

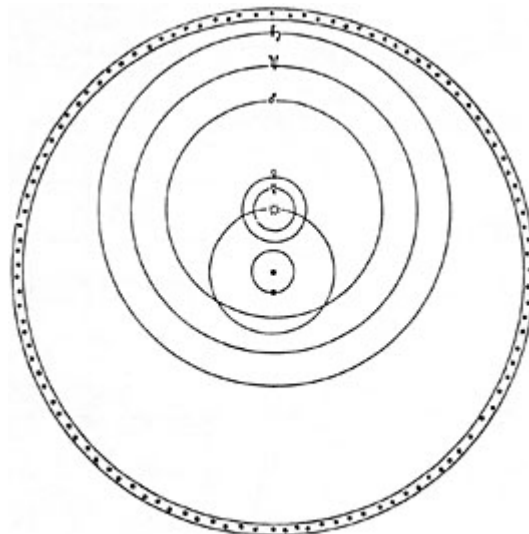


## **JOHANNES KEPLER**

La obra de Johannes Kepler (1571-1630) es inseparable de la de su compañero Tycho Brahe (1546-1601), ya que gracias a su trabajo, Kepler podría desarrollar las teorías y leyes astronómicas que son famosas hoy en día. La importancia de Tycho Brahe radica, no tanto en desarrollar grandes innovaciones en el ámbito teórico de la astronomía, sino en una inmensa colección de observaciones que traían una exactitud nunca antes vista en la historia de la astronomía. Brahe empezó a hacer observaciones desde que era un adolescente, pero la mayoría de éstas las hizo en los veinte años que estuvo en la isla de Hven, al norte de Dinamarca, bajo el auspicio del rey Federico II. Hacía sus observaciones con gran regularidad y al repetirlas varias veces consiguió la perfección que lo hizo famoso. Pronto, el trabajo de Tycho desplazaría gran parte del catálogo ptolemaico y su trabajo sería el nuevo pilar de la astronomía moderna.

Estas precisas observaciones lo llevaron también a pensar en un nuevo sistema cosmológico en donde, influenciado directamente por la física aristotélica, dejaría a la Tierra inmóvil en el centro del universo. Sin embargo, viendo las ventajas que podría traer un modelo heliocéntrico, desarrolló un modelo que combinaba las dos

teorías. En el centro estaba la Tierra, y la Luna y el Sol, al igual que en el modelo ptolemaico, giraban alrededor de ella. La diferencia está en que en este nuevo esquema todos los otros planetas giraban alrededor de la tierra en epiciclos cuyo centro era el sol. En otras palabras, los planetas, en vez de girar alrededor de la Tierra giran alrededor del Sol.



*Fig. 16. - Le système de Tycho-Brahé.*

### [El sistema de Tycho Brahe](#)

En el año 1600 el entonces joven astrónomo Johannes Kepler comienza su trabajo al lado de Brahe. Un año más tarde, en su lecho de muerte, Brahe le entrega a Kepler todos sus libros de observaciones, le ruega que los use para hacer grandes tablas astronómicas y le expresa su deseo de que mediante ellos pueda probar su modelo cosmológico.

## Kepler

Johannes Kepler nació en Württemberg en el sur de Alemania en 1571. Su padre, de una fuerte tradición luterana, moriría al luchar como mercenario contra los protestantes que se estaban sublevando en Holanda. Hasta los 22 años, Kepler se prepararía para ser un ministro de la iglesia. Aunque recibió muchas propuestas de trabajo en el campo eclesiástico con buena remuneración, se mantendría firme como un Cristiano Luterano apreciando a Dios por el designio divino que le había sido asignado a él.

La familia de Kepler nunca fue adinerada. De no ser por esto, quizás Kepler nunca habría volcado su atención sobre la astronomía. Aunque la teología era su pasión, Kepler tendría que abandonar su preparación para ser ministro y ganarse la vida como un profesor de matemáticas en un pequeño pueblo en Austria. Aparte de este trabajo, Kepler haría predicciones astrales que le permitirían mejorar su situación financiera. Después de poco tiempo, Kepler se daría cuenta de que el estudio de la astronomía le permitiría acercarse a la obra de Dios de manera directa. Es así como su primer trabajo astronómico y astrológico, el Mysterium Cosmographicum, publicado en 1596, tendría un fuerte componente místico que marcaría el resto de su carrera.

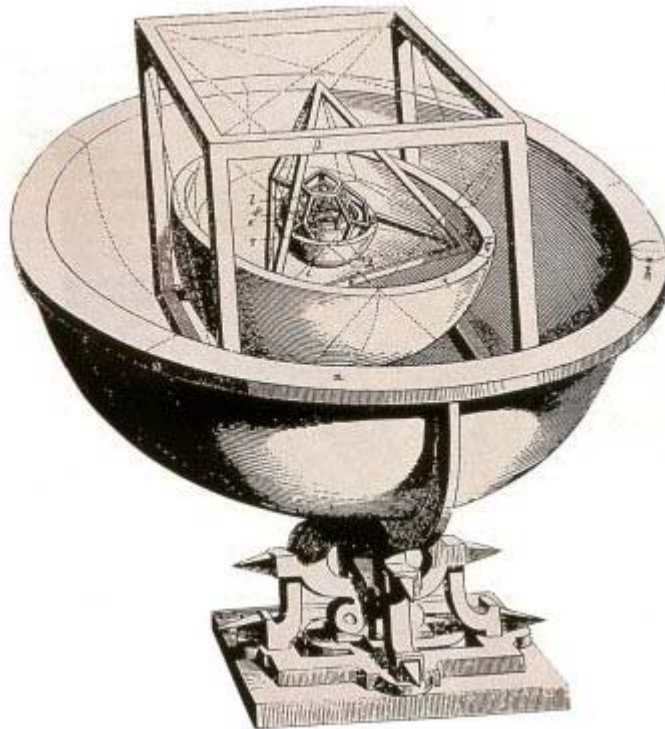
En 1599, Kepler comenzaría su trabajo junto a Tycho Brahe, quien moriría dos años después. Las observaciones hechas por Brahe le darían a Kepler una base empírica astronómica sin igual en su momento. Aunque Kepler seguiría desarrollando las tablas planetarias iniciadas por Brahe, de forma

paralela desarrollaría sus propias teorías astronómicas que buscarían reforzar la teoría heliocéntrica propuesta por Copérnico.

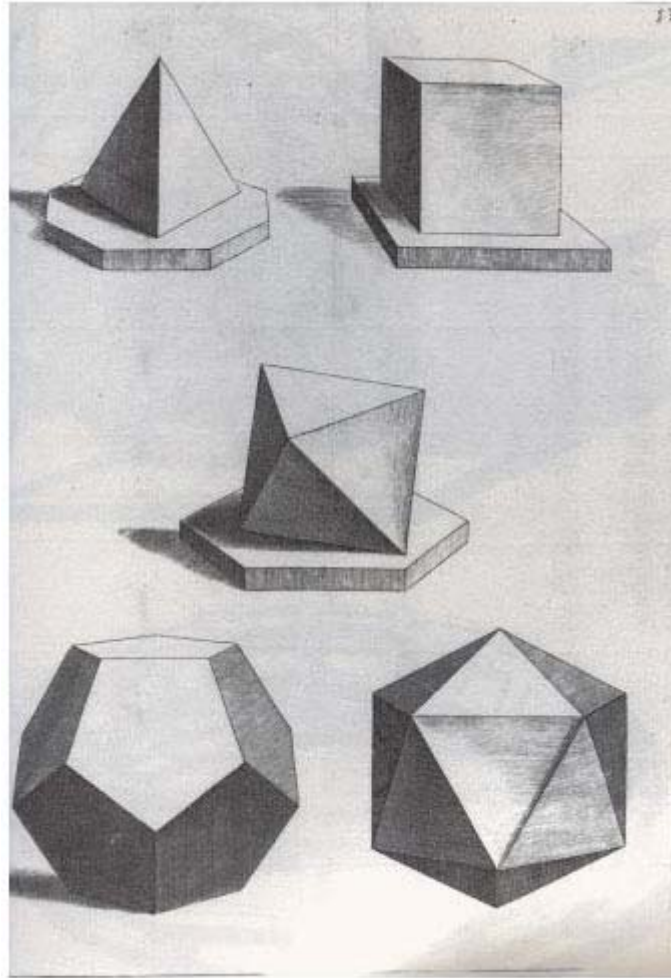
Aunque hoy sólo se conocen tres de sus leyes planetarias, las dos primeras publicadas en 1609 y la tercera nueve años después, Kepler desarrolló cerca de 100. Entre 1618 y 1621 escribiría su obra más reconocida en la actualidad, Epítome de la Astronomía Copernicana, en donde exponía un método astronómico diferente del usado por Copérnico, pero que sostenía, al igual que el modelo copernicano, que el Sol era el cuerpo celeste más importante y aquél que daba el alma y vida al universo. Kepler moriría en 1630.

Kepler había hecho su debut en 1596 con la publicación del libro Misterio del Cosmos y aunque para un lector moderno debe parecer un trabajo profundamente místico, su contenido ayuda a entender la obra de Kepler. Convencido copernicano, el libro pretende demostrar la validez de la teoría heliocéntrica a partir del número de planetas. En el sistema copernicano habría solamente seis planetas en lugar de los siete que habría en el ptolemaico que consideraba a la Luna como otro planeta más. Para Kepler, sus cálculos indicaban que la existencia de 5 planetas, aparte de la Tierra, tenía una relación directa con los 5 sólidos regulares de la geometría. Si tomáramos la órbita terrestre como punto de partida y si circunscribiéramos o inscribiéramos los sólidos regulares platónicos en un determinado orden, tendríamos como resultado las órbitas de los cinco planetas, con un desfase observacional, según datos astronómicos de la época, de apenas un 5 por ciento. Este tipo de

conclusiones nos permite ver que la pregunta central de un libro como el Misterio del Cosmos, no es el modelo de una pregunta moderna (científica) pero sí nos revela las más fundamentales suposiciones de uno de sus creadores.



Kepler, *Mysterium Cosmographicum* (1660)



Lorenzo Sirigati, *La pratica di prospettiva*, 1596.

En el sistema de Copérnico (ver también el sistema de [Thomas Digges](#)) el Sol tenía la función óptica de iluminar a los planetas; nunca el Sol se presentó como la *causa* de su movimiento. Kepler da un gran paso al pensar en el Sol como un centro de fuerza. Dentro de la tradición hermética, no sólo la geometría y las matemáticas tenían un carácter divino sino también el Sol. Kepler, convencido de esto, consideraba que éste jugaba un papel central en el universo y lo veía como una fuente de luz y calor. En otras palabras, el Sol era el centro dinámico del universo. Imaginaba que

el Sol irradiaba un gran poder y de esta manera era la fuente del movimiento planetario, idea que refleja una fuerte tradición aristotélica en donde todo movimiento tiene un motor que lo produce. A esta fuerza solar que tenía características magnéticas, Kepler la llamaría el "ánima motrix".

Este concepto del Sol como un agente divino y fuerza central del movimiento del universo, tendría una influencia directa en las leyes de movimiento planetario que propondría a lo largo de su vida. Convencido de la uniformidad, homogeneidad y unidad de la naturaleza, Kepler buscaría explicar los fenómenos celestes con los mismos principios de la mecánica terrestre. Como vimos anteriormente, desde los griegos la astronomía había buscado entender el cosmos por medio de combinaciones de movimientos circulares uniformes. El círculo era la figura perfecta y por lo tanto la adecuada forma de explicar la perfección de los cielos. En 1609, Kepler escribe un libro titulado Astronomía Nova en donde se ocupa en gran parte del planeta Marte, y al igual que sus antepasados, quiso explicar su movimiento a partir de órbitas circulares. Sin embargo se niega a introducir la figura de los epiciclos, y para explicar el aparente movimiento errante del planeta, Kepler supone que la velocidad del planeta cambia, es decir que no es uniforme. Aunque el modelo que desarrolla fracasa por un error de ocho minutos en el cálculo del movimiento de Marte sobre su órbita, al intentar un tratamiento similar con la Tierra, e influenciado directamente por su visión del Sol como un agente divino, concluye que la velocidad de los planetas es inversamente proporcional a su

distancia del Sol. Esta "ley de las velocidades" fue sin lugar a duda una importante guía en las investigaciones de Kepler.

Kepler sustentó por el resto de su vida la idea de que no era necesario introducir epiciclos para describir el movimiento planetario. Con esta idea en mente, y usando la ley de las velocidades y el hecho de ver el Sol como un agente de movimiento, Kepler abandona la idea de explicar el movimiento en términos circulares y plantea lo que hoy conocemos como la primera ley del movimiento planetario. Ésta nos dice que los planetas se mueven en órbitas elípticas con el Sol en uno de sus focos. El argumento de Kepler decía que es preciso usar una elipse, ya que sólo así la distancia del Sol al planeta varía uniformemente, cosa que no ocurre si usamos el epiciclo. Así mismo desarrollaría su segunda ley del movimiento planetario en donde plantea que la línea que une al Sol con el planeta barre áreas iguales en tiempos iguales. Esta idea surgiría de ver que la velocidad del planeta es inversamente proporcional a su distancia del Sol.

Nueve años más tarde descubriría lo que hoy conocemos como su tercera ley, en donde plantea que el cuadrado del periodo que demora cada planeta en girar alrededor del Sol es proporcional al cubo de su distancia media con éste. ([Leyes de Kepler](#))

Este rompimiento del círculo como figura perfecta para explicar el modelo cosmológico iría en contra de todo ideal estético de la época. Romper con el círculo era romper con una tradición de cerca de tres

mil años y por ende, algo nada fácil de asimilar. En cualquier caso, Kepler logra simplificar bastante el modelo existente pasando de 34 círculos a 7 elipses.

Sin embargo, si bien es cierto que perfeccionó el sistema copernicano, también lo eliminó.

Por último es importante mencionar que las tres leyes que hoy conocemos de Kepler hacían parte de una extensa obra sobre el movimiento planetario. Pero, el deseo de ver a Kepler como padre de la ciencia moderna hizo que muchos historiadores y científicos entre los siglos XVIII y XX ignoraran el resto de sus planteamientos, calificándolos de místicos y herméticos y que no parecen coincidir con nuestra noción de ciencia moderna.

### ***Kepler, arquitecto del cosmos***

La búsqueda por la armonía del universo será el interés de muchos otros astrónomos y claramente la obsesión de la vida de Johannes Kepler. Dios sólo pudo haber creado un mundo perfecto, y por "perfecto" queremos decir lógicamente inteligible. Un universo sin proporciones bien definidas sería la labor de un principiante; un mundo sin armonía sería sencillamente impensable. De manera que una pintura genuina del cosmos debe ser igualmente armoniosa.

Después de un largo período "jugando con números" y buscando las proporciones correctas del universo, Kepler creía haber descubierto, el 9 de julio de 1596, mientras dibujaba una figura para sus

estudiantes, un modelo para el sistema solar tan perfecto que tenía que ser real. Encontró que los cinco sólidos regulares inscritos dentro de esferas bien podrían describir las órbitas y las distancias relativas de los seis planetas conocidos ([Sólidos](#), [Kepler](#)).

"La Tierra es el círculo que es la medida de todo. Construimos un dodecaedro alrededor de ésta y el círculo que lo rodea será Marte. Sobre Marte construimos un tetraedro y el círculo alrededor de éste será Júpiter. Sobre Júpiter construimos un cubo y el círculo que lo rodea será Saturno. Ahora construimos un icosaedro dentro de la Tierra y el círculo inscrito dentro de ésta será Venus. Dentro de Venus inscribimos un octaedro y el círculo dentro de éste será Mercurio. He aquí la explicación del número de planetas".<sup>1</sup>

Lleno de gozo, Kepler estaba fascinado con la perfección de su modelo. Faltaría ver si el modelo correspondía con las observaciones, lo cual parecía de menor importancia. Una concepción platónica y pitagórica del mundo es evidente en la ciencia de Kepler, donde las matemáticas y la geometría son "la verdad unificadora entre la mente de Dios y la mente del hombre. La geometría existe antes de la creación, es co-eterna con la mente de Dios."<sup>2</sup> "Las figuras que no pueden ser construidas con el

---

<sup>1</sup> Kepler, Johannes. *Mysterium Cosmographicum, The Secret of the Universe*. New York, Abaris Books, 1981, p. 69. Traducción al castellano del autor.

<sup>2</sup> Ibid., Prólogo al lector.

compás y la regla, están por fuera del entendimiento, son inexpresables y no existen"<sup>3</sup>

Mysterium Cosmographicum no es el único trabajo en el cual Kepler se ocupa de descifrar la armonía divina del universo. La teoría de los cinco sólidos regulares difícilmente se acomodaba a las observaciones de los astrónomos pero Kepler no se rendiría en su búsqueda de un orden geométrico y divino para el cosmos.

Kepler propondría otra idea fascinante: "Si llenamos los cielos de aire, éstos producirán una música verdadera y real"<sup>4</sup> La armonía de una música celestial no era una idea nueva. Sin embargo, la armonía celestial de Kepler es original por su carácter polifónico y por estar determinada por la geometría (polígonos regulares inscritos en círculos y todo el sistema centrado en el Sol) [\(Como comparación, ver el monocorde de Robert Fludd\)](#). La música griega y de la temprana Edad Media era monofónica y por lo tanto pensada en términos de escalas simples. La armonía musical, una vez más, representa para Kepler la armonía y perfección de las ideas del creador.

Kepler consideraba sus teorías como reales y suponía que sus descubrimientos podrían ser corroborados por medio de observaciones astronómicas. Los antiguos, para él, no tuvieron éxito en encontrar las armonías reales del universo por carecer de las

---

<sup>3</sup> Kepler, *La armonía del mundo*, citado por Koestler, p.396.

<sup>4</sup> Koestler, Op.cit., p. 274.

herramientas geométricas adecuadas y no poder ver más allá de proporciones numéricas. La geometría por el contrario es el lenguaje que revela la verdadera estructura del universo, el pensamiento de Dios. Los cielos son un concierto geométrico, y la necesidad de un orden estético en la representación de la naturaleza en el Renacimiento es, una vez más, evidente.

Tanto para artistas como para astrónomos, una observación detallada de la naturaleza es una condición necesaria para una representación real de la naturaleza. Sin embargo, en el caso de la revolución astronómica, ésta es una labor que no puede ser atribuida a Copérnico ni a Kepler.

El crédito por el trabajo observacional debe ser atribuido a Tycho Brahe y el encuentro de Kepler y Brahe fue un hecho afortunado en la historia de la astronomía. Este encuentro de talentos lo describe el mismo Kepler con las siguientes palabras: "Tycho tiene las mejores observaciones, y por decirlo así, el material para la construcción de un nuevo edificio... Él solamente carece del arquitecto que pueda usar todo ese material de acuerdo con su propio diseño"<sup>5</sup> De manera que Kepler sería el artista imaginativo que daría forma a los datos de Tycho Brahe.

Para Kepler, como para cualquier humanista sería difícil romper con la idea de movimiento circular. En este punto vale la pena señalar que las primeras elipses en arquitectura también aparecerían en el

---

<sup>5</sup> Koestler, p.308.



neoplatónica que parecía impregnar la obra de astrónomos, arquitectos y artistas en general.

Los miembros de la Academia florentina, donde surgiría una influyente admiración por la filosofía platónica, y donde Galileo enseñó matemáticas, concibieron el mundo como una obra de arte perfecta. El Divino Arquitecto del Timeo construye el mundo siguiendo un plan matemático. La tarea del filósofo natural es descubrir ese plan divino en la naturaleza.