



## Y sin embargo se mueve /2

David Bahena, PhD \*

(Continuación)

### 5. La física clásica

En los “Principios filosóficos y matemáticos” Isaac Newton fundió las contribuciones científicas de Copérnico, Kepler y Galileo. Formuló la teoría de la gravitación universal y las leyes del movimiento. También se propuso descubrir porqué las órbitas de los planetas son elípticas.

Newton desarrolló el cálculo infinitesimal, la mecánica, el movimiento planetario, y la teoría de la luz y el color. Para Newton las leyes que rigen el movimiento de la Tierra y demás cuerpos celestes son las mismas. Pero la dinámica newtoniana solamente se cumple en sistemas de referencia inerciales y a velocidades menores comparadas con la velocidad de la luz.

Primero, Newton centró sus estudios en la óptica. Se propuso demostrar que la luz blanca está compuesta por una mezcla de varios tipos de luz, cada uno de los cuales produce un color diferente al ser refractada por un prisma. También propuso una teoría corpuscular de la luz.

Luego, estableció que la masa es una cantidad de materia que se describe matemáticamente. De acuerdo a la primera ley de la dinámica, cuando no actúa ninguna fuerza sobre un cuerpo, éste se mueve en línea recta con la misma velocidad. La segunda ley afirma que un cuerpo se acelerará, o cambiará su velocidad, a un ritmo proporcional a la fuerza. La tercera indica que las acciones entre dos cuerpos son mutuas y dirigidas en sentidos opuestos.

Las leyes de Newton terminaron con la idea de que el espacio es absoluto. En las leyes de Newton no existe el espacio absoluto aunque él creía que sí lo era. Al igual que Aristóteles, Newton creía en el tiempo absoluto. Tiempo y espacio eran, además, conceptos separados.

Newton descubrió la fuerza de la gravedad, según la cual, todo cuerpo atrae a todos los demás con una fuerza proporcional a la masa de cada uno de ellos e inversamente al cuadrado de las distancias que los separan. Esto explica porqué todos los cuerpos caen con la misma rapidez.

La fuerza gravitatoria depende de la masa de los cuerpos pero la aceleración es la misma. Esta ley indica también que cuanto más separados estén los cuerpos menor será la fuerza gravitatoria entre ellos. Así, encontró que la gravedad es la causa de que la Luna se mueva alrededor de la Tierra y los planetas alrededor del Sol; también es responsable de la subida y bajada de las mareas, y del movimiento de los cometas.

La teoría gravitatoria de Newton permitió más adelante comprender el colapso de una estrella. En equilibrio, la luz escapa de la superficie de la estrella. A medida que ésta colapsa, la luz es devuelta a la superficie estelar. Cuando el campo gravitatorio es demasiado intenso la luz ya no puede escapar dando lugar a un agujero negro, cuestión que se comprobaría después.

## 6. La física relativista

Alberto Einstein desempeñó un papel muy importante en el desarrollo de la teoría cuántica, según la cual, un sistema no tiene una sola historia sino muchas posibles, cada una con una cierta probabilidad. Propuso que la energía se emite en cantidades fijas. Este es el efecto cuántico, el cual establece que, la energía puede ser expresada como múltiplos enteros de una determinada cantidad de energía. También sugirió que la luz podía ser considerada como una colección de partículas de energía independientes.

En 1905 propuso la teoría especial de la relatividad. El postulado fundamental de esta teoría es que las leyes de la naturaleza deben ser las mismas para todos los observadores en movimiento, independientemente de su velocidad. Por otra parte. La velocidad de la luz es la misma independientemente de la velocidad de los cuerpos en movimiento.

La física de Newton funciona bien para velocidades pequeñas comparadas con la velocidad de la luz, considerada finita, pero no cuando son cercanas a ésta. De acuerdo a la teoría de Einstein ningún objeto con masa puede viajar a una velocidad mayor a la de la luz. Solo las ondas que no poseen masa intrínseca pueden moverse a la velocidad de la luz. Según esta teoría hay una equivalencia entre masa y energía expresada en su famosa ecuación  $E=mc^2$ .

Einstein eliminó el concepto de tiempo absoluto y unificó al concepto espacio-tiempo. Ahora, el espacio y el tiempo son cantidades dinámicas y relativas. Cuando un cuerpo se mueve o una fuerza actúa sobre él, afecta la curvatura del espacio y del tiempo. A su vez, la estructura del espacio afecta el modo en que los cuerpos se mueven y las fuerzas actúan.

En 1915, propuso la teoría general de la relatividad, según la cual, la gravedad no es una fuerza como las otras, sino una consecuencia de que el espacio-tiempo no sea plano sino curvado por la distribución de materia y energía. La Tierra no se mueve en órbitas curvas por la gravedad sino que sigue una trayectoria recta en un espacio curvo llamado geodésica. La masa del Sol curva el espacio-tiempo. La Tierra sigue un camino recto en el espacio-tiempo cuadridimensional pero parece que se mueve en una órbita circular en el espacio tridimensional.

Los rayos de luz también deben seguir geodésicas en el espacio-tiempo. La luz ya no parece viajar en líneas rectas pues es desviada por los campos gravitatorios. Esto es posible observarlo durante un eclipse solar que ocurrió en 1919.

Las consecuencias de esta teoría son varias. El espacio y el tiempo son afectados por todo aquello que sucede en el universo; no tiene sentido hablar del espacio y del tiempo fuera de los límites del universo. Además, el tiempo transcurre más lentamente cerca de un cuerpo de gran masa.

De esta manera, el tiempo y el espacio aparecen ahora como cantidades dinámicas con cada partícula o planeta, poseyendo su propia y única medida del tiempo que depende de dónde y cómo se mueva. Los nuevos conceptos de espacio y tiempo revolucionaron nuestra imagen del universo. La vieja idea de un universo inalterable que había existido y continuaría por siempre, fue reemplazado por un universo dinámico, en expansión, que parece haber comenzado y terminar en un tiempo finito.

La expansión del universo fue demostrada en 1924 por Alexander Friedmann al resolver las ecuaciones de Einstein. No obstante, éste insistía en que su universo era estático. En 1929, Edwin Hubble observó que las galaxias distantes se están alejando, es decir, el universo está en expansión. Eso significaría que el tiempo empezó en algún momento. Cuando Einstein, invitado por Hubble, observó a través del telescopio de Monte Palomar, expresó autocríticamente: "Es el mas grande error de mi vida".

A partir de las ecuaciones de Einstein, hay varios modelos probables de universo mismo que podría ser plano, esférico o en forma de silla de montar. En los modelos con "Big Bang", el universo podría haber surgido de un punto o singularidad, luego tuvo un período inflacionario, después siguió la expansión y ahora la aceleración. Pero la expansión podría llevar a la contracción

y, luego de ese “Big Crunch”, colapsar en un agujero negro. También, podría tener una expansión infinita sin formación de galaxias ni estrellas.

Sin embargo, hay nuevas teorías acerca de cómo pudo haber comenzado el universo. Una forma alternativa estaría dada por el modelo de cuerdas y membranas. La teoría de cuerdas afirma que todas las partículas son expresiones de un objeto básico unidimensional llamado “cuerda”. Se trata de un esquema teórico para explicar a todas las partículas y fuerzas fundamentales de la naturaleza en una sola teoría.

En la teoría de cuerdas los campos físicos se consideran como vibraciones de cuerdas delgadas supersimétricas que se mueven en el espacio-tiempo de más de 4 dimensiones.

De acuerdo a la teoría de membranas, o teoría M, cuando dos “branas” se aproximan se cruzan en varias dimensiones para crear uno o muchos “Big Bangs”. El contacto cataclísmico las separa y al hacerlo regenera las energías latentes.

Es decir, si el universo es una membrana multidimensional, el “Big Bang” podría haber sido la colisión de una “brana” con otra paralela y no sería el origen del universo sino una transición. Estos modelos incluyen efectos cuánticos y excluyen a la singularidad.

## 7- El universo hoy

Hoy en día, el conocimiento de la naturaleza reside en tres teorías fundamentales: la newtoniana que describe a la gravedad en términos de una fuerza que actúa a distancia y funciona para el sistema solar pero no para campos gravitatorios intensos; la teoría cuántica que describe los fenómenos atómicos y subatómicos; y, la teoría de la relatividad que considera a la gravedad como una curvatura del espacio-tiempo causada por la masa y la energía que contiene.

Actualmente, se conoce al sistema solar con mayor precisión, confirmando las teorías previas. Alrededor del Sol giran los seis planetas clásicos y más lejanos están los planetas menores.

La Vía Láctea ha sido ampliamente estudiada y contiene más de cien mil millones de estrellas. Se encuentra que rota y es una de las 14 que forman al Grupo Local, que a su vez forma parte de supercúmulos de galaxias, existiendo más de cien mil millones de galaxias.

El Telescopio Espacial Hubble (HST), que orbita la Tierra, es la versión del siglo XX del telescopio de Galileo continuando las observaciones y contrastándolas con los modelos teóricos. Con este telescopio ha sido posible observar y registrar fotográficamente a multitud de galaxias en el llamado “Campo Profundo de Hubble”.

Con el uso de satélites como el Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) ha sido posible medir a la radiación de fondo de microondas, proveniente del “Big Bang”, y se han detectado fluctuaciones cuánticas que al evolucionar podrían haber dado lugar a la formación de estructura en el universo. Se han determinado nuevos parámetros cosmológicos. A gran escala, el universo parece ser plano, sin fronteras ni bordes.

Al parecer el universo empezó de un punto o singularidad, cuya física no se conoce, luego pasó por una fase de inflación en la fase temprana que produjo una expansión exponencial, para expandirse después a otro ritmo. A partir de la formación de las primeras estructuras cósmicas, se pasó de un universo relativamente simple a uno complejo, de estrellas y galaxias, como ahora lo vemos. Este universo, sin embargo, es muy pequeño pues la mayor parte no se ve, estando formado por materia oscura y energía oscura, cuya naturaleza se desconoce. Se considera que la energía oscura es responsable de la aceleración del universo.

Nuevos proyectos están en marcha. Tal es el Telescopio Espacial Webb, que sustituirá al Hubble en 2011, estará formado por espejos hexagonales y será hasta 100 veces más potente. También está el proyecto del satélite Planck, que sustituirá al WMAP, con el cual se espera mirar más lejos, tal vez el momento en que se formaron las primeras estrellas del universo.

Se dice, como parte del mito, que Galileo al levantarse de la abjuración que lo puso de rodillas susurró en voz baja “Y sin embargo se mueve”. Eso probablemente no ocurrió pero la frase

2009 *elektron* 9 (56) 4, FTE de México

suenan como un desafío al oscurantismo y la determinación de buscar la verdad en las circunstancias más adversas.

Hoy se sabe que todo en el universo se mueve y eso tiene un alto significado. La materia está en movimiento y no existe movimiento sin materia. El movimiento ocurre en el espacio-tiempo que son formas de existencia de la materia.

## Referencias

- Aristarco, Aristóteles, Copérnico, Galileo, Hiparco, Kepler, Newton, Einstein, Rafael, en [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
- Bergmann P.G. 1976, *Introduction to the Theory of Relativity*, Dover, New York.
- Copérnico N. 1999, *Revoluciones de las Orbitas Celestes*, Tomos I-III, IPN, México.
- Cosmología Maya, en [www.mayasautenticos.com/authentic\\_maya.htm](http://www.mayasautenticos.com/authentic_maya.htm)
- Eyges L. 1972, *The Classical Electromagnetic Field*, Dover, New York.
- Galilei G. 1999, *Mensajero Sideral*, IPN, México.
- Hawking S. 1996, *Historia del Tiempo*, Crítica, Barcelona.
- Hawking S. 2004, *A Hombros de Gigantes*, Crítica, Barcelona.
- Kaufmann W.J. 1977, *Relatividad y Cosmología*, Harla, México.
- Veneziano G. 2006, The Myth of the Beginning of Time, en *Scientific American*, Vol. 16, No. 1, p. 72.

\* Doctor en Física Teórica, Astronomía y Astrofísica.

Fuente: [kosmosmexiko.blogspot.com](http://kosmosmexiko.blogspot.com)

Frente de Trabajadores de la Energía,  
de México