

“Sabido es que al aplicar la electrodinámica de Maxwell –tal y como se suele entender normalmente hoy día- a cuerpos en movimiento, aquella conduce a ciertas asimetrías que no parecen ser inherentes a los fenómenos. Piénsese, por ejemplo, en la acción electrodinámica recíproca de un imán y un conductor. [...]

“Ejemplos de esta especie, junto con los intentos infructuosos de descubrir algún movimiento de la Tierra con relación al “medio lumínico”, obligan a sospechar que ni los fenómenos de la electrodinámica ni los de la mecánica poseen propiedades que se correspondan con la idea de un reposo absoluto. Indican más bien, como ya ha sido demostrado para magnitudes de primer orden, que las mismas leyes de la electrodinámica y de la óptica son válidas en todos los sistemas de referencia para los que son ciertas las ecuaciones de la mecánica. Elevemos esta conjetura (cuyo contenido llamaremos de ahora en adelante “Principio de Relatividad”) a la categoría de postulado, e introduzcamos además otro, cuya incompatibilidad con el primero es solo aparente, a saber: que la luz se propaga siempre en el vacío con una velocidad c independiente del estado de movimiento del cuerpo emisor. Estos dos postulados bastan para obtener una teoría simple y coherente de la electrodinámica de los cuerpos en movimiento basada en la teoría de Maxwell para los cuerpos estacionarios.”

A. Einstein, “Sobre la electrodinámica de cuerpos en movimiento” (1905).

El texto arriba mencionado fue muy importante para la historia de la física y en él Einstein proyectó las líneas generales de la relatividad reducida o especial. En su teoría incorporó importantes descubrimientos anteriores como los fundamentos de Maxwell, el correcto resultado del experimento de Michelson Morley, las transformaciones de Lorentz y el principio de la relatividad expuesto por Poincare. Como una consecuencia lógica de esta teoría, dedujo la equivalencia masa-energía, en la conocida fórmula de $E=mc^2$.

Antes de Einstein se pensaba que el espacio estaba en reposo absoluto (línea 10). En la teoría de Maxwell, se cree que este espacio está lleno de una sustancia llamada éter, diferente a la materia (la cual permeaba) ,y que se suponía portaba fuerza gravitacional. Para Maxwell, el éter estaba en reposo en el espacio, y explicaba el comportamiento de las fuerzas eléctricas y magnéticas y la propagación de ondas electromagnéticas. En sus teorías electromagnéticas, la luz era considerada

un fenómeno electromagnético, y el éter había sido incorporado como escenario de las interacciones electromagnéticas.

Einstein pensaba que la teoría electromagnética presentaba ciertas asimetrías. En el ejemplo del texto de la línea 5, del imán y una espira de material conductor, Einstein demuestra el carácter simétrico de la interacción entre el imán y la espira, y destaca el concepto de que la intensidad de la corriente producida en el alambre depende únicamente del movimiento relativo entre ambos. Mientras que en la práctica era indiferente que se moviese el imán o el conductor, en la teoría, si se movía el imán, se creaba un campo eléctrico que no se daba si lo que se movía era el conductor. En una de sus cartas escribiría: *"Lo que me condujo más o menos directamente a la teoría especial de la relatividad fue la convicción de que la fuerza electromotriz que actúa sobre un cuerpo en movimiento en un campo magnético era nada menos que un campo eléctrico"*.

La investigación en la física del momento estaba muy centrada en averiguar cuanto movimiento había respecto al éter en la tierra. Se suponía que se consideraba el estado de reposo o movimiento a causa del éter. El problema era que los experimentos que se habían realizado hasta el momento no habían podido detectar el “viento del éter”, como el famoso experimento de Michelson y Morley de 1881 y 1887, que no pudo detectar el movimiento terrestre relativo al éter con un interferómetro, comprobando así la inexistencia del éter. La línea 6 del texto “intentos infructuosos de descubrir algún movimiento de la Tierra con relación al medio lumínico” se refieren a dicho experimento.

Maxwell había unificado las leyes de la electricidad y magnetismo en una sola teoría, cuyo concepto se denominó con el nombre de campo electromagnético y explicaba como una carga eléctrica actúa sobre otra lejana. Los cuerpos en movimiento parecían explicados por la teoría electromagnética de Maxwell (línea 1), pero Einstein estaba preocupado por la forma inconsistente en que se usaba la teoría de Maxwell para tratar el movimiento relativo. Esto le conduciría al primero de sus dos postulados básicos: el principio de relatividad, y al título del presente y famoso artículo, “Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento”. Einstein declaró que los absolutos, sobre la base de la supuesta existencia del éter, eran “superfluos”, e innecesarios.

El éter parecía útil para imaginar cómo viajaban las ondas de luz y era una explicación congruente del sistema de referencia absoluto. Pero para Einstein no era necesario y por la misma razón, se podía prescindir de las nociones de reposo absoluto y movimiento absoluto. En otras palabras,

concluía Einstein, todo movimiento, ya sea de objetos o de haces de luz, es movimiento relativo. Debe definirse con relación a un marco de referencia específico, que puede o no estar en movimiento relativo a otro marco de referencia.

La medida de movimiento era relativa con relación al espectador, aunque este no pudiera descubrir la existencia de ese movimiento de traslación. Por ello los fenómenos mecánicos solo podían desvelar un movimiento relativo. En la línea 14 “ecuaciones de la mecánica” se refiere a los sistemas de referencia inerciales donde se verifica la ley de inercia de Newton que dice que todo cuerpo en reposo o movimiento uniforme respecto un sistema de referencia permanecerá en dicho estado a no ser que se le aplique una fuerza.

Descubiertos los fenómenos electromagnéticos y tras el fallido intento de determinar el movimiento absoluto, solo aparecía invariable la constante velocidad de la propagación de la luz. Basándose en las fórmulas de Lorentz, Einstein establece la teoría de la relatividad restringida en 1905, rechazando el éter, y extendiendo el principio de Galileo de relatividad a todos los fenómenos electromagnéticos.

Lorentz y el matemático francés Henri Poincaré en el estudio del electromagnetismo introdujeron nuevos conceptos que aparentemente dificultaban la comprensión pero que serían decisivos para resolver los enigmas del éter y las asimetrías de las explicaciones del electromagnetismo a las que alude Einstein en el texto. Las “transformaciones de Lorentz” y sus resultados influyeron en la mencionada teoría. Por un lado dos observadores en movimiento no tienen el mismo concepto de simultaneidad y distancia, y por otro, en un sistema móvil el tiempo se retrasa y la distancia se contrae. Esta relación entre tiempo y espacio sería fundamental en el trabajo de Einstein que usaría las transformaciones más allá de la electrodinámica. Poincaré sostenía que hacía falta una nueva ley de física o “principio de relatividad” donde las leyes fueran iguales para un observador fijo como para otro en movimiento uniforme de traslación.

Estos elementos estarían en los postulados de la teoría de la relatividad de Einstein. Aunque estarían presentes las conclusiones de Lorentz, Einstein da a los conceptos espacio y tiempo una nueva perspectiva al relacionarlos entre sí. No era posible para los observadores reconocer si el sistema inercial de fenómenos físicos estaba en reposo o movimiento, por lo que desarrolla los siguientes postulados:

Primero, la velocidad absoluta de un cuerpo era inobservable, prescindiendo del marco espacio y tiempo absolutos, y del éter. La naturaleza del universo no debe cambiar para un observador si su estado inercial cambia. Segundo, la velocidad de la luz en el vacío y de la onda electromagnética es constante, independiente del estado de movimiento del cuerpo emisor y del estado de movimiento del observador. Para salvar la aparente contradicción entre sus principios introduce el tiempo y la distancia espacial que no son independientes al movimiento de un cuerpo, y dependen de su velocidad. Afirma la universalidad del principio de relatividad: “la constancia de la velocidad de la luz c en el vacío es independiente del movimiento de su fuente emisora”. Esto contradecía la teoría del éter, que denomina superflua al igual que el tiempo y espacio absolutos.

La relatividad especial y su ampliación a la relatividad general, tuvo también un impacto en la filosofía, eliminando toda posibilidad de existencia de un tiempo y de un espacio absoluto en el conjunto del universo. De ese modo, la teoría de la relatividad ha provocado un cambio radical de las ideas sobre el espacio, el tiempo, el campo y la masa, que había en el siglo XIX.

Bibliografía

Solís, Carlos, y Selles, Manuel; *Historia de la Ciencia*
Soneira, Mon Bua; *Comentario a Sobre la electrodinámica de cuerpos en movimiento de A. Einstein*
Pérez Izquierdo, Alberto; *La electrodinámica de Einstein en 1905*
Filosofía.org
Wikipedia