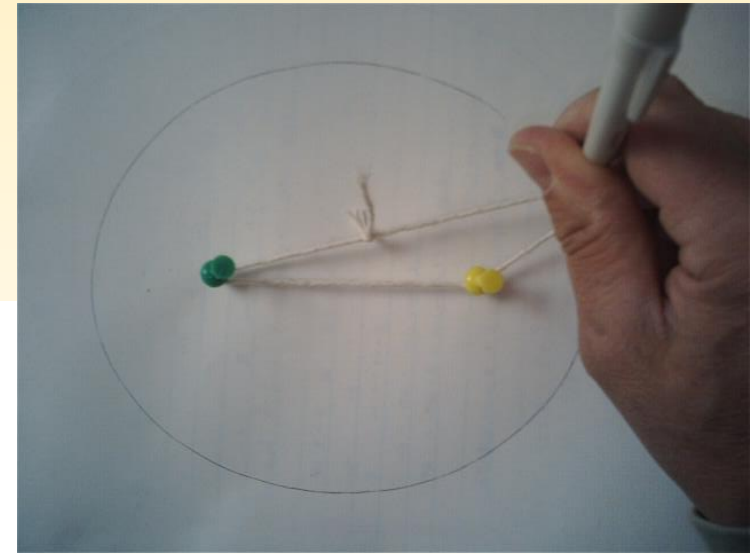
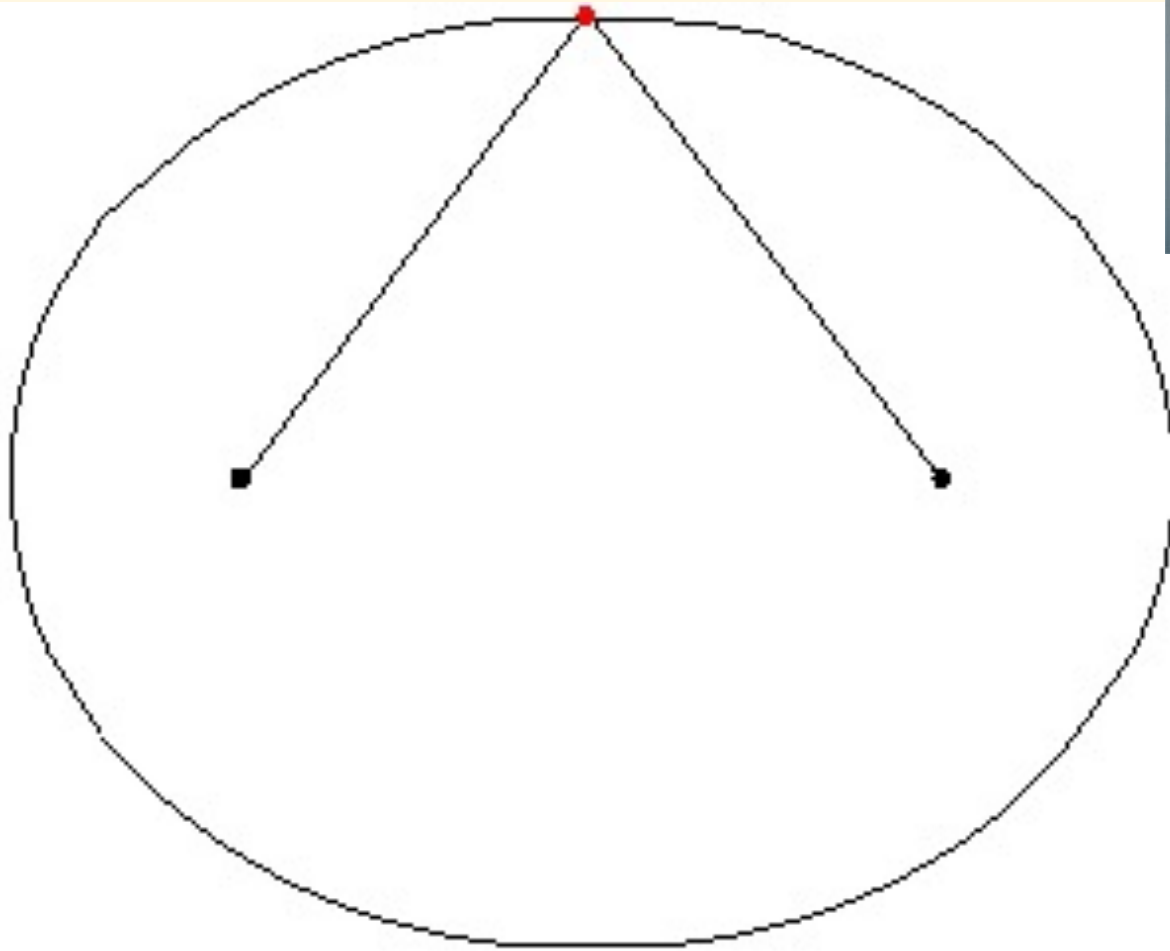


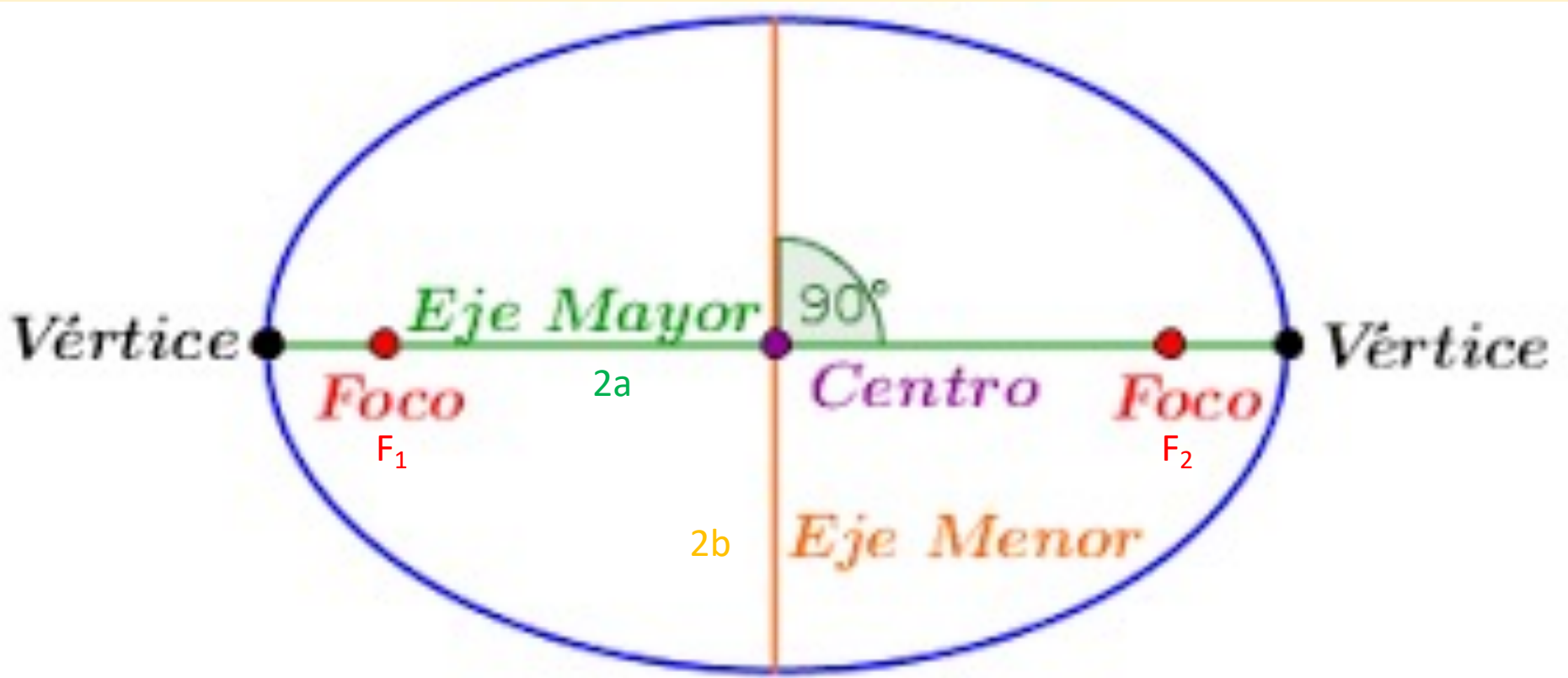
28 - Las 3 Leyes de Kepler



¿Qué es una elipse?



<https://www.youtube.com/watch?v=FW5zsN-QztY>

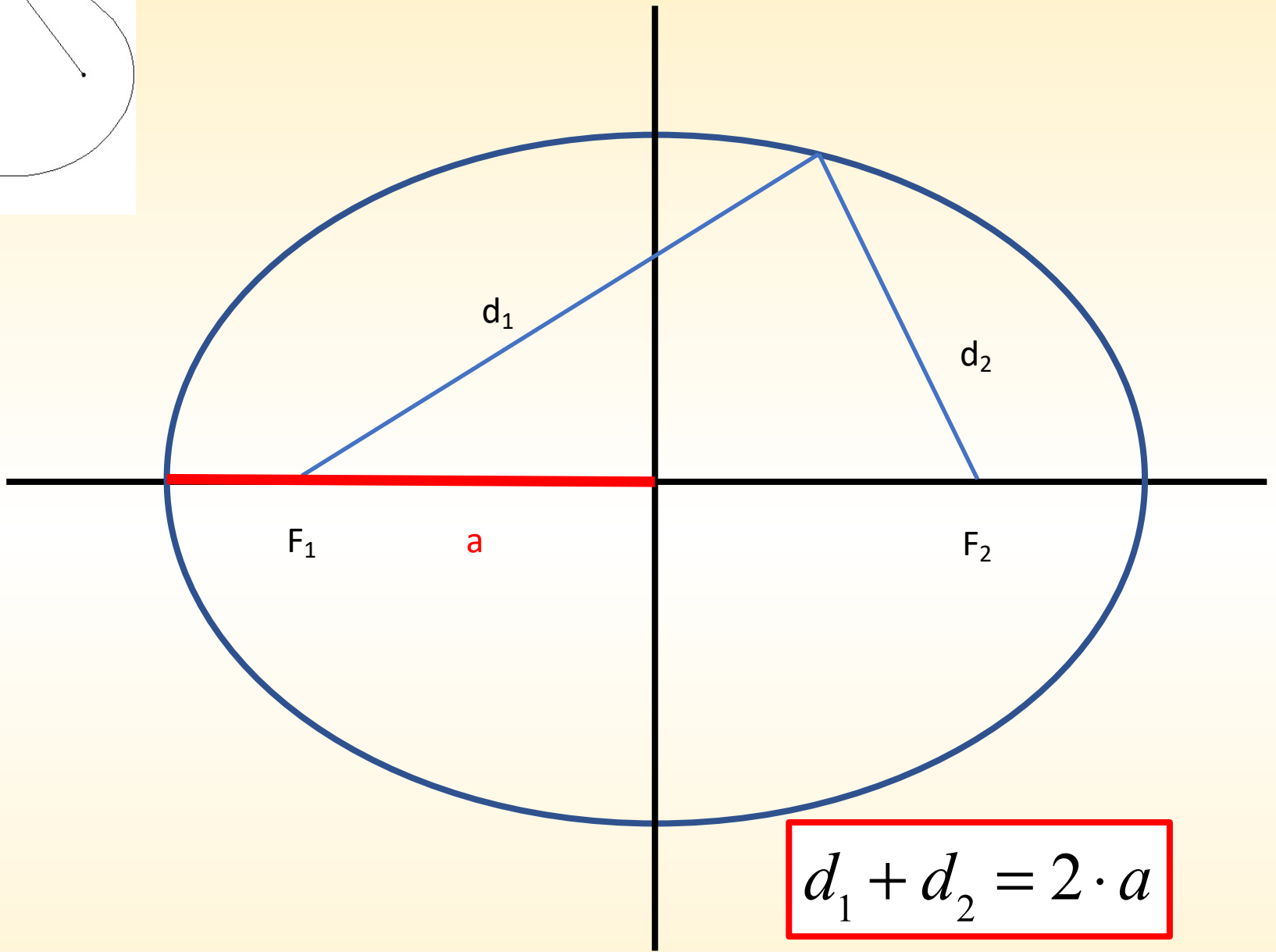
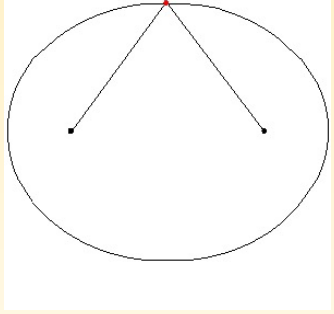


F_1 y F_2 son los **focos** de la elipse

Eje mayor: $2 \cdot a$ eje menor: $2 \cdot b$

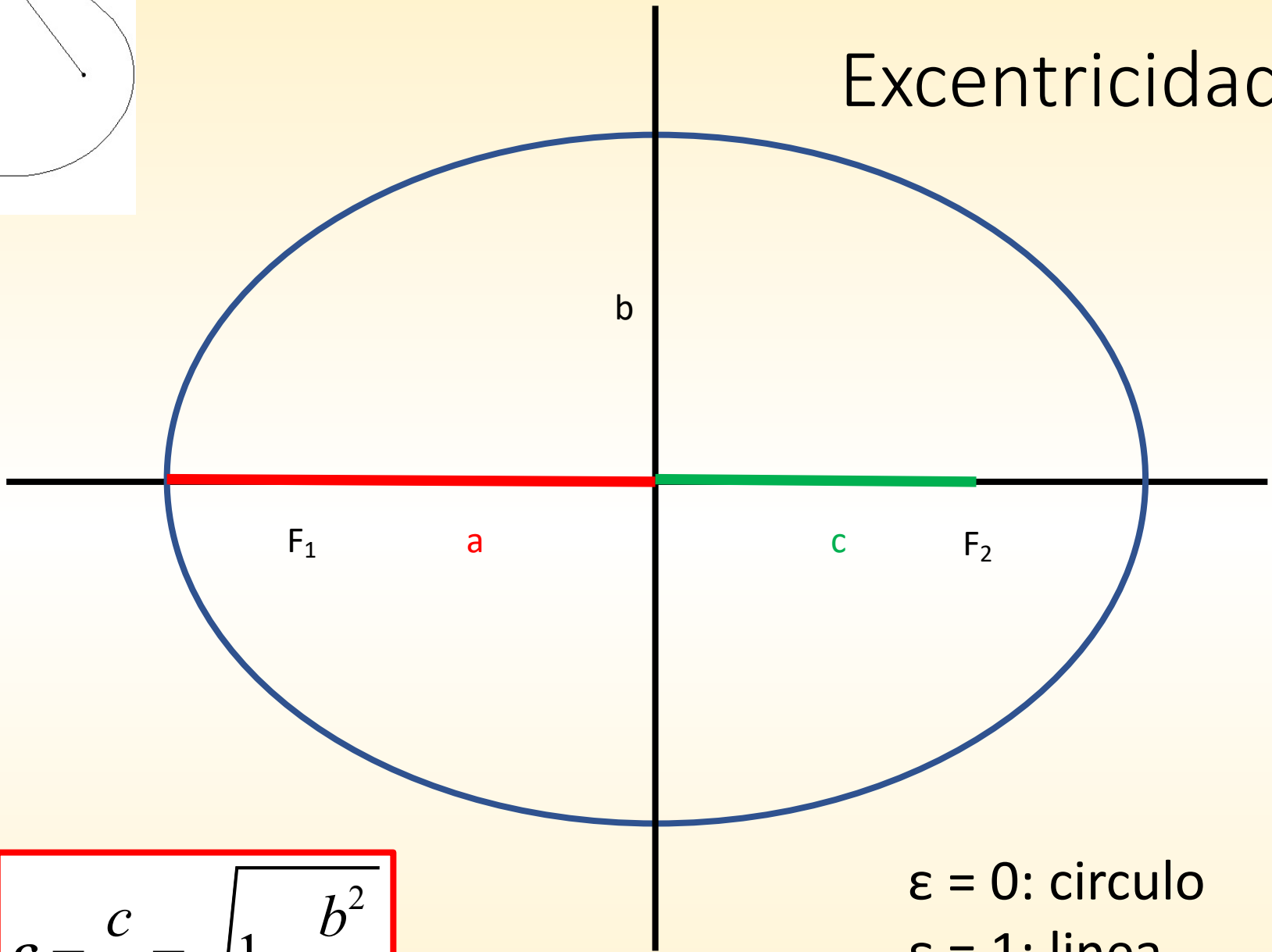
a = **semi-eje mayor**

b = semi-eje menor



$$d_1 + d_2 = 2 \cdot a$$

Excentricidad

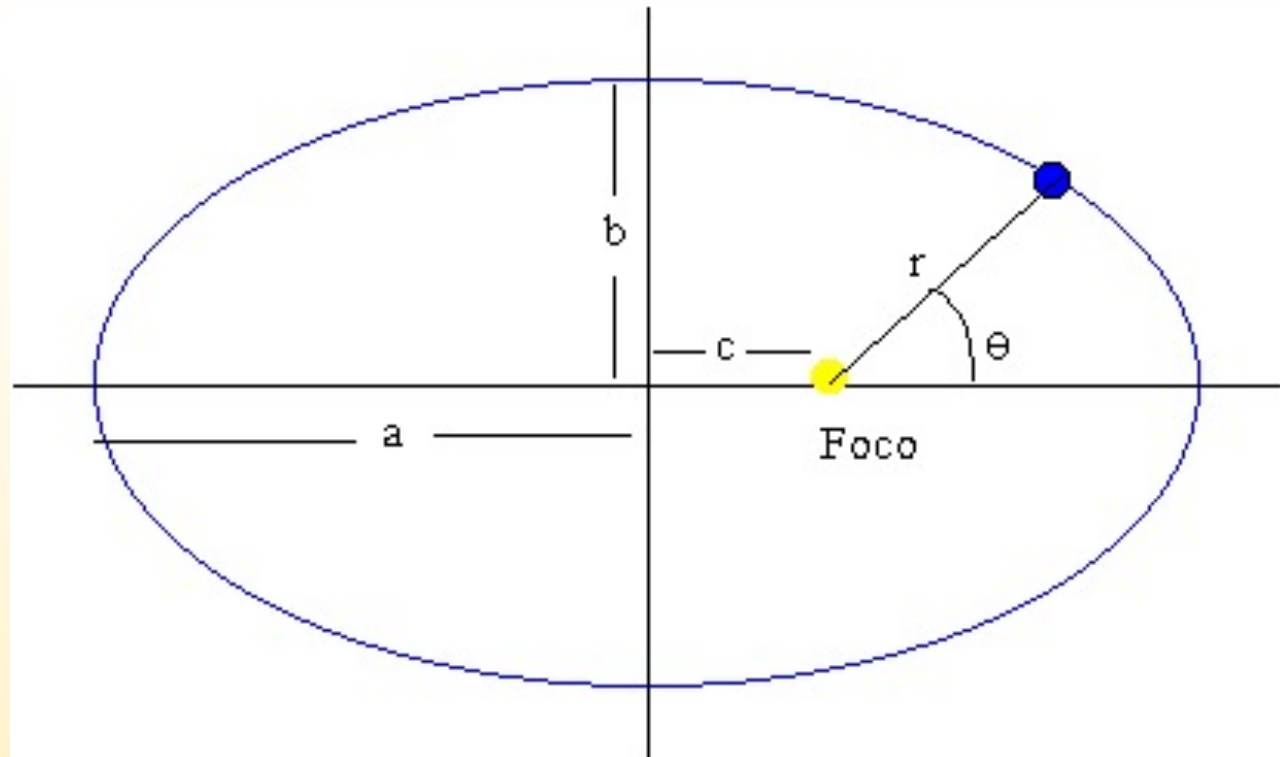


$$\varepsilon = \frac{c}{a} = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$$

$\varepsilon = 0$: círculo
 $\varepsilon = 1$: línea

Primera ley de Kepler

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



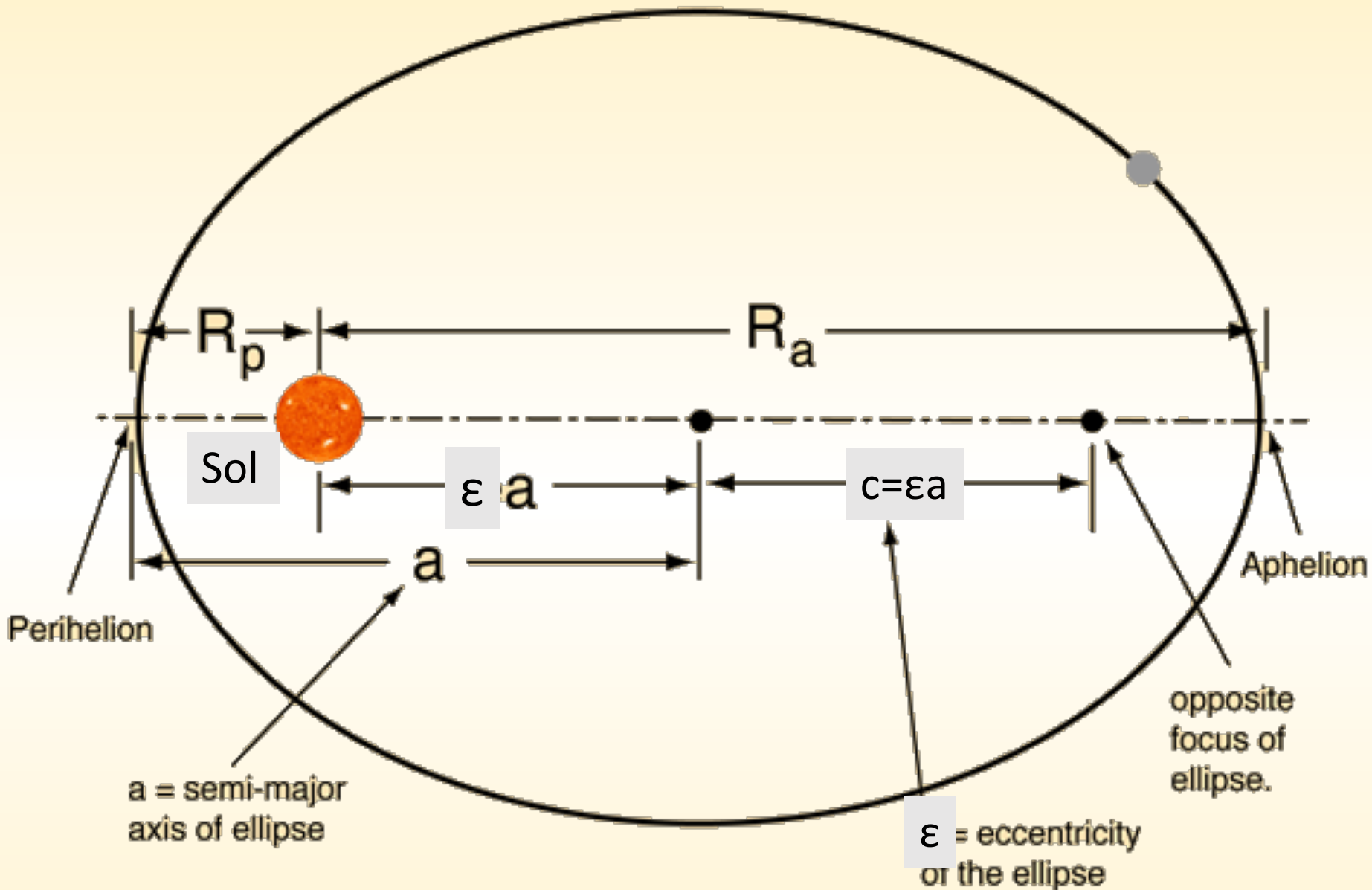
Ley de las órbitas elípticas (1609)

La primera ley de Kepler, a veces conocida como la ley de las elipses, explica que los planetas están orbitando el Sol en un camino descrito como una **elipse**.

Una elipse es una curva especial en la que la suma de las distancias desde cada punto de la curva a dos puntos especiales es una constante. Los dos puntos especiales se conocen como los **focos** de la elipse.

Cuanto más cerca estén estos puntos, más se parece la elipse a la forma de un círculo. De hecho, un círculo es el caso especial de una elipse en la que los dos focos están en la misma ubicación.

La primera ley de Kepler es bastante simple: todos los planetas orbitan el Sol en un camino que se asemeja a una elipse, con el Sol ubicado en uno de los focos de esa elipse.



$$R_a = a(1 + \epsilon) \quad R_p = a(1 - \epsilon)$$

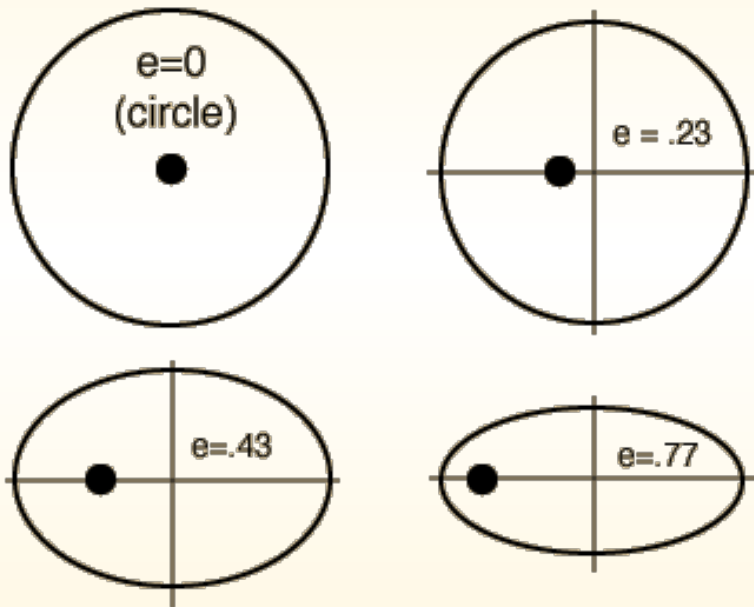
El punto de menor distancia al Sol se llama **perihelio** R_p y el punto de mayor distancia al Sol se llama **afelio** (de apohelio) R_a .

helio: del griego antiguo ἥλιος (hélíos, "sol")

peri- : del griego antiguo περί (perí, "aproximadamente, alrededor")

apo-: del prefijo griego antiguo ἀπό- (apó-), de la preposición ἀπό (apó, "de, lejos de")

Excentricidades de órbitas planetarias

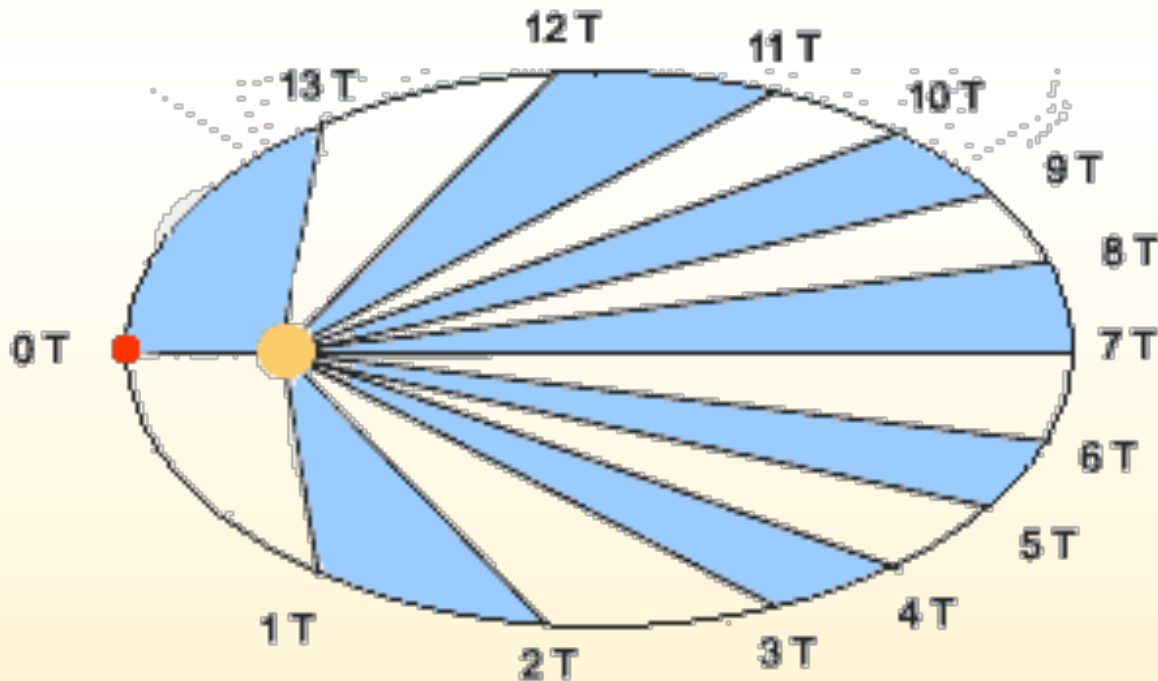


Las excentricidades de los planetas son muy bajas. Esto significa que sus órbitas están muy cerca de círculos.

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

Segunda ley de Kepler

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.)

Ley de las áreas (1609)

La segunda ley de Kepler, a veces denominada ley de áreas iguales, describe la velocidad a la que se moverá cualquier planeta mientras orbita el Sol.

La velocidad a la que cualquier planeta se mueve a través del espacio está cambiando constantemente.

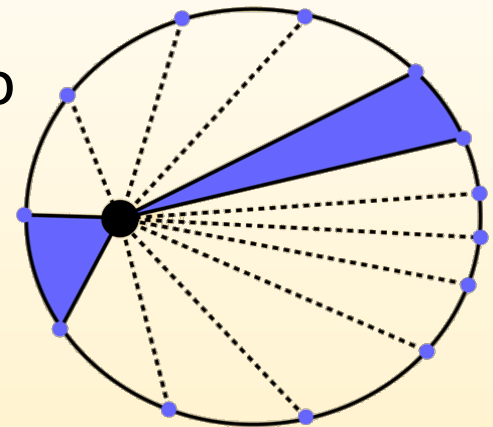
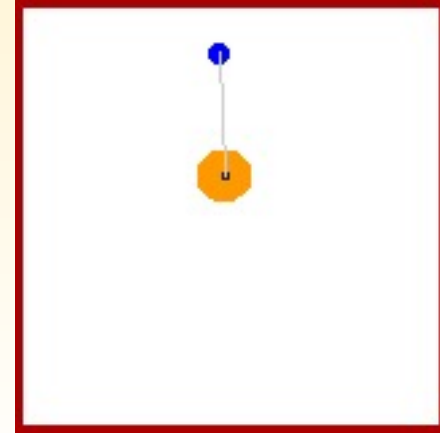
Un planeta se mueve más rápido cuando está más cerca del Sol y más lento cuando está más alejado del Sol.

Sin embargo, si se dibujara una línea imaginaria desde el centro del planeta hasta el centro del Sol, esa línea barrería la misma área en períodos iguales de tiempo.

Esto se representa en los siguientes diagramas:

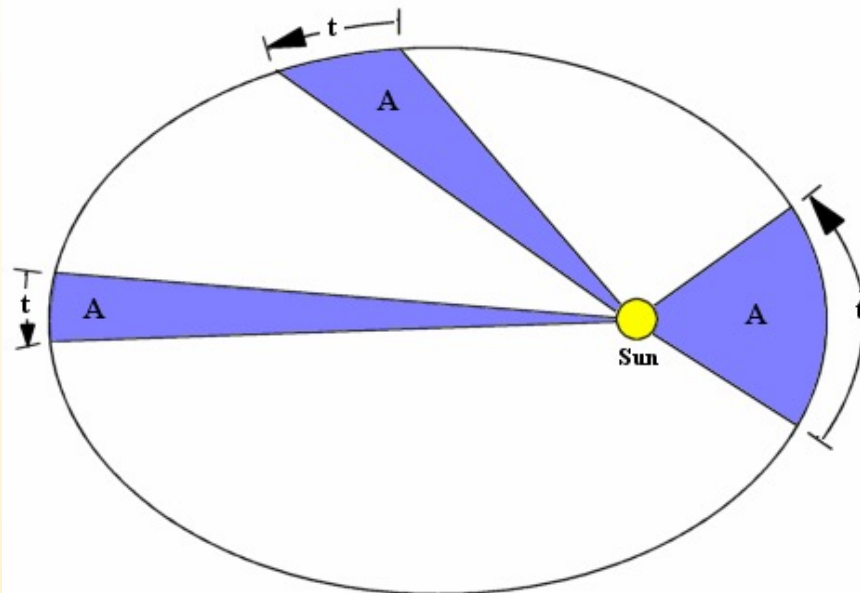
Como se puede observar en el diagrama, las áreas formadas cuando la Tierra está más cerca del Sol pueden aproximarse como un triángulo ancho pero corto; mientras que las áreas formadas cuando la Tierra está más alejada del Sol pueden aproximarse como un triángulo estrecho pero largo.

Estas áreas son del mismo tamaño. Dado que la base de estos triángulos es más corta cuando la Tierra está más alejada del Sol, la Tierra tendría que moverse más lentamente para que esta área imaginaria sea del mismo tamaño que cuando la Tierra está más cerca del Sol.



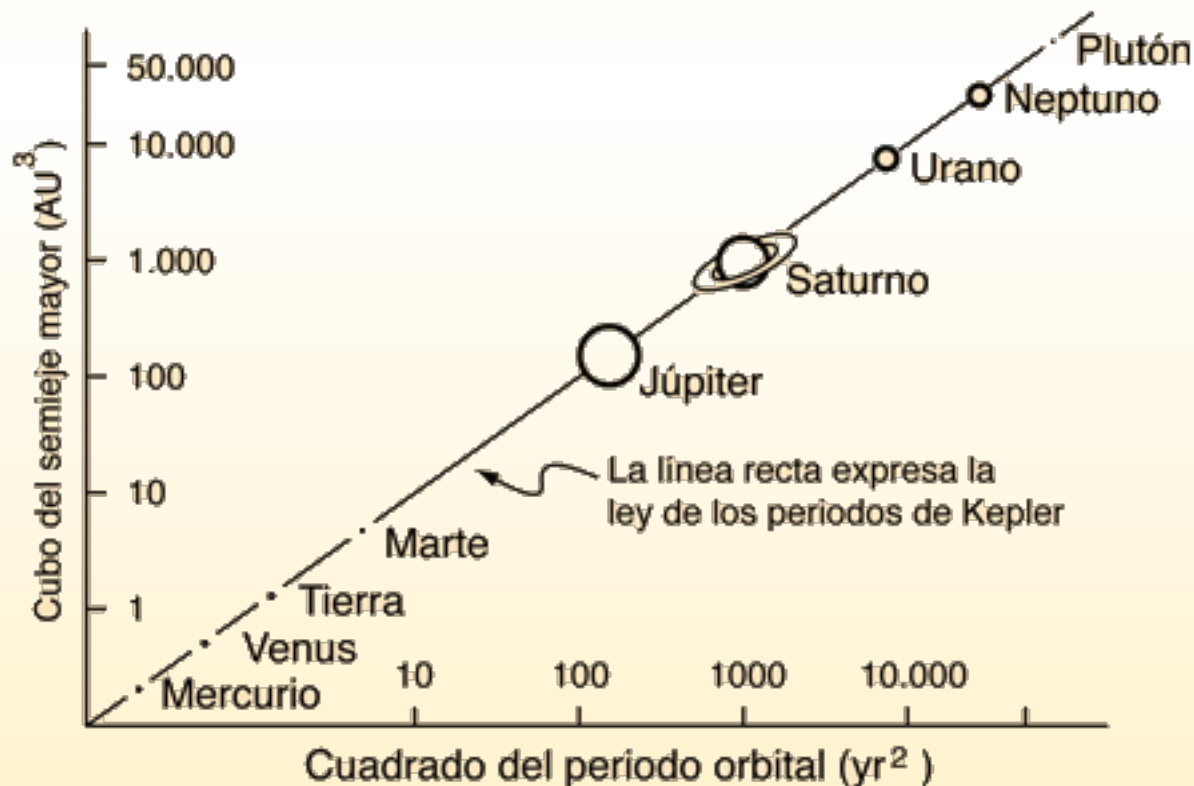
La ley de las áreas es equivalente a la constancia del momento angular, es decir, cuando el planeta está más alejado del Sol (afelio) su velocidad es menor que cuando está más cercano al Sol (perihelio). En el afelio y en el perihelio, el momento angular L es el producto de la masa del planeta, su velocidad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

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



Tercera ley de Kepler

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



Ley Armónica (1618)

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

T = es el periodo orbital,

a = semi-eje mayor del planeta

K = la constante de proporcionalidad

$$\frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3}$$

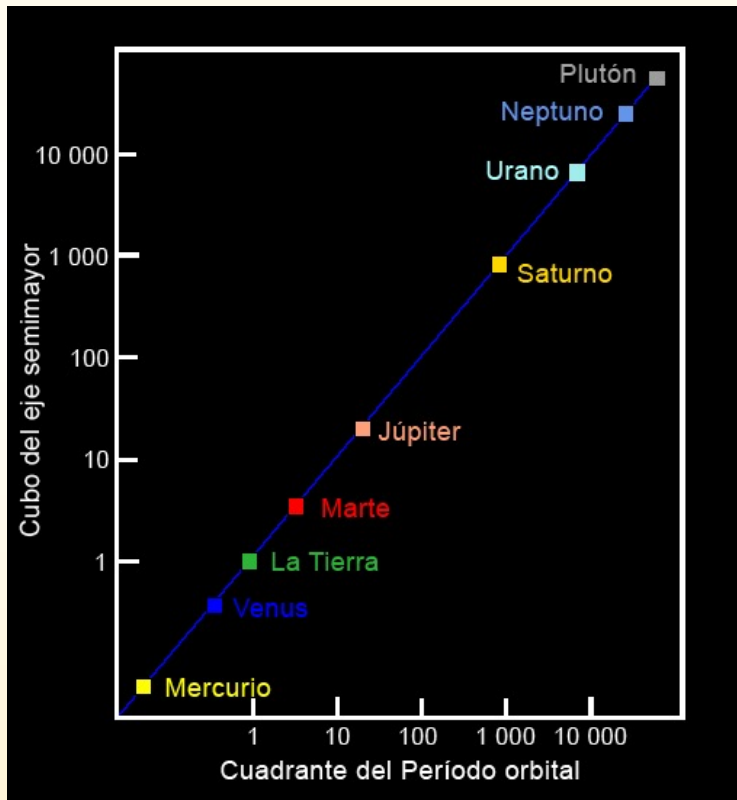
A veces verás que la 3. ley de Kepler se refiere a la distancia media de un planeta al Sol $\langle r \rangle$. Pero como $\langle r \rangle$ es proporcional a "a" (semi-eje mayor) las dos expresiones son equivalentes.

La tercera ley de Kepler, a veces denominada ley de armonías, compara el período orbital y el radio de órbita de un planeta con los de otros planetas.

A diferencia de las leyes primera y segunda de Kepler que describen las características de movimiento de un solo planeta, la tercera ley hace una comparación entre las características de movimiento de los diferentes planetas.

La comparación que se está haciendo es que la razón de los cuadrados de los períodos a los cubos de sus distancias promedio del Sol y también sus semi-ejes mayores son las mismas para cada uno de los planetas.

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

Determinación de la constante K

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

Necesitamos esperar hasta que Newton formule su ley de la gravedad universal.

Con este conocimiento, finalmente es posible escribir la constante K:

$$K = \frac{4\pi^2}{G(M_1 + M_2)}$$

G: constante de gravitación

M_1 : masa del Sol M_{\odot}

M_2 : masa del planeta

La masa del planeta es demasiado pequeño en comparación con la masa del Sol y se puede quitar.

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

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

Referencias:

- <https://www.youtube.com/watch?v=wVYIOmBh6KM>
- <https://www.youtube.com/watch?v=u2MTwLHi1kl>
- <https://www.saberespractico.com/ciencia/las-tres-leyes-de-kepler/>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Elipse>
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Johannes Kepler](https://es.wikipedia.org/wiki/Johannes_Kepler)
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Leyes de Kepler](https://es.wikipedia.org/wiki/Leyes_de_Kepler)
- <https://www.physicsclassroom.com/class/circles/Lesson-4/Kepler-s-Three-Laws>
- <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/kepler.html>