

Las historias del cielo

Incendiando las esferas de cristal: las leyes de Kepler

Raúl Mújica García

Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica

Esta historia podría iniciar con los antiguos observando el cielo y encontrando que los planetas se mueven de manera diferente a las estrellas, de ahí que les asignaran el nombre de *planeta* que significa *errante*. Y aunque ya los antiguos habían deducido que estos vagabundos se movían alrededor del Sol, el hecho fue *redescubierto* por Copérnico siglos después. Durante el siglo XV hubo grandes discusiones sobre el tema, así que podemos entonces empezar alrededor de esta época.

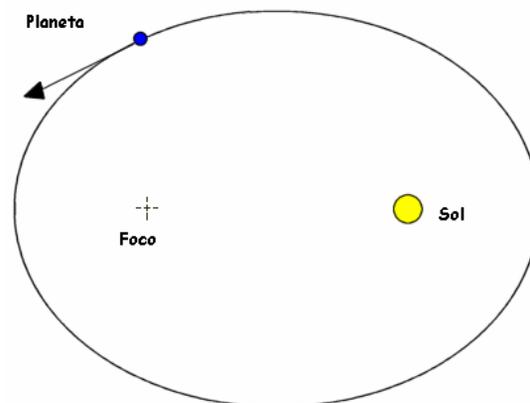
Por otro lado, aunque las leyes sean de Kepler, es mejor iniciar la historia con Tycho Brahe, un astrónomo danés que realizó meticulosas observaciones del cielo nocturno, en especial de los planetas, durante más de 20 años. En 1599 se trasladó a Praga para continuar sus observaciones de los planetas junto a Johannes Kepler.

Es importante remarcar que Tycho realizó sus observaciones a simple vista ya que el telescopio aún no estaba disponible, además, Tycho tuvo una idea diferente a los demás astrónomos de la época: medir las posiciones de los planetas con mucha exactitud. Aunque no lo parezca, esta idea fue muy avanzada en su tiempo, mostrándonos que es mejor llevar a cabo experimentos muy cuidadosos y no sólo meditaciones filosóficas profundas.

Existen varias leyendas sobre la transmisión de la gran colección de datos de Tycho a Johannes Kepler, algunos mencionan que Tycho no quería compartirlos o que sólo se los pasaba en pequeñas dosis. Lo cierto es que Kepler utilizó la gran colección de datos que Tycho Brahe había obtenido al observar los

planetas. Con ellos realizó cálculos precisos de sus órbitas y enunció tres leyes matemáticas acerca de su movimiento, conocidas como las Tres Leyes de Kepler. Con sus resultados impulsó la aceptación del modelo copernicano del Sistema Solar.

Durante muchos años Tycho Brahe obtuvo las posiciones de los planetas en su observatorio de Hven, cerca de Copenhague. Compiló una gran serie de tablas de datos que fueron analizados por Johannes Kepler, después de la muerte de Tycho. De estos datos descubrió lo que ahora llamamos **Leyes de Kepler**, remarcables por su simplicidad y belleza, que explican el movimiento de los planetas en sus órbitas alrededor del Sol:

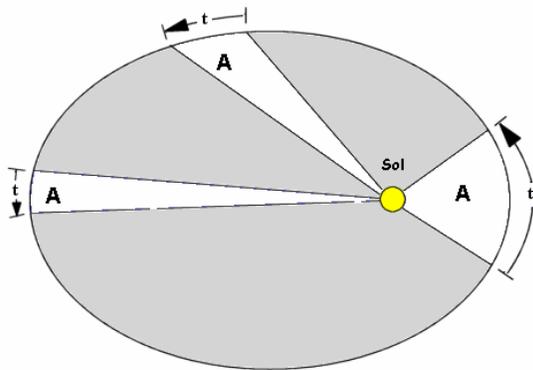


Primera ley de Kepler. La figura de arriba muestra esquemáticamente la Primera Ley, le elipse tiene dos focos y en uno de ellos se localiza el Sol.

Primera Ley de Kepler. Cada planeta se mueve alrededor del Sol siguiendo una trayectoria elíptica, con el Sol en uno de los focos de la elipse.

Segunda Ley de Kepler. El radio vector, que va del Sol al planeta, barre áreas iguales (**A**) en intervalos de tiempo iguales (**t**).

Tercera Ley de Kepler. Los periodos al cuadrado de cualesquiera dos planetas son proporcionales a los semiejes mayores, elevados al cubo. Es decir, para cualquier planeta, el cuadrado del tiempo que tarda en dar una vuelta alrededor del Sol, i.e., su periodo, es directamente proporcional a su distancia promedio al Sol elevada al cubo.



Segunda ley de Kepler. La letra A representa la misma área y t el mismo tiempo, por lo tanto, cuando el planeta está más cerca del Sol debe ir más rápido.

Estas leyes se aplican a otros cuerpos que interactúen gravitacionalmente, como los planetas y sus lunas (Tierra, Júpiter, etcétera), así como en sistemas estelares binarios, que son cruciales para determinar la masa de las estrellas.

Como ya mencionamos, Kepler dedujo sus leyes a partir de las observaciones de Tycho Brahe. Estas leyes eran meramente descriptivas ya que no explicaban el porqué de los movimientos. Para explicarlos, en algún momento se incluyeron demasiados detalles y explicaciones metafísicas. Según Kepler, los planetas eran empujados “como por los rayos” de una rueda de bicicleta, por una fuerza que partía del Sol en movimiento, mientras que Galileo decía que el movimiento circular se perpetuaba eternamente. Kepler creía que la inercia hacía que los planetas se retrasaran, y Galileo sostenía que la inercia los hacía continuar en su movimiento circular.

Y esto se complicó aún más cuando otro gran científico, Descartes, dijo que la inercia debía hacer que los cuerpos siguieran una línea recta y que por lo tanto los planetas eran movidos por torbellinos de éter que lo llenaba todo. Debía llegar nuevamente Newton a poner todo en orden, pero esa es otra historia.

Lo cierto es que Kepler develó algunas de las leyes de la naturaleza, eliminando de esta manera la idea que los planetas eran dioses, e incendiando las esferas duras, impenetrables y cristalinas que nos imaginábamos en el cielo, dando paso a una nueva visión del Universo.

Otro Kepler

Uno de los temas candentes en la astronomía actual es la búsqueda de planetas orbitando otras estrellas distintas al Sol, los llamados exoplanetas. Los primeros fueron descubiertos desde los noventas, actualmente hay evidencia de planetas gigantes gaseosos, de súper-Tierras calientes con órbitas de corto periodo y planetas gigantes congelados.

El desafío de la Misión Kepler de la NASA fue encontrar planetas tipo terrestre, i.e., aquellos cuyos tamaños varían desde la mitad de la Tierra y hasta el doble de ella, pero también deben estar localizados en la llamada zona habitable, aquella donde el agua puede existir en estado líquido en la superficie del planeta.

Kepler está apuntando en dirección a la constelación del Cisne, observando de manera continua las más de 150 mil estrellas en esa región del cielo. Está equipada con una gran cámara CCD que observa las variaciones en el brillo, debidas al eclipse parcial que provocan los planetas que orbitan a estas estrellas.

A la fecha, en el conteo de Kepler se tienen 2,244 candidatos a exoplanetas, 2,327 exoplanetas y 30 exoplanetas con tamaño menor al doble del tamaño de la Tierra y que están localizados en la zona habitable. Son resultados impresionantes, que han cambiado nuestra visión de los planetas, desafortunadamente a Kepler se le está agotando el combustible y las estimaciones indican que este año dejará de operar.