

Con motivo de la conmemoración de los 100 años de la formulación de la Teoría de la Relatividad General por Albert Einstein, presentamos una breve reseña de la evolución de las ideas que culminaron con la formulación de la Teoría especial en 1905, y en una entrega posterior haremos un recuento similar de la formulación general.

Las leyes de la mecánica clásica y la gravitación fueron formuladas por Isaac Newton y publicadas en diversos volúmenes de su obra *Principia*, en 1687. En esta teoría el movimiento de los cuerpos se sujeta a sistemas de referencia inercial en el cual, en ausencia de fuerzas externas, se siguen trayectorias en línea recta a velocidad constante.

En todos los sistemas inerciales el tiempo es único y absoluto, es decir, existe un reloj universal que se puede aplicar a cualquier fenómeno que se quiera estudiar. Esta perspectiva habría de cambiar en el siglo XIX con el desarrollo de la Teoría electromagnética.

El sonido es una perturbación de presión que se propaga a través de ondas y la luz es —así mismo— una onda que se propaga a la velocidad de la luz. Desde hace mucho tiempo se sabía que el sonido requiere un medio para propagarse, por lo tanto se postuló que debía existir un medio también para la propagación de la luz: el éter, al cual se le adjudicaron ciertas propiedades. Para finales del siglo existían éteres para la luz, el calor, la electricidad y el magnetismo.

Al ser un medio "material", el éter debería oponer resistencia al movimiento, sin embargo, diversos científicos, entre ellos Maxwell, intentaron determinar esta "resistencia" en distintos experimentos pero todos fallaron. Siguiendo las ideas de Maxwell, Michelson inició sus experimentos y en 1881 determinó que no podía existir el éter; sin embargo, Lorentz, que era respetado en la comunidad, dudaba de la precisión de los experimentos y sus hallazgos, por lo que Michelson, junto con Morley, desarrollaron un número aún mayor de éstos y reportaron en 1887 —de nuevo— la inconsistencia de la hipótesis del éter: la velocidad de la luz era independiente de la velocidad del observador.

En 1889, el físico inglés George FitzGerald publicó un artículo no técnico en la revista *Science* en el cual explicaba que los experimentos de Michelson y Morley sólo podían explicarse si "la longitud de los cuerpos materiales que se mueven en el éter en distintas direcciones cambia, dependiendo de la raíz del cociente de su velocidad a la de la luz". Lorentz no sabía de este trabajo y en 1892 propuso una hipótesis idéntica de contracción de los cuerpos, esta vez tomando en serio los resultados de Michelson-Morley. Estas relaciones serían conocidas como las transformaciones de Lorentz.

La relatividad de Einstein

Parte I de II: Teoría especial

El artículo más importante relacionado con la relatividad especial escrito antes de 1900 fue un trabajo de Poincaré, "La mesure du temps", en 1898. En este trabajo escribió: "No tenemos idea directa sobre la igualdad de dos intervalos de tiempo. La simultaneidad de dos eventos o el orden de su sucesión debe definirse de tal forma que el establecimiento de las leyes naturales sea tan simple como sea posible".

En 1904, durante una presentación en un congreso internacional dictó: "Observadores en distintos marcos de referencia tendrán relojes que marcan lo que se puede llamar el tiempo local... como se requiere en el principio de relatividad el observador no puede saber si está en reposo o en estado de movimiento absoluto".

Finalmente la relatividad fue dada a conocer el 30 de junio de 1905 (el 2005 fue el año internacional de la física a nivel mundial, celebrando justamente este hecho trascendental en la historia de la humanidad). Poincaré escribió: "Parecer que esta imposibilidad de determinar un movimiento absoluto es una regla general de la naturaleza"; él también nombró a las transformaciones de Lorentz y demostró que estas, junto con las rotaciones, forman una estructura matemática llamada grupo (esto es de particular importancia en la determinación de la estructura de la materia y en la física de partículas).

El trabajo de Einstein es excepcional por los distintos enfoques que utiliza. No se presenta intentando explicar resultados experimentales sino por puro razonamiento lógico y físico, hecho que pocos en la historia han podido emular. La teoría completa se basa en dos postulados:

1. Las leyes de la física son las mismas en todos los sistemas de referencia inerciales (universalidad).
2. En todo sistema inercial la velocidad de la luz (c) es la misma, sea ésta emitida por una fuente en reposo o en movimiento constante.



A partir de estos, Einstein deduce las transformaciones de Lorentz. También menciona la paradoja de los relojes: si dos relojes sincronizados R_1 y R_2 se encuentran en el punto A y R_2 se empieza a mover en una curva cerrada que regresa a A entonces R_2 irá más lento que R_1 .

En septiembre de 1905, Einstein publicó otro pequeño pero importantísimo trabajo en donde introduce la famosa fórmula $E=mc^2$.

El primer trabajo en relatividad especial no hecho por Einstein fue escrito en 1908 por el físico alemán Max Planck. A partir de este estudio —por la figura destacada de Planck— existió un interés generalizado en el tema en la comunidad científica, y su consecuente aceptación: en 1905 Einstein era un simple técnico de tercera clase en la oficina de patentes de Berna, Suiza.

También en 1908, Hermann Minkowski publicó un artículo en relatividad, formulando las transformaciones de Lorentz de manera tensorial, demostrando también que la gravitación de Newton era inconsistente con la relatividad.



Los principales exponentes en la formulación de la Teoría especial de la relatividad fueron, indudablemente, Lorentz, Poincaré y, por supuesto, el fundador de la misma: Albert Einstein. Sin embargo, aún entre grandes científicos se dan situaciones que no se alcanzan a comprender del todo. Einstein, a pesar de pasar años ideando la manera de formular la teoría, fue hasta que determinó los dos postulados básicos de la misma, que lo demás fue evidente y naturalmente claro para él. Por otra parte, Einstein siempre fue renuente en aceptar que el trabajo de científicos anteriores a él —basados en los experimentos de Michelson y Morley— tuviera peso en sus propias deducciones y teorías.

La reacción de Poincaré al trabajo de 1905 de Einstein fue extraña, por decir lo menos. En una conferencia que Poincaré dio en la Universidad de Goettingen, Alemania en 1909 en relatividad evitó mencionar a Einstein. En esta conferencia introdujo la teoría con 3 postulados, siendo el tercero la contracción de FitzGerald-Lorentz de la que hablamos anteriormente. Resulta imposible de creer que alguien tan brillante e importante como Poincaré no hubiera entendido las deducciones y supuestos del trabajo de Einstein. De hecho, Poincaré nunca escribió un artículo en el que lo mencionara. El propio Einstein se comportó de manera similar al mencionar en una sola ocasión a Poincaré en sus trabajos sobre relatividad especial. A pesar de esta "rivalidad" profesional —al más puro estilo de aquella entre Newton y Leibniz en el desarrollo del cálculo— Lorentz si fue ampliamente citado en los trabajos sobre relatividad tanto de Einstein como de Poincaré.

Lorentz, a pesar de haber desarrollado él mismo la teoría en base a hechos experimentales, no dejó de tener ciertas reservas sobre el alcance de la misma y los escenarios en donde pudiera ser aplicada. Después de discernir sobre el hecho de que el concepto del éter es irrelevante en la relati-

vidad comentó: "Finalmente debe hacerse notar que el postulado atrevido sobre el hecho de que no se puede alcanzar velocidades mayores a la de la luz conlleva una restricción hipotética de lo que es accesible para nosotros, al menos experimentalmente, restricción que no debe ser aceptada sin ciertas reservas". ¿Será posible que, una vez que la tecnología lo permita, podrían diseñarse experimentos o encontrar fenómenos que ocurran naturalmente, en los que se determine que se puede sobrepasar la velocidad de la luz? ¿Es esto un hecho de la naturaleza ineludible, o sólo refleja nuestra incapacidad y limitaciones intelectuales y tecnológicas ante ciertos hechos que parecen evidentes?

A pesar de la cautela de Lorentz, la relatividad especial fue rápidamente aceptada. En 1921 Einstein y Lorentz fueron propuestos de manera conjunta al premio Nobel por su trabajo en la relatividad especial. La recomendación provino del físico alemán Wilhelm Wien, ganador del Nobel en 1911 por su trabajo en la radiación del cuerpo negro, misma que dice: "mientras que Lorentz debe ser considerado como el primero en haber encontrado la parte matemática del principio de relatividad, el éxito de Einstein estriba en haberlo reducido a un principio sencillo. Deberían evaluarse los méritos de ambos científicos a un nivel comparable".

Einstein nunca recibió un premio nobel por la formulación de la relatividad especial. El jurado tuvo muchas reservas al principio y prefirió esperar a una comprobación experimental. Para cuando dicha comprobación se dio, Einstein ya se encontraba en el desarrollo de otro trabajo igual de trascendente.

"Su solución en infraestructura de agua"

Deval

Flores Magón No. 5021
Chihuahua, Chih.

Tel. (614) 411.27.65
Fax(614) 418.32.85

info@grupodeval.com