



## **UNIDAD 5:**

### **LAS LEYES DEL MOVIMIENTO PLANETARIO**

Autor: Oswaldo González

Revisión y actualización de contenidos: Nayra Rodríguez

Asesor Científico: Alfred Rosenberg

Ilustraciones: Inés Bonet

### **GUÍA PARA EL PROFESORADO**

En esta unidad hemos concentrado todas las leyes del movimiento y pretendemos que el alumnado consiga obtener datos físicos aplicando dichas leyes, ya sea con los datos aportados o con los que el propio alumnado pueda conseguir con las mediciones que realice en las imágenes astronómicas.

Debido al nivel de física requerido y explicado en esta unidad, está pensada para estudiantes de Bachillerato. Será necesario el uso de la calculadora científica y el manejo de funciones exponenciales.

A continuación vamos a mostrar los resultados de cada actividad.

#### **ACTIVIDAD 1**

##### **CÁLCULO DE LA MASA DEL SOL.**

Exponemos a continuación la comprobación de la 3ª ley de Kepler, donde  $P^2/a^3$  es constante.

Planeta	Periodo (años)	Semieje mayor (U.A)	$P^2/a^3$
Mercurio	0,24	0,387	0,99378
Venus	0,62	0,723	1,01711
Tierra	1,00	1,000	1,00000
Marte	1,88	1,524	0,99853
Júpiter	11,86	5,203	0,99864
Saturno	29,46	9,539	0,99990
Urano	84,01	19,182	0,99995
Neptuno	164,80	30,058	1,00008

Si nos fijamos, al usar como unidad de periodo orbital y de distancia media al Sol los de nuestro planeta, comprobamos que la relación permanece prácticamente constante e igual a 1.

- Datos que se obtienen de la información que nos proporciona la imagen.
- Datos que se obtienen realizando los cálculos pertinentes

A continuación vamos a explicar cómo deducir la fórmula para calcular la masa del Sol o de cualquier cuerpo masivo sobre el que se orbite.

$$M = \frac{4\pi^2}{G} \frac{a^3}{P^2}$$

Supongamos que queremos calcular la masa  $M$  de un cuerpo del cual sabemos que es orbitado por otro de menor masa  $m$ , cuya trayectoria es circular, y con un radio orbital medio  $a$ , recorriendo una órbita completa en un periodo de tiempo  $P$ .

Para que el cuerpo menor se mantenga en órbita, la fuerza gravitatoria que lo atrae hacia el cuerpo de mayor masa debe ser compensada con la fuerza centrífuga debido al movimiento circular, que va en sentido contrario. Por lo tanto, se obtiene que:

$$F_g = F_c \rightarrow G \frac{M m}{a^2} = m \frac{v^2}{a} \rightarrow G \frac{M m}{a^2} = m \frac{\left(\frac{2\pi a}{P}\right)^2}{a} \rightarrow G \frac{M m}{a^2} = \frac{m 4 \pi^2 a^2}{P^2 a}$$



Despejando  $M$ , obtenemos:

$$M = \frac{4\pi^2}{G} \frac{a^3}{P^2}$$

donde  $G$  es la constante de gravitación universal y vale  $6,67 \times 10^{-11} \text{ Nw m}^2 \text{ kg}^{-2}$ .

Para obtener la masa del Sol en kg, debemos poner las demás variables en unidades del S. I., es decir la distancia en metros y el periodo en segundos.

Sustituyendo en la fórmula los valores de  $a$  y  $P$  de nuestro planeta, el resultado para la masa del Sol es:  $M_{\text{Sol}} = 1,989 \times 10^{30} \text{ kg}$ .

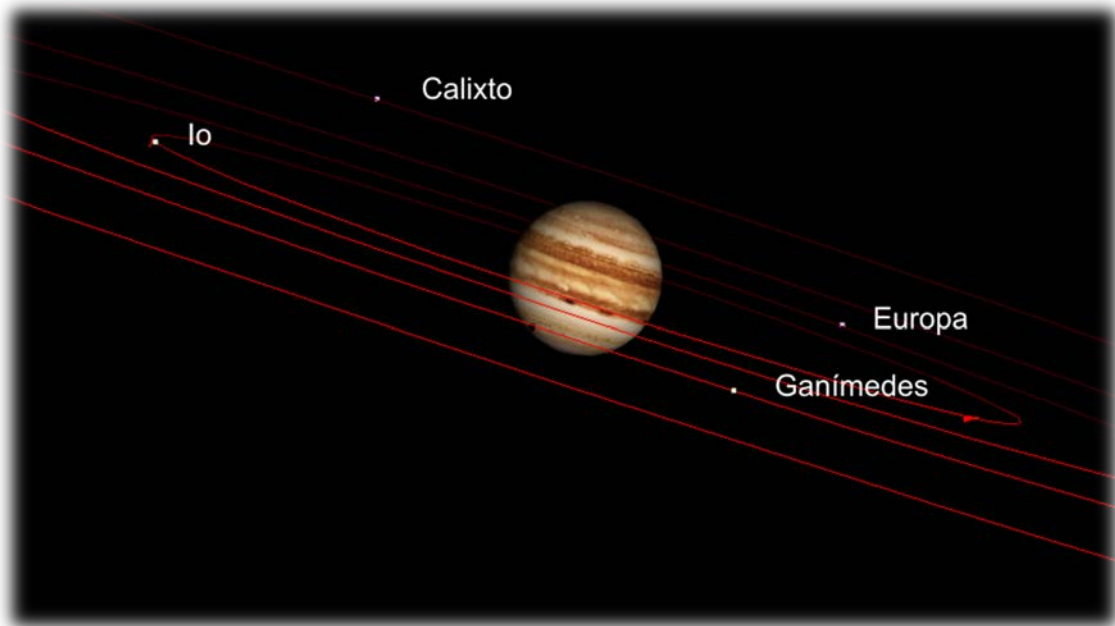
3



## ACTIVIDAD 2

### SATELITES GALILEANOS UN SISTEMA SOLAR EN MINIATURA.

En la siguiente imagen tenemos identificada la posición de cada uno de los satélites galileanos. Es importante que no haya equivocaciones en la localización de Ío.



4

#### Órbita de Ío

Medidas obtenidas para calcular la distancia de Ío al centro del planeta son:

- $(336 + 474) / 2 = 405$  píxeles
- $405 \text{ píxeles} \times 1036 \text{ km/píxel} = 419\,580 \text{ km}$

Un valor muy cercano al real que es de 421 800 km.

#### Masa de Júpiter

Para calcular la masa de Júpiter pasaremos nuestros valores al S.I.

- $421\,800 \text{ km.} = 421\,800\,000 \text{ m.}$
- $1,769 \text{ días} = 1,769 \times 24 \times 60 \times 60 = 152\,842 \text{ s.}$

$$M = \frac{4\pi^2}{G} \frac{a^3}{P^2}$$

Realizando los cálculos obtendremos la masa de Júpiter,  $M_J = 1,90 \times 10^{27} \text{ kg}$



Proyecto  
Educativo con  
Telescopios  
Robóticos

LAS LEYES DEL MOVIMIENTO

### Periodo orbital de Europa

Medidas obtenidas para calcular la distancia de Europa al centro del planeta:

- $(655 + 817) / 2 = 736$  píxeles
- $736 \text{ píxeles} \times 904,6 \text{ km/píxel} = 665\,786 \text{ km}$

Valor cercano al real que es de 671 400 km.

El periodo orbital de Europa será entonces el siguiente:

$$M = \frac{4\pi^2}{G} \frac{a^3}{P^2}$$

Despejando P

$$P = \sqrt{\frac{4\pi^2}{G} \frac{a^3}{M}}$$

Obtendremos un periodo para Europa de:  $P = 303\,176 \text{ s} = 3,509 \text{ días}$

Valor cercano al real que es de 3,55 días

Como ampliación a esta unidad, podría plantearse al alumnado el cálculo de la masa de la Tierra, usando para ello la distancia que nos separa de la Luna y su periodo orbital.

\* La mancha oscura que aparece en la imagen 668e000.hfit sobre la superficie de Júpiter es, sencillamente, la sombra de uno de sus satélites sobre la atmósfera del planeta. Concretamente, se trata de la sombra de Ganímedes.



Para más información, visite nuestra página web: [www.iac.es/peter](http://www.iac.es/peter)

**Contacto:** **Nayra Rodríguez Eugenio** ([peter@iac.es](mailto:peter@iac.es))  
Unidad de Comunicación y Cultura Científica  
Instituto de Astrofísica de Canarias  
Calle Vía Láctea s/n  
38205 La Laguna  
Santa Cruz de Tenerife  
España

6

*Esta unidad didáctica ha sido financiada por:*



Proyecto  
Educativo con  
Telescopios  
Robóticos

LAS LEYES DEL MOVIMIENTO