento crucial", en *Ensayos sobre el pensamiento científico en la época de Einstein*. Alianza Editorial, Madrid.

Jaffe, B. 1944. *Men of the Science in America*. Simon & Schuster, Nueva York.

_____. 1960. *Michelson and the Speed of the Light*. Doubleday & Co, Nueva York.

Michelson, A. A. 1927. *Studies in Optics*. University of Chicago Press, Chicago.

Millikan, R. A. 1950. *The Autobiography of Robert A. Millikan*. Prentice-Hall, Nueva York.

Robertson, H. P. 1949. "Postulate versus Observations in the Special Theory of Relativity", en *Review of Modern Physics*, núm. 21, p. 378.

Shankland, R. S. 1963. "Conversations with Albert Einstein", en *American Journal of Physics*, vol. 31, pp. 47-57

Swenson, L. 1912. *The Etheral Aether: A History of the Michelson & Morley Aether Drift Experiments 1880-1930*. University of Texas Press, Austin.

IMÁGENES

P. 5: Primera conferencia Solvay, 1911. P. 6: Einstein al centro acompañado, de izquierda a derecha por: Adams, Michelson, Meyer (asistente de Einstein), Farranell y Millikan. Emilio Segré Visual Archives; Perspectiva del interferómetro utilizado por Michelson y Morley. P. 7: Laboratorio de Einstein en la Technische Hochschule Zürich (Politécnica Federal de Zurich); Plano del interferómetro utilizado por Michelson y Morley. P. 8: Interferómetro de Michelson y Morley. P. 9: De izquierda a derecha: Walter Nerst, Albert Einstein, Max Planck, Andreas Millikan, Max Von Laue; Notas de apuntes de Michelson y representación de la reflexión de la luz sobre una pluma de colibrí, ca. 1925. P. 10: Robert Millikan y Albert Einstein, Caltech, 1931; Albert Michelson.

THE INFLUENCE OF THE MICHELSON-MORLEY EXPERIMENT ON THE THEORY OF RELATIVITY

Palabras clave: relatividad, experimentación, metodología de la ciencia.

Key words: relativity, experimentation, methodology of science.

Resumen: El artículo da cuenta de los hechos que asocian el experimento de Michelson y Morley con la génesis de la Teoría de la relatividad, defendiendo que éste, aunque conocido por Einstein no fue fundamental para el desarrollo de la teoría.

Abstract: This article examines the facts that associate the Michelson-Morley experiment with the birth of the theory of relativity, concluding that, although known to Einstein, it was not fundamental to his development of the theory.

Marta Martín del Rey es licenciada en Ciencias Físicas por la Universidad de Salamanca. En la actualidad estudia el doctorado en Física de la Atmósfera. Ángel Martín del Rey es doctor en Ciencias Matemáticas por la Universidad Nacional de Educación a Distancia y desde noviembre de 1997 pertenece al departamento de Matemática Aplicada de la Universidad de Salamanca. Actualmente es también docente en la Escuela Politécnica Superior de Ávila con áreas de investigación como los autómatas celulares, la criptografía y la seguridad de la información.

Recibido el 16 agosto 2007, aceptado el 03 de junio de 2008.