

# Antonio Ten.

## El experimento de Michelson-Morley y su influencia en los orígenes de la relatividad restringida.

### 1. INTRODUCCION.

El problema de los orígenes de la Relatividad Restringida sigue siendo aún un tópico de interés para los historiadores de la Física, y, a pesar de la ya extensa bibliografía sobre el tema, muchos de sus aspectos no están aún suficientemente aclarados.

Uno de estos aspectos es la influencia que sobre el surgimiento de la Relatividad Restringida tuvo la famosa experiencia de A.A. Michelson, realizada por primera vez en el laboratorio de Hermann von Helmholtz de la Universidad de Berlín (1), y rehecha en 1887 por Michelson y Morley en Cleveland (2).

La polémica se centra sobre todo en la influencia que

sobre Einstein pudo tener el resultado negativo de dicho experimento en los momentos en que estaba construyendo su teoría. Para dilucidar la cuestión tenemos que referirnos a las propias declaraciones de Einstein, a las de sus contemporáneos y comentaristas y al ambiente científico de la época.

Es conocido el hecho de que en más de una ocasión, el mismo Einstein afirmó que el tal experimento era aún desconocido para él, o cuando menos no jugó un papel decisivo, cuando publicó su artículo de 1905 (3).

Por ejemplo, en su carta de 2 de Febrero de 1954 a Davenport (4) afirma categóricamente:

*"In my own development, Michelson's result has not had a considerable influence. I even do not remember if I knew of it at all when I wrote my first paper on the subject (1905). The explanation is that I was, for general reasons, firmly convinced that there does not exist absolute motion and my problem was only how this could be reconciled with our knowledge of Electrodynamics. One can therefore understand why in my personal struggle, Michelson's experiment played no role or at least no decisive role".*

También en 1954, el mismo Einstein autoriza a Polanyi a publicar su afirmación de que "El experimento de Michelson-Morley tenía un efecto insignificante sobre el descubrimiento de la Relatividad" (5).

Es conocido también, que en más de una ocasión Einstein adopta el punto de vista opuesto, afirmando explícitamente que el experimento, tuvo un papel preponderante en la génesis de la teoría de la Relatividad.

Holton, en su artículo (4), da un buen número de referencias, que enmarca en un contexto justificatorio, ilustrativas de este punto de vista. Por nuestra parte hemos encontrado, en un número especial de la revista *Nature* dedicado a la teoría de la Relatividad en 1921, un artículo de Einstein titulado "A brief outline of the development of the Theory of Relativity", en el que afirma:

*"The theory appeared to be unsatisfactory only in one point of fundamental importance. It appeared to give preference to one system of coordinates of a particular state of motion (at rest relative to the aether) as against all others systems of coordinates in motion with respect to this one. In this point the theory seemed to stand in direct opposition to classical mechanics, in which all inertial systems which are in uniform motion with respect to each other are equally justifiable as systems of coor*

dinates (*Special principle of Relativity*).

*"In this connection, all experience also in the realm of electrodynamics (IN PARTICULAR MICHELSON'S EXPERIMENT) supported the idea of the equivalence of all inertial systems; i.e. was in favour of the special principle of Relativity.*

*"The Special Theory of Relativity owes its origin to this difficulty..."*

La importancia del texto viene realizada por el auditorio al que iba dirigida, volveremos posteriormente a su estudio.

Por lo que respecta a otros científicos que trataron el tema en la época, la opinión es prácticamente unánime en situar el experimento de Michelson-Morley en la génesis de la teoría de la Relatividad. En cualquiera de los primitivos textos puede comprobarse el hecho.

El objeto del presente trabajo, avance de una publicación posterior, es tratar de aportar alguna nueva luz a la consideración del problema. Para ello lo dividiremos en dos partes:

- a) ¿Conoció realmente Einstein el experimento de Michelson-Morley antes de 1905?
- b) ¿Cuál fue la influencia de éste en la gestación de su teoría?

## 2. ¿CONOCIO EINSTEIN EL EXPERIMENTO DE MICHELSON-MORLEY ANTES DE 1905?

Einstein, en su artículo de 1905, no cita explícitamente el experimento de Michelson-Morley; se limita a decir que:

*"...Examples of this sort, together with the unsuccessful attempts to discover any motion of the Earth relatively to the 'light medium'..."*

¿Incluye Einstein al experimento de Michelson-Morley entre estos "unsuccessful attempts"?

El experimento de Michelson-Morley tuvo gran resonancia para la comunidad científica preocupada por estos problemas, en la época en que se realizó, primero en Berlín, donde tuvo que suspenderse debido a las vibraciones de la ciudad, y luego en Cleveland donde obligó a especiales medidas para evitarlas. Se ocuparon de él los grandes investigadores de la electrodinámica de los medios en movimiento. Obligó a Fitzgerald y a Lorentz a establecer una hipótesis revolucionaria. Generó buena parte de la teoría de este...

¿Es posible que Einstein, que según propia confesión llevaba ya años dándole vueltas al tema, le pasara desapercibido? Obviamente no; Einstein conocía al menos la memoria de Lorentz de 1895 (7) porque él mismo lo afirma en varias ocasiones, y en esta memoria Lorentz menciona varias veces el fracaso del experimento.

Por ejemplo en la reunión de la sociedad de Física de Cleveland el 19 de Diciembre de 1952, en honor del centenario del nacimiento de Michelson afirma Einstein:

*"I learned of it (el experimento) through H.A. Lorentz's decisive investigation on the Electrodynamics of moving bodies (1895) with which I was acquainted before developing the Special Theory of Relativity..."*

La comunicación está recogida por Shankland (8).

El mismo hecho es estudiado por J.V. Joshi, quien concluye de un modo afirmativo la pregunta formulada en su artículo *"Was Einstein aware of the Michelson-Morley experiment?"* (9).

Pero sigamos; el mismo Einstein en otras ocasiones afirma también su conocimiento del experimento:

R.S. Shankland publicó en 1963 un artículo conteniendo las transcripciones de las charlas que mantuvo con Einstein en varias ocasiones durante el período 1950-1954 (10) y elabora sus conclusiones sobre el conocimiento por Einstein del experimento de Michelson-Morley en otro artículo publicado en 1973 (11). En estas conversaciones reafirma Einstein su conocimiento del experimento aunque como señala Shankland, se contradice en varias ocasiones al recordar la importancia que tuvo en el posterior desarrollo de su teoría.

La enumeración podría ampliarse más aún, pero creemos que de los datos apuntados puede ya afirmarse concluyentemente que Einstein conocía el experimento bastante antes de la publicación de su artículo en 1905.

### 3. ¿CUAL FUE LA INFLUENCIA DEL EXPERIMENTO DE MICHELSON-MORLEY EN LA GESTACION DE LA TEORIA DE LA RELATIVIDAD RESTRINGIDA?

Pasemos ya a la segunda cuestión: ¿Fue o no importante el experimento en la génesis de la Relatividad Restringida?

Holton, que ha estudiado el tema en varios artículos (4), (12), recoge un conjunto de afirmaciones y comunicaciones de Einstein en que éste sitúa el experimento como base de su teoría. Pero Holton combate esta interpre

tación afirmando que tales explicaciones son fundamentalmente didácticas.

Yo creo que son algo más que didácticas y mi diferencia de opinión con Holton se basa a mi entender en una distinta concepción de lo que significan los principios que Einstein introduce como base de su Relatividad, y en su peso relativo en la génesis de ésta.

El primer principio de Einstein, el principio de Relatividad, es el que introduce una "nueva" simetría en el universo, una simetría aplicada a todo el conjunto de las leyes, electrodinámicas incluidas, y la defensa que Holton hace de su tesis está basada en que tal principio lejos de consideraciones experimentales, puede traducir un anhelo de perfección, de "redondez" en la concepción del universo, y que ésta era la idea central que guió a Einstein en su búsqueda de la Relatividad.

Y ello no es erróneo, yo creo realmente que Einstein sentía un anhelo de simetría, si no antes, al menos desde que estudiando el libro de Foppl Introducción a la teoría de Maxwell de la Electricidad (publicado en 1894) se concienza de la disimetría de las interpretaciones de los fenómenos electrodinámicos. Un apoyo a esta afirmación podemos encontrarlo en que es precisamente con una ilustración de Foppl sobre el problema con lo que Einstein comienza su artículo de 1905:

*"When in the following we make use of the laws of kinematics for relative motion, we must proceed with caution. We must not consider it as a priori settled that it is, for example all the same whether a magnet (moves) in the vicinity of a resting circuit or whether it is the latter that moves while the magnet is at rest..."*

Pero el principio de Relatividad, la equivalencia de observadores en distinto estado de movimiento relativo, necesita para no ser metafísica de una base experimental. Y Einstein aprende de Lorentz que tiene que darle la vuelta a las hipótesis que lanzaron durante todo el siglo XIX a investigadores de gran talla a buscar un medio de demostrar el movimiento de la Tierra. Esto es lo que afirma en el párrafo ya citado de su comunicación de 1921 a *Nature*:

*"...All experience, also in the realm of electrodynamics in particular Michelson's experiment, supported the idea of the equivalence of all inertial systems..."*

Y estas experiencias son las que sirven de base a su segundo principio, el principio de constancia de la velocidad de la luz, que es el que "soporta" la idea de

equivalencia de sistemas inerciales.

Esto se ve claramente en la discusión de Wertheimer con Einstein en 1916, publicada como capítulo 7 del libro de Wertheimer *Productiva Thinking* (13) y recogidas en parte por Shankland (ref.11) quien dice:

*"As clearly reported by Wertheimer, which in 1916 discussed with Einstein the development of his ideas in Special Relativity in great detail, it is evident that the importance of the Michelson-Morley experiment for Einstein was that it grants positive confirmation to . His belief that the speed of light is invariant in all inertial systems (frames), independent of the motion of source, apparatus and observer. Such invariance in  $c$  was necessary in his derivation of the Lorentz transformations, as well as for his conviction that the 'local time' first introduced by Lorentz is indeed the true time for the description of physical phenomena. Professor Einstein statement to me was that 'at least it came to me that (absolute) time was suspect' and that the new absolute for physics must be the speed of light in vacuum rather than space and time".*

Es más, tales ideas se ven claramente reflejadas en el artículo que Einstein publicó sobre el principio de Relatividad y sus consecuencias en 1908 (escrito en 1907) (14).

Después de referirse brevemente a las transformaciones de Galileo, cita el trabajo de Lorentz de 1895 y continúa:

*"Del desarrollo de una teoría tal (la de Lorentz) se habla de esperar que se consiguiera mostrar una influencia del movimiento de la Tierra respecto al éter lumínico, sobre los fenómenos luminosos. Lorentz demostró...que no se podía esperar una influencia del camino de un rayo, motivada por este movimiento relativo mientras nos limitásemos a los cálculos de los miembros en los que entrase la relación  $v/c$ ...*

*"Pero el resultado negativo del experimento de Michelson-Morley había demostrado EN UN CASO CONCRETO que tampoco existía un efecto de segundo orden (proporcional a  $v^2/c^2$ ) a pesar de que según las bases de la teoría de Lorentz, se había de haber hecho perceptible en el experimento.*

*"...El experimento de Michelson-Morley había precisamente demostrado que los fenómenos satisfacen también el principio de Relatividad donde éste no estaba aún reconocido en la teoría de Lorentz."*

Querer imponer la tesis del justificacionismo es, cuando menos, forzar la interpretación de los hechos. Intentemos imaginar por qué Einstein tenfa que hacer caso omiso de una experiencia que tan bien se adecuaba a su tesis siendo así que, como hemos visto, la conocfa y sabfa que estaba perturbando el pensamiento de Lorentz. Realmente nos es más difícil admitir que sus dos principios fueran dos ramalazos de genio justificados a posteriori, y más cuando como hemos visto, el es consciente de la importancia del experimento de Michelson-Morley hasta el punto de ser el que más enfatiza.

La solución del problema no puede ser categórica, el mismo Einstein incurre en contradicciones, como señala Shankland, pero si no creemos en los principios como ideas "innatas", pertenecientes al platónico mundo de las ideas, tendremos que aceptar con Poincaré que:

*"Los principios son convenciones y definiciones disfrazadas sin embargo se obtienen de leyes experimentales, esas leyes han sido así erigidas en principios, a los cuales nuestro espíritu atribuye un valor absoluto"* (15).

y reconocer que el experimento de Michelson-Morley proporcionaba la base más clara para construir los dos principios sobre los que Einstein edifica su teoría.

Y así es precisamente como Poincaré enfoca el problema en su artículo de 1906 (fechado en Junio de 1905) (16):

*"Parece a primera vista que la aberración de la luz y los ópticos y eléctricos relacionados, debería proveernos de un medio de determinar el movimiento absoluto de la Tierra, o mejor su movimiento no respecto a otras esptrellas sino respecto al éter.*

*"Pero todos los experimentos, incluyendo el de Michelson-Morley, no descubren tal movimiento, de aquí que... parece que esta imposibilidad de descubrir experimentalmente el movimiento absoluto de la Tierra es una ley general de la naturaleza.*

*"Somos conducidos naturalmente a aceptar esta ley que llamaremos Postulado de Relatividad y a admitirla sin restricciones."*

Como conclusión creemos poder afirmar que efectivamente Einstein era consciente del experimento de Michelson-Morley y que lo más probable es que lo tuviera en cuenta en la justificación de su segundo axioma y que juntos lo condujeran a la confirmación del principio de Relatividad, que era la idea fundamental por él perseguida.

## abstract

The problem of the influence of the Michelson-Morley experiment on the origins of the Special Relativity is analysed. The autor argues, based on the analysis of several evidences, that Einstein really knewed the Michelson-Morley experiment before 1905 and that Einstein had based the foundations of his ideas on the Principle of Relativity, precisely on the nul results of the experiments trying to show the motion of the Earth through the ether and specially on the Michelson-Morley experiment.

This point of view is soutained from the consideration that the Michelson-Morley experiment is not the direct foundation of the Special Principle of Relativity but of the Einstein's second principle the constancy of the velocity of light and this principle, together with the Michelson-Morley experiment, gives origin to the confirmation of a intuition: the equivalence of inertial systems, the Principle of Relativity.

The autor thinks that this is the right setting of the question in Einstein's mind.

## notas

- (1) Los resultados fueron publicados en América:  
MICHELSON A.A. (1881)  
*"The relative motion of the Earth and the Lumuniferous Ether"*  
Am. J. Sci. serie 3, 22, 120-129
- (2) MICHELSON-MORLEY (1887).  
*"On the relative motion of the Earth and the lumiferous Ether"*  
Am. J. Sci. serie 3, 34, 377-386.
- (3) EINSTEIN A. (1905)  
*"Zur electrodynamik Bewegter Körper"*  
Ann. der Physik, 17, 891.
- (4) La carta está publicada en:  
HOLTON G. (1969)  
*"Einstein and the 'crucial' experiment"*  
Am. J. Phys., 37, 968.
- (5) POLANYI M. (1958)  
Personal Knowledge  
Chicago, Univ. Chicago Press, pg. 10-11.

- (6) EINSTEIN A. (1921)  
*"A brief outline of the developement of the theory of Relativity"*  
Nature, 106, nº 2677, 782.
- (7) LORENTZ A. (1895)  
*"Versuch einer theorie der elektrischen und optischen Einschenungen in bewegter Korper"*  
 Leyden.
- (8) SHANKLAND R.S. (1953)  
Nature, 171, 101  
 También citas en:  
 SHANKLAND R.S. (1964)  
*"Michelson-Morley experiment"*  
Am. J. Phys., 32, 16-35
- (9) JOSHI V.J. (1972)  
*"Was Einstein aware of the Michelson-Morley Experiment?"*  
Observatory, 92, 102.
- (10) SHANKLAND R.S. (1963)  
*"Conversations with Albert Einstein"*  
Am. J. Phys., 31, 47-57.
- (11) SHANKLAND R.S. (1973)  
*"Conversations with Albert Einstein II"*  
Am. J. Phys., 41, 895-901.
- (12) HOLTON G. (1969)  
*"Einstein, Michelson and the crucial experiment"*  
Isis, 60, 133-197.
- (13) WERTHEIMER M. (1945)  
*"The thinking that led to the theory of Relativity"*  
 in  
Productive Thinking  
 N. York, Harpers.
- (14) EINSTEIN A. (1908)  
*"Über das Relativitäts-princip und die aus demselben gezogenen Folgerungen"*  
Jb. Radioakt. Elektronik, 4, 411-462.
- (15) POINCARÉ H. (1902)  
La Ciencia y la Hipótesis  
 3ª ed. Madrid, Espasa-Calpe, (1963)
- (16) POINCARÉ H. (1906)  
*"Sur la Dynamique de l'electron"*  
Rend. Circolo Mat. Palermo, 21, 139-176.
-