



Cambio de paradigma científico, de Aristóteles a Newton:

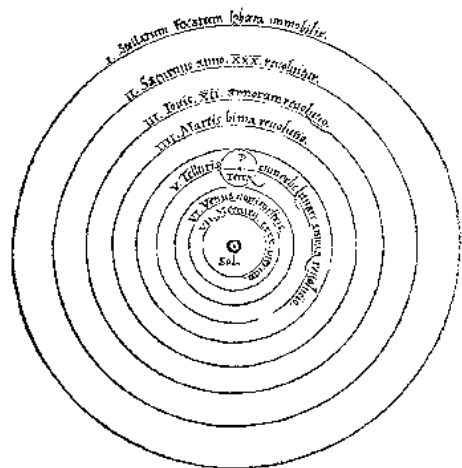
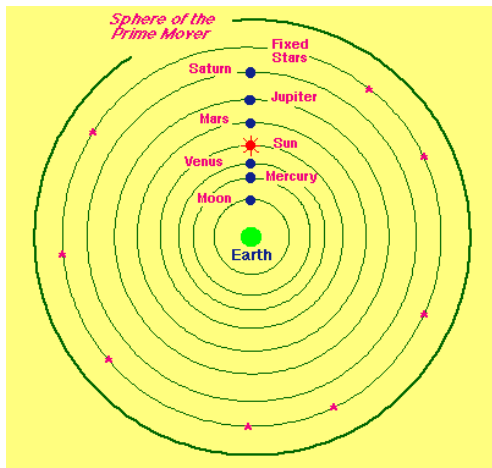
El paso del modelo geocéntrico del universo, herencia de la ciencia aristotélica, al modelo heliocéntrico de Galileo y Copérnico, ejemplifica con claridad lo que la filosofía de la ciencia (T.S.Kuhn) denomina “un cambio de paradigma científico”, una “revolución científica”, es decir una transformación radical en la concepción científica del universo y en los presupuestos filosóficos –metafísicos y gnoseológicos- que orientan el trabajo de los científicos.

La teoría de la existencia de “revoluciones científicas”, se opone a la teoría tradicional sobre la historia de la ciencia, según la cual el progreso científico es lineal, gradual y acumulativo. T.S. Kuhn, explica en su obra “La estructura de las revoluciones científicas” que la historia de la ciencia muestra momentos de cambio radical, en las que unos planteamientos científicos, vigentes durante siglos, se derrumban y dan lugar a otros completamente distintos.

La ciencia y la astronomía antiguas, Ptolomeo y Aristarco

Las primeras explicaciones racionales de organización del cosmos fueron de dos tipos:

- a) **Geocentrismo:** iniciada por Ptolomeo, según la cual la Tierra ocupa el centro del universo y el resto de los cuerpos celestes giran a su alrededor en órbitas circulares perfectas. Esta teoría respeta una tradición procedente del pitagorismo que atribuía propiedades sagradas al cielo y a la figura circular –considerada perfecta frente al resto de las figuras geométricas- también respeta el sentido común: no se aprecia un movimiento terrestre, por lo tanto la tierra permanece estática. Este modelo cosmológico fue el adoptado por Aristóteles y por la Iglesia durante todo el periodo medieval, pero, al no ajustarse a la realidad, dejaba en el aire una serie de incógnitas que los astrónomos trataron de resolver durante siglos con mayor o menor fortuna (problema del movimiento errático de los planetas, que estudiaremos más adelante)
- b) **Heliocentrismo:** que fue defendida por Aristarco, quién aseguraba que no es la Tierra, sino el sol el astro que ocupa el centro del universo, a su alrededor giran los cuerpos celestes en órbitas circulares perfectas. Su propuesta tuvo escasos seguidores puesto que, aunque es un modelo más cercano a la realidad, resultaba chocante para la mentalidad antigua



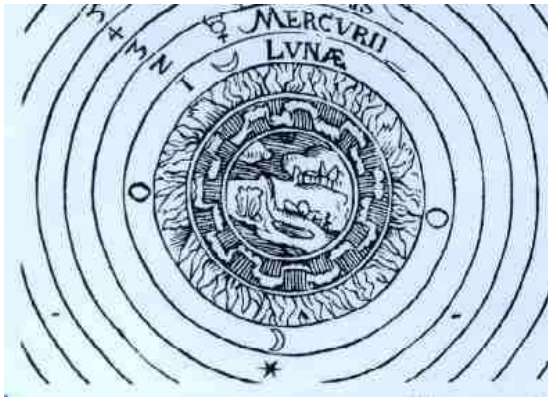
Modelos geocéntrico y heliocéntrico

La ciencia aristotélica.

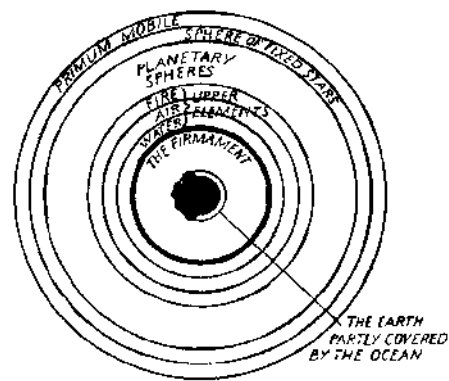
El filósofo griego Aristóteles desarrolló una teoría cosmológica inspirada en Platón y Ptolomeo, que ejerció una gran influencia durante la época medieval, ya que fue adoptada por los científicos árabes y más adelante, a través de la teología de Santo Tomás, por el pensamiento cristiano. Su influencia en todos los campos del saber, y sobre todo en el pensamiento científico fue tan sobresaliente y profunda que la ciencia moderna tuvo que luchar contra el Aristotelismo para abrirse paso, desde Galileo a Ch. Darwin., pasando por Isaac Newton. El cambio de paradigma que vamos a estudiar es el que se produce con el hundimiento del paradigma aristotélico del universo, vigente durante toda la Edad Media y su sustitución por el paradigma galileano y newtoniano.

Aristóteles defiende que:

- 1- La tierra está en el centro del universo, inmóvil, el resto de los cuerpos celestes giran en torno suya, en órbitas circulares perfectas, y a velocidad circular uniforme.
- 2- Existen dos niveles en el universo: **el mundo sublunar**, y el **mundo supralunar**
 - El mundo sublunar está formado por los cuatro elementos: tierra, agua, aire y fuego, y sus mezclas, que originan el conjunto de los seres que pueblan la Tierra. Cada elemento tiende a ocupar su “lugar natural”, de acuerdo con su “pesantez” del siguiente modo: sobre la tierra el agua, sobre el agua el aire, y sobre el aire el fuego. El movimiento natural del mundo sublunar es el movimiento rectilíneo ascendente o descendente, de caída. Cualquier otro movimiento requiere una causa externa al móvil para poder producirse.
 - El mundo supralunar, más perfecto que el sublunar por hallarse más próximo a la realidad suprema (entidad denominada por Aristóteles “primer motor” , de carácter divino, pone en marcha el universo y habita más allá del universo supralunar). Este mundo está formado por esferas perfectas compuestas del “quinto elemento”, el éter, que no existe en el mundo sublunar. Estas esferas giran en órbitas circulares perfectas en torno a la tierra, con un movimiento perfecto circular uniforme.



El mundo sublunar

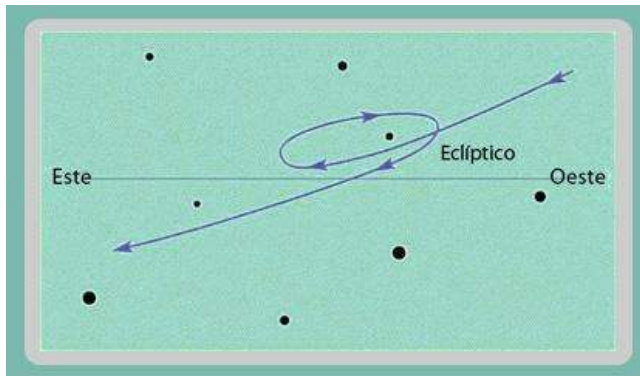


El universo, según Aristóteles

El problema del movimiento errático de los planetas, el sistema de “epiciclos”

La teoría cosmológica de Aristóteles fue aceptada por los científicos medievales por razones teológicas, puesto que coincidía con la posición que en la que Dios sitúa al ser humano en la creación, y porque el sistema de Aristarco suscitaba interrogantes difíciles de resolver, ¿cómo es que no apreciamos el movimiento de la tierra? (debemos tener en cuenta que no se conocían las verdaderas dimensiones del universo), y, más grave aún, ¿cómo es que no salimos despedidos hacia el universo? (tampoco se conocía la existencia de las fuerzas gravitatorias).

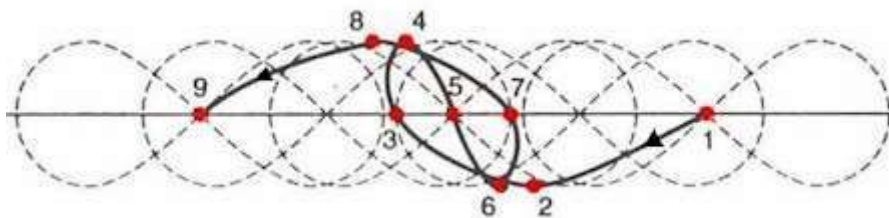
Sin embargo esta teoría dejó un grave problema sin resolver: mientras que las estrellas se ajustaban, en sus movimientos al esquema establecido por Ptolomeo y Aristóteles, los planetas se obstinaban en seguir un movimiento errático que no podía explicarse suponiendo que las órbitas de los cuerpos celestes fuesen circulares: es el problema del “movimiento retrógrado de los planetas”. Observados desde la Tierra, los planetas “parecen” retroceder en el cielo en determinadas épocas del año, para luego “aparecer” delante en otros momentos del año. Pues bien, la solución para este problema, desde presupuestos aristotélicos vino de la mano de la ingeniosa teoría de los “epiciclos”, según la cual los planetas giran en círculos en torno a un punto que a su vez gira en círculos en torno a la tierra.



Movimiento de un planeta, visto desde la Tierra



Sistema de epiciclos



Análisis del movimiento de un planeta, según el sistema de epiciclos

Esta teoría resolvía sólo parcialmente el problema del movimiento retrógrado de los planetas, los astrónomos observaban que en muchos casos la situación de un planeta en el firmamento no coincidía con la que, según la teoría de los epiciclos, debía ocupar, pero esta teoría se mantuvo por razones ideológicas... Hasta que Galileo empieza a utilizar su telescopio.

Galileo y el telescopio

Galileo, retoma en el siglo XV la vieja teoría de Aristarco para proponer una explicación del cosmos que rompe con el aristotelismo tradicional. Sus observaciones con el telescopio le muestran, entre otras cosas, que:

- Los cuerpos celestes no son esferas perfectas –observa los cráteres de la luna-
- No todos los cuerpos celestes giran en torno a la Tierra –observa la existencia de satélites en otros planetas del sistema solar.

Estos datos empíricos le convencen del error del aristotelismo, y le llevan a proponer nuevamente el sistema heliocéntrico como modelo cosmológico, ya que explica de una forma mucho más simple el problema del movimiento retrógrado de los planetas: los planetas no se “mueven hacia atrás”, es la tierra la que los deja atrás al adelantarlos en su movimiento alrededor del Sol –para los planetas interiores, es decir, los que se encuentran entre la Tierra y el Sol- o son ellos los que adelantan a la tierra para “aparecer por detrás” –en el caso de los planetas exteriores-. En otras palabras, es la posición relativa de nuestro planeta, respecto a los demás, la causa de que percibamos un movimiento de retroceso en ellos.



Por otra parte, Galileo seguía manteniendo la circularidad de las órbitas de los planetas y la posición central del Sol en el universo. Sus teorías generaron una gran controversia, la Iglesia Católica le condenó al ostracismo, ya que atacar a Aristóteles era atacar la concepción teológica del universo tradicional del Cristianismo. El papa Juan Pablo II rehabilitó recientemente la figura de Galileo, reconociendo el error de la Iglesia.

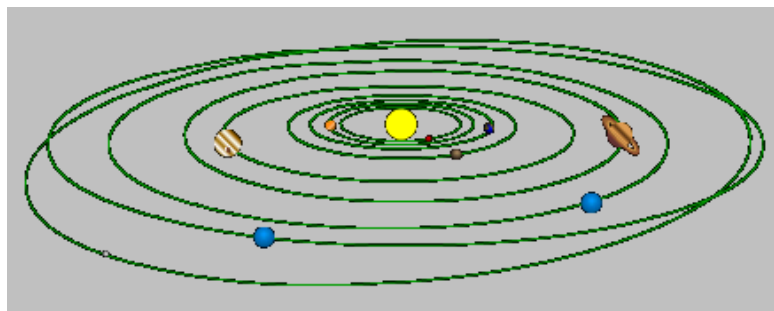


Mapa de la Luna, de Galileo.

Desarrollo del nuevo paradigma: Kepler y Newton.

Posteriormente el astrónomo y astrólogo holandés Johannes Kepler , basándose en las mediciones y observaciones de su maestro, Ticho Brahe, determinó, en sus tres famosas leyes:

- Que la trayectoria de los planetas no es circular, sino elíptica, con lo cual se anula la idea de las órbitas circulares, la distancia de los planetas al sol no es siempre la misma.
- Que los planetas recorren espacios iguales en tiempos iguales, con lo que también se demuestra la falsedad del movimiento circular uniforme como movimiento propio del cosmos supralunar.

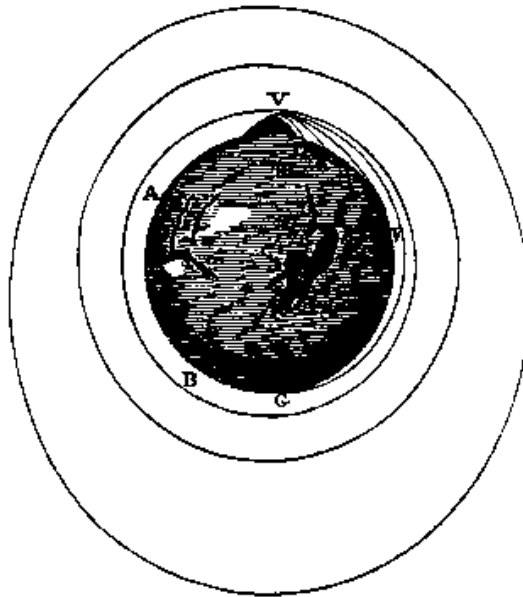


Sistema solar, según Kepler.



Por último, Isaac Newton demuestra irrevocablemente el error de los planteamientos físicos y astronómicos de Aristóteles con el establecimiento de la ley de la Inercia (1ª ley de Newton) y de la ley de la gravitación universal, de este modo:

- Queda demostrado que el universo entero se rige por las mismas leyes, no existe una división entre mundo sublunar y mundo supralunar
- Queda demostrado que los movimientos en la tierra no están determinados por el “lugar natural”, sino por la ley de la gravedad, la misma que explica por qué la tierra gira alrededor del Sol,
- El principio de inercia justifica que no apreciamos el movimiento de la tierra, puesto que en un sistema en movimiento los movimientos interiores forman un sistema independiente.



Dibujo original, de Newton, en el que muestra como una misma causa, la gravedad, explica los movimientos celestes y terrestres.