



UNIDAD 5:

LAS LEYES DEL MOVIMIENTO PLANETARIO

Autor: Oswaldo González

Revisión y actualización de contenidos: Nayra Rodríguez,
Alejandra Goded

Asesor Científico: Alfred Rosenberg

Ilustraciones: Inés Bonet

ACTIVIDAD 1

CÁLCULO DE LA MASA DEL SOL

OBJETIVOS

La siguiente actividad pretende que el alumnado aplique las leyes del movimiento planetario y compruebe, con los datos suministrados para cada planeta, la tercera ley de Kepler. Calcularemos también la masa que posee la estrella alrededor de la cual giran todos los planetas de nuestro Sistema Solar.

INSTRUMENTAL Y MATERIAL

Para la realización de esta práctica vamos a utilizar una tabla de datos orbitales de los planetas pertenecientes al Sistema Solar. Necesitaremos una calculadora para la realización de los cálculos.

METODOLOGÍA

Inicialmente comprobaremos si la 3ª ley de Kepler se cumple para cada planeta usando los datos conocidos de periodo y radio de sus órbitas.

Posteriormente calcularemos la masa del Sol con los mismos datos suministrados, utilizando la ley de la gravitación universal de Newton.

PROCEDIMIENTO

Lo primero que haremos será comprobar la 3ª ley de Kepler con los datos de los elementos orbitales que tenemos en la tabla siguiente. Es decir, comprobaremos si se cumple:

$$\frac{P^2}{a^3} = \text{Constante}$$

donde **P** es el periodo de revolución y **a** es el semieje mayor de la elipse.

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

Una vez comprobada la veracidad de la 3ª ley de Kepler, vamos a intentar hacer una estimación de la masa que posee el Sol.

Haciendo uso de la 3ª ley de Kepler y la ley de la gravitación universal de Newton podemos obtener una fórmula que nos permita calcular la masa del Sol con unos sencillos cálculos, aunque tediosos, pues tratamos con números muy grandes. En primer lugar, debemos hacer algunas suposiciones. Una de ellas es que las órbitas de los planetas son circulares, algo que sabemos que no es cierto, pues son elípticas. Como realmente se aproximan mucho a un círculo, para nuestro propósito la aproximación no variará mucho el resultado.

De esta manera, el recorrido que hace cada planeta alrededor del Sol será el de la longitud de una circunferencia, es decir, $2\pi a$, donde a es la distancia media que separa el planeta del Sol.

Vamos a omitir cómo se obtiene la fórmula. Si tienes curiosidad, aquí te ponemos las dos ecuaciones que se utilizan, además de la de la 3ª ley de Kepler que tienes más arriba. Tu profesor/a puede explicarte cómo se procede.

Ley de la gravitación universal: $F_G = G \frac{M_{Sol} m_{Planeta}}{a^2}$

Fuerza centrípeta: $F_C = m_{Planeta} \frac{v^2}{a}$

3

La fórmula que vamos a utilizar finalmente es:

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

Para obtener la masa del Sol en kg debemos expresar el periodo P (tiempo que tarda un planeta determinado en orbitar alrededor del Sol) en segundos, y la distancia a (distantancia media de dicho planeta al Sol) en metros. G es la constante de gravitación universal y vale $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$.

Sirven los datos de cualquier planeta, pero para empezar, vamos a intentarlo con los datos de la Tierra. Sabemos que tarda 1 año en completar una vuelta en torno al Sol. Como tenemos que expresar esta cantidad en segundos, entonces:

$$1 \text{ año} = 365,25 \text{ días} = 365,25 \times 24 \text{ horas} = 365,25 \times 24 \times 60 \text{ minutos} = 365,25 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ segundos}$$

Haz este último cálculo y tendrás el periodo P de la Tierra en segundos.

Ahora tendremos que expresar la distancia a en metros. Sabemos que la Tierra está a 1 U.A. (Unidad Astronómica) del Sol, lo que equivale a 149,6 millones de kilómetros, entonces:

$$a = 1 \text{ U.A.} = 149\,600\,000 \text{ km} = 149\,600\,000 \times 1000 \text{ m. Haz este sencillo cálculo.}$$

Ahora, simplemente sustituye todos estos valores en la ecuación y, utilizando una calculadora (ten cuidado con los exponentes), obtén la masa del Sol en kg. ¿Cuánto te sale? Intenta escribir la cantidad con todos sus ceros y verás qué grande es.

Puedes repetir el cálculo con los datos de **P** y **a** de cualquier otro planeta (que encontrarás en la tabla anterior) y verás que obtienes prácticamente el mismo resultado. Acuérdate de expresar **P** en segundos y **a** en metros. ¿No te parece asombroso que podamos medir la masa de un cuerpo sin ni siquiera tocarlo?

Para más información, visite nuestra página web: www.iac.es/peter

Contacto: **Nayra Rodríguez Eugenio, Alejandra Goded** (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

5

Esta unidad didáctica ha sido financiada por:

