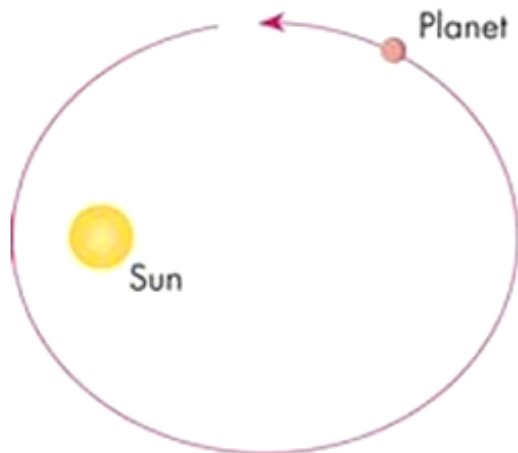


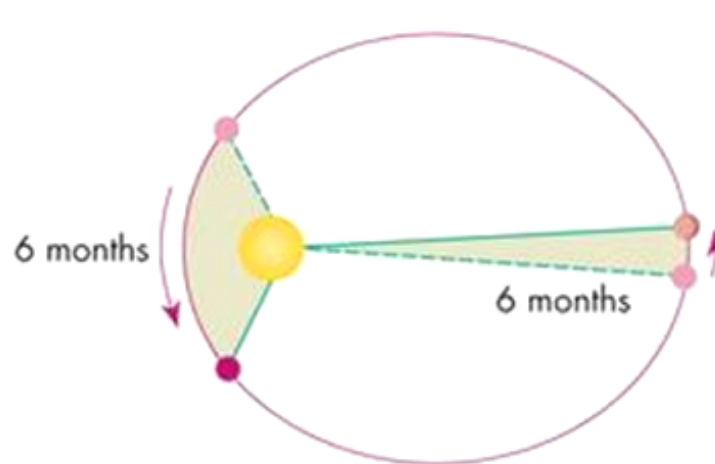
25 - Johannes Kepler

Kepler's 3 Laws of Planetary Motion



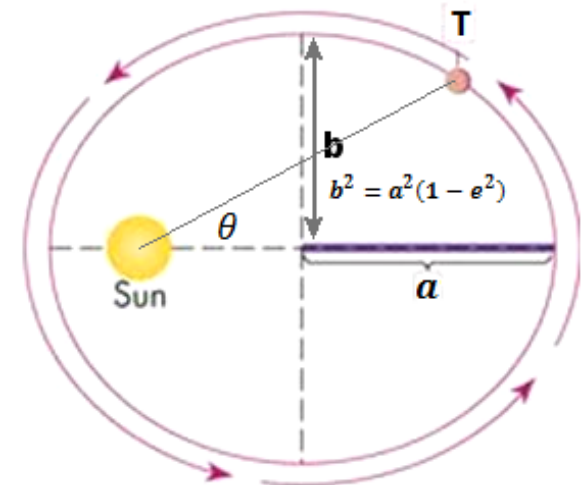
(1)

The orbits are ellipses



(2)

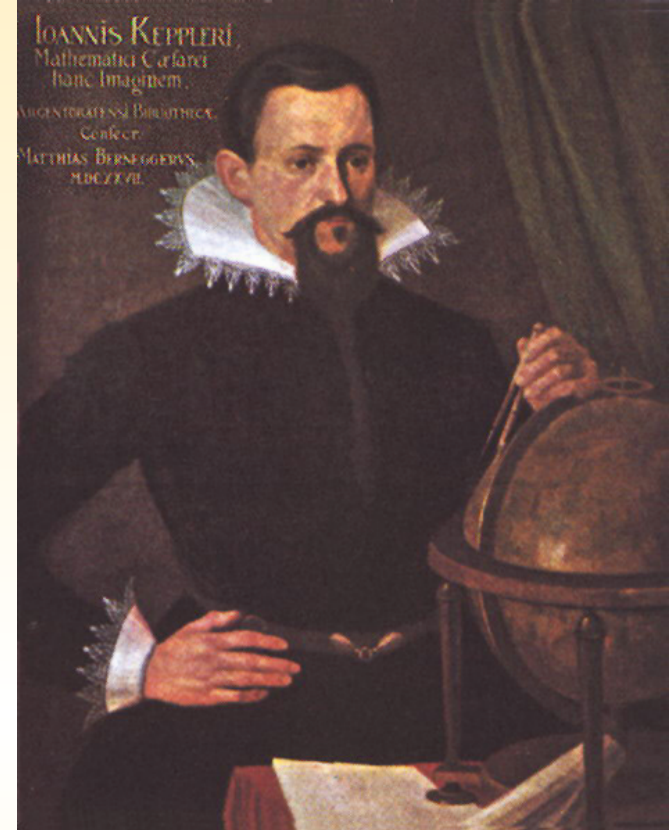
Equal areas in equal time



(3)

$T^2 \propto a^3$ T = time to complete orbit
 a = semi-major axis

Nació en Weil der Stadt, Alemania,
27 de diciembre de 1571 - murió
Ratisbona, Alemania, 15 de
noviembre de 1630



Kepler es la figura clave en la revolución científica, astrónomo y matemático alemán; fundamentalmente conocido por sus leyes sobre el movimiento de los planetas, sobre su órbita alrededor del Sol.

Fue colaborador de Tycho Brahe, a quien sustituyó como matemático imperial de Rodolfo II en Praga.

Kepler, al contrario que Tycho Brahe, provenía de una familia pobre y con problemas (su madre llegó a estar acusada de brujería).

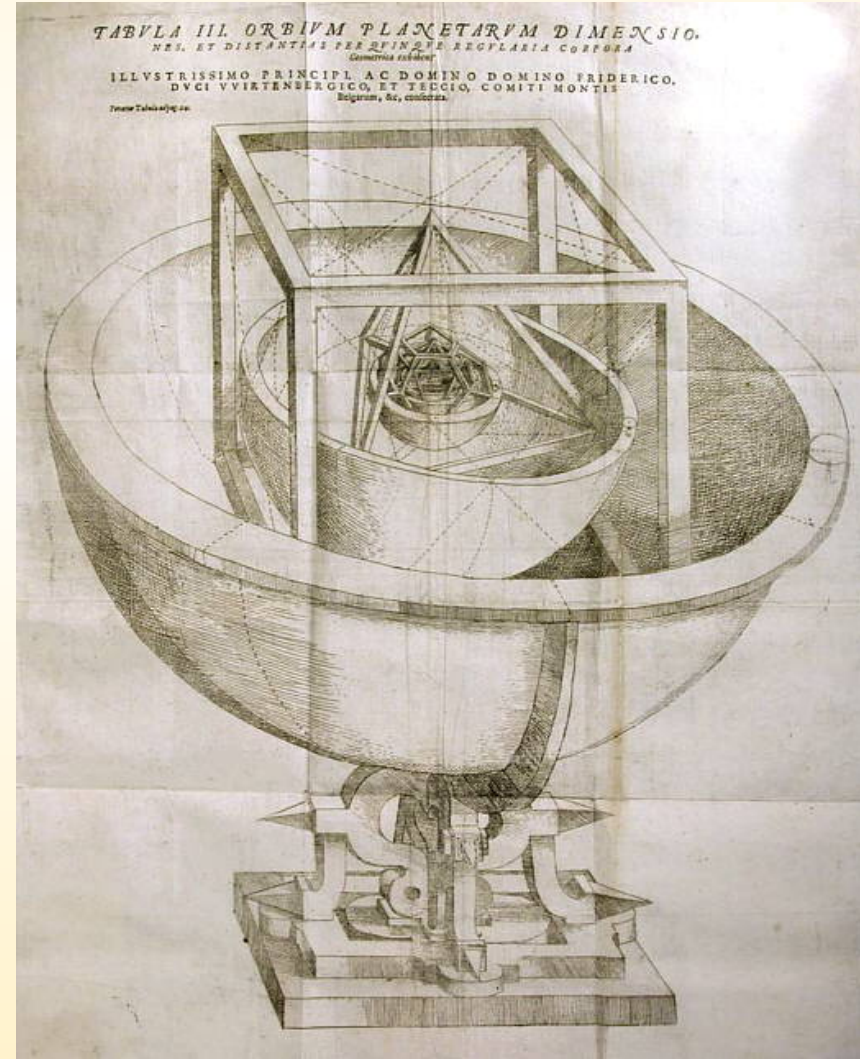
Intentó ser pastor luterano. Estudió matemáticas y astronomía en Tubinga con Michael Mästlin (incluyendo el modelo Copernicano).

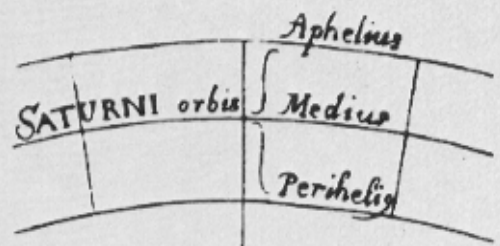
Al tercer año de sus estudios en teología le ofrecieron un puesto de profesor de matemáticas en Graz y aceptó.



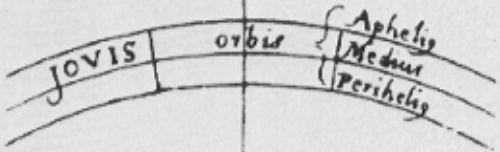
El Misterio Cosmográfico (1596)

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





CUBUS



TETRAHEDRON



Encontró que cada uno de los cinco sólidos platónicos podía ser inscrito y circunscrito por orbes esféricos; anidar estos sólidos, cada uno encerrado en una esfera, uno dentro del otro produciría seis capas, correspondientes a los seis planetas conocidos: Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter y Saturno. Al ordenar los sólidos selectivamente (octaedro, icosaedro, dodecaedro, tetraedro, cubo), Kepler descubrió que las esferas podían colocarse a intervalos correspondientes a los tamaños relativos de la trayectoria de cada planeta, suponiendo que los planetas rodeen al Sol.

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 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”

Kepler llega a Praga en febrero de 1600 y trabaja durante tres meses en la órbita de Marte.

Tras volver a Graz, vuelve a visitar a Tycho en octubre a trabajar con él. Tycho muere un año más tarde y Kepler es nombrado en su puesto.

Su pelea con Marte duraría años, y estaría basada en tres pilares:

- La visión heliocéntrica de Copérnico
- Los extraordinarios datos de Tycho
- La teoría magnética del inglés William Gilbert (1544-1603)

El magnetismo de Gilbert

En su libro “Sobre el imán”, Gilbert sostenía que la tierra era un imán con un eje giratorio. Con ello explicaba la caída de los cuerpos, la orientación de las brújulas, etc...

Kepler recogió esta idea y la extendió al Sol. De este modo el sol producía su influencia en los planetas.

El sol atraía a los planetas durante una parte de su órbita y los repelía durante otra parte.

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).

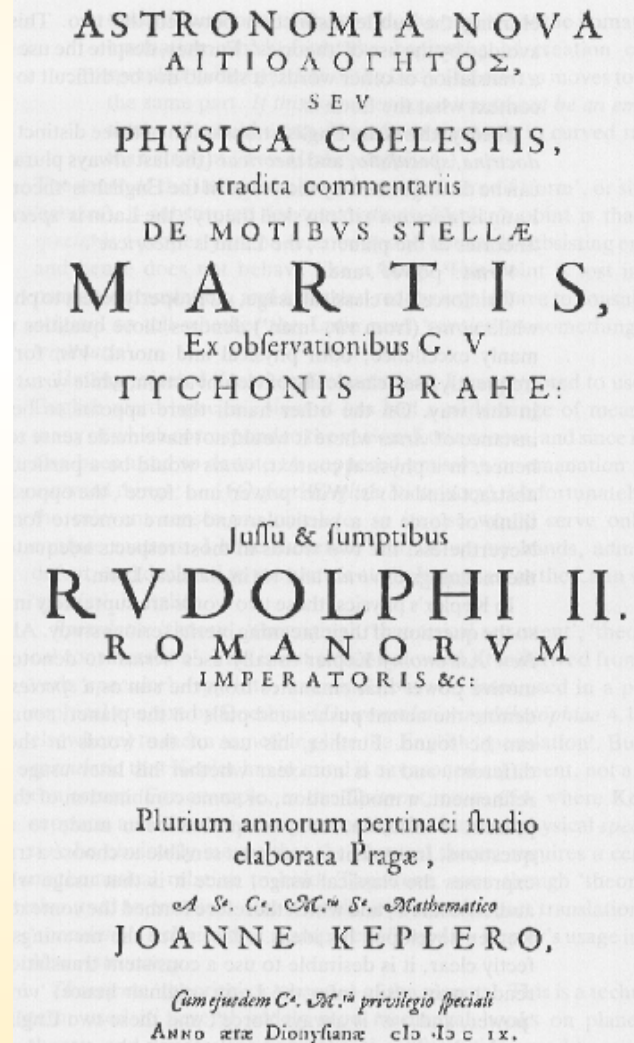
Las órbitas circulares daban un error en latitud de unos 8' (inaceptables para la precisión de las observaciones de Tycho).

Por primera vez en 2000 años se abandonan los movimientos circulares (con o sin “artefactos”).

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.

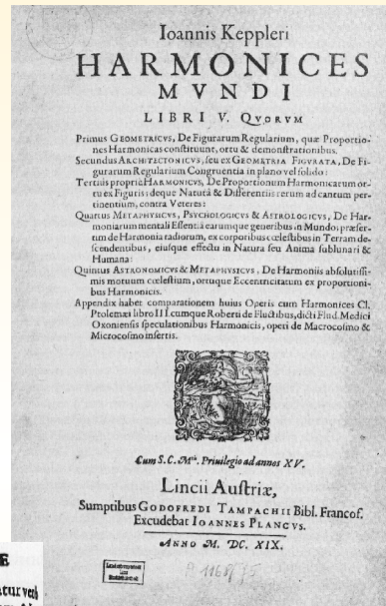


El Epítomo de Astronomía Copernicana

La "Armonía" se publicó en 1619.

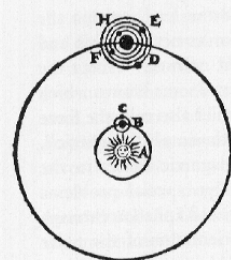
Kepler quería hacer sus descubrimientos asequibles a un público más amplio, y para ello escribió el "Epítomo"... debido al proceso a su madre y a la guerra, salió "a trozos" en 1618, 1620 y 1621.

El "Epítomo" fue su mayor obra, donde contiene todas sus teorías (helioc., sólidos, magnet, leyes de mov. Planet., etc...)



554 EPITOMES ASTRONOMIÆ

motus à volutione Telluris esse. 4. Confirmatur vel fides hujus rei, comparatione quatuor Iovialium, & vis, cum sex planetis & Sole. Et si enim de corpore Iovian & ipsum circa suum axem convertatur, non ea documenta habemus, quæ nobis suppetunt in corporibus Terræ & præcipue Solis, quippe à sensu ipsorum



lud sensus telluratur, planè videtur, cum sex planetis circa Solem, & etiam se rem habere cum quatuor Iovialibus, ut circa corpus Iovis quilibet, quo longius à illo potèit excurrere, hoc tardius redèat; & id quidem præpositione nō eadem, sed majore, hoc est sexcupla proportionis intervallo- rum cuiusque à Iove: quæ planè ipsissima est, quæ utebantur supra sex planetæ. Inter valla enim quatuor Iovialium à Iove, prodit Marius à suo mundo Ioviali ista, 3. 5. 8. 13. vel 14. Galilæo) ac si orbiculi illorum intertingerentur tribus figuris Rhombicis, I. Rhombo Dodecaèdro inter intimos, quæ intervalla 3. 5. II. Rhombo Triacontaèdro, (sq. 1. 4. 64.) inter medios 5. 8. & III. Cubo non verè Rhombico, sed præcipuo quodà Rhomborū, inter extremos 8. 13. (vel 14. & 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.)

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 librariis, impensâ patrimonio amplissimo, accedentibus etiam subsidiis FRIDERICI II. DANIÆ
REGIS, regali magnificentiâ dignis, tracta per annos XXV, potissimum in Insula freti SINCERÆ HUGO-
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,

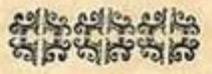
ANNITENTIBUS HÆREDIBUS BRAHEANIS; EX FUNDAMENTIS
*Observationum reliatarum, ad exemplum serè partium tam constructarum, continuâ multarum annorum
speculationibus & computationibus, primum PRAGÆ Bohemorum continuavit; deinde LINCII,
superioriâ Austria Metropoli, subsidijs etiam ill. Provincialium adiutus, 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 D C XXVII.

