

## ***Einstein y los problemas del éter y la constante cosmológica***

Los conceptos del éter y la constante cosmológica  $\Lambda$ , son conceptos que tuvieron diferentes fines en los trabajos de Albert Einstein, el primero **dejo de existir** en el momento de formular la Teoría de la Relatividad Especial, y el otro concepto, que fue inicialmente **introducida** por Einstein para lograr un Universo estático, **dejo de existir** desde el punto de vista de él, en el marco de su otra teoría, la Relatividad General que es una teoría considerada del pensamiento más puro, en el momento de conocerse que el Universo en que vivimos esta en expansión. Recientemente ha cobrado importancia debido a mediciones que indican una expansión acelerada del Universo, lo que implica un valor negativo de  $\Lambda$ , o ser uno de los candidatos a formar la **energía oscura**, la cual permea todo el espacio y produce una presión negativa, resultando en una fuerza gravitatoria repulsiva.

De acuerdo a la historia de la ciencia, el concepto del éter era considerado como un sistema de referencia absoluto a finales del siglo XIX, lo que permitía que diferentes fenómenos pudieran transportarse en él, tal como las ondas electromagnéticas, el calor, etc., y de esta manera no tener que modificar las teorías existentes para explicar el mundo clásico, aún a pesar de que los datos empíricos mostraban otra realidad. El éter donde se movían los objetos materiales se consideraba estacionario, que llenaba todo el espacio; en particular los planetas y sus dispositivos experimentales, lo que debía permitir que existiera una velocidad relativa entre el éter y el objeto de estudio. Este concepto **no tuvo cabida** en la construcción de la Relatividad Especial de Einstein, que es una teoría para la descripción de los **eventos** que suceden en la naturaleza, es decir, cualquier fenómeno que pueda describirse mediante observadores. Su teoría que fue enviada para su publicación el 30 de junio de 1905, esta basada sólo a partir de dos postulados básicos y **no supone la existencia del éter**, siendo estos: a) La velocidad de la luz es una constante, independientemente del sistema de referencia desde el cual se mide, y b) Las leyes de la física son las mismas (invariantes) para los diferentes observadores inerciales.

En 1881 Albert Michelson realizó sus primeros experimentos en búsqueda de la velocidad relativa de la tierra respecto al éter. Este experimento falló, es decir no se pudo medir ninguna velocidad relativa de la tierra con respecto al éter. En 1887, Michelson y Edward Morley repiten juntos el experimento con el mismo resultado, no se detecta la supuesta velocidad. Este resultado fue el mismo en todas las múltiples ocasiones en las que se repitió, falla en medir velocidad relativa alguna por una sencilla razón, **no existía el éter**. Este experimento se conoce como el experimento de Michelson y Morley. Esta última conclusión no era obvia para ellos, ya que surgieron otras ideas en 1889 y 1892 debidas a FitzGerald y Lorentz, respectivamente, que explicaban los experimentos fallidos los cuales aún

consideraban la presencia del éter. La herramienta que Lorentz y FitzGerald introducen es un instrumento matemático de cálculo que establece una correspondencia entre fenómenos en sistemas en movimiento y fenómenos en sistemas estacionarios con respecto al éter, que concuerda con la hipótesis de contracción de las longitudes propuesta por ambos, lo cual lleva a la construcción de lo que se llaman las **transformaciones de Lorentz**.

A finales del siglo XIX y principios del XX, la idea de los científicos era que no era necesario reformular las leyes de la naturaleza, a pesar de varios resultados experimentales que contradecían a las teorías existentes. Un problema latente en esa época era que las leyes del electromagnetismo, resumidas en las famosas ecuaciones de Maxwell, tenían una estructura matemática diferente para diferentes estados de movimiento, es decir no permanecían invariantes ante las transformaciones de movimiento relativo. Esto era intrigante, dado que las leyes de la Relatividad de Galileo si dejaban invariante a las leyes de la mecánica de Newton, es decir, las leyes de las fuerzas eran las mismas para observadores en movimiento o en reposo absoluto, pero las leyes del electromagnetismo no entraban en esta estructura invariante.

Con la teoría de la Relatividad Especial de Einstein, con uno de sus postulados cierra uno de los problemas, el de la invariancia de las leyes de movimiento, también logra recuperar las transformaciones de Lorentz, pero lo más importante, no necesita la existencia del éter para la construcción de su teoría.

El otro concepto, el de la constante cosmológica, a pesar de que Einstein llegó a decir que dicha constante fue el peor error de su carrera, hoy día resurge como el ave fénix, para quedarse como uno de los candidatos para explicar la existencia de la energía oscura, la cual puede dar cuenta del universo en expansión acelerada que ocupa hoy a nuestro universo, y que forma la mayor parte de la masa del universo, junto con la materia oscura. En relatividad General, la constante cosmológica aparece en las ecuaciones de campo de Einstein como un término proporcional al tensor métrico. Es un término que equilibra la fuerza de atracción de la gravedad, tomando la estructura de una fuerza gravitatoria repulsiva y fue añadida como una constante de integración a las ecuaciones de Einstein. Este parámetro no tenía una justificación coherente en el modelo actual de la gravedad, y fue introducida exclusivamente con el fin de obtener el resultado que en la época se consideraba el apropiado, el de tener un universo estático.

En cosmología, la energía oscura es una forma hipotética de energía que permea todo el espacio. La energía oscura puede dar cuenta del universo en expansión acelerada, así como de mayor masa, que es necesaria para dar explicaciones de las observaciones actuales. Esto es tema de investigación profunda actualmente. En 1998 se descubrió mediante observaciones de Supernovas tipo Ia muy lejanas que la expansión del universo se está

acelerando, en lugar de frenarse. Esto se ha comprobado por medio del estudio del fondo cósmico de microondas y la nucleosíntesis primigenia de elementos ligeros. Debido a la expansión del Universo, todas las galaxias lejanas se alejan aparentemente de nosotros, mostrando un desplazamiento al rojo en el espectro luminoso debido al efecto Doppler, teniendo como efecto que la constante de Hubble no sea tal, sino que su valor varía con el tiempo. Estos estudios indican que el 73% de la masa del Universo está formado por la energía oscura, 23% es materia oscura (fría y caliente) y sólo un 4% materia bariónica. El futuro del Universo depende de la naturaleza exacta de la energía oscura. Si ésta es una constante cosmológica, el futuro del Universo será muy parecido al de un Universo plano. Existe la alternativa de modelos de quintaesencia, modelos en los que emerge una aceleración exponencial, el modelo extremo sería que esta aceleración superaría las fuerzas de atracción nucleares y destruiría al universo.

He subrayado a propósito dos frases, que considero que vinculan una propiedad inherente al espacio, de tal forma que la pregunta que se antoja en estos momentos hacer es: ¿No será esta constante cosmológica otra de las caras del famoso éter que se introdujo en el pasado, para explicar algo que debiera explicarse con una teoría más completa del Universo?

**Dr. José Socorro García Díaz**