GUÍA DOCENTE · SIMULACIENCIA

Guía docente: simulación de órbitas y gravitación

Ficha rápida

La simulación reúne cuatro escenarios de mecánica orbital: la bala de cañón de Newton, el Sistema Solar, las leyes de Kepler y las estrellas binarias. Su uso principal es 2.º Bachillerato Física, con aplicaciones en 1.º Bachillerato y en 3.º y 4.º ESO.

Dato	Detalle
Enlace	simulaciencia.es/simulaciones/orbitas/
Cursos	2.º Bachillerato Física (uso principal), 1.º Bachillerato, 4.º ESO, 3.º ESO
Materia	Física y Química; Física de 2.º Bachillerato
Duración orientativa	15–20 minutos de explicación con la simulación proyectada
Material	Proyector o pizarra digital; funciona en navegador, también en móvil y tableta, sin instalar nada. En pantallas estrechas el lienzo pasa arriba y los controles debajo; para explicar es mejor una pantalla grande
Conocimientos previos	Velocidad y fuerza; peso como atracción de la Tierra. En Bachillerato, vectores y energía mecánica
Accesibilidad	Solo tema oscuro. En el modo de Newton hay atajos de teclado: Enter dispara, Espacio pausa y R reinicia

Cómo funciona la simulación

El desplegable de arriba del panel izquierdo elige el modo: «Bala de Cañón de Newton», «Sistema Solar», «Leyes de Kepler» o «Estrellas Binarias». Todos tienen botones «⏸ Pausar» y «↺ Reiniciar» y una fila «Velocidad» que acelera el tiempo.

Modo	Qué controla el docente	Qué muestra
Bala de Cañón de Newton	Deslizador «Velocidad Inicial» de 0,58 a 12,65 km/s (empieza en 6,90 km/s). Botones «Vc ≈ 6,89 km/s» y «Ve ≈ 9,75 km/s», «▶ Disparar» y velocidad 1×, 2×, 4×	La bala sale en horizontal desde una montaña a 2017 km de altura. Deja estela y el panel «Estado Orbital» calcula la trayectoria
Sistema Solar	Clic en un planeta de la lista «Planetas», velocidad 1×, 3×, 8×, 20× y zoom (−, 1:1, +)	Ocho planetas en órbitas circulares. Al elegir uno, la lista da T^2/a^3 y el lienzo muestra a (en AU) y T (en años)
Leyes de Kepler	Botones «1ª Ley», «2ª Ley», «3ª Ley». Deslizadores «Semieje mayor (a)» de 0,40 a 1,30 y «Excentricidad (e)» de 0,00 a 0,90 (empiezan en 1,00 y 0,50)	Un cuerpo en órbita elíptica con el Sol en un foco. Según la ley: radio vector, focos, perihelio y afelio, o el cociente T^2/a^3
Estrellas Binarias	«Estrella 1 (naranja)» y «Estrella 2 (azul)» de 0,5 a 5,0 $M_\odot$ (empiezan en 2,0 y 1,0) y «Separación» de 0,8 a 3,0 (empieza en 1,6)	Dos estrellas en órbita circular en torno al centro de masas (cruz verde «CM»). Abajo, Ec, Ep y E del sistema

Cuatro elementos sostienen la explicación:

- **El panel «Estado Orbital».** Durante el vuelo de la bala da Velocidad, Altitud, Trayectoria, Energía ε, Perigeo, Apogeo, Período y número de órbitas. La trayectoria se clasifica en «Suborbital», «Órbita circular», «Órbita elíptica» o «Vel. de escape».
- **Las marcas Vc y Ve.** El deslizador marca la velocidad circular y la de escape. Los dos botones las fijan con un clic: dejan 6,90 km/s y 9,78 km/s, por el redondeo del deslizador.
- **Los marcadores del dibujo.** En la órbita de la bala, un punto amarillo marca el perigeo y uno azul el apogeo. Un círculo verde discontinuo es la órbita circular de referencia.
- **Las cifras del lienzo.** En Kepler aparecen r, a y T^2/a^3. En binarias, la línea inferior da Ec, Ep y E, que se conserva.

Cada modo tiene una tarjeta desplegable, cerrada al entrar: «Experimento mental de Newton», «Ley de Kepler III ($T^2 \propto a^3$)», «Las 3 Leyes de Kepler» y «Centro de Masa y Sistemas Binarios». Resumen la teoría de cada escenario.

Uso en cada curso

En 3.º ESO la simulación introduce la gravitación universal. En 4.º ESO trabaja el peso, el movimiento circular y la energía mecánica. En 1.º Bachillerato sirve para la fuerza centrípeta y la energía potencial gravitatoria. En 2.º Bachillerato Física cubre el campo gravitatorio y las leyes de Kepler. Los saberes citados son los del currículo LOMLOE de la Comunidad de Madrid.

3.º ESO: introducción a la gravitación

14–15 años · 9th grade en EE. UU. · Year 10 en Reino Unido

Saberes básicos. Bloque D: «Introducción a la Ley de la Gravitación Universal» y «Fenómenos gravitatorios, eléctricos y magnéticos: experimentos sencillos que evidencian la relación con las fuerzas de la naturaleza».

Objetivos. Entender que la gravedad que hace caer los objetos es la misma que mantiene la Luna y los planetas en órbita. Relacionar la velocidad de lanzamiento con la trayectoria. Reconocer que la atracción gravitatoria es mutua.

Secuencia de explicación (15–20 min).

1. Modo Bala de Cañón. Poner el deslizador en 3,45 km/s y pulsar «▶ Disparar». La bala cae a poca distancia y el panel dice «Impacto con la Tierra». Preguntar por qué cae.
2. Subir a 5,75 km/s y disparar. La bala cae mucho más lejos. Preguntar qué pasaría si fuera aún más rápida.
3. Pulsar «Vc ≈ 6,89 km/s» y disparar. La bala da vueltas sin tocar el suelo: «Órbita circular». Explicar que sigue cayendo, pero la Tierra se curva al mismo ritmo.
4. Abrir la tarjeta «Experimento mental de Newton» y leerla. Concluir que la fuerza que hace caer una manzana es la que mantiene un satélite en órbita.
5. Modo Sistema Solar a 1×. Señalar que la Tierra da una vuelta en algo más de 1 s y Neptuno tarda más de 3 min. Cuanto más lejos del Sol, más lenta es la órbita.
6. Cerrar con Estrellas Binarias: las dos estrellas se mueven. La atracción gravitatoria es mutua, no solo «del grande sobre el pequeño».

4.º ESO: peso, movimiento circular y energía mecánica

15–16 años · 10th grade en EE. UU. · Year 11 en Reino Unido

Saberes básicos. Bloque D: «Movimiento circular uniforme» y «Ley de la gravitación universal: atracción entre los cuerpos que componen el universo. Concepto de peso». Bloque E: «Energía cinética y energía potencial. Energía mecánica. Conservación de la energía mecánica».

Objetivos. Identificar el peso como la fuerza que curva la trayectoria de un satélite. Describir una órbita circular como un movimiento circular uniforme. Explicar con la energía mecánica por qué el satélite acelera al acercarse a la Tierra.

Secuencia de explicación (15–20 min).

1. Modo Bala de Cañón con el valor inicial, 6,90 km/s. Disparar. El panel marca «Órbita circular» con velocidad constante y «Período» de 127,9 min. Es un movimiento circular uniforme.
2. Preguntar qué fuerza actúa sobre la bala. Solo su peso. A 2017 km de altura vale $g = 9{,}8 \times (6371 / 8388)^2 \approx 5{,}7$ m/s². No hay «ingravidez» por falta de gravedad.
3. Reiniciar con 8,05 km/s y disparar: «Órbita elíptica». La velocidad baja hasta unos 3,75 km/s en el apogeo (11 642 km de altitud) y vuelve a subir.
4. Señalar que «Energía ε» se queda fija en −15,1 km²/s² durante toda la vuelta. Al subir, la energía cinética se convierte en potencial, y al bajar ocurre lo contrario.
5. Probar 10,35 km/s. La energía sale positiva (+6,1 km²/s²) y el panel termina en «Escape gravitatorio». La bala ya no vuelve.

1.º Bachillerato: fuerza centrípeta y energía potencial gravitatoria

16–17 años · 11th grade en EE. UU. · Year 12 en Reino Unido

Saberes básicos. Bloque D: «Composición de movimientos: tiro horizontal y tiro oblicuo». Bloque E: «La fuerza centrípeta. Dinámica del movimiento circular» y «Leyes de Newton de la dinámica». Bloque F: «Fuerzas conservativas. Energía potencial: gravitatoria y elástica».

Objetivos. Deducir la velocidad orbital igualando el peso a la fuerza centrípeta. Ver el tiro horizontal como caso límite de una órbita. Usar $E_p = -GMm/r$ cuando mgh deja de valer. Introducir la velocidad de escape.

Secuencia de explicación (15–20 min).

1. Modo Bala de Cañón con 0,58 km/s, el mínimo del deslizador. La bala sale en horizontal y describe un arco hasta el suelo, como un tiro horizontal. Explicar que la parábola es la aproximación con g uniforme.
2. Escribir la condición de órbita circular: $GMm/r^2 = mv^2/r$, luego $v = \sqrt{(GM/r)}$. Con $GM = 3{,}986 \cdot 10^5$ km³/s² y r = 8388 km sale 6,89 km/s, el valor del botón «Vc».
3. Pulsar «Vc», disparar y leer el período. Con $T = 2\pi r/v$ sale 7646 s ≈ 127,4 min. El panel da 127,9 min porque el deslizador deja 6,90 km/s.
4. Reiniciar con 8,05 km/s. La energía ε se mantiene en −15,1 km²/s² mientras la altitud cambia en 9600 km. Explicar que con esos cambios de altura mgh no sirve y hay que usar −GMm/r.
5. Pulsar «Ve ≈ 9,75 km/s» y disparar. Mostrar que $Ve = \sqrt{2} \cdot Vc$ y que con energía ε positiva la bala escapa.

2.º Bachillerato Física: campo gravitatorio y leyes de Kepler

17–18 años · 12th grade en EE. UU. · Year 13 en Reino Unido

Saberes básicos. Bloque A: «Movimiento orbital de satélites, planetas y galaxias», «Energía mecánica de un objeto sometido a un campo gravitatorio: deducción del tipo de movimiento que posee, cálculo del trabajo o los balances energéticos existentes en desplazamientos entre distintas posiciones, velocidades y tipos de trayectorias», «Aplicación de la conservación del momento angular al estudio del movimiento de un cuerpo en un campo gravitatorio» y «Leyes de Kepler».

Objetivos. Clasificar las trayectorias por el signo de la energía mecánica. Relacionar la segunda ley de Kepler con la conservación del momento angular. Comprobar la tercera ley y su dependencia de la masa central. Describir un sistema de dos cuerpos en torno a su centro de masas.

Secuencia de explicación (15–20 min).

1. Bala de Cañón con «Vc» (6,90 km/s). El panel da $\varepsilon = -23{,}7$ km²/s², casi $-GM/2r = -23{,}8$ km²/s². Reiniciar con 8,05 km/s: $\varepsilon = -15{,}1$ km²/s² y $a = -GM/2\varepsilon \approx 13\,200$ km. Es la media de las distancias al centro en perigeo y apogeo.
2. Buscar el umbral de escape. Con 9,66 km/s, $\varepsilon = -0{,}8$ km²/s²: el panel indica «Órbita elíptica» con apogeo de unos 464 000 km. Con 9,78 km/s, $\varepsilon = +0{,}3$ km²/s² y la bala escapa.
3. Modo Leyes de Kepler, «1ª Ley». Mover la excentricidad de 0,00 a 0,90. El Sol queda en un foco, el otro foco está vacío. Perihelio $a(1 - e)$ y afelio $a(1 + e)$.
4. «2ª Ley» con e = 0,90 a 1×. El cuerpo pasa por el perihelio 19 veces más rápido que por el afelio, porque $r \cdot v$ se conserva: $(1 + e)/(1 - e) = 19$. El sector amarillo es el área barrida en el último instante: estrecho y largo en el afelio, ancho y corto en el perihelio, con la misma área.
5. «3ª Ley» y mover a de 0,40 a 1,30. T pasa de 1,590 a 9,313, pero T^2/a^3 se queda en $39{,}48 = 4\pi^2/GM$, con GM = 1. Cambiar e: el período no varía.
6. Estrellas Binarias con los valores iniciales. Las estrellas giran en radios 0,53 y 1,07, en razón inversa a sus masas. Abajo se lee Ec = 0,625, Ep = −1,250 y E = −0,625. En órbita circular $Ec = -E = -Ep/2$.

Concepciones alternativas que ayuda a corregir

La simulación ataca sobre todo la idea de que en órbita no hay gravedad y la imagen de órbitas muy alargadas a velocidad constante. Cada fila indica la idea previa frecuente y cómo desmontarla con la simulación.

Idea del alumnado	Idea correcta	Cómo mostrarlo
«En órbita no hay gravedad»	El satélite está en caída libre continua; a 2017 km de altura g aún vale unos 5,7 m/s²	Bala de Cañón con «Vc»: la bala cae siempre hacia la Tierra, pero nunca llega al suelo
«Para seguir en órbita hace falta una fuerza hacia delante»	Solo actúa la gravedad, dirigida al centro; la velocidad tangente se mantiene por inercia	Bala de Cañón con «Vc»: la flecha de la velocidad es tangente y no hay motor. La bala da vueltas sin parar
«Si se lanza más rápido, cae más lejos pero siempre acaba cayendo»	Por encima de un umbral la bala orbita, y con energía positiva escapa	Bala de Cañón con 5,75 km/s (impacto), 6,90 km/s (órbita) y 10,35 km/s (escape)
«Las órbitas de los planetas son elipses muy alargadas»	Casi todas son casi circulares; la de la Tierra tiene $e \approx 0{,}017$	Leyes de Kepler, «1ª Ley», con e = 0,02: el radio vector r solo varía entre 0,98 y 1,02
«El Sol está en el centro de la órbita»	El Sol ocupa uno de los focos; el centro de la elipse está vacío	«1ª Ley» con e = 0,50: el Sol está en un foco y el otro foco se ve vacío

Idea del alumnado	Idea correcta	Cómo mostrarlo
«Un planeta va siempre a la misma velocidad»	Va más rápido cerca del Sol y más lento lejos	«2ª Ley» con e = 0,90 a 1×: el cuerpo pasa por el perihelio 19 veces más rápido que por el afelio
«En una pareja de estrellas la grande está quieta y la pequeña gira»	Las dos giran en torno al centro de masas	Binarias con 2,0 y 1,0 M☉: radios 0,53 y 1,07. Con 5,0 y 0,5 M☉ la grande apenas se mueve, como el Sol

Simplificaciones que conviene conocer

La simulación prioriza que se vean las ideas clave y para ello comprime escalas y usa unidades normalizadas. Conviene conocer estas licencias para no reforzar ideas incorrectas sin querer.

1. **Una montaña de 2017 km.** La Tierra mide 120 px a 53,1 km/px y la montaña 38 px. Así la bala sale a 8388 km del centro. No hay atmósfera, rozamiento ni rotación terrestre. Conviene decirlo: un cañón real a ras de suelo necesitaría unos 7,9 km/s.
2. **«Órbita circular» con margen.** Antes de disparar, la etiqueta del deslizador dice «Suborbital» por debajo de la velocidad mínima que evita el choque (unos 6,40 km/s), «Vel. de escape» desde la velocidad de escape exacta y «Órbita circular» entre 0,97·Vc y 1,03·Vc, aunque esas órbitas son ligeramente elípticas. El panel «Estado Orbital» da la clasificación exacta durante el vuelo.
3. **Tiempo acelerado.** A 1× cada segundo real son 1500 s de vuelo. La órbita circular de 127,9 min dura unos 5 s en pantalla.
4. **Sistema Solar con distancias comprimidas en el dibujo.** Las órbitas son circulares y uniformes. Mercurio, Venus, Tierra y Marte se dibujan a su distancia real; Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, a 3,20, 4,40, 5,50 y 6,50 UA en vez de 5,20, 9,54, 19,19 y 30,07, para que quepan. La tarjeta de Kepler lo avisa.
5. **Los datos sí son reales.** La lista y la etiqueta del planeta usan el semieje y el período reales, así que T^2/a^3 da entre 0,999 y 1,001 para los ocho planetas. La tercera ley se puede comprobar con todos, pero no midiendo distancias en la pantalla.
6. **Saltos a velocidades altas.** En el Sistema Solar, a 20× cada fotograma avanza 0,27 años. Mercurio da más de una vuelta por fotograma y parece moverse despacio o al revés. En Kepler con e = 0,90 conviene usar 1×, porque el cuerpo salta en el perihelio.
7. **Kepler en unidades normalizadas.** GM vale 1, así que T^2/a^3 sale 39,48 ($4\pi^2$), no 1 como con años y UA. El Sol está fijo, como si tuviera masa infinita. El sombreado de la «2ª Ley» es el área barrida en los últimos 40 fotogramas, la misma en toda la órbita; no se puede comparar con un sector de otra vuelta porque solo se ve el último.
8. **Binarias solo circulares y sin unidades reales.** Cada cambio de deslizador reinicia una órbita circular; no hay binarias excéntricas. Las masas dicen M☉, pero G vale 1 y separación y energías no tienen unidades. El tamaño de las estrellas crece con la masa sin escala real.
9. **La estrella ligera puede salirse.** Con separación 3,0 y masas 5,0 y 0,5 M☉, la ligera gira a 2,73 unidades del centro de masas. La pantalla solo muestra unas 2,27 unidades hacia cada lado. Para proyectar, reducir la separación o acercar las dos masas.

Ficha de actividades del alumnado

La ficha de actividades sigue el esquema predice, observa y explica. Cada actividad enlaza a la simulación ya preparada, así que funciona en el aula de informática, con tabletas o como tarea en casa. Se descarga en Word y LibreOffice para adaptarla.

Curso	Actividades	Duración orientativa
3.º ESO	Antes de empezar, actividades 1, 2, 4 y 6, problemas 1 y 4 de Aplica lo aprendido y Autoevaluación	Una sesión de 50–55 minutos
4.º ESO	Ficha completa salvo Para ampliar	Una sesión, o dos si se hacen en clase los problemas
1.º Bachillerato	Actividades 2 y 3, problema 3 y apartados 1 y 2 de Para ampliar	Una sesión
2.º Bachillerato Física	Actividades 3, 5 y 6 y Para ampliar completo	Una sesión

La tabla de «Antes de empezar» recoge seis ideas previas sobre la gravitación. Conviene no corregirla al principio: el alumnado vuelve a ella en «Revisa tus ideas». Los datos del panel «Estado Orbital» oscilan unas centésimas durante la vuelta porque la simulación integra el movimiento paso a paso.

Soluciones

Apartado	Solución
Antes de empezar	Todas falsas. a) Hay gravedad: la Estación cae continuamente hacia la Tierra, igual que los astronautas (actividad 2). b) Solo actúa la gravedad; la velocidad se mantiene por inercia (actividad 2). c) Por encima de cierta velocidad la bala orbita, y más deprisa escapa (actividades 1 y 3). d) El Sol está en un foco de la elipse (actividad 5). e) Va más rápido cerca del Sol (actividad 5). f) Las dos giran alrededor del centro de masas (actividad 6)
Actividad 1	3,45 km/s: llega al suelo cerca, «Impacto con la Tierra». 5,75 km/s: llega al suelo mucho más lejos, también impacto. 6,90 km/s: no llega, «Órbita circular». Cae porque la Tierra la atrae (su peso). En órbita sigue cayendo hacia la Tierra, pero avanza tan deprisa que el suelo se curva al mismo ritmo y nunca lo alcanza
Actividad 2	Velocidad entre 6,87 y 6,90 km/s, altitud entre 2017 y 2060 km, período 127,9 min; el número de órbitas aumenta. Es un movimiento circular uniforme: cambia la dirección de la velocidad, no su valor. Solo actúa el peso, dirigido hacia el centro de la Tierra; no hay ninguna fuerza hacia delante
Actividad 3	8,05 km/s: «Órbita elíptica»; 8,05 km/s en el perigeo (2017 km) y unos 3,75 km/s en el apogeo (11 643 km); $\varepsilon = -15{,}1\ \text{km}^2/\text{s}^2$ siempre; período 251,6 min. 10,35 km/s: «Vel. de escape» y luego «Escape gravitatorio»; $\varepsilon = +6{,}1\ \text{km}^2/\text{s}^2$. Va más rápida cerca de la Tierra: al alejarse, la energía cinética se transforma en potencial, y al acercarse al revés, con la energía mecánica constante. Con ε positiva la bala tiene energía suficiente para alejarse indefinidamente
Actividad 4	Mercurio: 0,387 AU, 0,241 años. Tierra: 1,000 y 1,000. Marte: 1,524 y 1,881. Júpiter: 5,203 y 11,86. Neptuno: 30,07 y 164,8. $T^2/a^3 \approx 1{,}00$ en todos (entre 0,999 y 1,002). Cuanto más lejos está el planeta, más tarda en dar la vuelta (recorre más camino y más despacio). T^2/a^3 es igual para todos los planetas del Sistema Solar: tercera ley de Kepler
Actividad 5	e = 0: circunferencia, el Sol en el centro. e = 0,50: elipse; el Sol está en un foco y el otro foco está vacío. e = 0,90: elipse muy alargada. En la 2.ª ley el planeta va mucho más rápido cerca del Sol (perihelio) que lejos (afelio); el área barrida es estrecha y larga lejos del Sol y ancha y corta cerca, pero vale lo mismo en tiempos iguales. Con e = 0,02 la órbita es casi una circunferencia: dibujarla muy estirada da una idea falsa

Apartado	Solución
Actividad 6	2,0 y 1,0: la estrella 2 (menor masa) hace la órbita más grande, el doble que la 1; el CM está más cerca de la estrella 1. 3,0 y 3,0: órbitas iguales, CM en el punto medio. 5,0 y 0,5: la estrella 2 hace casi toda la órbita; la 1 casi no se mueve y el CM está casi en ella. Las fuerzas gravitatorias son una pareja de acción y reacción: las dos estrellas se atraen con la misma fuerza. El Sol tiene tanta masa que el CM del sistema Sol-Tierra está dentro del Sol
Aplica lo aprendido	1) $P = m \cdot g$: 70 kg · 9,8 m/s² = 686 N en la superficie; 70 kg · 8,7 m/s² ≈ 609 N en la Estación. Sí pesa; flota porque él y la Estación caen juntos. 2) $a^3 = T^2 = 64$, a = 4 AU. 3) $v = 2\pi r / T = 2\pi \cdot 8388$ km / (128 · 60 s) ≈ 6,86 km/s, muy cerca de los 6,90 km/s del panel. 4) La Luna cae continuamente hacia la Tierra, pero su velocidad tangente hace que nunca llegue: está en órbita
Para ampliar	1) $v = \sqrt{(GM/r)} = \sqrt{(3{,}986 \cdot 10^5 / 8388)} \approx 6{,}89$ km/s, el valor de «Vc». 2) $\sqrt{2} \cdot 6{,}89 \approx 9{,}75$ km/s, el valor de «Ve». Con 9,66 km/s, ε ≈ −0,8 km²/s² (órbita elíptica muy alargada); con 9,78 km/s, ε ≈ +0,3 km²/s² (escapa). 3) T pasa de 1,590 (a = 0,40) a 9,313 (a = 1,30) y T^2/a^3 se mantiene en $39{,}48 = 4\pi^2/GM$. El período no depende de la excentricidad, solo del semieje mayor

Juan Ramón Grijota · SimulaCiencia. Guía publicada bajo licencia CC BY-SA 4.0: puedes adaptarla y compartirla citando la autoría y con la misma licencia. Versión actualizada y simulación en simulaciencia.es/guias/orbitas/.