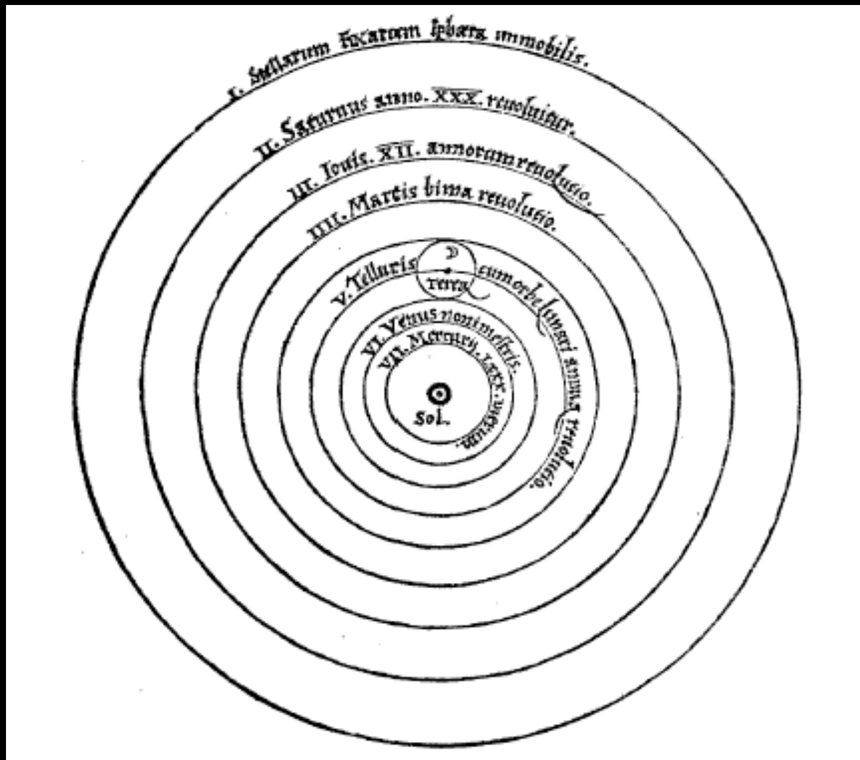
Las lunas de Júpiter

Física Básica Experimental I

Historia

- En 1543, se publica la obra de Nicolas Copérnico *Revolutionibus Orbium Coelestium (Sobre las revoluciones de las esferas celestes)*

- Aquí se expone la teoría heliocéntrica del Sistema Solar, en la cual el Sol es el centro del Universo y los planetas efectuan órbitas circulares a su alrededor.



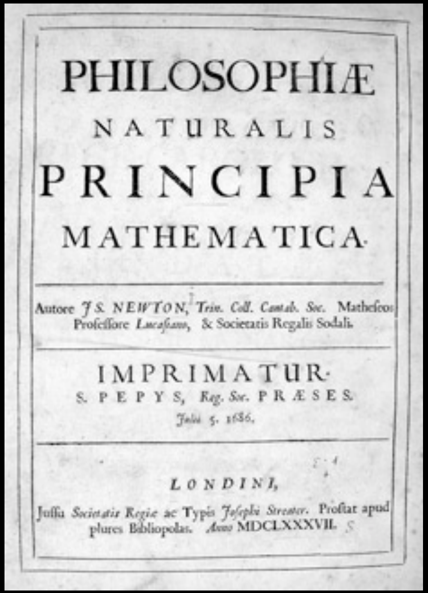
Historia

• Tycho Brahe (1546-1601) elaboró un catálogo de ~ 1000 estrellas con alta precisión y confeccionó unas tablas de las posiciones de los planetas durante varias décadas.

• Estos datos fueron utilizados por Johannes Kepler (1571 - 1630) para analizar las órbitas de los planetas.

• En 1609 publicó *Astronomia Nova* en la que se enuncian sus tres leyes.

• En 1684 Newton publica *De Motu* en la que enuncia la ley de gravitación (posteriormente desarrollada en *Philosophiae naturalis principia mathematica* en 1687).


PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA.

Autore JS. NEWTON, Trin. Coll. Cantab. Soc. Matheseos Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR.
S. PEPYS, Reg. Soc. PRÆSES.
Julii 5. 1686.

LONDINI,
Jussu Societatis Regiæ ac Typis Josephi Streater. Prostat apud plures Bibliopolas. Anno MDCLXXXVII.

Las Tres Leyes de Kepler

1. Los planetas tienen movimientos elípticos alrededor del Sol, estando éste situado en uno de los 2 focos que contiene la elipse.

2. Las áreas barridas por los radios de los planetas, son proporcionales al tiempo empleado por estos en recorrer el perímetro de dichas áreas.

3. El cuadrado de los períodos de la orbita de los planetas es proporcional al cubo de la distancia promedio al Sol.

$$\tau^2 = Ca^3$$

La tercera ley de Kepler

Cuando Newton enunció su ley de la gravitación universal, se comprobó que la tercera ley de Kepler es una consecuencia directa de la forma $1/r^2$ de la fuerza gravitatoria:

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

Donde G es la constante de gravitación y $M_\odot$ es la masa del Sol.

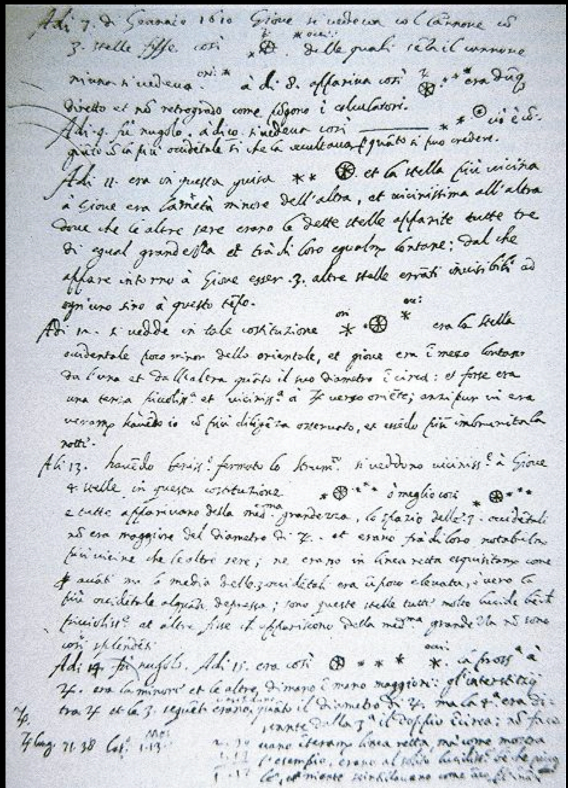
- $G = 6.6726 \times 10^{-11}$ m^3 kg^{-1} s^{-2}
- $M_\odot = 1.989 \times 10^{30}$ kg

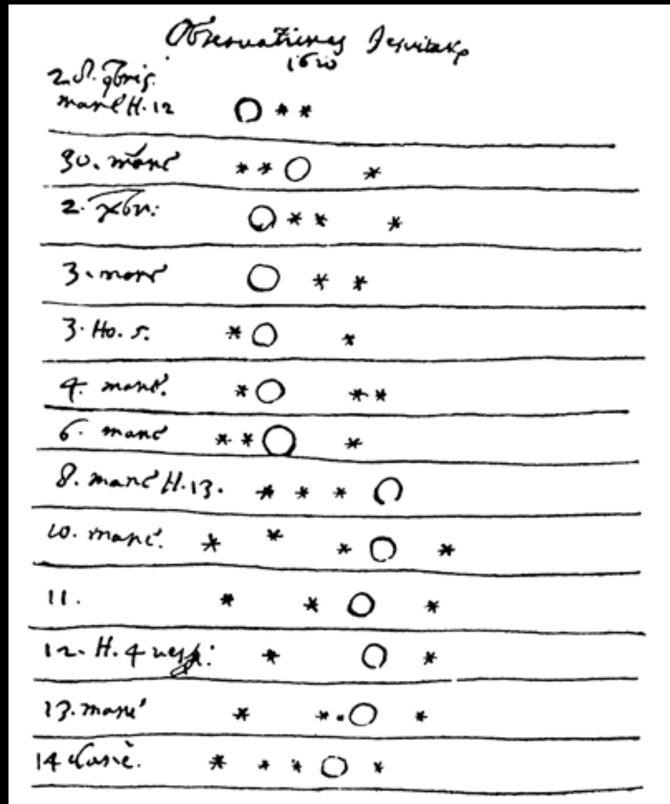
Así, determinando el periodo y el radio de la órbita de los planetas, puede obtenerse la masa del Sol.

Galileo y Júpiter

- Galileo Galilei (1564 - 1642) en 1610 realizó un descubrimiento fundamental:

- observando Júpiter, descubrió que había 4 lunas orbitando alrededor del planeta, demostrando que no todos los objetos celestes giran alrededor de la Tierra.





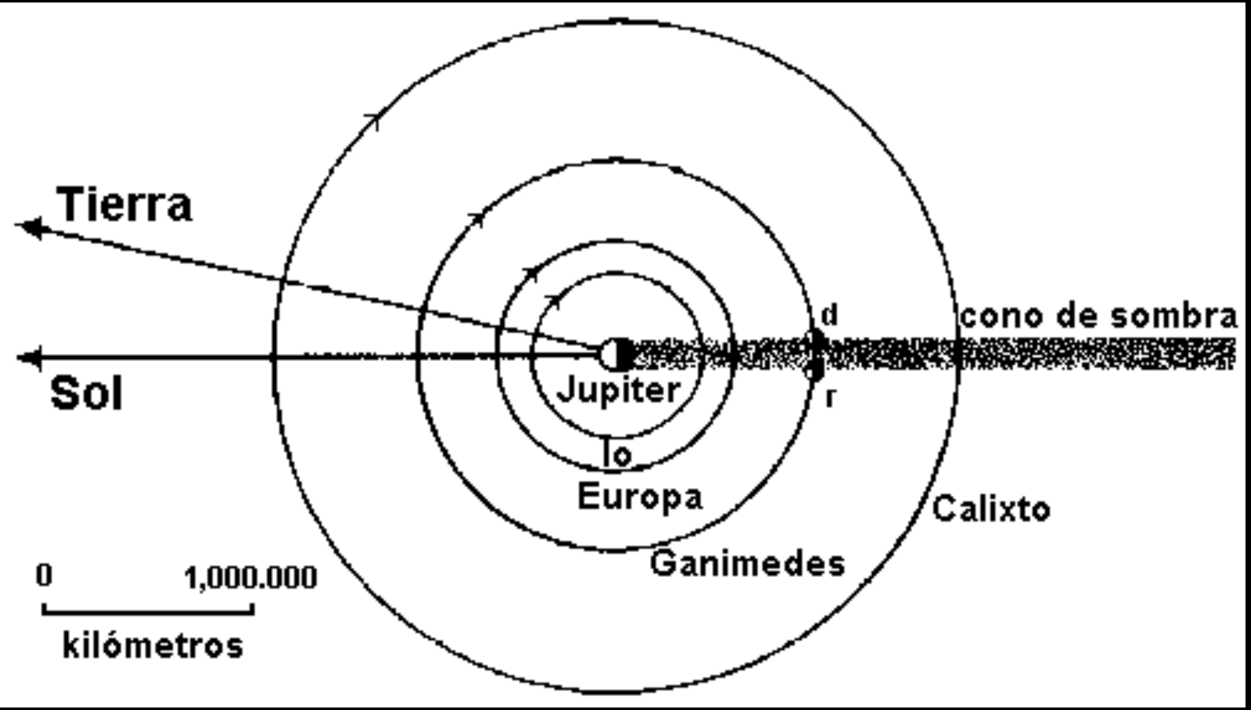
Galileo y Júpiter

- Galileo sólo vió los satélites más cercanos a Júpiter (y más brillantes).
- Júpiter es el planeta más grande del sistema solar, con un diámetro de 142,984 km (11,209 veces el diámetro terrestre).
- Tiene 63 satélites conocidos, llamándose a los 4 más cercanos, satélites galileanos (Io, Europa, Ganimedes, Calisto, en orden de distancia a Júpiter).

Io Europa Ganimedes Calisto

Satélites Galileanos

Los satélites galileanos se mueven alrededor de Júpiter realizando órbitas circulares (aproximadamente).

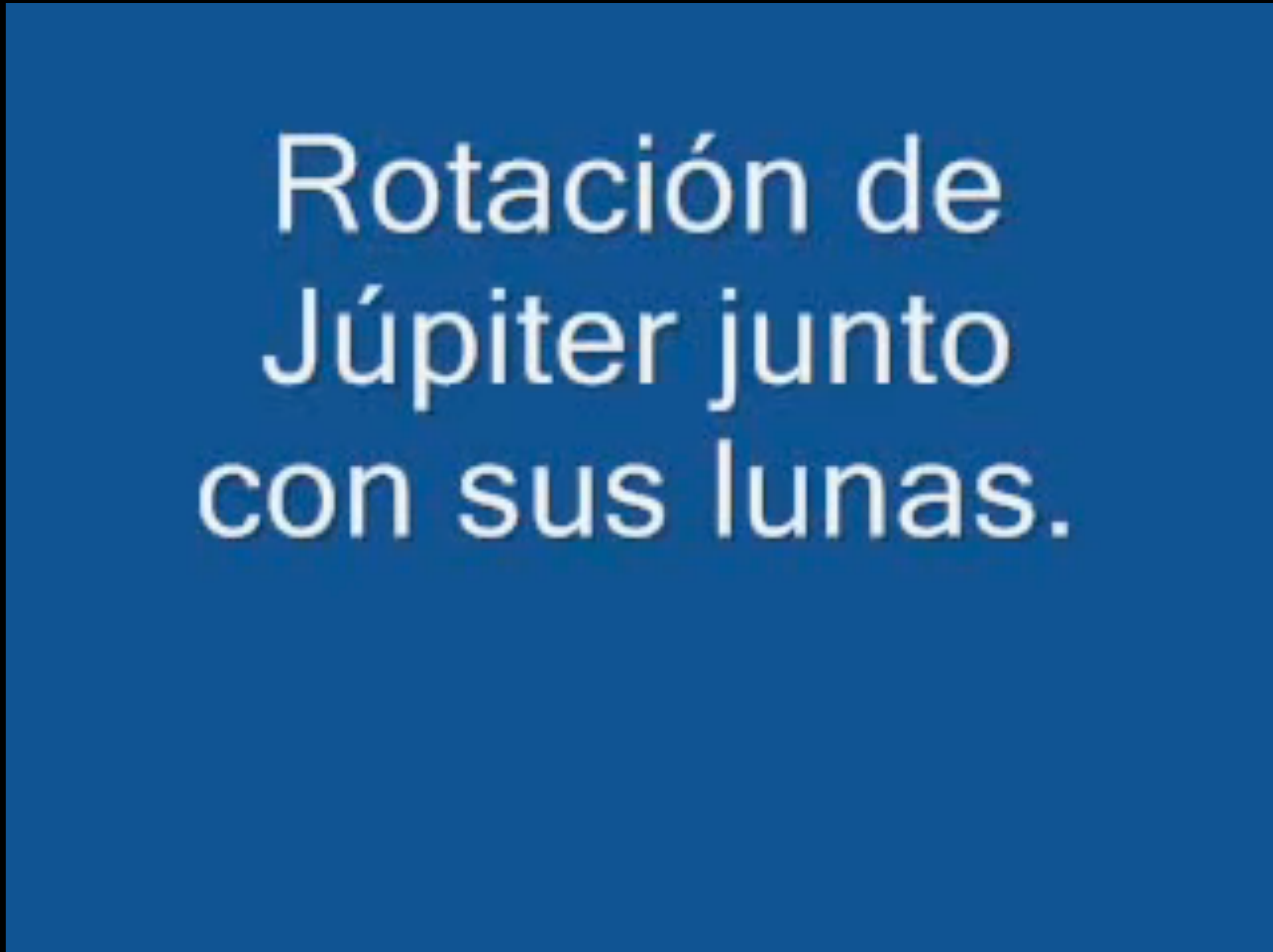


Si la 3ª ley de Kepler es universal, puede aplicarse para medir la masa del cuerpo central, en este caso Júpiter.

Satélites Galileanos

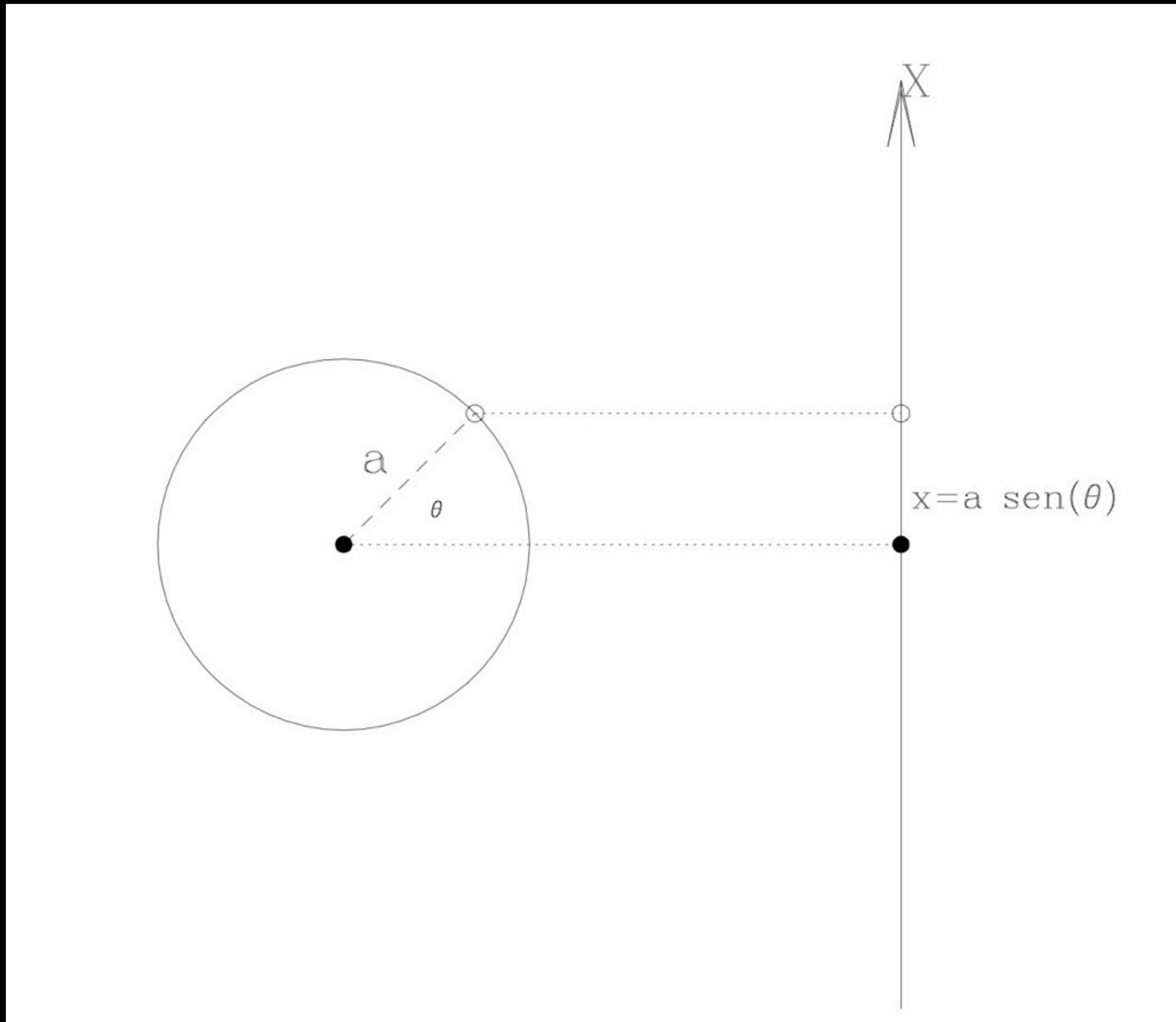
El plano de las órbitas de los satélites coincide con el plano formado por el Sol, la Tierra y Júpiter, de manera que, desde la Tierra, sólo se aprecia el movimiento en un eje:

Satélites Galileanos



Satélites Galileanos

Observación



Observación

- Midiendo las posiciones proyectadas, x, en función del tiempo, se obtendrá una curva senoidal, cuya amplitud a corresponderá al radio de la órbita.

- Si el satélite se mueve con periodo de rotación τ entonces:

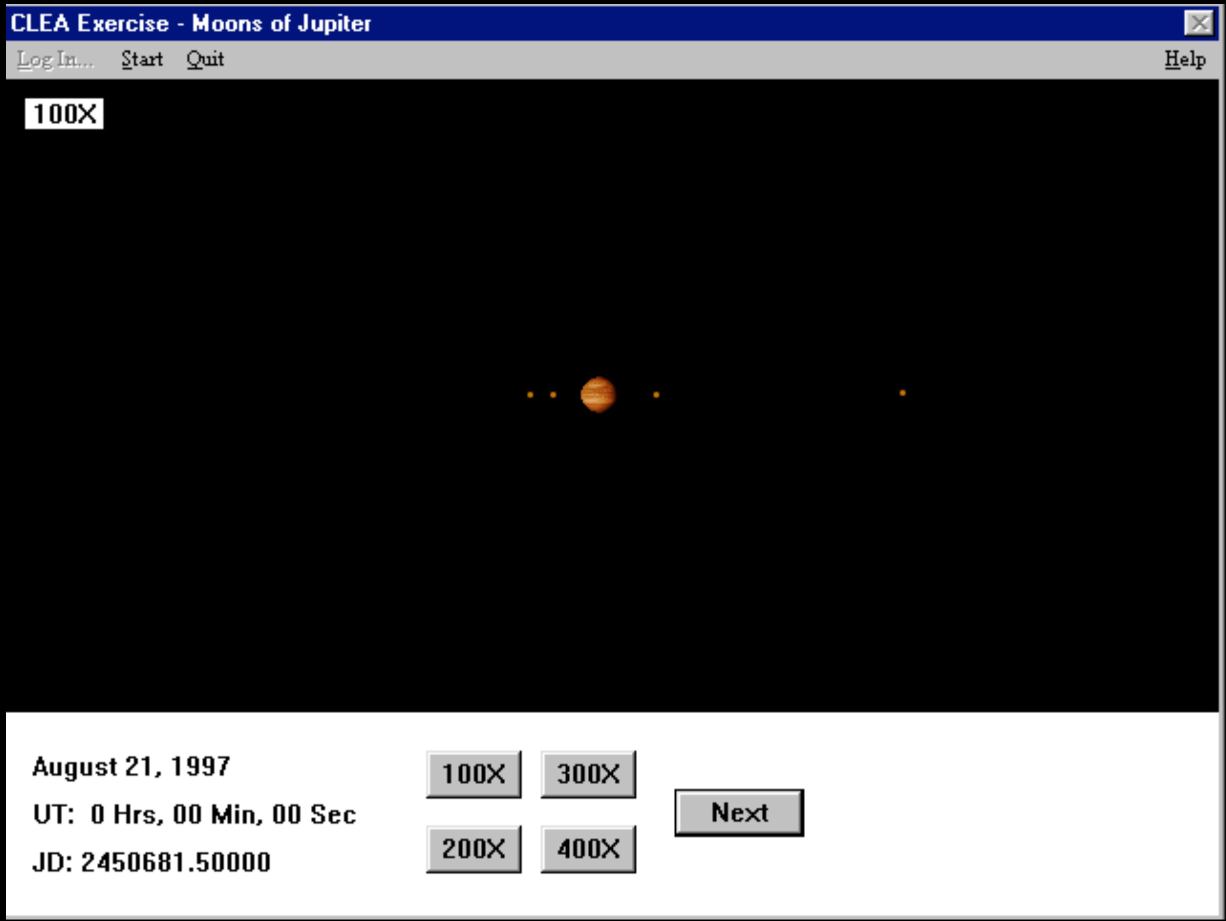
$$x(t) = a \sin\left(\frac{2\pi t}{\tau} + \theta_0\right)$$

- Por lo tanto, ajustando esta función a los datos t_i , x_i determinaremos τ y a para cada satélite, obteniendo así 4 medidas independientes de la masa de Júpiter.

Observación

- La práctica consiste en "observar" los satélites galileanos, determinar su periodo de rotación alrededor de Júpiter y el radio de sus órbitas, y calcular la masa del planeta.

- Telescopio simulado:



Unidades

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

• Para la Tierra, si utilizamos el año (365 días) como unidad de tiempo y la Unidad Astronómica (UA, definida como el radio medio de la órbita de la Tierra = 1.496×10^{11} m) como unidad de distancia, tenemos:

$$\frac{GM_\odot}{4\pi^2} = \frac{a^3}{\tau^2} = \frac{\left(1\mathrm{UA}\right)^3}{\left(1\text{año}\right)^2} = 1$$

• Para un satélite de Júpiter, entonces:

$$\frac{GM_J}{4\pi^2} = \frac{a^3}{\tau^2} \Rightarrow \frac{M_J}{M_\odot} = \frac{(a/\mathrm{UA})^3}{(\tau/\text{años})^2}$$

• Es decir, utilizando años y UAs, obtenemos la masa de Júpiter en unidades de la masa del Sol.

Material

- Programa Lunas de Júpiter
- Kaleidagraph, para ajustar los datos
- Cuaderno laboratorio

- Entregar informe:

    1. Introducción
    2. Toma de datos
    3. Presentación de los datos
    4. Ajustes
    5. Resultados
    6. Discusión/cuestiones
    7. Bibliografía