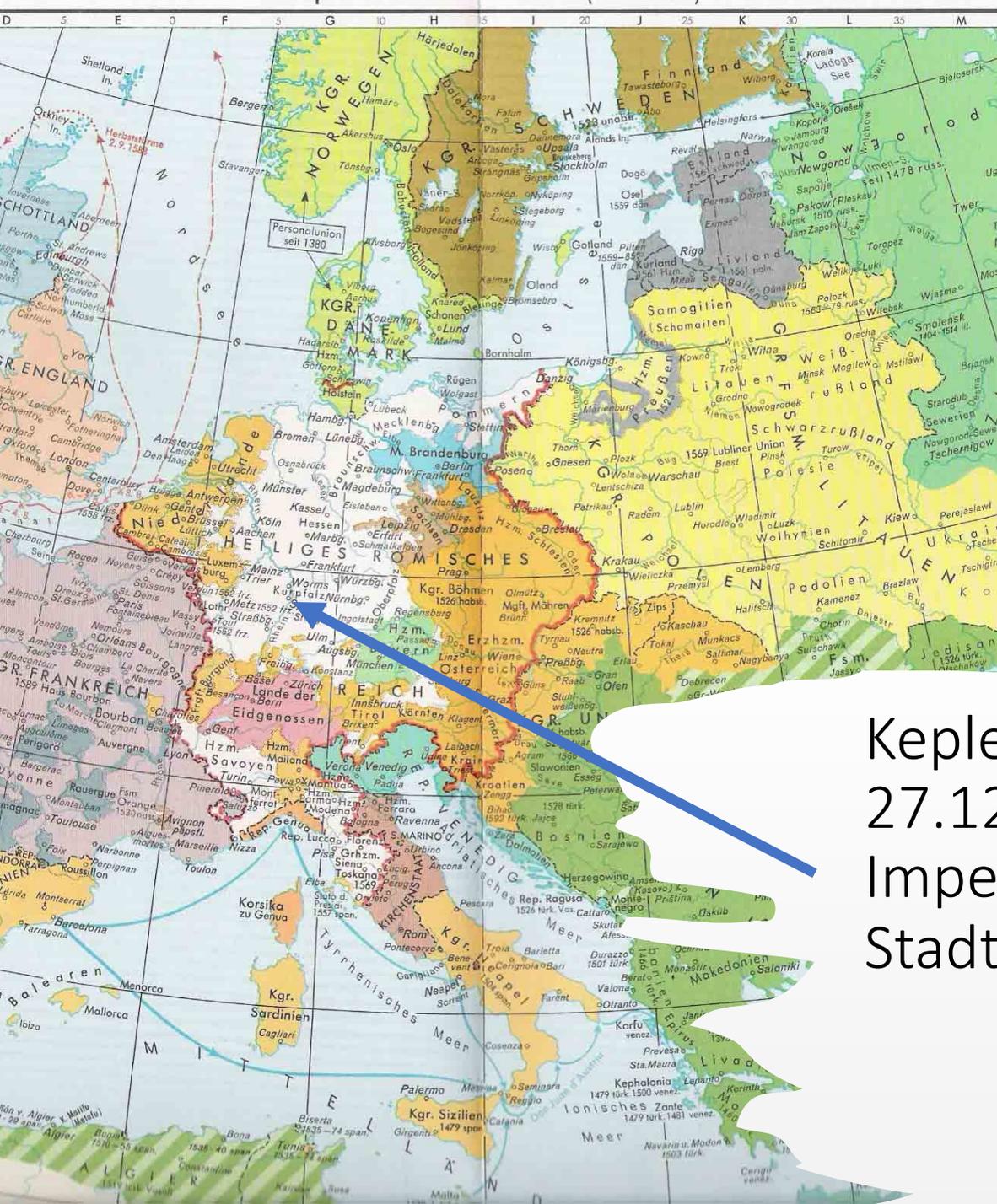


04 – Johannes Kepler



Kepler nació el 27.12.1571, en la Ciudad Imperial Libre de Weil der Stadt.

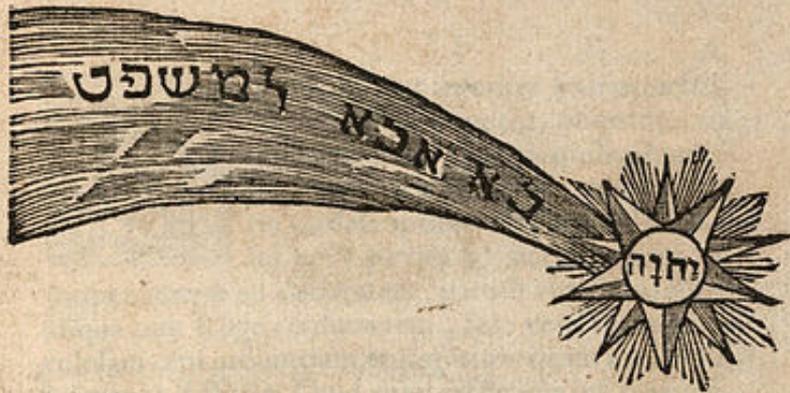
Su padre, Heinrich Kepler, se ganaba la vida precariamente como mercenario y abandonó a la familia cuando Johannes tenía cinco años.

Su madre, Katharina Guldenmann, hija de un posadero, era curandera y herbolaria.

Kepler impresionaba a los viajeros en la posada de su abuelo con su fenomenal facultad matemática.



COMETOGRAPHIA
quædam Lampadis aeris quæ 10.
die Nouemb. apparuit, Anno a
Virgineo partu, 1577.



*Iris vt est signum, terras perijisse sub vndis:
Ignibus est ignis cuncta caesura suis.*

*Londini excudebat Robertus Walley.
Anno Domini, 1578, C*

Gran cometa de 1577

Conoció la astronomía a una edad temprana y desarrolló una fuerte pasión por ella que abarcaría toda su vida.

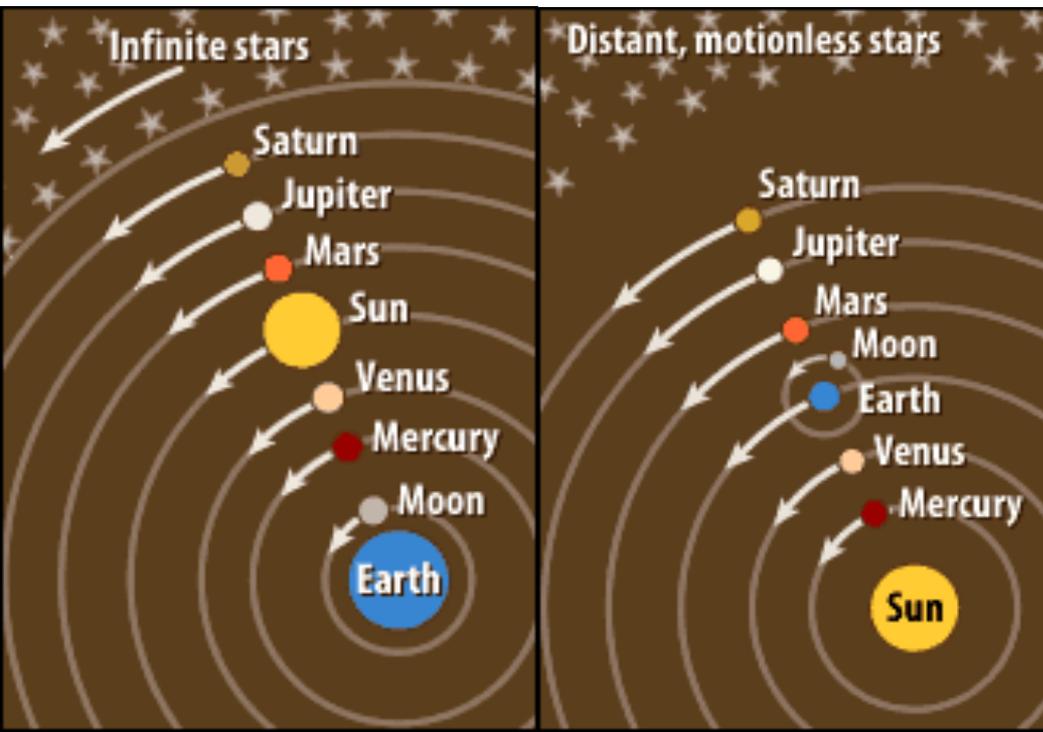
A los seis años, observó el Gran Cometa de 1577 y escribió que "[su] madre lo llevó a un lugar alto para mirarlo".

En 1580, a la edad de nueve años, observó otro evento astronómico, un eclipse lunar. Sin embargo, la viruela infantil lo dejó con visión débil y manos lisiadas.

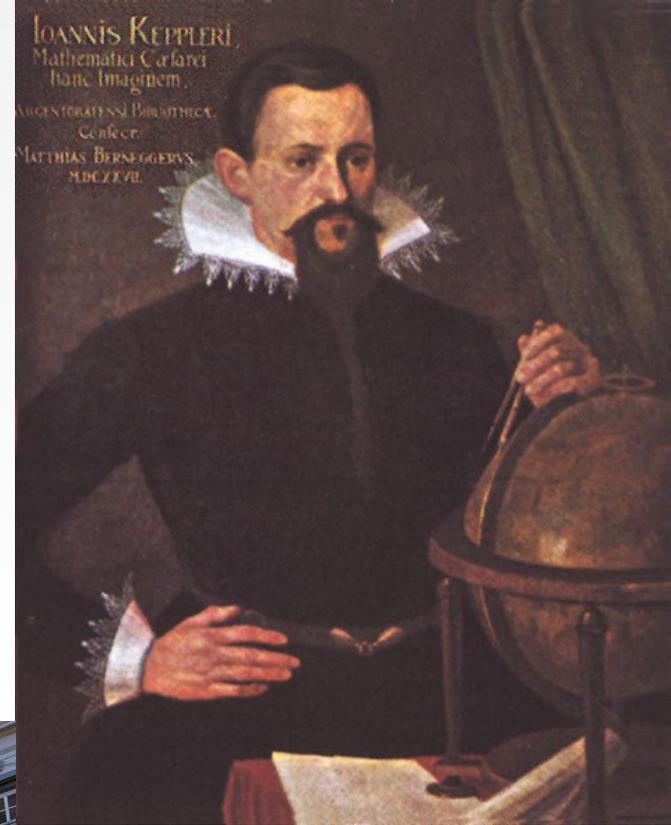
Intentó ser pastor luterano.

A partir de 1589 asistió a la Universidad de Tubinga para estudiar teología.

Con Michael Maestlin (profesor de matemáticas en Tubinga) aprendió tanto el sistema ptolemaico como el sistema copernicano de movimiento planetario. En aquella época se hizo copernicano.

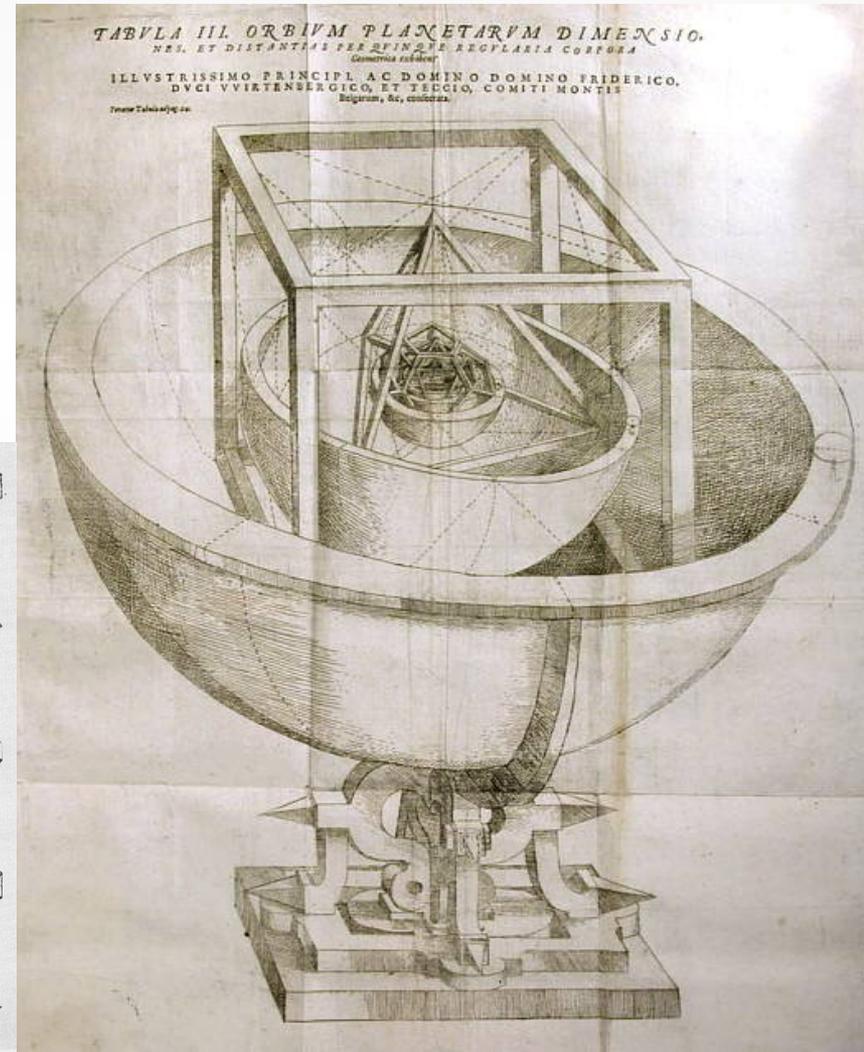
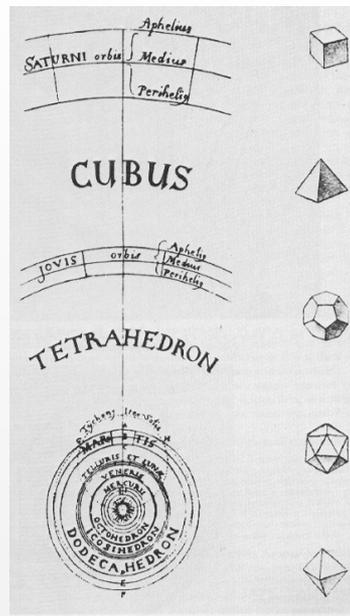


Kepler fue recomendado para un puesto como profesor de matemáticas y astronomía en la escuela protestante de Graz. Aceptó el cargo en abril de 1594, a la edad de 22 años.



El Misterio Cosmográfico (1596)

El primer gran trabajo astronómico de Kepler, *Mysterium Cosmographicum*, fue la primera defensa publicada del sistema copernicano.



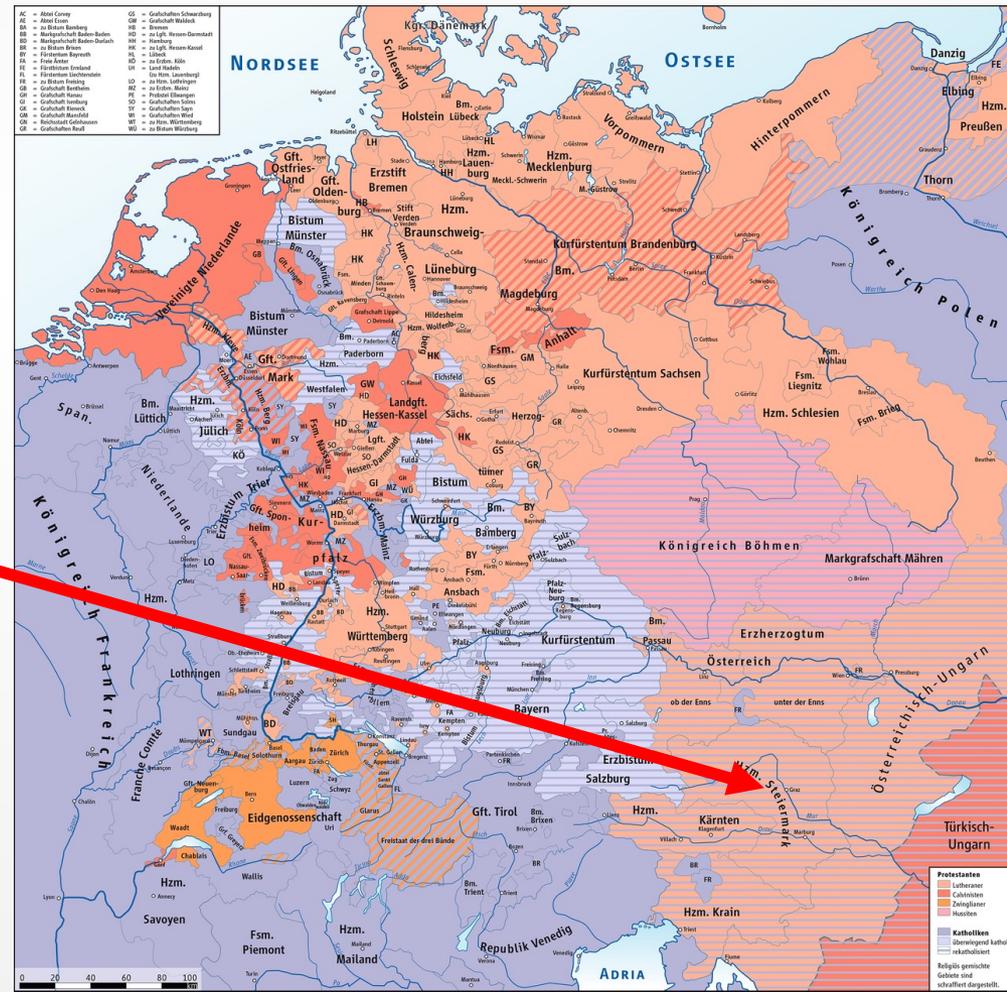
En diciembre de 1595, Kepler conoció a Barbara Müller, una viuda de 23 años (dos veces más) con una hija pequeña, Regina Lorenz.

Müller, heredera de las propiedades de sus difuntos maridos, también era hija del exitoso propietario de un molino. Su padre Jobst inicialmente se opuso al matrimonio porque Kepler era pobre. Barbara y Johannes se casaron el 27 de abril de 1597.

En los primeros años de su matrimonio, los Kepler tuvieron dos hijos (Heinrich y Susanna), quienes murieron en la infancia. En 1602 tuvieron una hija (Susanna); en 1604, un hijo (Friedrich); y en 1607, otro hijo (Ludwig).



Sin embargo, para 1599, nuevamente sintió que su trabajo estaba limitado por la inexactitud de los datos disponibles, al igual que la creciente tensión religiosa también amenazaba su continuo empleo en Graz.

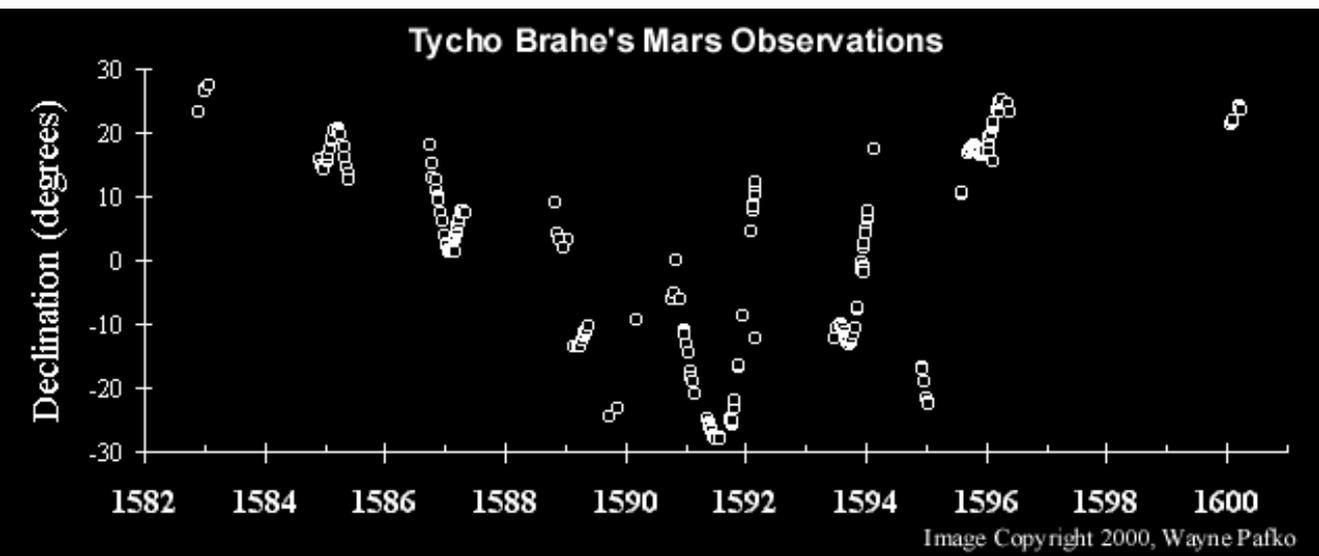


En diciembre de ese año, Tycho Brahe invitó a Kepler a visitarlo en Praga; el 1 de enero de 1600 (incluso antes de recibir la invitación), Kepler partió con la esperanza de que el patrocinio de Tycho pudiera resolver sus problemas filosóficos, así como los sociales y financieros.



Marte y la “Nueva Astronomía” (1609)

En Praga, trabajando con Tycho Brahe y más tarde como su sucesor, a Kepler se le encomendó la tarea de analizar las muy exactas observaciones de Marte realizadas por Tycho durante 20 años y completar las Tablas Rudolfinas, un catálogo de posiciones de estrellas y planetas.



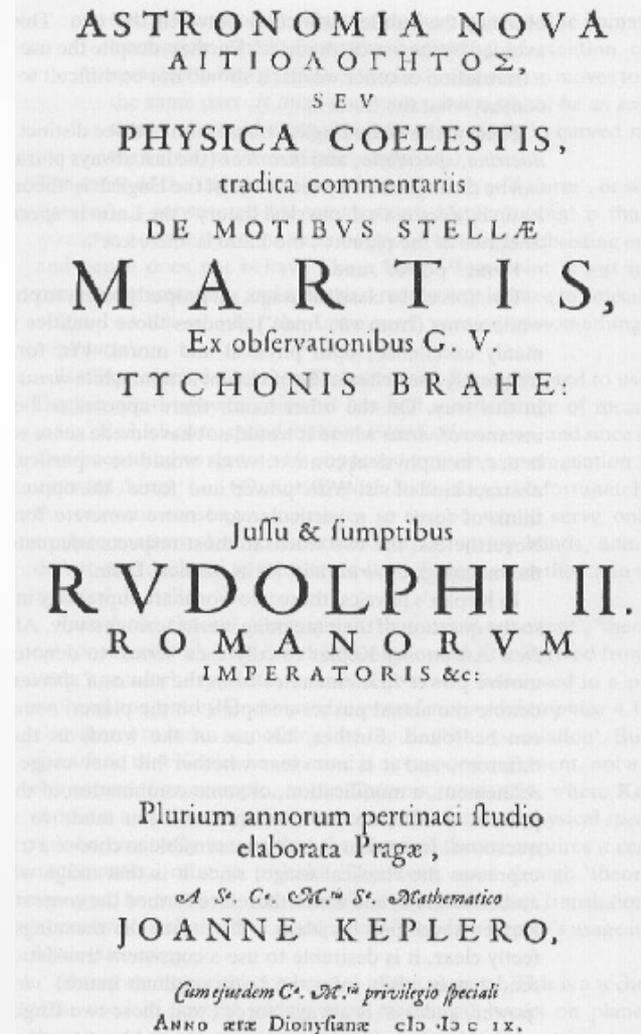
Kepler y el concepto físico de las órbitas

Esta “intuición” sería decisiva en el futuro desarrollo de la astronomía.

Para Kepler, el Sol era la “causa” del movimiento planetario, y había que referir las órbitas a él.

Kepler pasa de un sistema geométrico a un sistema físico, que dará grandes frutos.

Además, el sistema físico deberá tener validez global (no separadamente entre latitud y longitud como anteriormente).



Kepler y las órbitas planetarias

En principio Kepler rechazó las órbitas elípticas por falta de simetría.

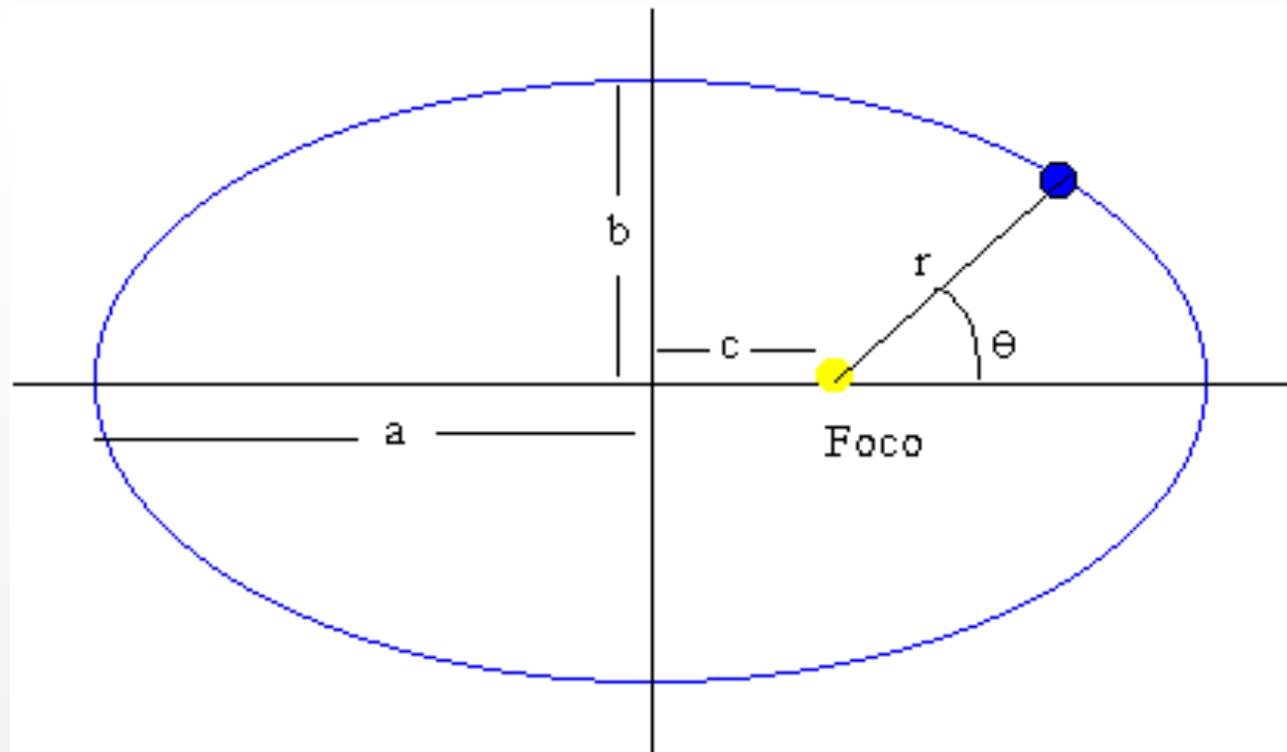
Las observaciones de Tycho (y su precisión) fueron providenciales (en particular las 10 observaciones de Marte en oposición con la Tierra).

Las órbitas circulares daban un error en latitud de unos $8'$ (inaceptables para la precisión de las observaciones de Tycho).

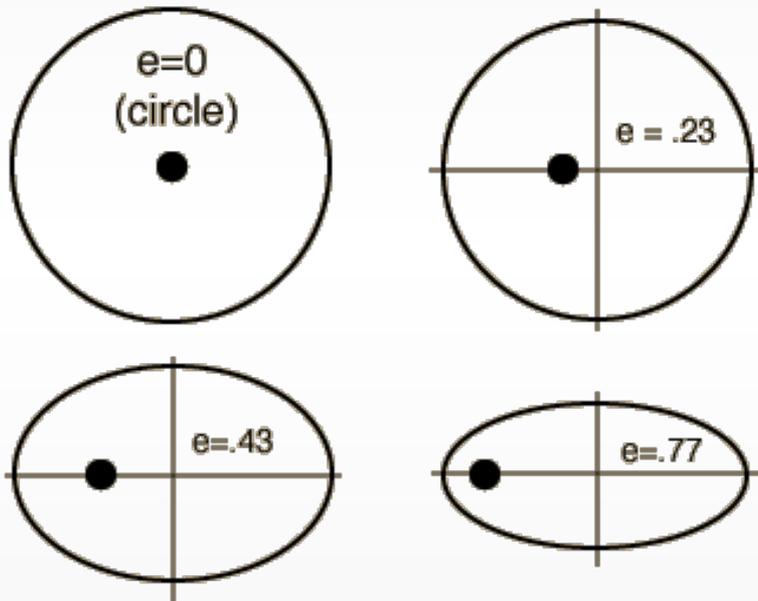
Por primera vez en 2000 años se abandonan los movimientos circulares.

1. ley de Kepler: Ley de las órbitas elípticas (1609)

Todos los planetas se desplazan alrededor del Sol describiendo órbitas elípticas, estando el Sol situado en uno de los focos.



Excentricidades de órbitas planetarias

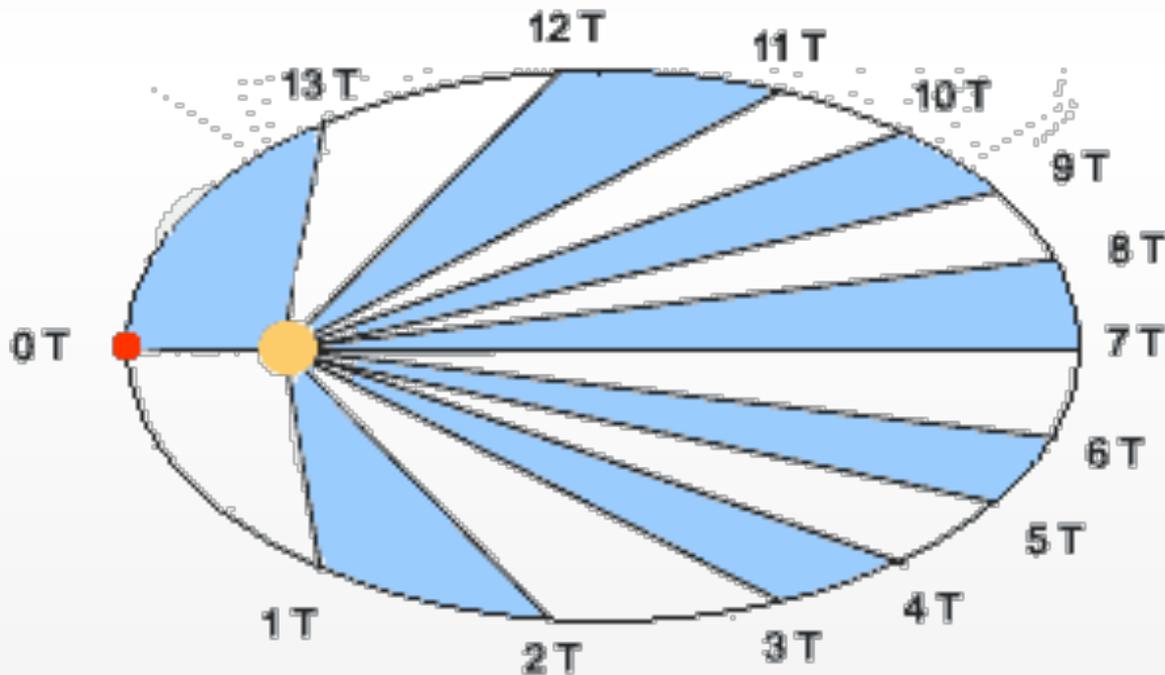


Las excentricidades de los planetas son muy bajas. Esto significa que sus órbitas están muy cerca de círculos.

Mercurio	0.206
Venus	0.0068
Tierra	0.0167
Marte	0.0934
Jupiter	0.0485
Saturno	0.0556
Urano	0.0472
Neptuno	0.0086
Pluton	0.25

2. ley de Kepler: Ley de las áreas (1609)

El radio vector que une el planeta y el Sol barre áreas iguales en tiempos iguales.

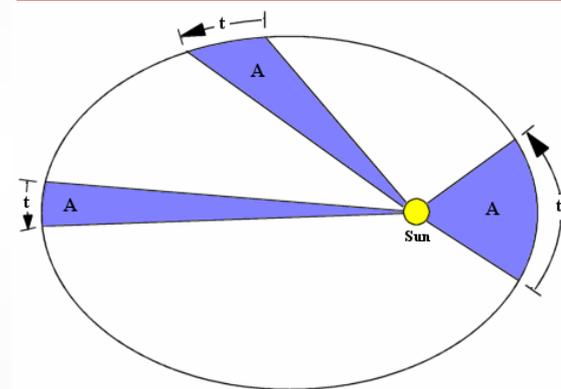
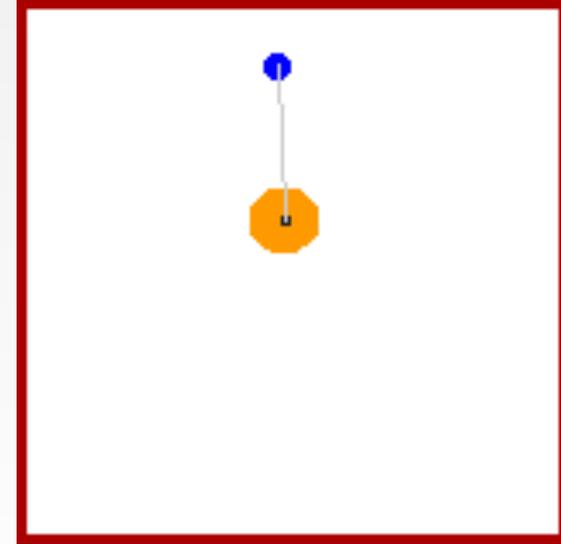


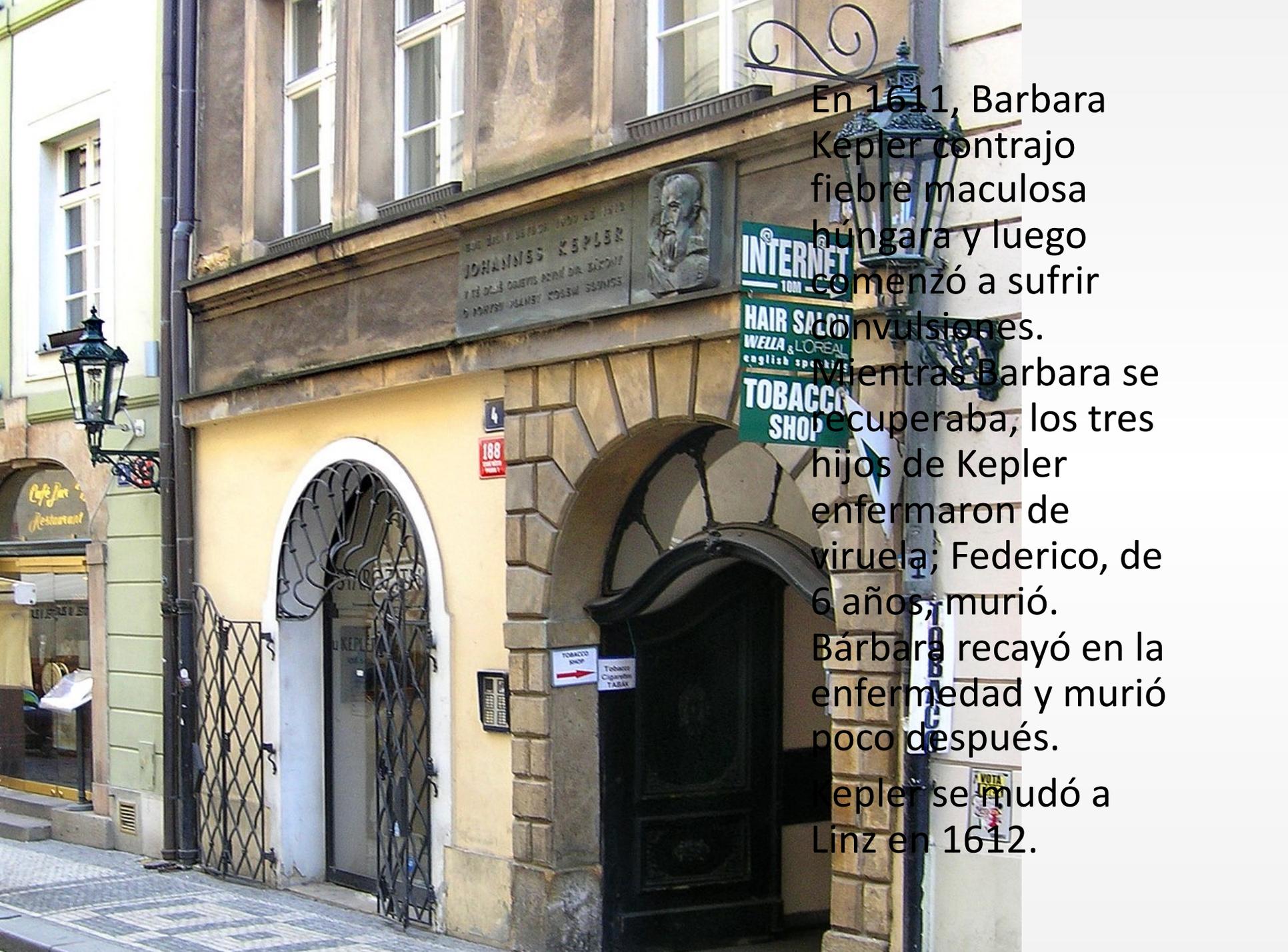
T = any unit of time (hour, day, week, etc.)

La ley de las áreas es equivalente a la constancia del momento angular, es decir, cuando el planeta está más alejado del Sol (afelio) su velocidad es menor que cuando está más cercano al Sol (perihelio). En el afelio y en el perihelio, el momento angular L es el producto de la masa del planeta, su velocidad y su distancia al centro del Sol.

Un planeta se mueve más rápido cuando está más cerca del Sol y más lento cuando está más alejado del Sol.

$$L = m \cdot r_1 \cdot v_1 = m \cdot r_2 \cdot v_2$$





En 1611, Barbara Kepler contrajo fiebre maculosa húngara y luego comenzó a sufrir convulsiones.

Mientras Barbara se recuperaba, los tres hijos de Kepler enfermaron de viruela; Federico, de 6 años, murió.

Barbara recayó en la enfermedad y murió poco después.

Kepler se mudó a Linz en 1612.

Linz, las principales responsabilidades
Kepler (más allá de completar las
las Rudolfinas) eran enseñar en la
escuela del distrito y brindar servicios
matemáticos y astronómicos.

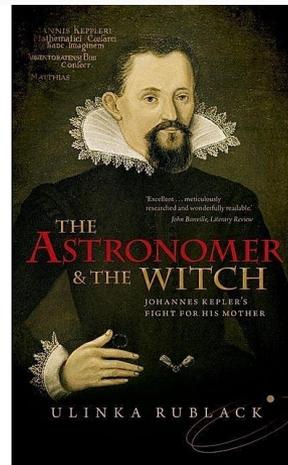
También fue durante su estancia en Linz
cuando Kepler tuvo que lidiar con la
acusación y el veredicto final de brujería
contra su madre Katharina en la ciudad
protestante de Leonberg.



En 1615, Lutherus Einhorn inició un juicio por brujería, quien durante su reinado como vogt de la ciudad protestante de Leonberg (1613 - 1629) acusó a 15 mujeres de hechicería y ejecutó a 8 de ellas. Actuó de acuerdo con la voluntad del gobierno y del público, que había pedido una investigación sobre brujería, y ordenó el arresto de Katharina Kepler en 1615. Ursula Reinbold había acusado a Katharina Kepler de darle una poción después de una discusión que la había hecho ella enferma. Johannes Kepler defendió él mismo a su madre, con la ayuda de su universidad de Tubinga. Uno de sus amigos estudiantes, Christopher Besoldus, la ayudó jurídicamente.

Su hijo se la llevó a Linz en diciembre de 1616. Cuando regresó a Leonberg en el verano de 1620, fue arrestada y encarcelada durante catorce meses. Le dijeron que la torturarían para asustarla, pero ella se negó a confesar nada.

En octubre de 1621, Kepler pudo lograr su liberación. Katharina Kepler murió al año siguiente.

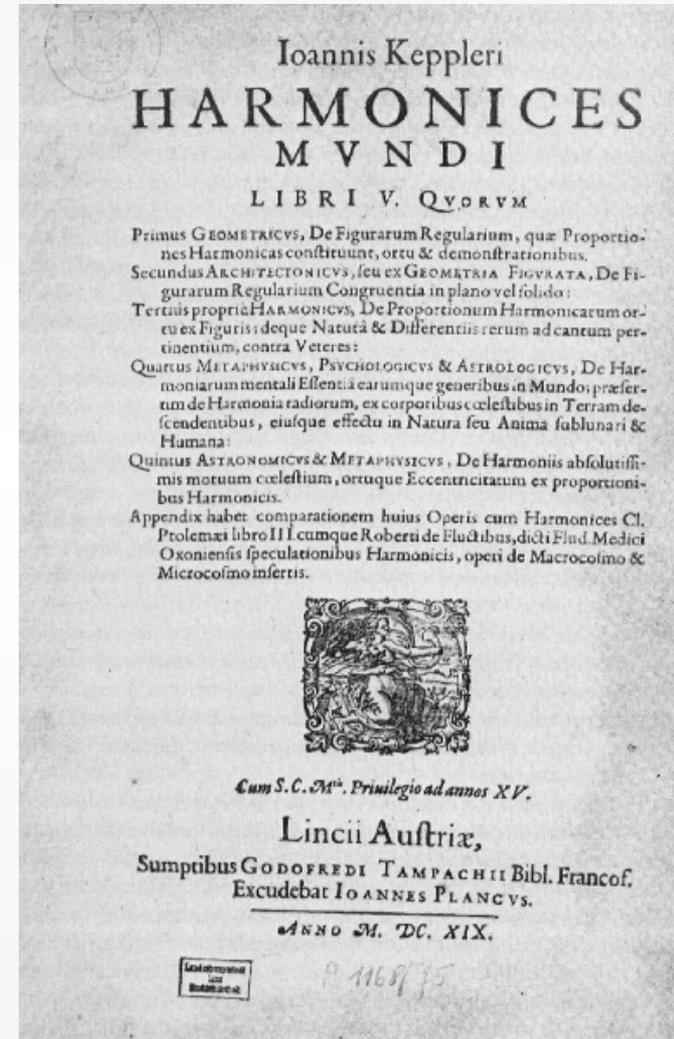


La Armonía del Mundo

En la “Astronomia Nova” Kepler había estudiado cómo cada planeta orbita el Sol, pero él quería una teoría global de la creación... comprender “La Armonía del Mundo”.

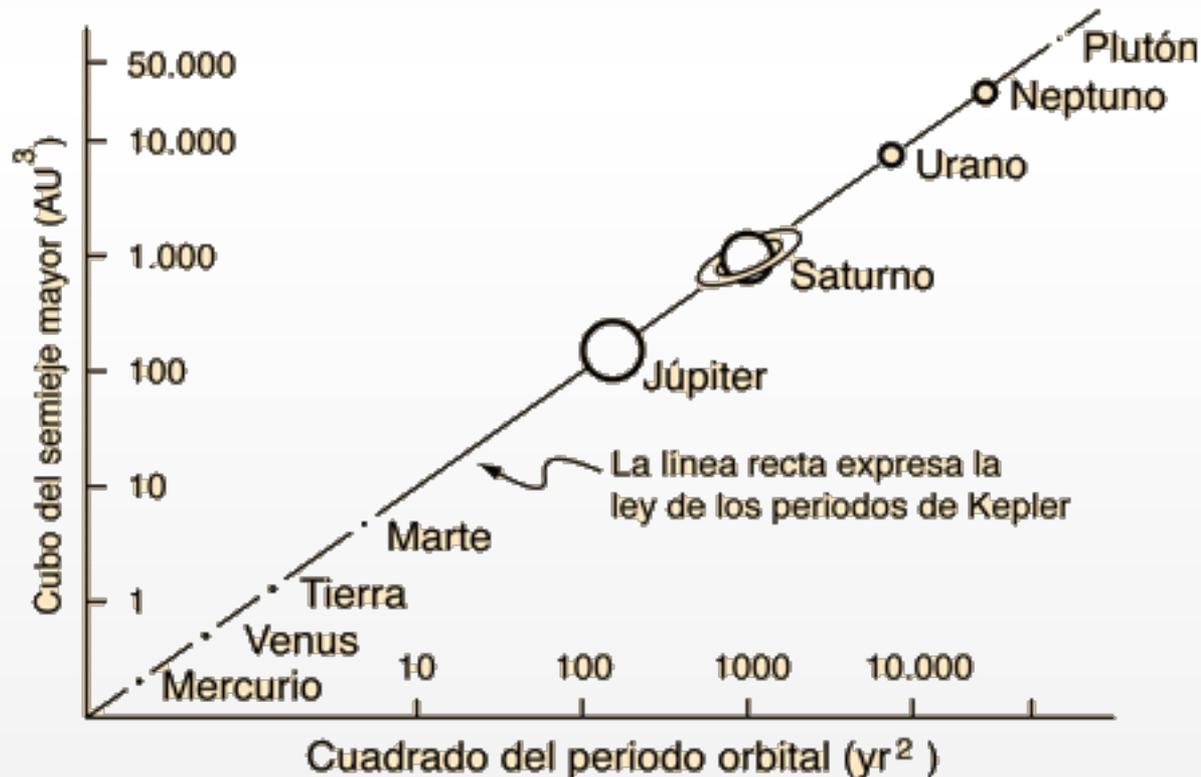
Buscó relaciones entre los parámetros de las órbitas, y encontró su tercera ley del movimiento planetario.

La “Armonía” se publicó en 1619.

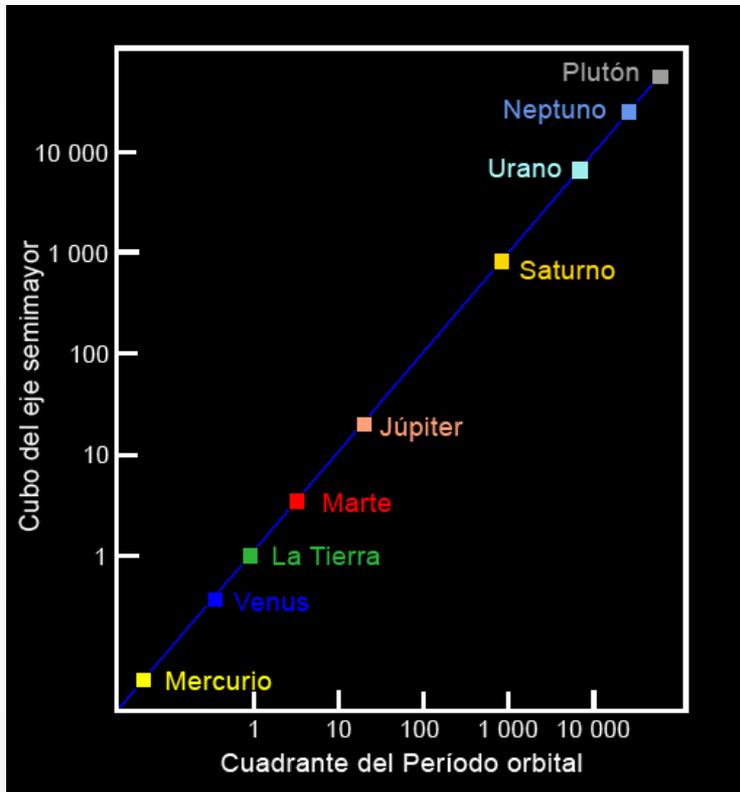


3. ley de Kepler: Ley Armónica (1618)

El cuadrado del periodo de las órbitas T es proporcional al cubo del semieje mayor de la elipse a .



Valores para los planetas de nuestro Sistema Solar



Planeta	Periodo (yr)	Distancia (AU)	T^2/a^3 (yr ² /AU ³)
Mercurio	0.241	0.39	0.98
Venus	0.615	0.72	1.01
Tierra	1.00	1.00	1.00
Marte	1.88	1.52	1.01
Jupiter	11.8	5.20	0.99
Saturno	29.5	9.54	1.00
Urano	84.0	19.18	1.00
Neptuno	165	30.06	1.00
Pluton	248	39.44	1.00

$$\frac{T^2}{a^3} = K = \text{const}$$

Sin la ley de la gravedad, la constante K no puede determinarse.

La formulación matemática de Newton de la tercera ley de Kepler es:

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{GM_{\odot}} a^3$$



El 30 de octubre de 1613, Kepler se casó con Susanna Reuttinger, de 24 años.

Los primeros tres hijos de este matrimonio (Margareta Regina, Katharina y Sebald) murieron en la infancia. Tres más sobrevivieron hasta la edad adulta: Cordula (nacido en 1621); Fridmar (nacido en 1623); y Hildebert (nacido en 1625).

Las Tablas Rudolfinas

Kepler tenía que “superar” la prueba tradicional de generar tablas con posiciones planetarias (ya que Tycho estaba descontento con la precisión de las tablas pruténicas de Copérnico).

Kepler y Tycho fueron encargados de hacer estas tablas por el emperador Rodolfo II.

Aparecen en 1627 (Tycho y el emperador ya han muerto) y tienen una precisión asombrosa.

El 7 de Nov. de 1631 (ya muerto Kepler), Pierre Gassendi fue el primer observador en ver a Mercurio cruzar por delante del Sol... tal y como predecían las tablas (con un error menor que $1/3$ del diámetro solar).

TABULÆ *J. Hadley*

RUDOLPHINÆ.

QUIBUS ASTRONOMICÆ SCIENTIÆ, TEMPO-
rum longinquitate collapsæ RESTAURATIO continetur;

A Phœnicæ illo Astronomorum

TYCHONE

Ex Illustri & Generosa BRAHEORUM in Regno DANIÆ
familiâ oriundo Equite,

PRIMUM ANIMO CONCEPTA ET DESTINATA ANNO
CHRISTI MDLXIV: EXINDE OBSERVATIONIBUS SIDERUM ACCURA-
TISSIMIS, POST ANNUM PRÆCIPUE MDLXXII, QUO SIDUS IN CASSIOPEIÆ
CONSTELLATIONE NOVUM EFFULSIT, SERIO AFFECTATAI VARIORUM OPERIBUS, CUM ME-
chanicis, cum litariis, impensis patrimonio amplissimo, accedentibus etiam subsidiis FRIDERICI II. DANIÆ
REGIS, regali magnificentia dignis, tracta per annos XXV, potissimum in Insula freti SINCERÆ HUG-
MA, & arce URANIBURGO, in hunc usque à fundamentis extractâ:

TANDEM TRADUCTA IN GERMANIAM, IN ÆVE AYLAM ET
Nymen RUDOLPHI IMP. anno MD IC.

TABULAS IPSAS, JAM ET NUNCUPATAS, ET AFFECTAS, SED
MORTI AUTHORIS SUI ANNO MDCI DESERTAS,

JUSSU ET STIPENDIIS FRETUS TRIUM IMPPPP.
RUDOLPHI, MATTHIÆ, FERDINANDI,

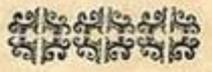
ANNITENTIBUS HÆREDIBUS BRAHEANIS; EX FUNDAMENTIS
*Observationum reliatarum, ad exemplum serè partium tam constructarum, continuè multarum annorum
speculationibus & computationibus, primum PRAGÆ Bohemorum continuatis; deinde LYNCII,
superiori Austriæ Metropoli, subsidijs etiam ill. Provincialium adiutus, perfecit, absolutis,
adq; causarum & calculi perennis formulam traduxit*

IOANNES KEPLERUS.

TYCHONI *primus* à RUDOLPHO II. Imp. *adjunctus calculi minister; indeq;*
trium ordine Impppp. Mathematicus:

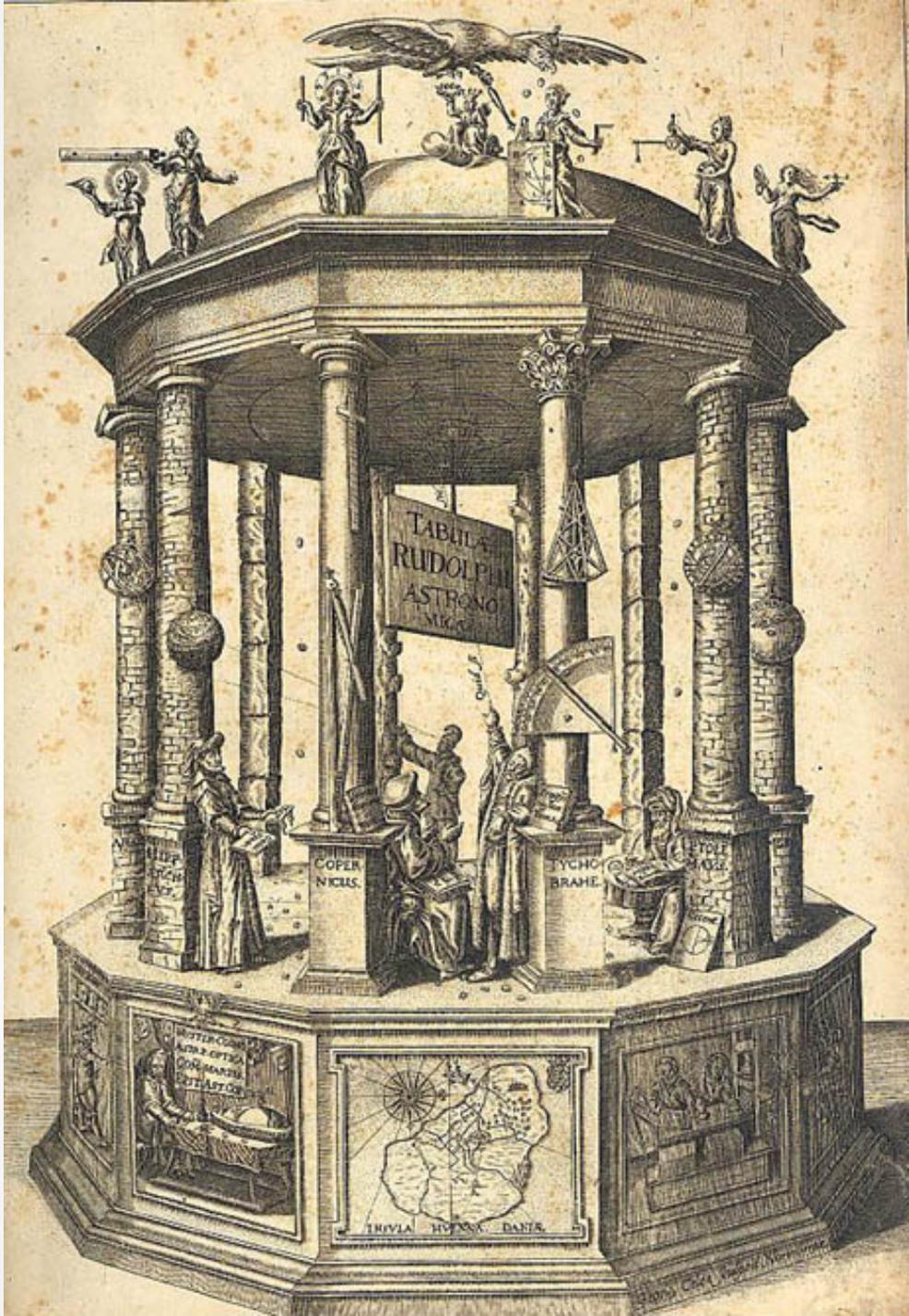
Qui idem de speciali mandato FERDINANDI II. IMP.
potentibus instantibusq; Hæredibus,

Opus hoc ad usus presentium & posteritatis, typis, numericis proprijs, ceteris
& prelo JONÆ SAURII, Reip. Ulmanæ Typographi, in publicum
extulit, & Typographicis operis ULMÆ curator affuit.



Cum Privilegijs IMP. & Regum Rerumq; publ. vivo TYCHONI ejusq; Hæredibus,
& speciali Imperatorio, ipsi KEPLERO concessis, ad anno XXX.

ANNO M DC XXVII.



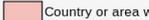
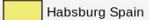
El 8 de octubre de 1630, Kepler partió hacia Ratisbona con la esperanza de cobrar intereses por el trabajo que había realizado anteriormente. Unos días después de llegar a Ratisbona, Kepler enfermó y empeoró progresivamente.

El 15 de noviembre de 1630, poco más de un mes después de su llegada, murió.

Fue enterrado en un cementerio protestante que quedó completamente destruido durante la Guerra de los Treinta Años.



THE THIRTY YEARS' WAR

-  Country or area with a Protestant majority
 -  Habsburg Spain
 -  Habsburg Austria
- ① 1620-1623: Defeat of the Czechs and the Electoral Palatinate
 - ② 1625-1629: Intervention and defeat of Christian IV of Denmark
 - ③ 1630-1632: Intervention of Gustavus Adolphus of Sweden
 - ④ 1635: Intervention of France against Spain and the Emperor
④ 1642: Occupation of Roussillon
④ 1643: French victory at the Battle of Rocroi
 - ⑤ 1645-1648: Turenne's and Sweden's campaign in Germany

0 500 km