RELATIVIDAD ESPECIAL

Juan Antonio Piñera Molina

El artículo <<Éter>>, escrito por Maxwell para la novena edición de la *Encyclopedia Britannica*, comienza con una enumeración de los "elevadamente metafísicos y rutinarios usos a que se destinan los éteres". Por aquellas fechas, Maxwell estaba plenamente convencido de la existencia real de alguna clase de éter: "no puede haber duda de que los espacios interplanetarios e interestelares están ocupados por una sustancia o cuerpo material, que es ciertamente el mayor, y probablemente el más uniforme, de todos los cuerpos de que tengamos noticia".

Así fue como, en busca de ese medio en estado de reposo absoluto con respecto a las estrellas fijas, en el cual la luz se propaga y a través del cual la Tierra se mueve como si fuera transparente a ella, comenzó la búsqueda de lo que se pensaba era la referencia universal absoluta.

Dicha labor fue tomada por Albert A. Michelson. Para ello, diseñó un instrumento que trataba de medir el efecto de Maxwell; se trataba de un interferómetro cuya labor consistía en comparar los tiempos invertidos por la luz en atravesar la misma distancia, una vez en forma paralela y otra en forma transversal con respecto al movimiento de la Tierra relativo al éter. Con esta disposición, se esperaba que un éter estacionario ofreciera un tiempo equivalente a 1/25 de longitud de onda de la luz amarilla, en más cuando marchase en forma paralela; el efecto puede detectarse haciendo interferir los haces paralelo y transversal.

Dado que los resultados fueron insatisfactorios, se construyó un nuevo interferómetro, entre Michelson y un tal Edward W. Morley. Mucho más robusto y menos perturbable (el interferómetro de Michelson-Morley). Tras muchos intentos, y sin resultados positivos, Michelson y Morley habían logrado plantear dudas, no sólo sobre la existencia del éter, sino también sobre el concepto total de reposo absoluto, de movimiento absoluto, y sobre la verdadera base del sistema newtoniano del Universo... ¿cómo puede explicarse la propagación de la luz sin un medio por el que viaje?.

El físico irlandés G. F. FitzGerald concibió una forma de salvar la situación. Sugirió que todos los objetos disminuyen en longitud, en la dirección en que se mueven:

$$L' = L\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

Donde L´es la longitud del cuerpo que se mueve, y L es la longitud en reposo (lo mismo cambiando T´ por L´y T por L, dilatación temporal).

Además, Lorentz obtuvo una ecuación similar a la de FitzGerarl, mediante la cual la masa de un cuerpo en movimiento es mayor que en reposo:

$$M' = M/\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

Observando todos estos fenómenos, Einstein (perito en la oficina de patentes de Berna), optó por la alternativa: "Los fenómenos de la electrodinámica y de la mecánica no poseen propiedades que correspondan a la idea de reposo absoluto", basándose en dos razones concretas: primero, la ausencia de evidencia experimental de un arrastre de éter; y segundo, la existencia de "asimetrías que no parecen intrínsecas de los fenómenos mismos". Einstein construía la Teoría de la Relatividad, basándose en dos postulados:

1-"las leyes de la física toman la misma forma en todos los sistemas inerciales"
2-"en cualquier sistema inercial, la velocidad de la luz (c) es la misma, tanto si es emitida por un cuerpo en reposo como si lo es por un cuerpo en movimiento uniforme".

La gran cuestión, era la compatibilidad de los dos postulados, sobre lo cual Einstein consideró que solo era necesario formular el concepto de tiempo de manera suficientemente precisa, para superar la dificultad del resultado del experimento de Michelson-Morley. Todo lo que se llamaba anteriormente "tiempo local", podría ser definida pura y simplemente como "tiempo"; en resumen, hay tantos tiempos como sistemas inerciales...esta es la esencia de la Relatividad.

Esta novedosa teoría dio pie a una nueva cinemática. Para explicarla, utilizaré el famoso símil de las reglas:

<<En un sistema inercial dado, un observador "A" mide su posición Xa con respecto al origen, por medio de reglas rígidas, usando los métodos de geometría euclideana. Un segundo observador "B", hace lo mismo con Xb. Ahora el reloj de "A" en Xa se sincroniza con el de "B" en Xb.
Un tercer observador "C" realiza la misma operación. Los tres relojes comienzan a contar marcando tiempos exactamente iguales.
Los cuerpos "B" y "C" comienzan un viaje de ida y vuelta respecto a "A" con una velocidad igual y cercana a la de la luz. Las consecuencias serán las siguientes:

-Las longitudes de "B" y "C" parecerán acortadas a ojos de "A" durante el viaje, pero no entre ambos.
-La masa de "B" y "C" parecerá haber aumentado respecto a su anterior posición de reposo durante el viaje a ojos de "A" (nos podríamos preguntar cuál está realmente contraído y cuál ha aumentado de masa, pero la única respuesta posible es que depende del sistema de referencia).
-Los tiempos marcados en los relojes de "B" y "C" a la vuelta, respecto al de "A", ya no coinciden. Para "B" y "C" el efecto es que el tiempo se ha "frenado" respecto a "A". Entre ambos, los relojes marcan exactamente lo mismo.

En definitiva: para un cuerpo viajando a velocidad cercana a la de la luz respecto a otro, supuesto en reposo, se producen los efectos de dilatación temporal, aumento de masa y contracción de su longitud. Una vez detenido, vuelve a recuperar su masa y longitud inicial...pero no el tiempo.

Como se ha dicho, no ocurrirían estos efectos entre "B" y "C", pues la velocidad entre ellos es nula. El efecto es relativo, depende del observador y del sistema tomado como referencia.

A partir de la ecuación de Lorentz, Einstein creó la archiconocida:

$$E = mc^2$$

La energía de un cuerpo es el producto de su masa por la velocidad de la luz al cuadrado (un valor extremadamente alto que dio pie a la creación de la bomba atómica).

De ésta, se desprenden las siguientes:

$$E = mc^2(\gamma - 1)$$

Para la energía cinética, que tiende a infinita si la velocidad se aproxima a la de la luz.

$$E = \gamma mc^2$$

Energía total de un cuerpo en movimiento.

$$v = \frac{v1+v2}{1+\frac{v1v2}{c^2}}$$

La suma de dos velocidades nunca puede superar la de la luz (velocidad límite).
Por su importancia, merece la pena mostrar la deducción de:

$$E = m c^2$$

(existen varias formas, tomamos la más sencilla pero no la original):
La ecuación de Lorentz puede escribirse en la forma siguiente:

$$M' = M / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Esto dispone la ecuación de una forma en que puede desarrollarse mediante el Teorema del Binomio de Newton.

Tomando solo los dos primeros términos (los demás se pueden despreciar), el desarrollo queda:

$$\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{-1}{2}} = \left(1 + \frac{\frac{1}{2v^2}}{c^2}\right)$$

sustituyendo en la ecuación de Lorentz, tenemos:

$$M' = M\left(1 + \frac{\frac{1}{2v^2}}{c^2}\right) = M + \frac{(Mv^2)/2}{c^2}$$

El término Mv2/2 representa la energía de un cuerpo en movimiento. Siendo "e" la energía, la ecuación queda:

$$M' = M + \frac{e}{c^2}$$

El incremento en la masa debido al movimiento (M´-M) puede representarse como "m", así:

$$m = e/c^2$$

Despejando la energía:

$$E = mc^2$$

Einstein llegó a demostrar que la ecuación podía aplicarse a todas las masas, no solamente al incremento de masa debido al movimiento.

Aunque sus consecuencias caen fuera de la vida normal, la relatividad explica todos los fenómenos conocidos del Universo. Pero aún más: explica ciertos fenómenos que la visión newtoniana no enfoca bien, o si acaso, lo hace de una forma escasa.

Einstein ha sido preferido a Newton, pero sólo como perfeccionamiento. Las leyes newtonianas son todavía aplicables a modo de aproximación simplificada, cuyo funcionamiento es aplicable a la vida corriente e incluso en la Astronomía ordinaria. Pero cuando se trata de acelerar partículas, es conveniente introducir el crecimiento einsteniano de la masa con la velocidad.

Cabe destacar que Einstein recibió el premio Nobel de Física en 1921, pero no por su teoría de la Relatividad, sino por el efecto fotoeléctrico.