



Experimentos importantes en la Historia de la Física

Edad Media

Prof. J Güémez
Departamento de Física Aplicada
Universidad de Cantabria

Facultad de Ciencias, enero 2019

Edad Media y Renacimiento

Guillermo de Ockham

Jean Buridan

Nicolás Copérnico

Simon Stevinus

Tycho Brahe

Johannes Kepler

Galileo Galilei

Guillermo de Ockham



Pensador inglés, fundador de la escuela nominalista (Ockham, Surrey, h. 1285 - Múnich, Baviera, 1349). Este fraile franciscano estudió en la Universidad de Oxford, en la que empezó a enseñar como bachiller desde 1317; el carácter innovador de sus enseñanzas hizo que nunca se le diera el grado de doctor (razón por la que se le conoce como *el venerable principiante*) y que entrara en conflicto con la Iglesia.

Su teoría inductiva del conocimiento, cercana al empirismo, le llevó a una visión contingente del mundo, en la que abrió amplios espacios para la libertad.

De ella resultaba el carácter meramente probable de las afirmaciones científicas y la imposibilidad de una demostración rigurosa de la ley moral e incluso de la existencia de Dios.

Navaja de Ockham

No hay que multiplicar los entes sin necesidad.
(Entia non sunt multiplicanda praeter necessitatem).

Entre dos teorías que expliquen correctamente una misma fenomenología, hay que quedarse con la teoría que se desarrolla con un menor número de hipótesis.

Jean Buridan



Nació en **1300** en Betune (Francia). Cursó estudios en la universidad de París, donde tuvo como maestro al filósofo escolástico inglés Guillermo de Ockham. Fue nombrado profesor de filosofía y más tarde rector de la misma universidad. Célebre por sus trabajos de lógica acerca del descubrimiento del término medio entre del silogismo y en la detreminación de la naturaleza de la libertad psicológica. Se le atribuye el dilema del "asno de Buridan", que estando el asno situado a igual distancia de dos montones idénticos de paja y la pobre bestia murió de hambre porque no tenía base racional alguna para preferir una pila u otra. Falleció en **1358**.

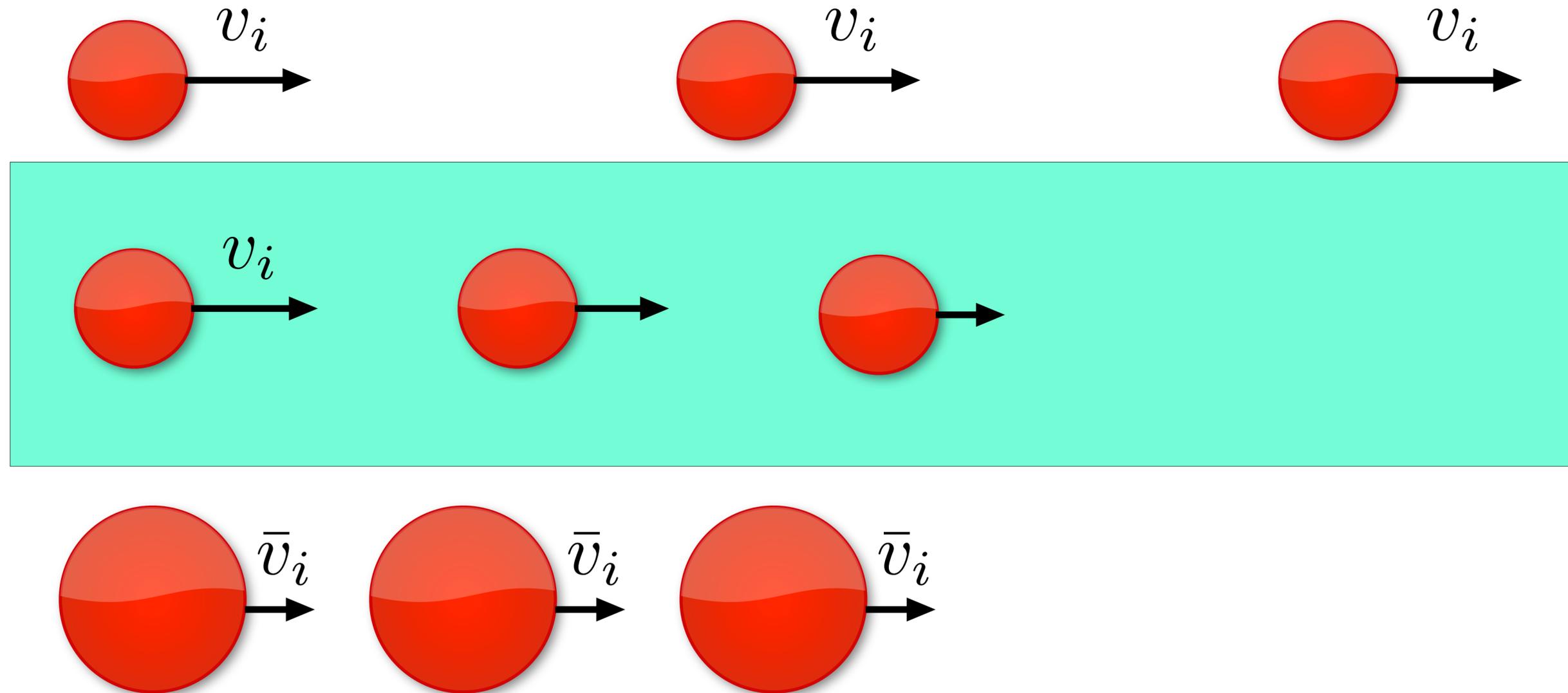
Teoría del Impetus

Cuando un cuerpo es lanzado, adquiere un cierto **impetus**.
El impetus se conserva, a menos que aparezca alguna resistencia.
Anticipación del principio de inercia de Galileo.

El **impetus** es proporcional a la masa del cuerpo y a la velocidad
que ha adquirido.
Anticipación del concepto de momento lineal

Los cuerpos celestes recibieron su **impetus** durante la creación,
manteniéndolo constante.

Teoría del Impetus

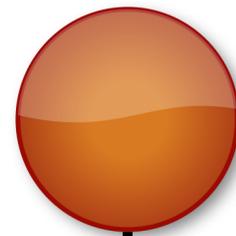
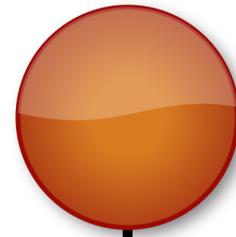
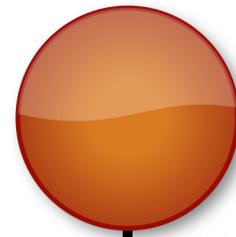
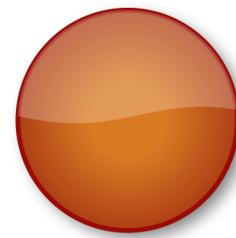


Cuando un cuerpo es lanzado, adquiere un cierto **impetus**.
El impetus se conserva, a menos que aparezca alguna resistencia.
El impetus es proporcional a la masa y a la velocidad.

Teoría del Impetus

Un cuerpo en caída libre adquiere **impetus** por la fuerza de la gravedad, a la vez que mantiene el ímpetus adquirido.

Su velocidad debe ir aumentando.



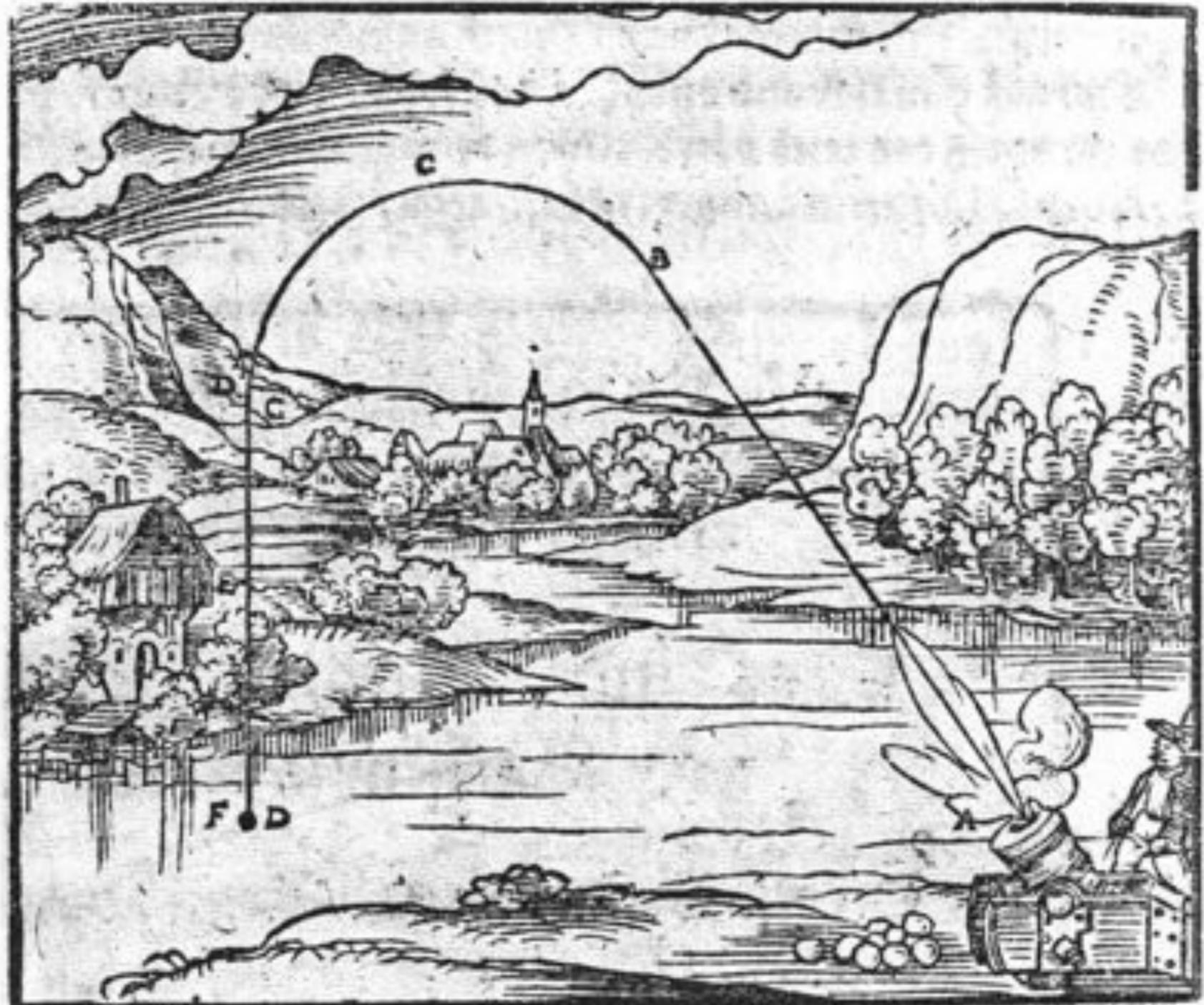
v_i

v_f

Teoría del Impetus

Lanzamiento de proyectiles.

El proyectil sigue primero una línea recta, después un arco de circunferencia y al final cae a plomo.



Teoría del Impetus

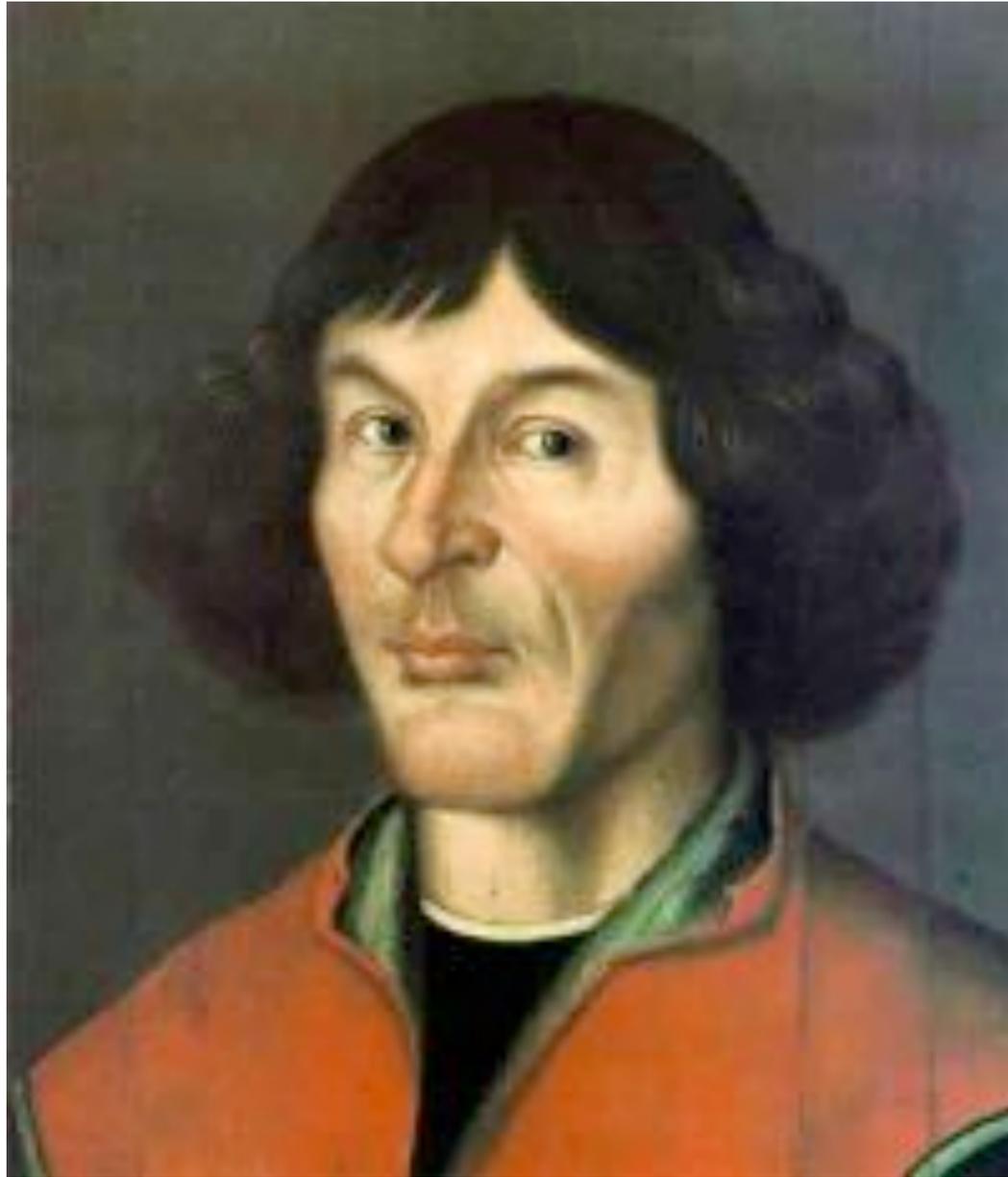
Nuevos conceptos que contradicen las ideas de Aristóteles, a la vez que buscan su inspiración en experiencias cotidianas.

Anticipación de algunas ideas de Galileo.

La misma teoría del impetus se aplica a fenómenos terrestres (movimientos de cuerpos en la Tierra) y a fenómenos celestiales (movimiento de la Luna, los planetas).

Anticipación de algunas ideas de Newton.

Nicolás Copérnico



(Torun, actual Polonia, 1473 - Frauenburg, id., 1543) Astrónomo polaco. La importancia de Copérnico no se reduce a su condición de primer formulador de una teoría heliocéntrica coherente: Copérnico fue, ante todo, el iniciador de la revolución científica que acompañó al Renacimiento europeo y que, pasando por Galileo, llevaría un siglo después, por obra de Newton, a la sistematización de la física y a un profundo cambio en las convicciones filosóficas y religiosas. Con toda justicia, pues, se ha llamado *revolución copernicana* a esta ruptura.

El modelo heliocéntrico de Nicolás Copérnico fue una aportación decisiva a la ciencia del Renacimiento. Con Copérnico, el Sol se convertía en el centro inmóvil del universo, y la Tierra quedaba sometida a dos movimientos: **el de rotación sobre sí misma** y **el de traslación alrededor del Sol**. No obstante, el universo copernicano seguía siendo finito y limitado por la esfera de las estrellas fijas de la astronomía tradicional.

Copérnico

De revolutionibus
orbium coelestium.

De la revolución
de los cuerpos
celestes.

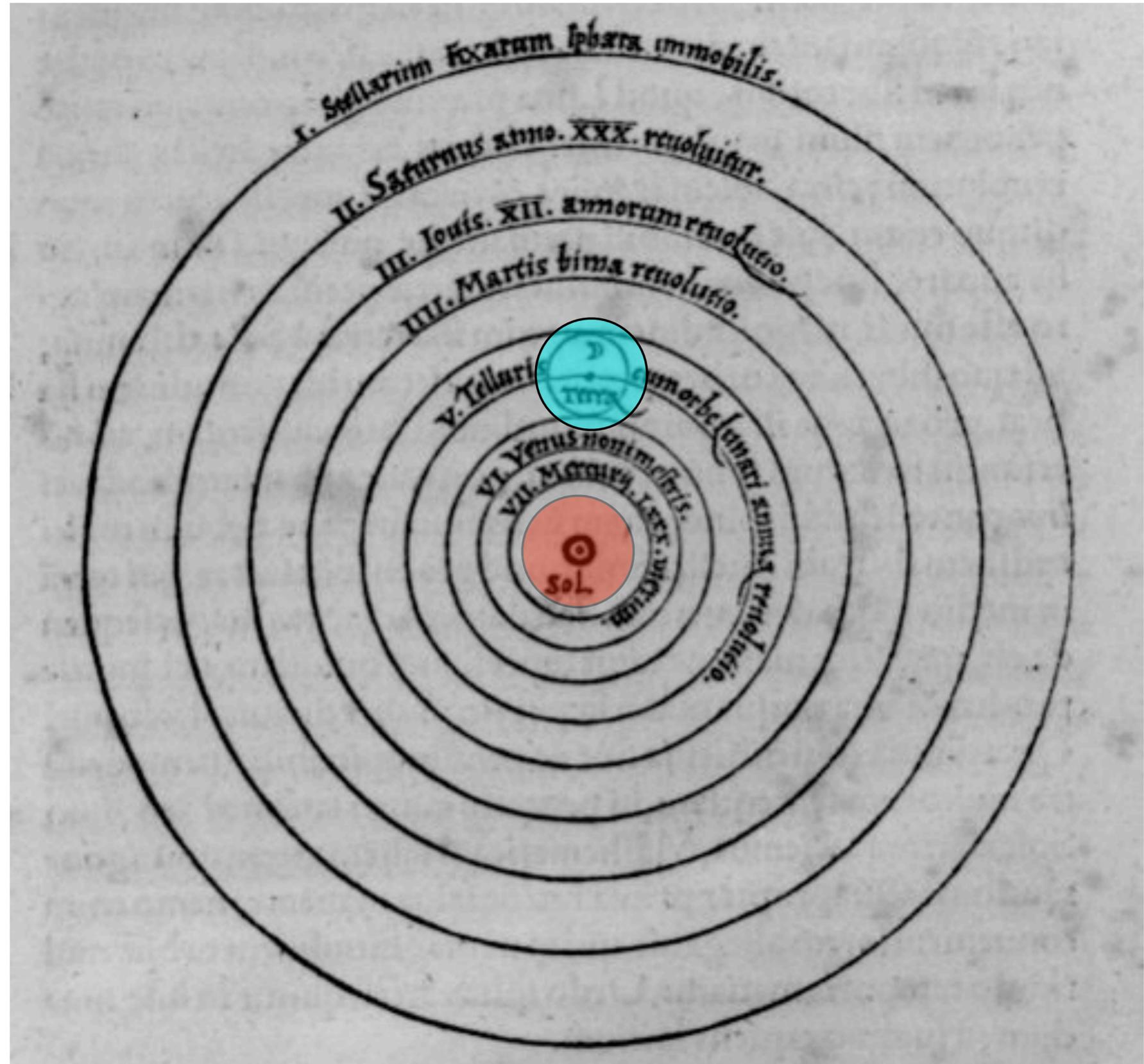


Copérnico

Sistema heliocéntrico de Copérnico.

El Sol se encuentra en el centro del universo y los planetas, incluyendo la Tierra, giran a su alrededor. La Luna gira alrededor de la Tierra.

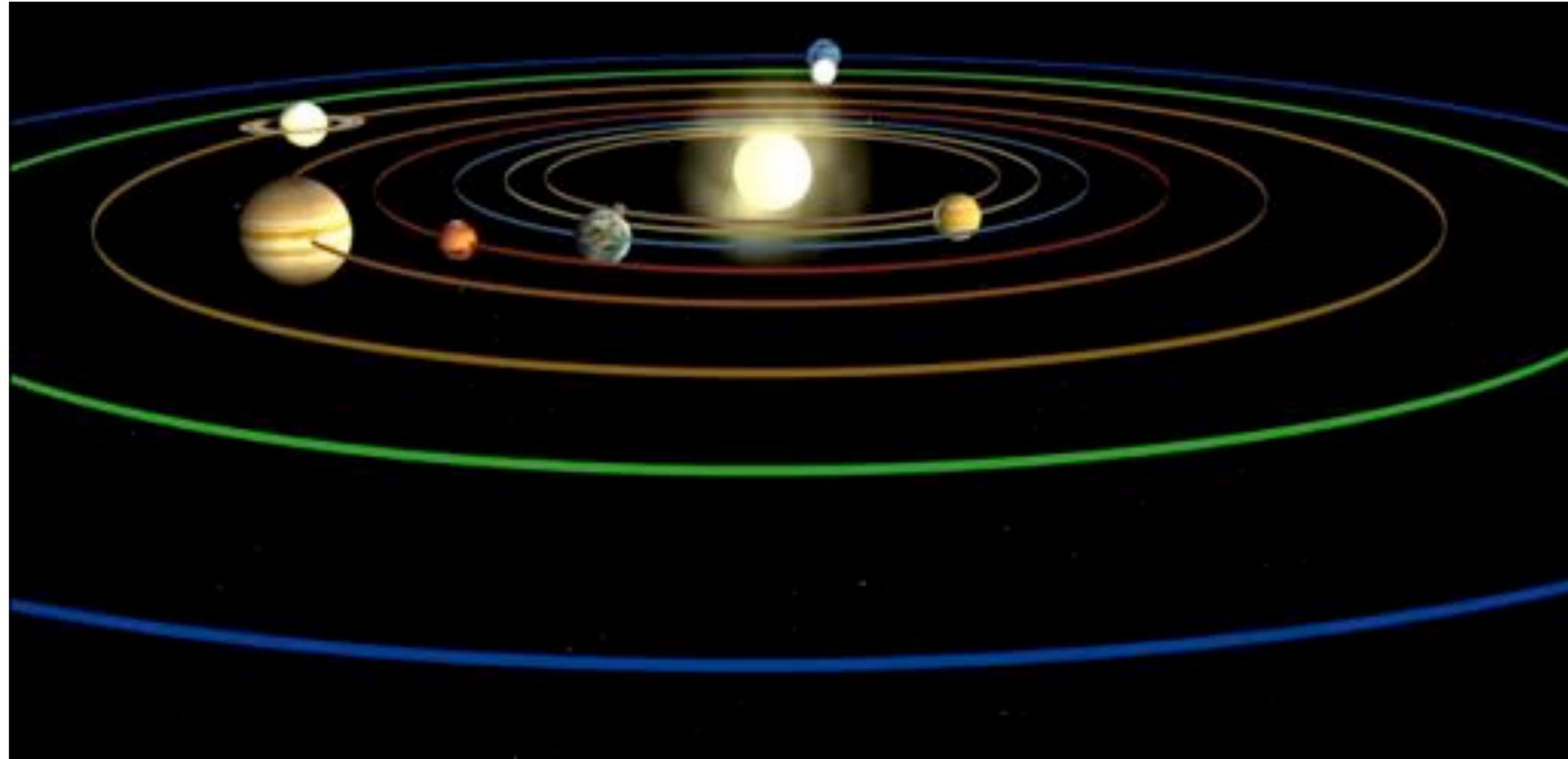
La Tierra gira sobre sí misma.



Copérnico

Sistema Heliocéntrico.

1. Un Sol central , 8 planetas que giran a su alrededor.
2. Todos los planetas giran en el mismo sentido antihorario .
3. Un planeta más interno gira más deprisa que un planeta más externo.



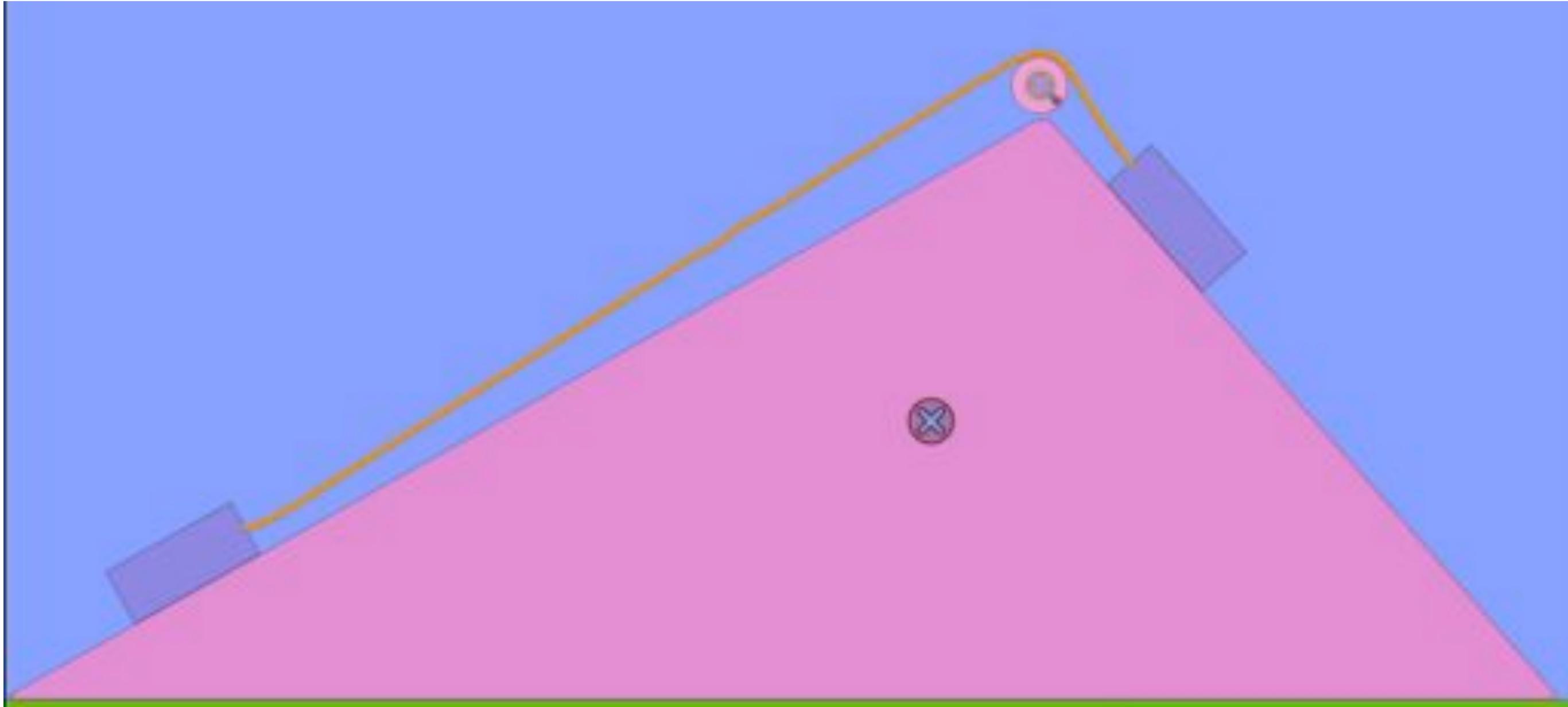
Simon Stevinus



(Llamado Simon de Brujas; Brujas, 1548-La Haya, 1620) Matemático flamenco. Destacó por sus estudios sobre fracciones decimales, tradujo a Diofanto y se mostró partidario de introducir el sistema decimal en los sistemas de pesos y medidas.

Escribió *Aritmética de Simon Stevin de Brujas* (1585). También escribió diversas obras de mecánica, en las que trató del equilibrio de los cuerpos y del problema de la composición de fuerzas.

Stevinus

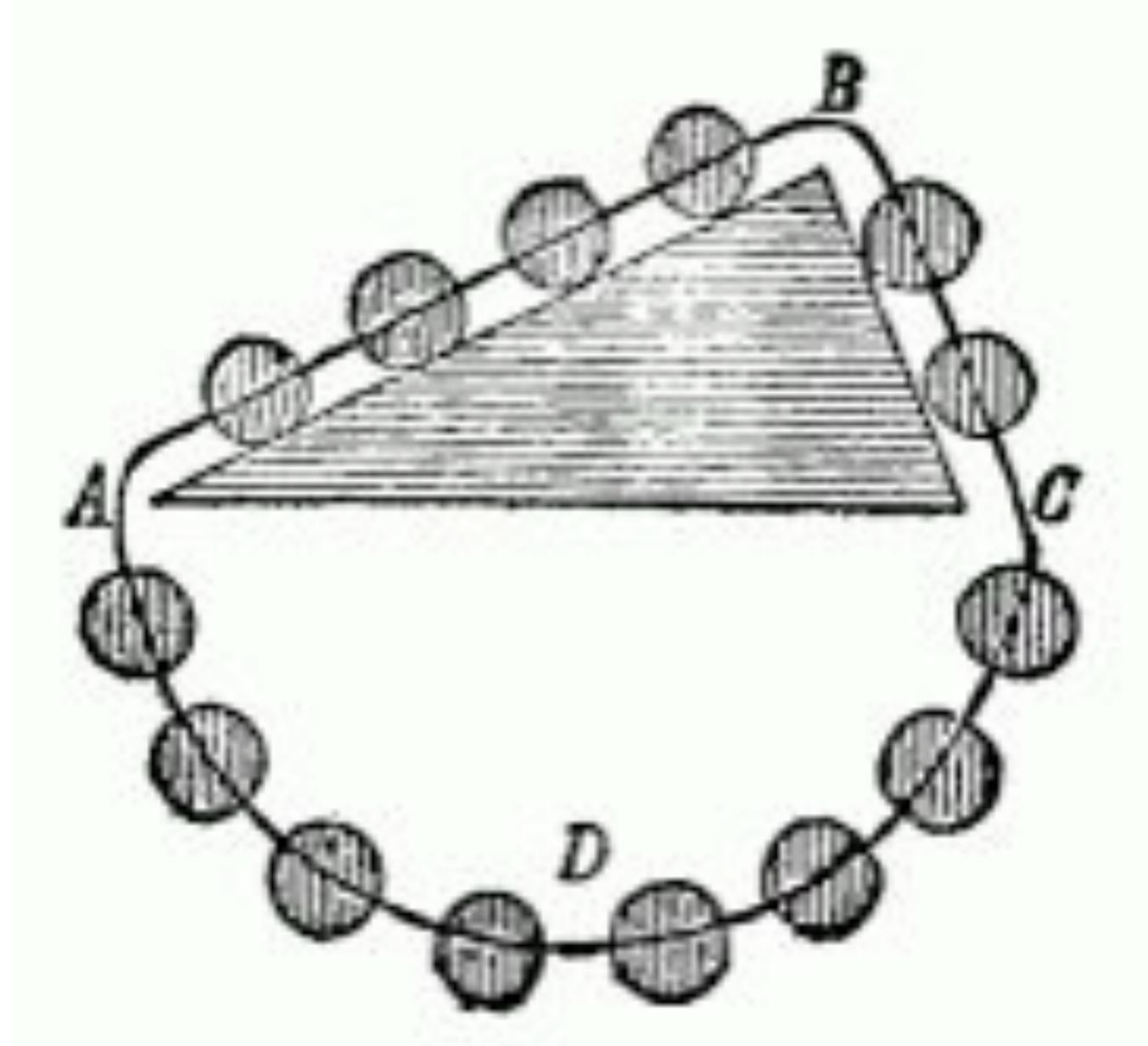


Equilibrio de cuerpos

Stevinus

La cuerda de cuentas, aunque parezca descompensada, no puede girar indefinidamente (no puede comportarse como un **móvil perpetuo**).

Stevinus concluye que debe alcanzarse un **equilibrio** entre los dos lados de la cuerda, con el número de cuentas en un lado proporcional al seno del ángulo opuesto



Stevinus

Máquina de movimiento perpetuo.

Las bolas de la derecha realizarían mayor palanca sobre la rueda que las bolas de la izquierda, por lo que la rueda giraría indefinidamente.

Aunque esto no es cierto, en ausencia de rozamiento, una vez puesta en movimiento, la máquina podría girar indefinidamente (por inercia de rotación).



- Móvil perpetuo. Primera especie

Móvil perpetuo de primera especie.

Aunque, en ausencia de todo rozamiento, podría existir un cuerpo que se moviera indefinidamente, no puede existir un sistema del que se pueda extraer trabajo indefinidamente (lo que constituiría un **móvil perpetuo de primera especie**).



- Móvil perpetuo. Primera especie

Móvil perpetuo de primera especie.

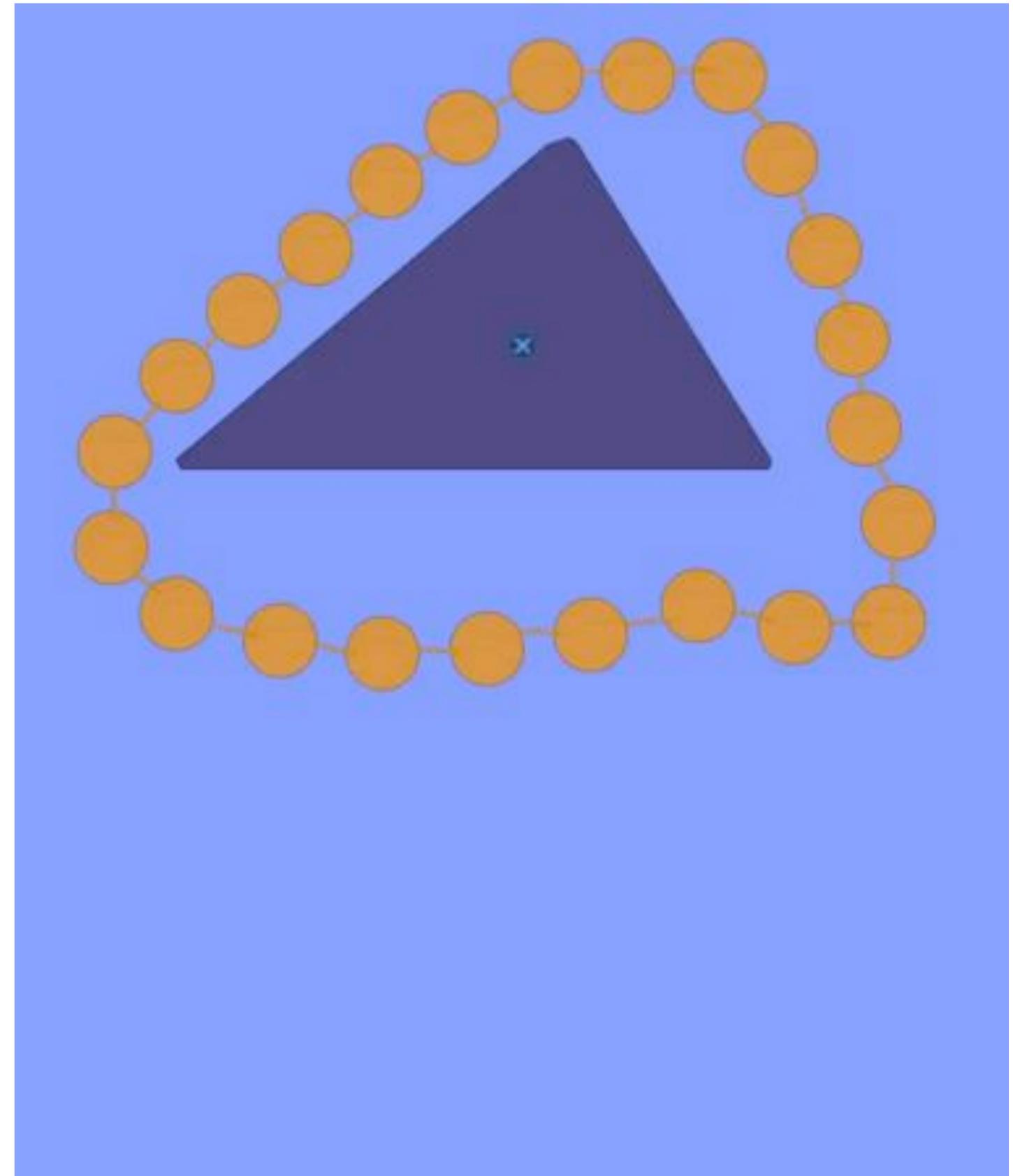
Aunque, en ausencia de todo rozamiento, podría existir un cuerpo que girara indefinidamente, no puede existir un sistema del que se pueda extraer trabajo indefinidamente (lo que constituiría un móvil perpetuo de primera especie).



Stevinus

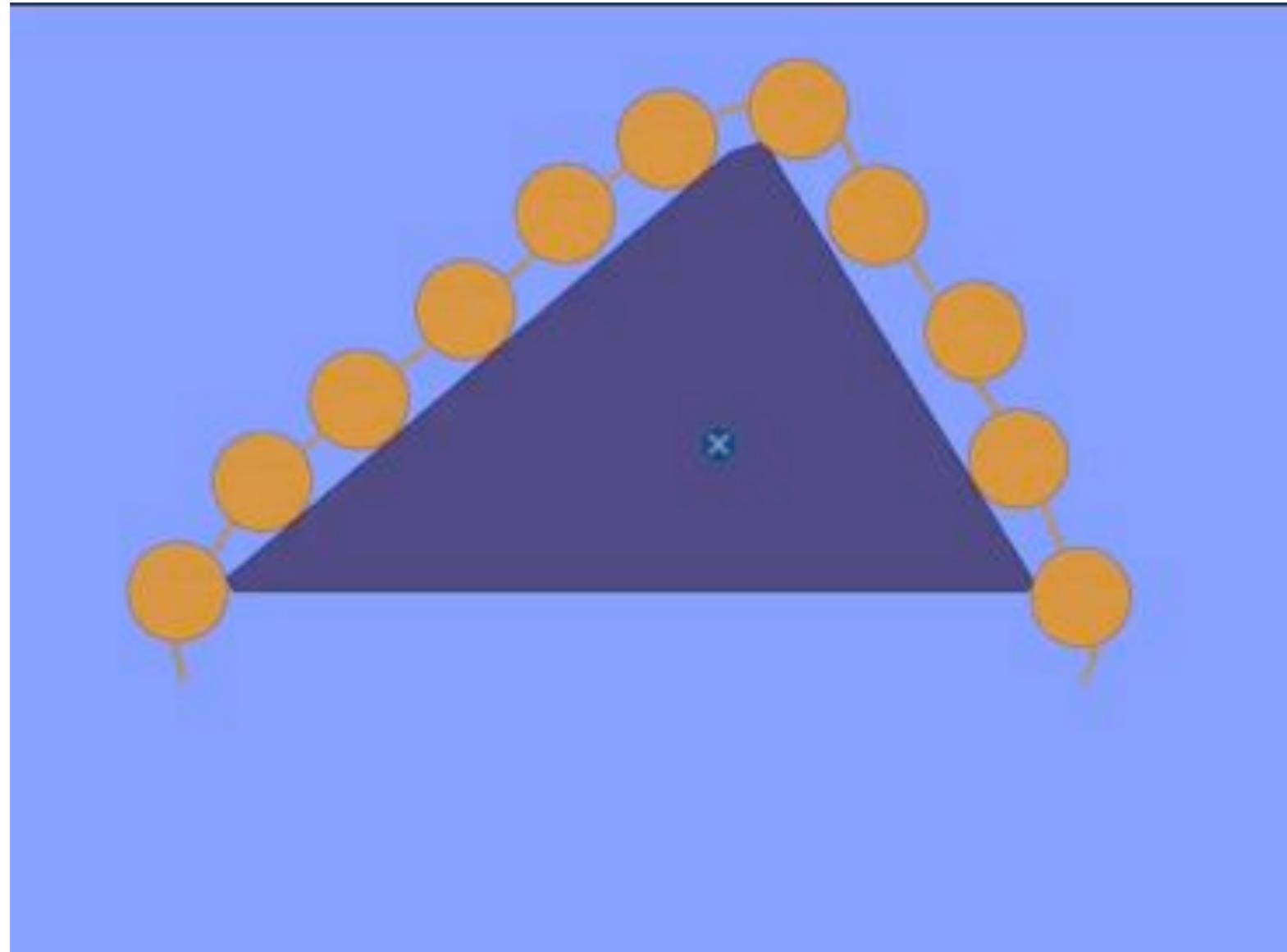
La cuerda de cuentas no puede girar indefinidamente, pues no existe un móvil perpetuo de primera especie.

Las cuentas en equilibrio, sobre cada lado del doble plano inclinado en cada lado son proporcionales al seno del ángulo opuesto.



Stevinus

Si se corta la parte inferior de la cadena, las bolas sobre los lados del doble plano inclinado permanecen en equilibrio.



$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\text{sen } \alpha_2}{\text{sen } \alpha_1}$$

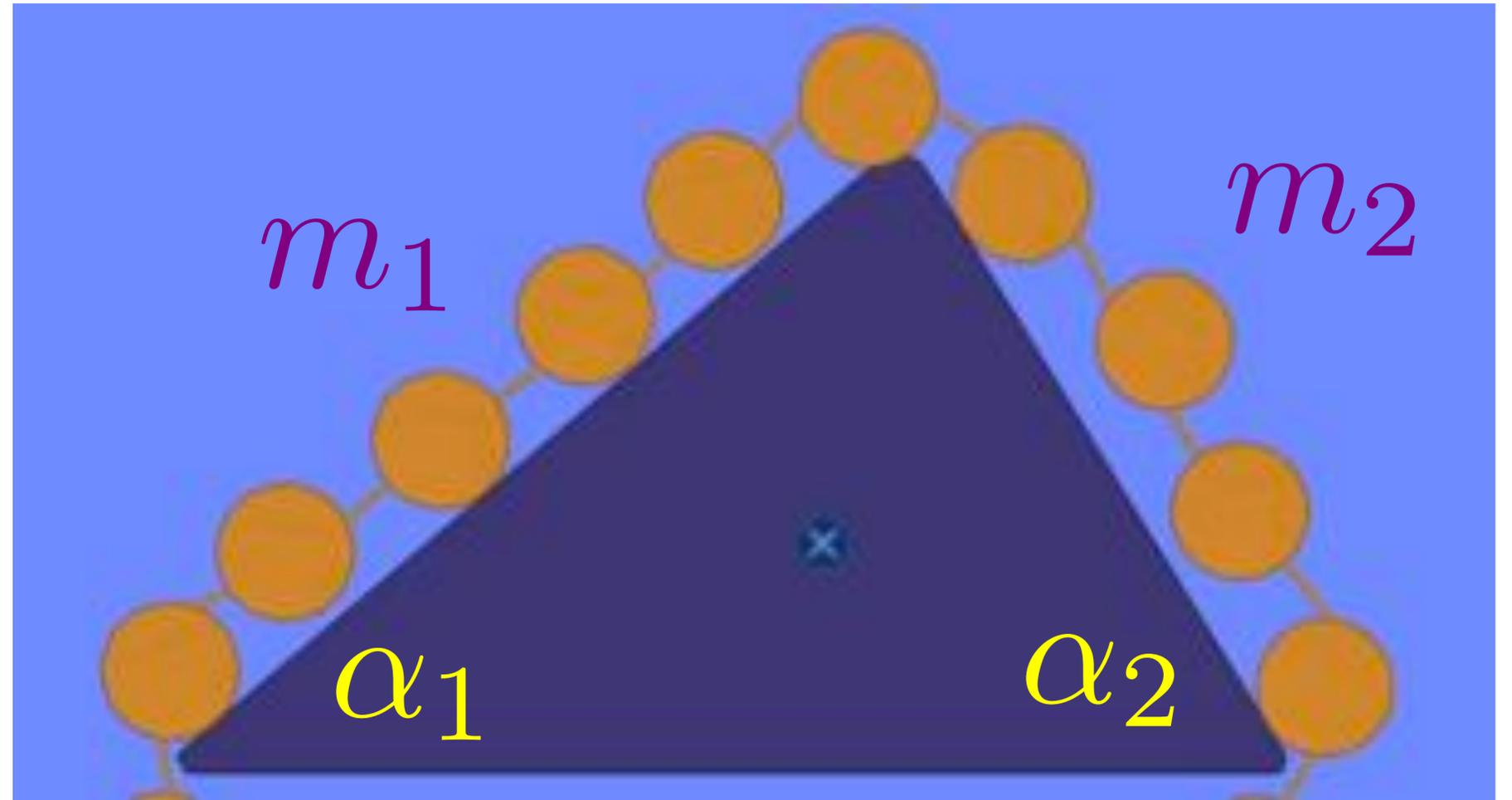
Stevinus

Si se corta la parte inferior de la cadena, las bolas sobre las rampas permanecen en equilibrio

En el equilibrio se tiene

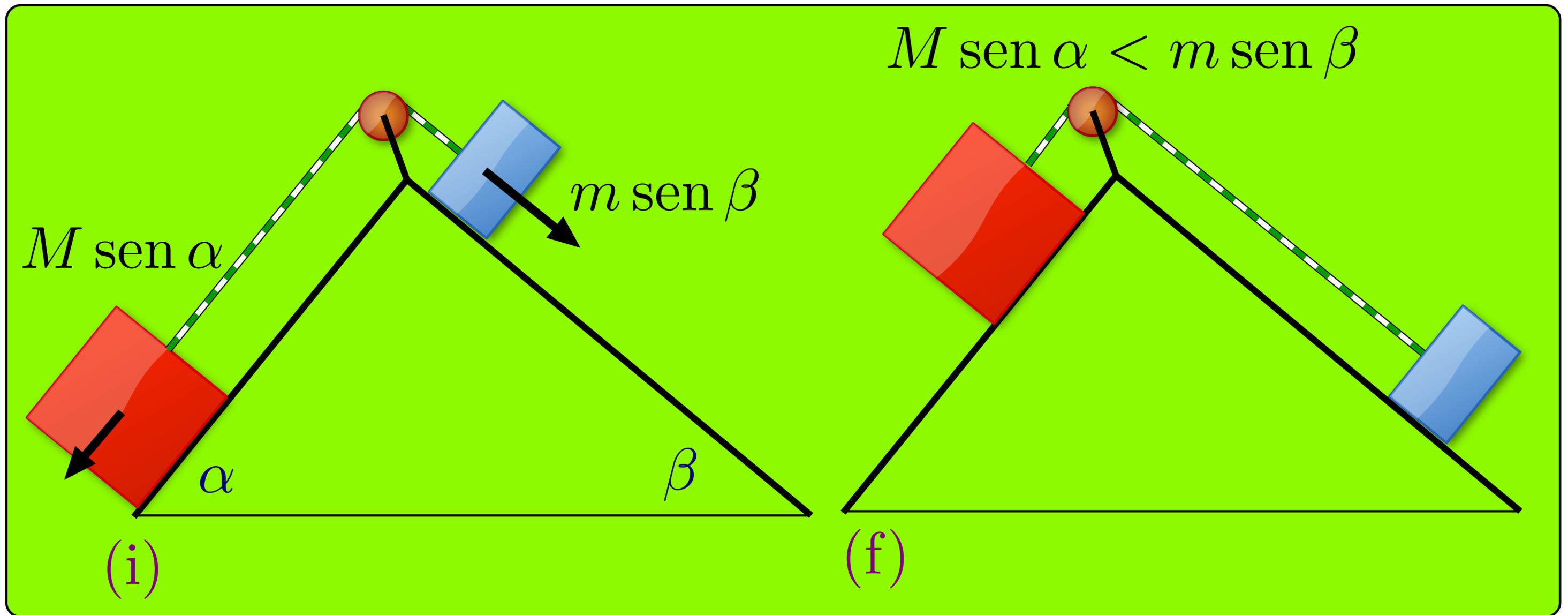
$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\text{sen } \alpha_2}{\text{sen } \alpha_1}$$

$$m_1 \text{sen } \alpha_1 = m_2 \text{sen } \alpha_2$$



$$6 \text{ sen } \alpha_1 = 4 \text{ sen } \alpha_2$$

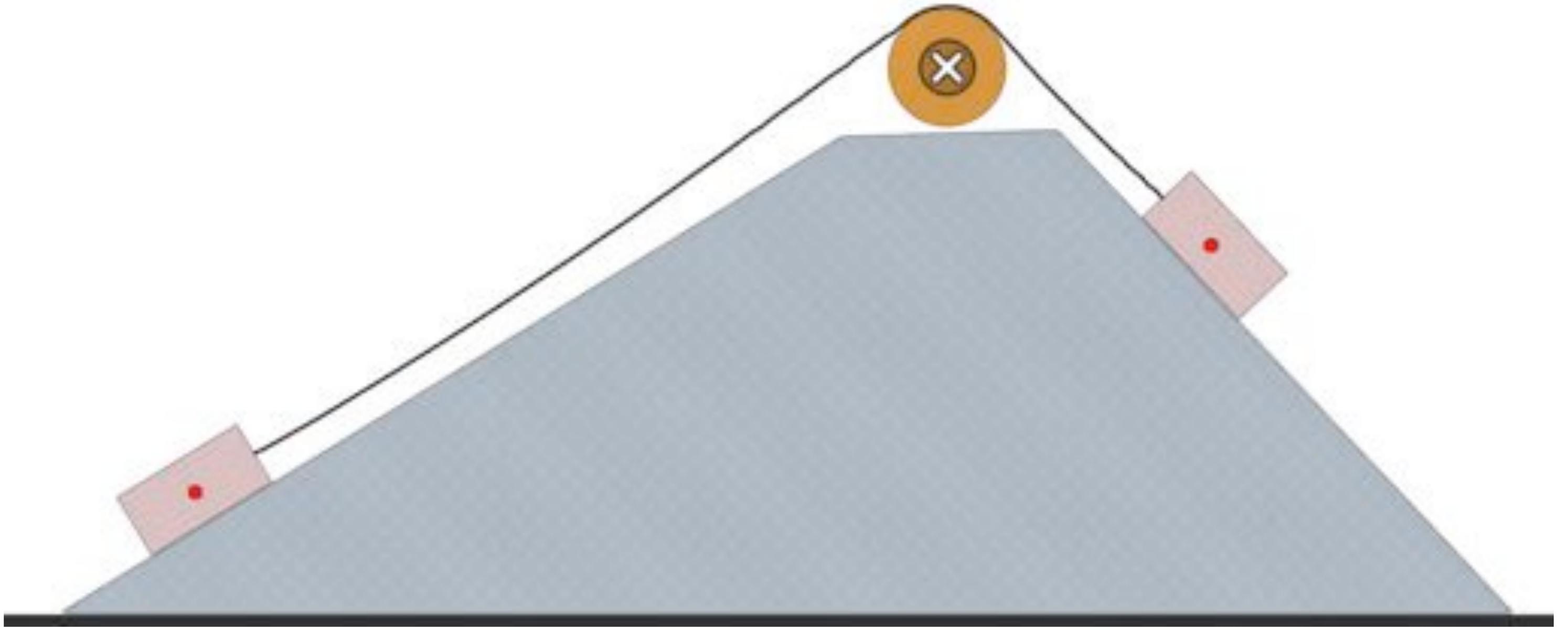
Stevinus



$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\text{sen } \alpha_2}{\text{sen } \alpha_1}$$

Esta relación sigue utilizándose hoy en día por todos los estudiantes de física.

Stevinus



Esta relación sigue utilizándose hoy en día por todos los estudiantes de física.

Tycho Brahe



(Knudstrup, Dinamarca, 1546 - Benatky, actual Chequia, 1601) Astrónomo danés. Hijo mayor de un miembro de la nobleza danesa, cuando contaba tan sólo un año fue literalmente secuestrado por su tío, quien no tenía descendencia y se ocupó de su educación con el consentimiento del padre de Brahe. Orientado por su familia a la carrera política, en 1559 fue enviado a Copenhague para estudiar filosofía y retórica, tras lo cual cursó estudios de derecho en Leipzig (1562-1565).

Sin embargo, en 1560, año en que presencié un eclipse de sol, decidió dedicarse a la astronomía, disciplina que durante una primera época estudió por su cuenta.

Brahe

Sistema planetario de Tycho Brahe.

La Tierra se encuentra en el centro del universo.

La Luna gira alrededor de la Tierra en una órbita próxima.

El Sol gira alrededor de la Tierra en una órbita alejada.

El resto de los planetas giran alrededor del Sol.

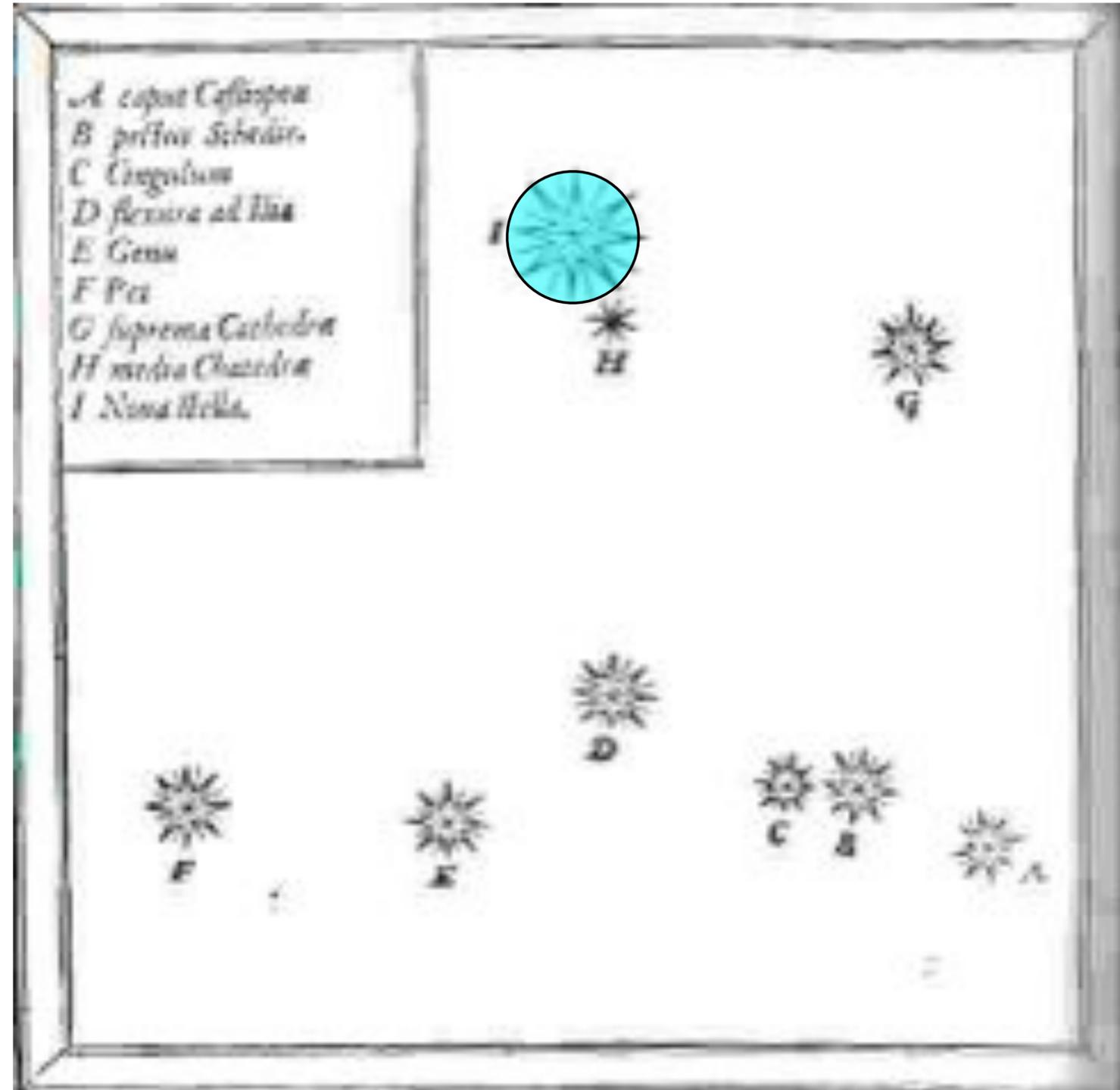


Brahe

Stella nova.

Primera observación bien documentada de (lo que hoy se denomina) una supernova.

Otra prueba de que las esferas celestes no eran cuerpos puros.



Johannes Kepler



(Würtemberg, actual Alemania, 1571-Ratisbona, id., 1630)
Astrónomo, matemático y físico alemán. Hijo de un mercenario -que sirvió por dinero en las huestes del duque de Alba y desapareció en el exilio en 1589- y de una madre sospechosa de practicar la brujería, Johannes Kepler superó las secuelas de una infancia desgraciada y sórdida merced a su tenacidad e inteligencia.

Pero el trabajo más importante de Kepler fue la revisión de los esquemas cosmológicos conocidos a partir de la gran cantidad de observaciones acumuladas por Brahe (en especial, las relativas a Marte), labor que desembocó en la publicación, en 1609, de la *Astronomia nova* (Nueva astronomía), la obra que contenía las dos primeras leyes llamadas de Kepler, relativas a la elipticidad de las órbitas y a la igualdad de las áreas barridas, en tiempos iguales, por los radios vectores que unen los planetas con el Sol.

Kepler

Libro sobre
Astronomía.

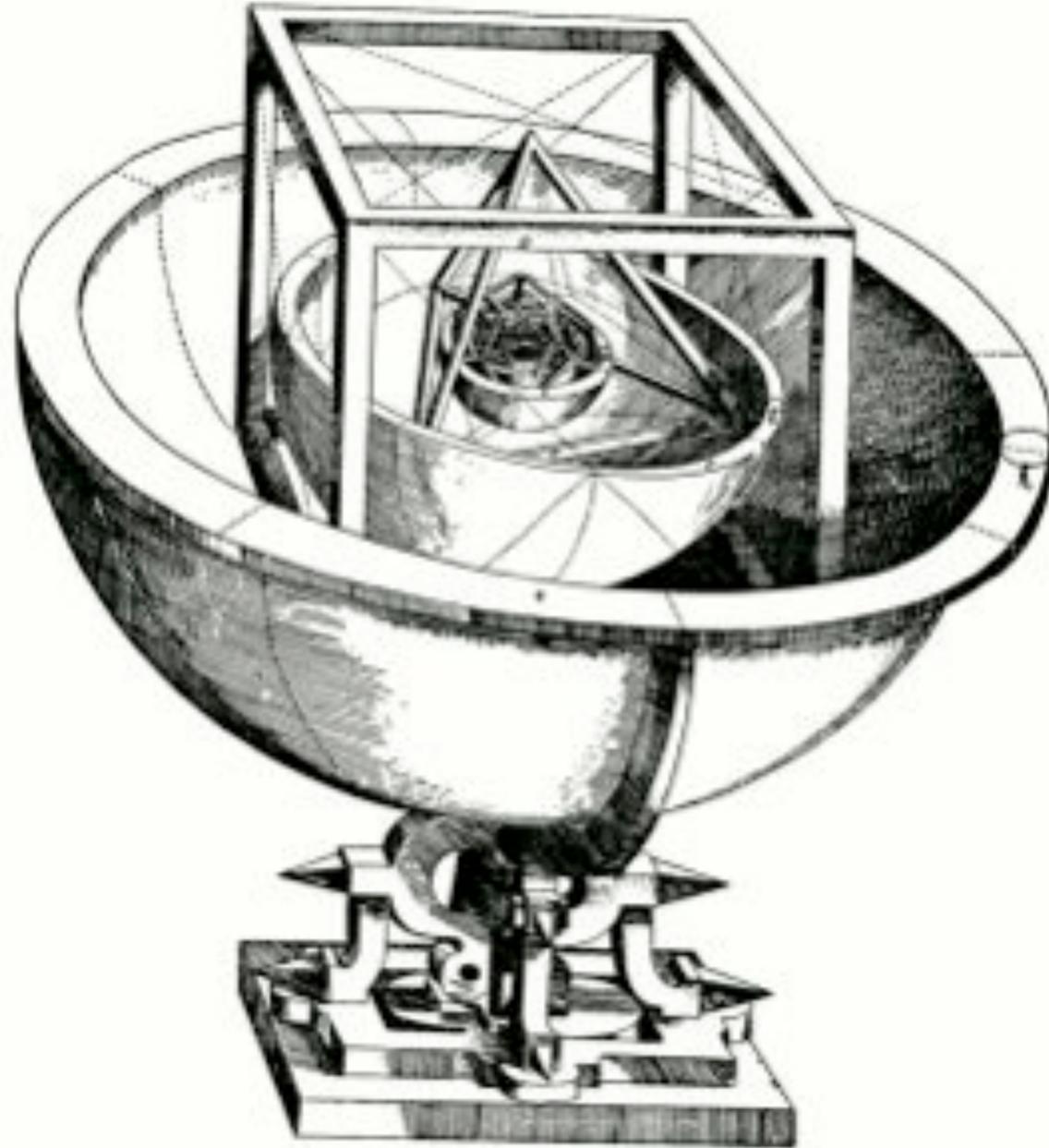
Kepler introdujo los actuales esquemas de trazado de rayos para obtener la imagen de un objeto por medio de una lente delgada.



Kepler

Sistema planetario de Kepler.

Las órbitas de los planetas se encuentran a distancias tales que se pueden encajar en ellas los diferentes sólidos pitagóricos.

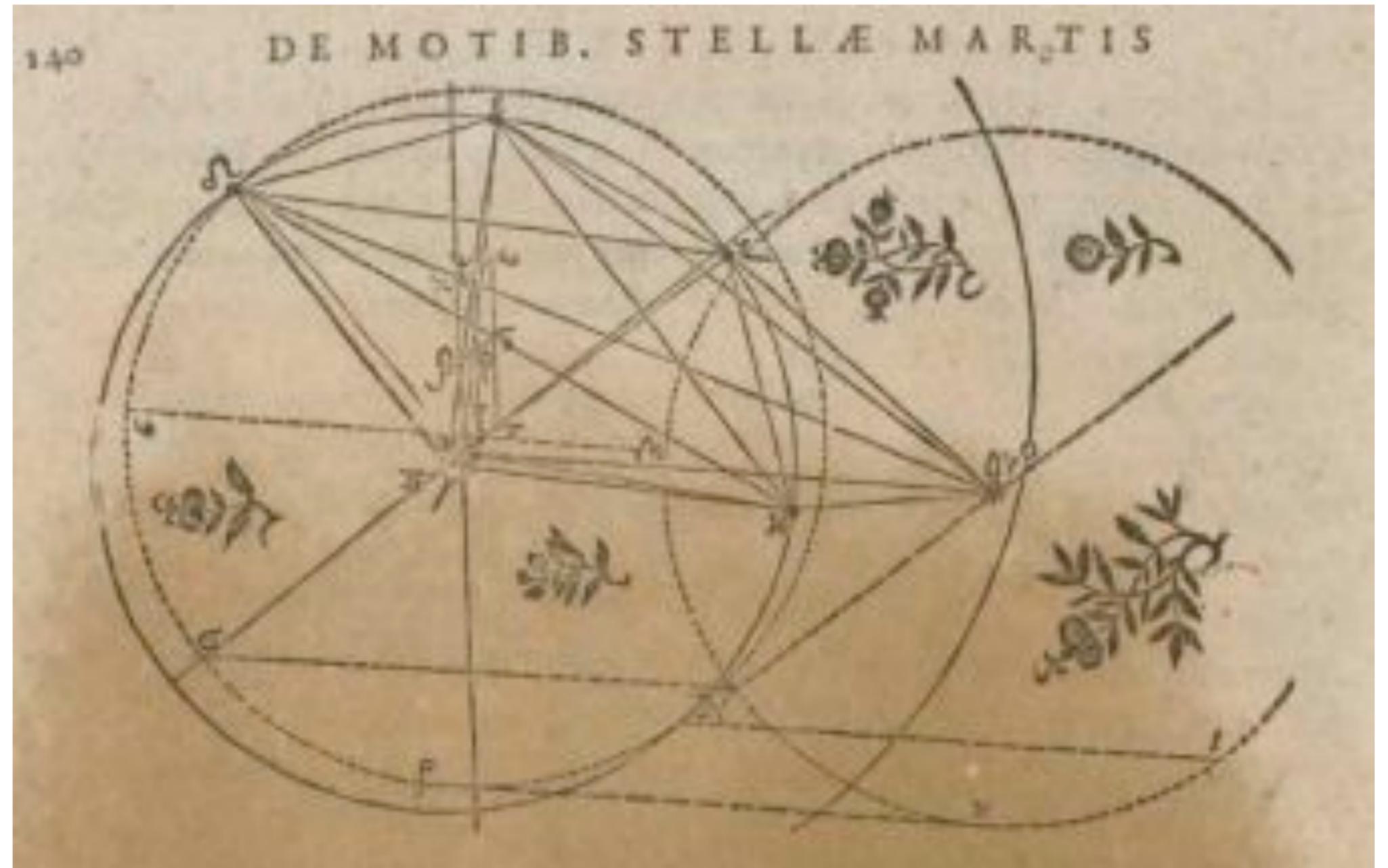


Armonía de la esferas

Primera Ley de Kepler

Primera ley de Kepler

La órbita de Marte en su movimiento alrededor del Sol es una elipse (no es una circunferencia), con el Sol en uno de sus focos



Primera Ley de Kepler



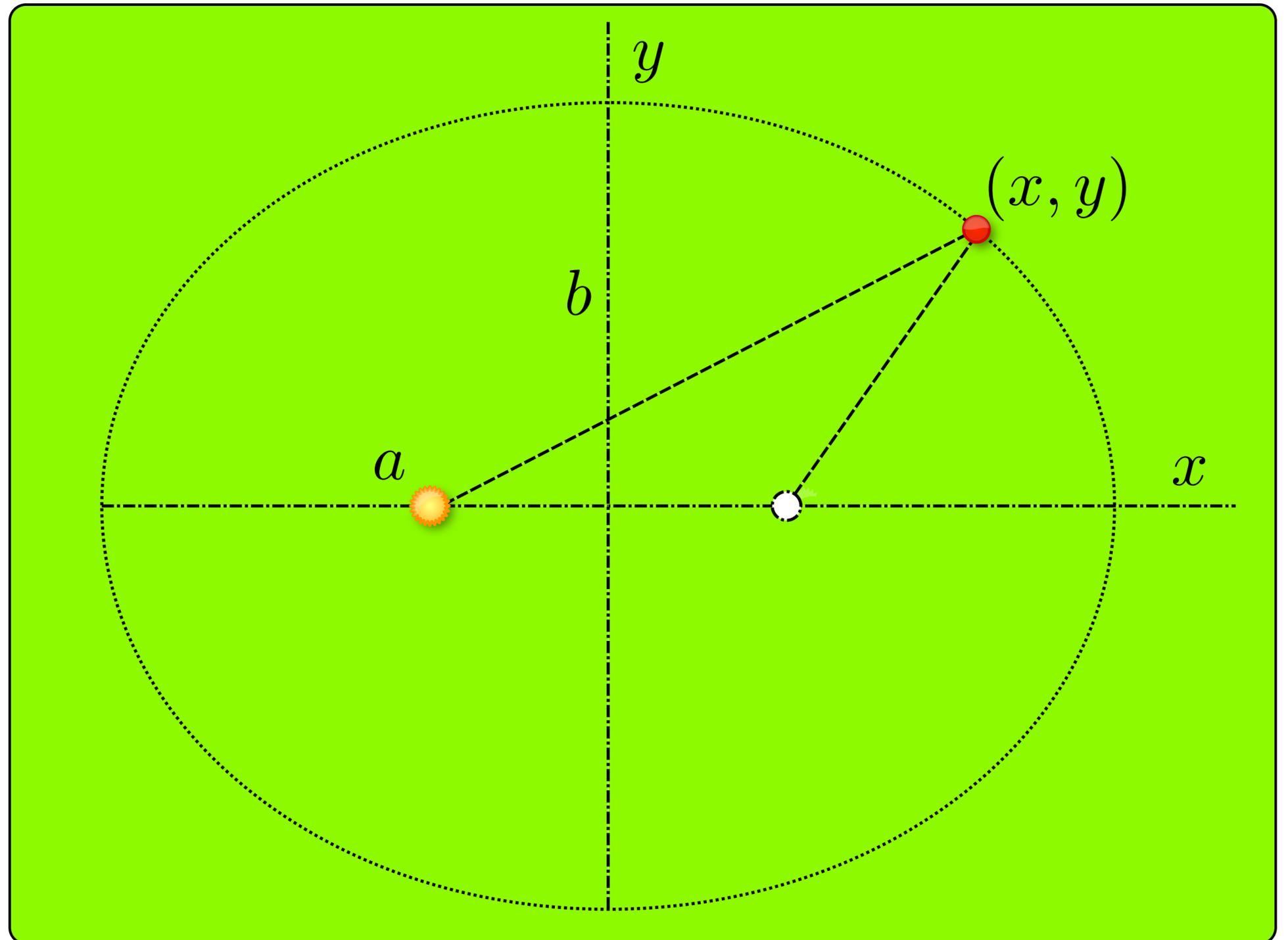
La órbita de Marte en su movimiento alrededor del Sol es una elipse (**no es una circunferencia**), con el Sol en uno de sus focos

Primera Ley de Kepler

La órbita de Marte es una elipse (poco excéntrica, es decir, que se distingue poco de una circunferencia), con el Sol en uno de sus focos

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

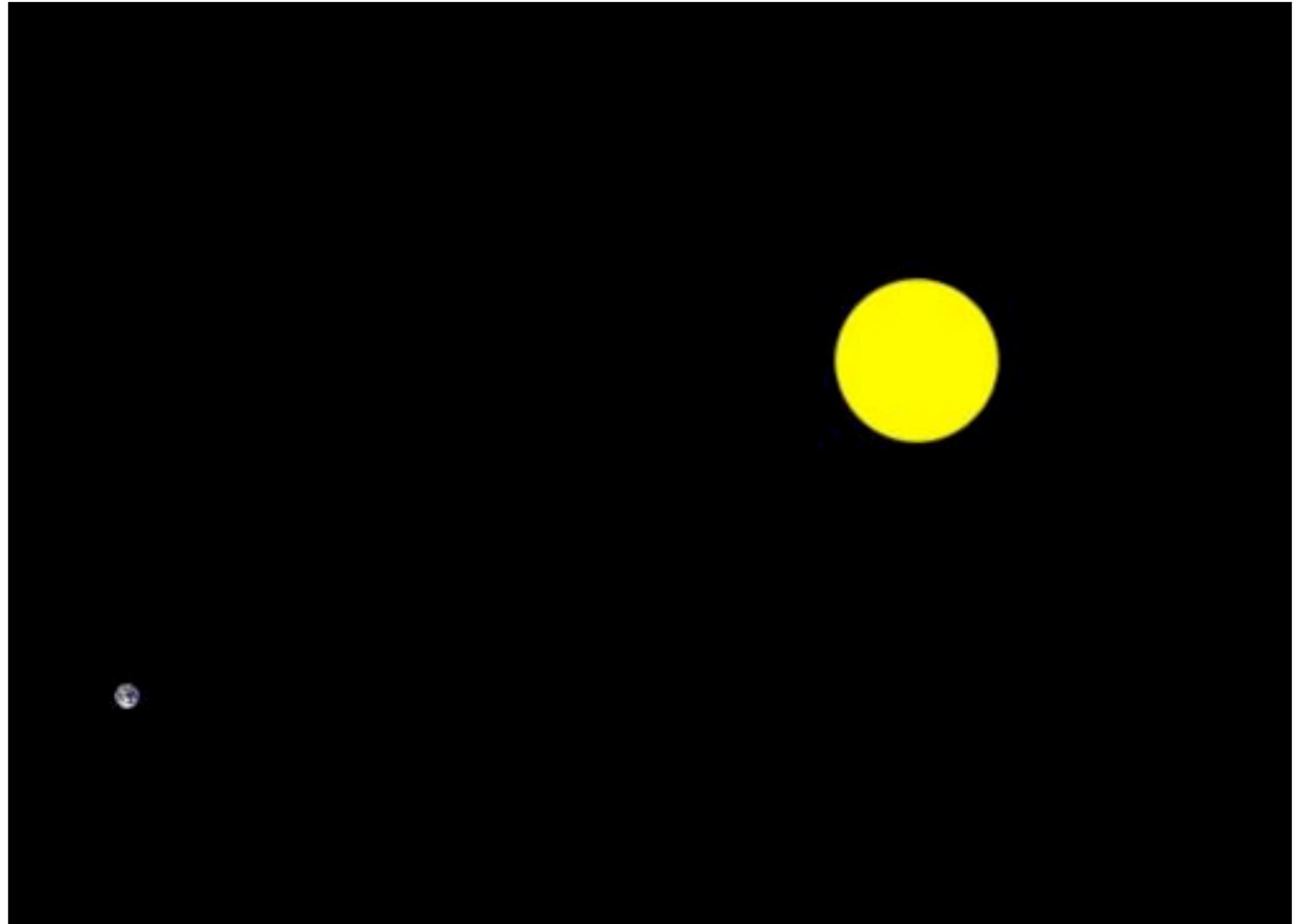
$$x^2 + y^2 = r^2$$



Primera Ley de Kepler

La órbita de Marte es una elipse (poco excéntrica, es decir, que se distingue poco de una circunferencia), con el Sol en uno de sus focos

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

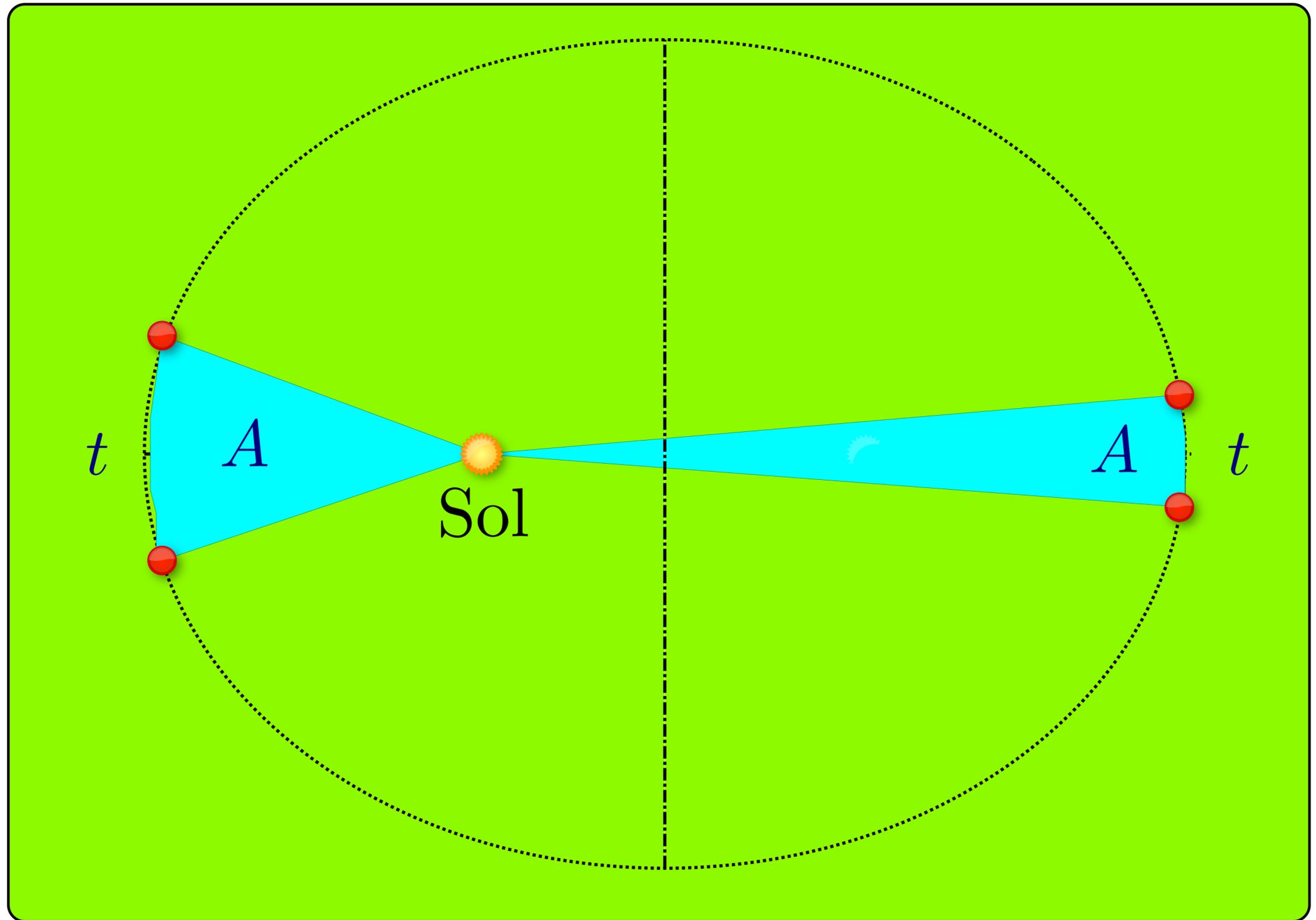


Simulación Universidad de Colorado

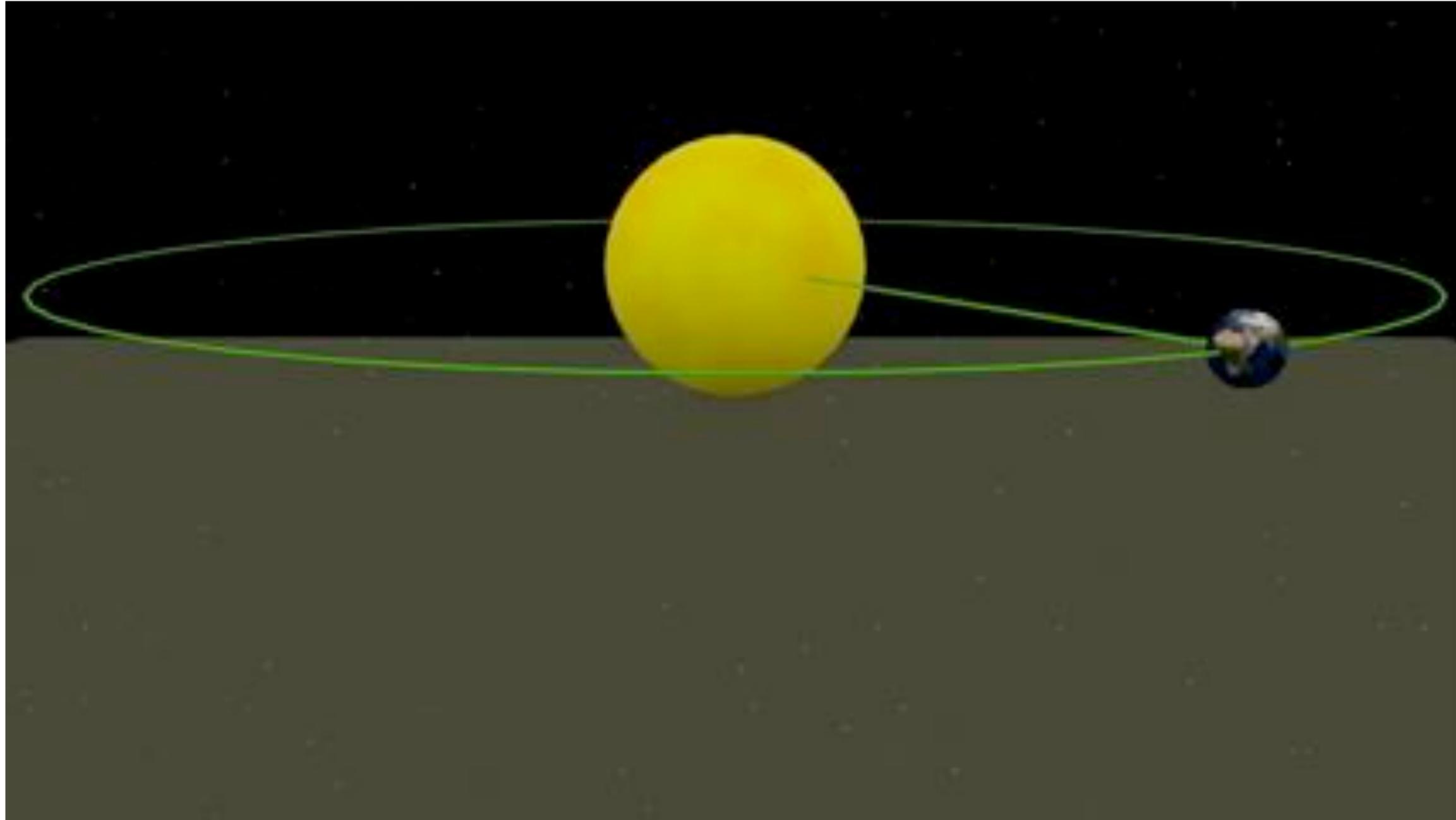
Segunda Ley de Kepler

Segunda ley de Kepler.

En su movimiento alrededor del Sol de un planeta, el mismo no se mueve siempre con la misma velocidad y reas iguales son barridas en tiempos iguales.



Segunda Ley de Kepler



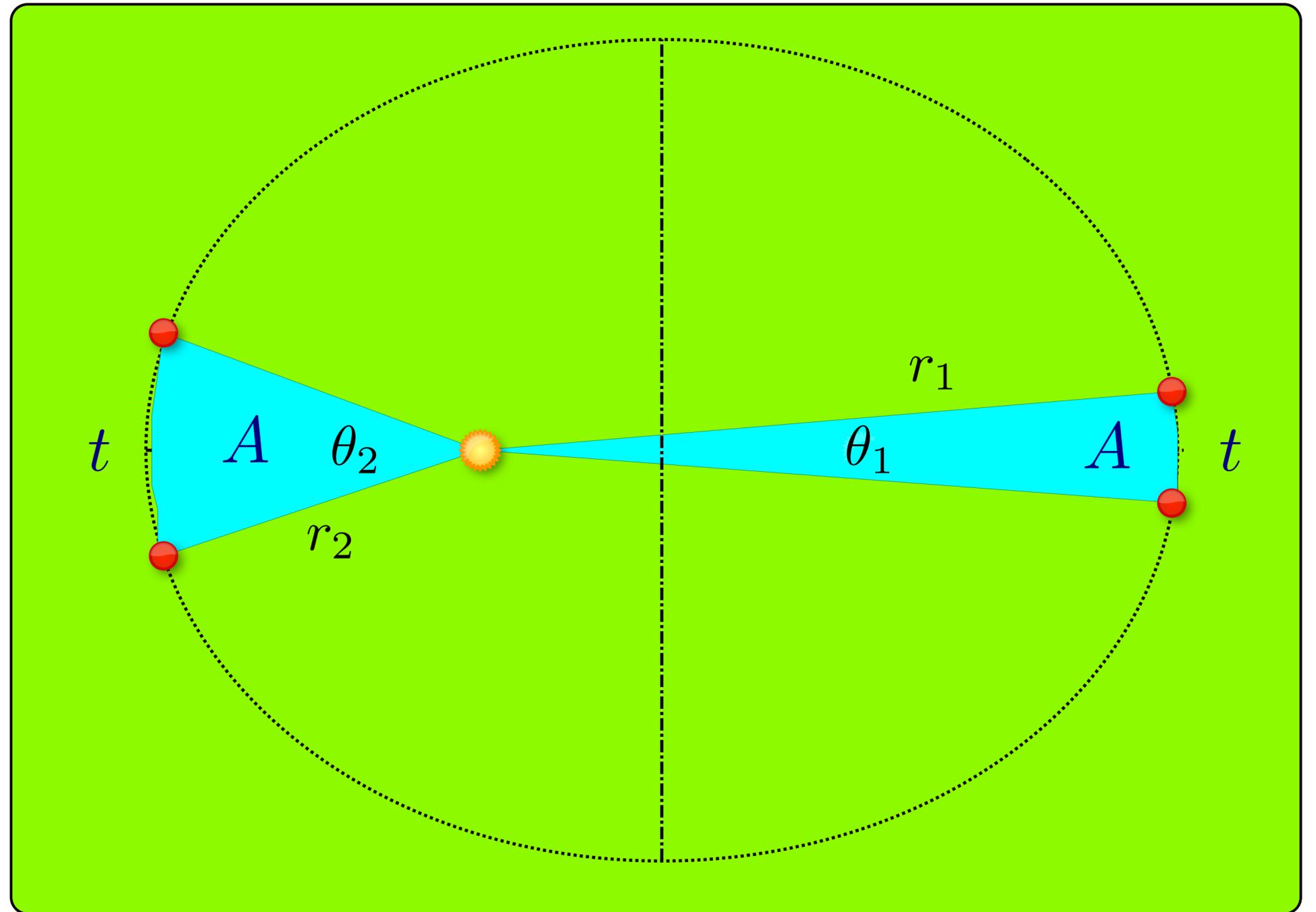
En su movimiento alrededor del Sol de un planeta, el mismo no se mueve siempre con la misma velocidad y reas iguales son barridas en tiempos iguales.

Segunda Ley de Kepler

$$dA = \frac{1}{2} r d\theta$$

$$\frac{dA}{dt} = \text{constante}$$

$$\frac{d(r\theta)}{dt} = \text{constante}$$



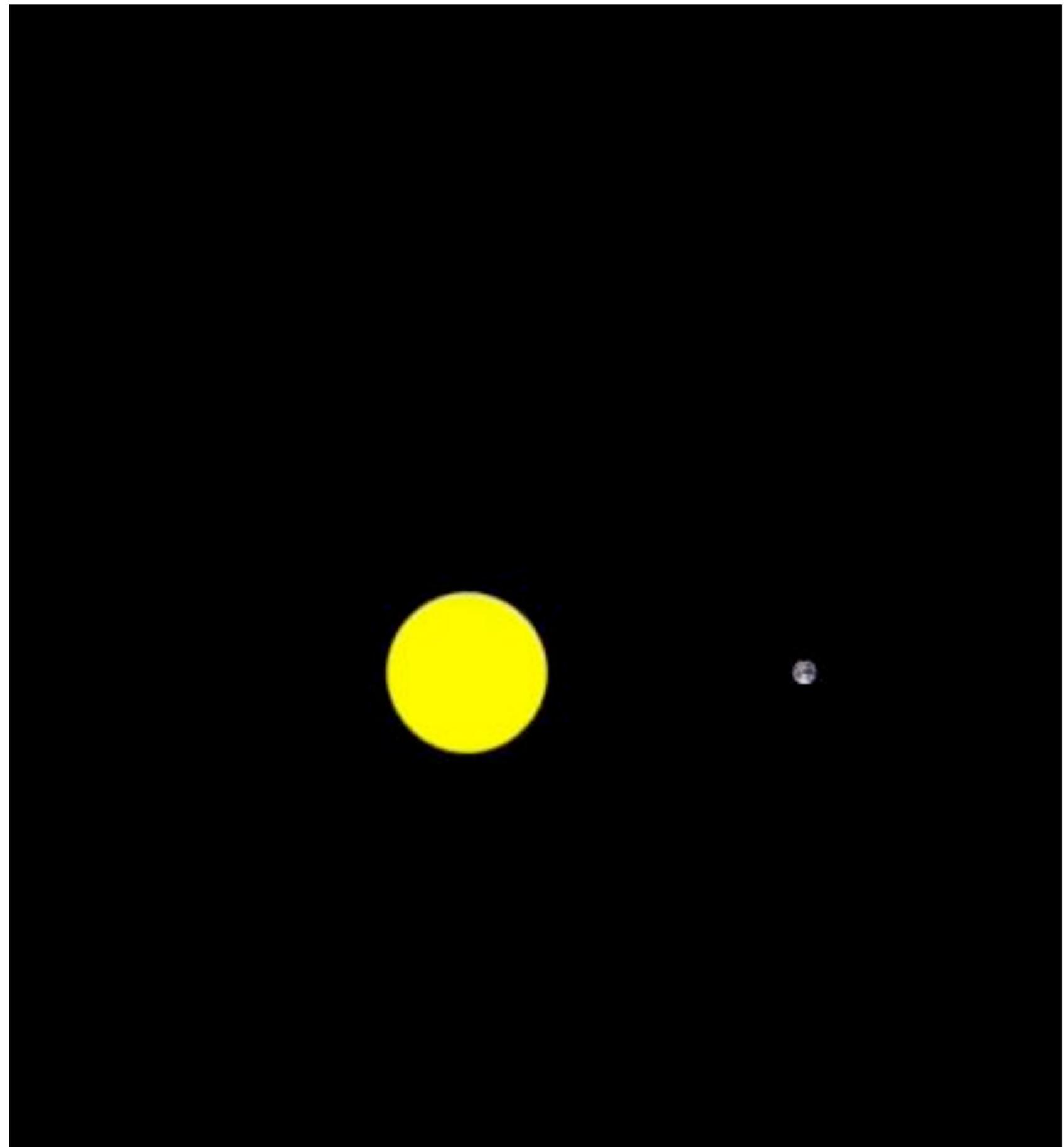
A mayor distancia al Sol, menor velocidad

Segunda Ley de Kepler

Ley de la áreas.

A mayor distancia al Sol, menor fuerza de atracción gravitatoria y menor velocidad.

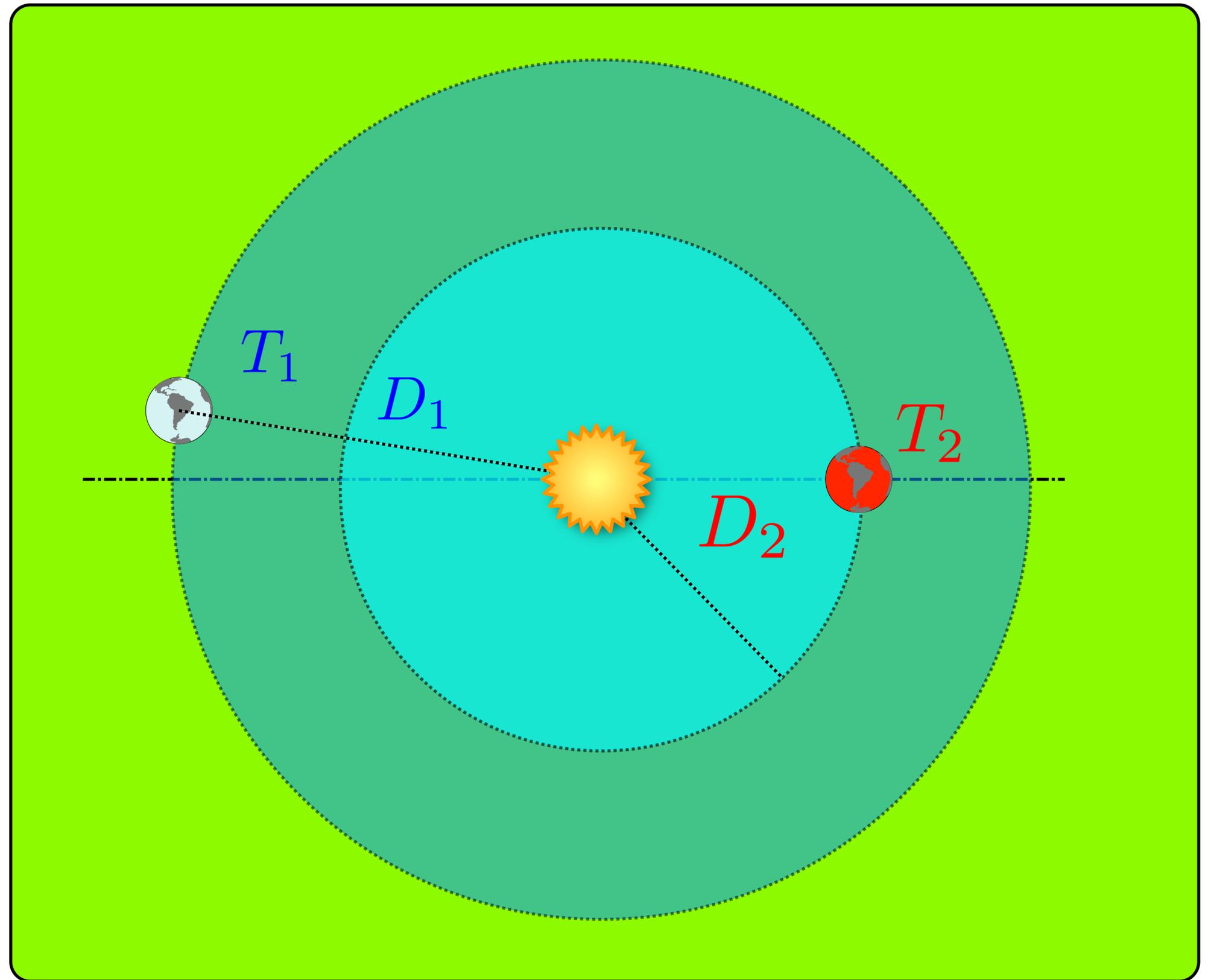
Áreas iguales son barridas en tiempos iguales.



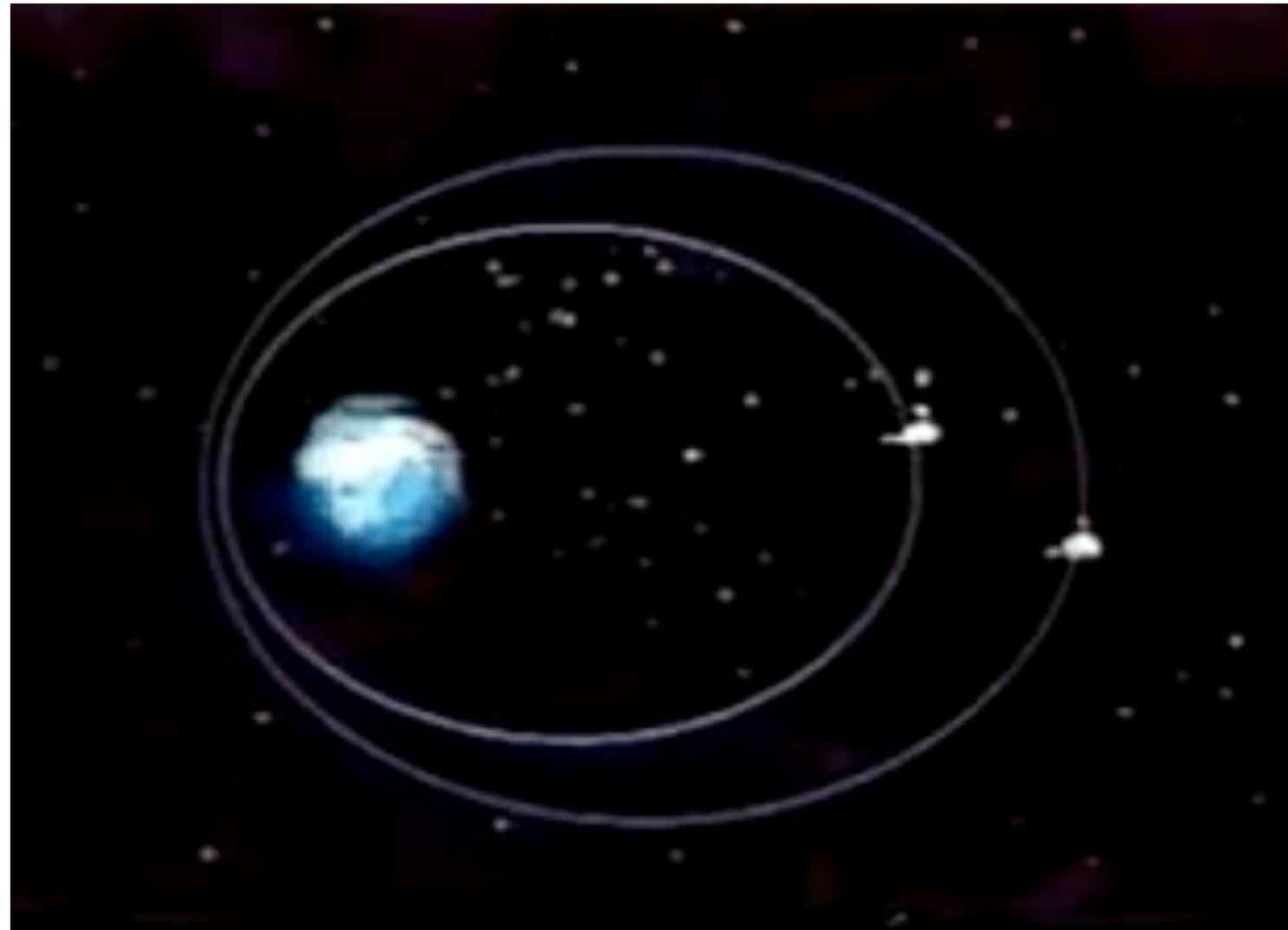
Tercera Ley de Kepler

Tercera ley de Kepler.

Para los planetas que orbitan alrededor del Sol, el cubo de su distancia media dividido por el cuadrado de su periodo es una constante.



Tercera Ley de Kepler



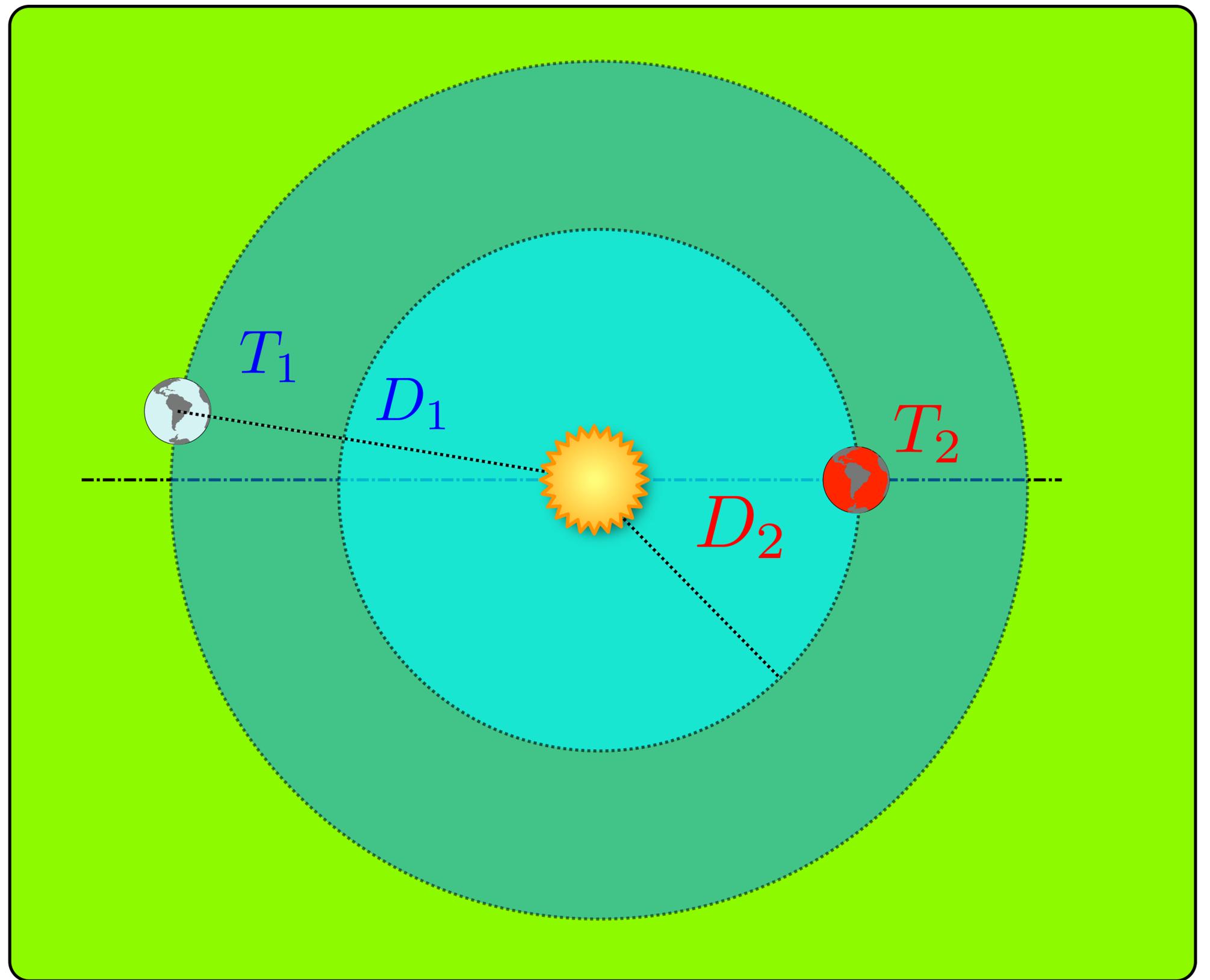
$$\frac{D_1^3}{T_1^2} = \frac{D_2^3}{T_2^2} = \frac{GM_P}{4\pi^2}$$

Para los satélites que orbitan alrededor de un planeta, el cubo de su distancia media dividido por el cuadrado de su periodo es una constante, que depende de la masa del planeta.

Tercera Ley de Kepler

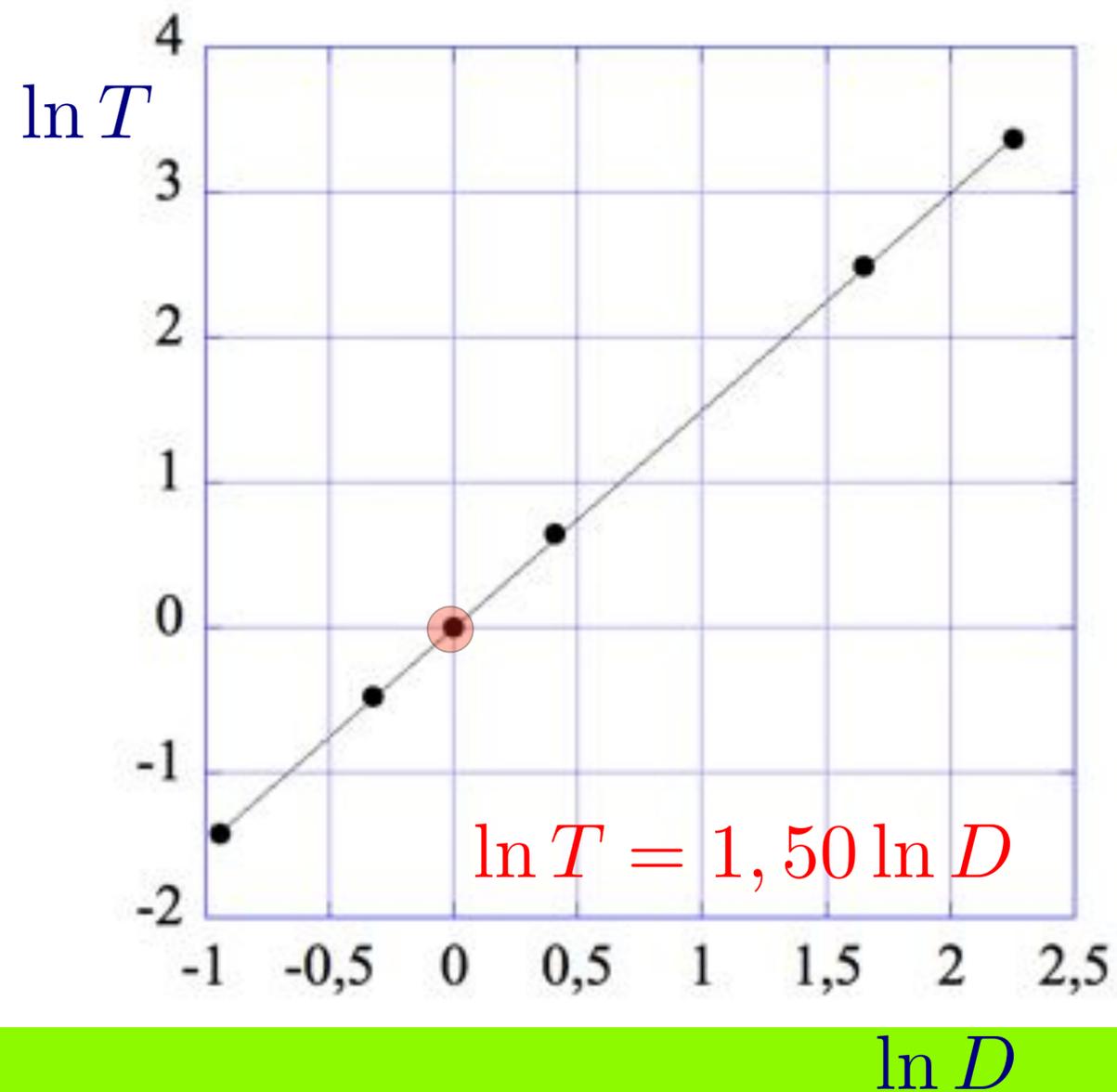
$$\frac{D_1^3}{T_1^2} = \frac{D_2^3}{T_2^2} = C^{\text{te}}$$

$$\frac{D_1^3}{T_1^2} = \frac{D_2^3}{T_2^2} = \frac{GM_{\text{P}}}{4\pi^2}$$



Tercera Ley de Kepler

T/a	D/UA
0,24	0,39
0,62	0,72
1,00	1,00
1,90	1,50
12,00	5,20
29,00	9,50



$$\frac{D^{1,5}}{T} = 1,00$$

$$\frac{D^3}{T^2} = 1,00$$