

Dirección de Orientación Vocacional (DOV) / Departamento de Física.
Talleres de Ciencia: ¿Cómo trabajan las físicas y los físicos?

Leyes de Kepler y órbitas.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE: Aprender como la forma y el período de la órbita de un planeta alrededor de una estrella dependen de la masa de la estrella y del planeta, aprender como el periodo de la órbita depende de la distancia planeta – estrella y observar y verificar las leyes de Kepler.

INTRODUCCIÓN: Los planetas u otros objetos que orbitan alrededor de una estrella están acelerados – ya que cambian continuamente de dirección. La fuerza que produce esta aceleración es la atracción gravitatoria de la estrella. En esta actividad vamos a utilizar una simulación para observar y aprender acerca de estas órbitas y relacionarlas con las leyes de Kepler (Si no conoce las leyes de Kepler, búsquelas en Internet antes de comenzar las actividades).

ACTIVIDAD 1: Introducción al manejo del programa “Gravedad y Órbitas”. Observar y discutir los sistemas: Tierra-Sol, Sol-Tierra-Luna y Tierra-Satélite artificial. Modalidad: demostrativa.

ACTIVIDAD 2: Verificación de la 3ª ley de Kepler. Modalidad: trabajo en grupos de dos o tres personas.

¿Cómo la verificamos?

- 1) Entrar al programa Gravedad y Orbitas (https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-and-orbits/latest/gravity-and-orbits_es.html).
- 2) En la parte derecha elija la opción: “A escala”.
- 3) Del lado derecho, seleccione el sistema sol – tierra (estrella-planeta) y seleccione: “Trayectoria”, “Cuadrícula” y “Cinta Métrica”.
- 4) Haga clic sobre la cinta métrica y arrástrela hacia la parte superior de la pantalla para no obstaculizar las trayectorias..
- 5) A partir de ahora está en condiciones de trabajar con este programa de simulación y verificar la tercera ley de Kepler. Si definimos al periodo orbital P como el tiempo que tarda un planeta en recorrer su órbita en forma completa y definimos la distancia E como el eje mayor de la órbita elíptica, entonces la tercera ley de Kepler puede escribirse como: $P^2 = K \cdot E^3$.

Lo que vamos a realizar en este trabajo es medir el periodo P para varias distancias E y vamos luego a graficar P^2 vs. E^3 . De verificarse la tercera ley de Kepler deberíamos observar una recta de pendiente K .

¿Cómo lo vamos a medir? Sigamos los pasos siguientes:

- 6) Haga clic en el botón Hacia atrás ◀◀”.
- 7) Con el mouse podemos pararnos sobre el planeta y arrastarlo horizontalmente hacia distancias menores. Originalmente la distancia entre la estrella y el planeta equivale a 2 cuadrados de la grilla. Para la primera simulación vamos a dejar al planeta en esa posición original. Dado que en el

programa la masa de la estrella es la del Sol y la del planeta es la de la Tierra, la distancia a la que se encuentra la Tierra del Sol es de aprox. 93 millones de millas que es lo que se denomina “Unidad Astronómica”.

8) Para observar la órbita del planeta y registrar su periodo vamos a hacer click sobre el boton “▶” (play), vamos a observar como se dibuja la órbita del planeta y cuando el planeta retorne a su posición original cliqueamos en el botón “||” para detener el movimiento del planeta. Luego registraremos el valor del periodo P en “días terrestres”. Al hacer click sobre la pausa “||” se registrará un valor aproximado de 365 días (para el sistema original Sol-Tierra). Para otras órbitas de eje máximo E se registrarán otros valores de periodo P .

9) Ahora vamos a medir la Distancia E , Si observamos la órbita de la tierra vemos que es elíptica pero muy parecida a una órbita circular. Notarán que no es exactamente un círculo ya que el planeta salió exactamente de una distancia de “2 cuadrados de la grilla” respecto de la estrella y al llegar al lado opuesto está un poco más lejos que “2 cuadrados de la grilla”. Medimos esa distancia máxima E con la cinta métrica. Para eso arrastramos la cinta métrica hasta la línea central horizontal que contiene a la estrella y hacemos coincidir la cruz roja izquierda con la posición más lejana de la órbita a izquierda. Luego clickeamos sobre la cruz derecha de la cinta métrica y estiramos la cinta hasta la posición más lejana a derecha (posición inicial de donde partió el planeta). Leemos el valor que nos da la cinta métrica y así tenemos nuestro primer par de valores (P , E), en este caso (365 días, 185.970.000 millas) aproximadamente.

10) Presionamos el botón “Hacia atrás ◀◀” y volvemos todo al sistema original, el planeta a una distancia de aprox. 1 unidad astronómica y el periodo se puso en cero nuevamente.

11) Ahora realizaremos nuevas mediciones repitiendo los pasos 6), 7), 8) y 9). Repita estos pasos 6 veces de manera de medir en total 7 valores de pares (P , E) distintos. Para eso arrastre el planeta hacia distancias menores a 2 cuadrados de la grilla respecto la estrella, es decir mida el periodo P para 6 órbitas distintas de eje máximo E colocando inicialmente al planeta a una distancia entre 0.5 y 2 cuadrados de la estrella. De ser necesario puede disminuirse la velocidad de la simulación, en la parte inferior izquierda deslice el selector de la velocidad de simulación hacia donde dice “movimiento lento”.

12) Una vez que tenemos los 7 pares de datos: (P_1, E_1), (P_2, E_2), (P_3, E_3), (P_4, E_4), ..., (P_7, E_7), construimos una tabla y utilizamos el excel para ver si existe una relación lineal entre P^2 y E^3 .

13) Abrimos el excel. En la columna A escribimos los valores de P y en la columna B los valores de E .

14) En la columna C vamos a pasar las distancias E de millas a unidades astronómicas. (Sabemos que una UA corresponde a 93000000 millas.) Seguimos los siguientes pasos. Hacemos doble click en la celda C1, ahí escribimos $=B1/93000000$ y oprimimos enter en el teclado. Lo que hicimos fue transformar el primer valor de E expresado en millas a UA. Ahora nos paramos nuevamente sobre la celda C1, colocamos la punta del mouse sobre el ángulo inferior derecho de la celda, hacemos un click y sin soltar arrastramos el mouse hasta la fila 7. De esta manera acabamos de transformar toda la comuna de periodos E medidos en millas a unidades astronómicas.

15) Ahora vamos a calcular P^2 . Nos paramos en la celda D1 y escribimos $=A1*A1$ y apretamos enter. Acabamos de calcular el cuadrado del primer valor del periodo. Para calcular los restantes, nos paramos sobre el ángulo inferior derecho de la celda D1, hacemos click y arrastramos hasta la fila 7.

16) Siguiendo la misma lógica vamos a calcular E^3 . Nos paramos en la celda E1 y escribimos $=C1*C1*C1$ y apretamos “enter”. Acabamos de calcular el cubo del primer valor de la distancia E en unidades astronómicas. Para calcular los restantes, nos paramos sobre el ángulo inferior derecho de la celda E1, hacemos clic y arrastramos hasta la fila 7.

17) Ahora vamos a graficar P^2 vs E^3 y vamos a verificar si hay una relación lineal entre ambas. Pintamos con el mouse las celdas de las columnas D y E desde la fila 1 a la 7. Para hacer eso nos paramos en la celda D1 sin hacer click, arrastramos hasta la celda E1 y luego seguimos arrastrando hasta la fila 7. Posteriormente hacemos click sobre el botón del menú que se parece a un gráfico de barras (Asistente para gráficos). Se abrirá una pantalla (paso 1) seleccionamos “dispersión” y clickeamos en “siguiente”, en el paso 2 volvemos a clickear el botón siguiente, en el paso 3 completamos: Título del Gráfico: III Ley de Kepler, Eje de valores (X): P^2 , Eje de valores (Y): E^3 .

Luego seleccionamos finalizar y ya tenemos nuestro gráfico en la planilla de cálculo. Luego hacemos doble click sobre un punto cualquiera del gráfico, seleccionamos “línea automática” y luego aceptar.

De verificarse la tercera ley de Kepler deberíamos observar una línea recta.

ACTIVIDAD 3: Verificación de la 2ª ley de Kepler. Modalidad: trabajo en grupos de dos o tres personas.

¿Cómo la verificamos?

1) Presione el botón “Hacia atrás ◀◀” y volvemos todo al sistema original, el planeta a una distancia de aprox. 1 unidad astronómica y el periodo se puso en cero nuevamente.

2) Presione el botón “▶” y luego presione pausa cuando la órbita del planeta cruce la línea horizontal superior consecutiva en la grilla. (Si la simulación es muy rápida, disminuya la velocidad de la simulación.

3) Registre el tiempo: aprox. 30 días.

4) Usando geometría calcule el área barrida suponiendo que la línea que une el Sol con el planeta describió aproximadamente un triángulo. Llame a esta área: área1.

5) Vuelva a presionar el botón “▶” y haga que el planeta siga hasta el día 150 aproximadamente.

6) Apriete el botón “limpiar” para poner en cero el tiempo.

7) Presione el botón “▶” y observe la trayectoria durante 30 días y apriete la pausa.

8) Al igual que en 4) mida el área barrida. Llame a esta área: área2.

9) De verificarse la Segunda ley de Kepler el cociente: (área1 / área2) debe ser aproximadamente 1.

PARA CONTINUAR EN CASA:

Investigue sobre la vida de Johannes Kepler y Tycho Brahe.