

Campo Gravitatorio (2º Bachillerato)

Presentación de la unidad



Dice la leyenda que la caída de una manzana inspiró a Newton, repentinamente, la Teoría de la gravitación. Nada más falso.

El penoso desarrollo de la Física moderna en el siglo XVII, muchas veces obstaculizado por prejuicios e intereses de todo tipo, culmina en la Teoría de la Gravitación después de un largo camino.

Se trata del primer cuerpo de la teoría física desarrollado tal como se concibe hoy en día, por lo que su estudio tiene un interés especial.

Además, el Principio de Gravitación Universal ha abierto el camino a la comprensión humana del Cosmos en que vivimos.

Pulsa [avanzar](#) para ver los objetivos concretos que nos proponemos.

Objetivos

- Entender el proceso que llevó a establecer el Principio de Gravitación Universal y su relación con las leyes empíricas de Kepler.
- Explicar la importancia del principio de gravitación para estudiar los movimientos de los astros del Sistema Solar y de los satélites artificiales, así como las mareas.
- Aprender los conceptos de intensidad de campo y energía potencial gravitatoria.
- Comprender cómo fenómenos locales como la rotación terrestre pueden alterar nuestra percepción de la gravedad.
- Poder realizar predicciones sobre valores de la intensidad de campo, datos orbitales de satélites o energía en fenómenos gravitatorios, siempre para casos sencillos.

La caída de los cuerpos

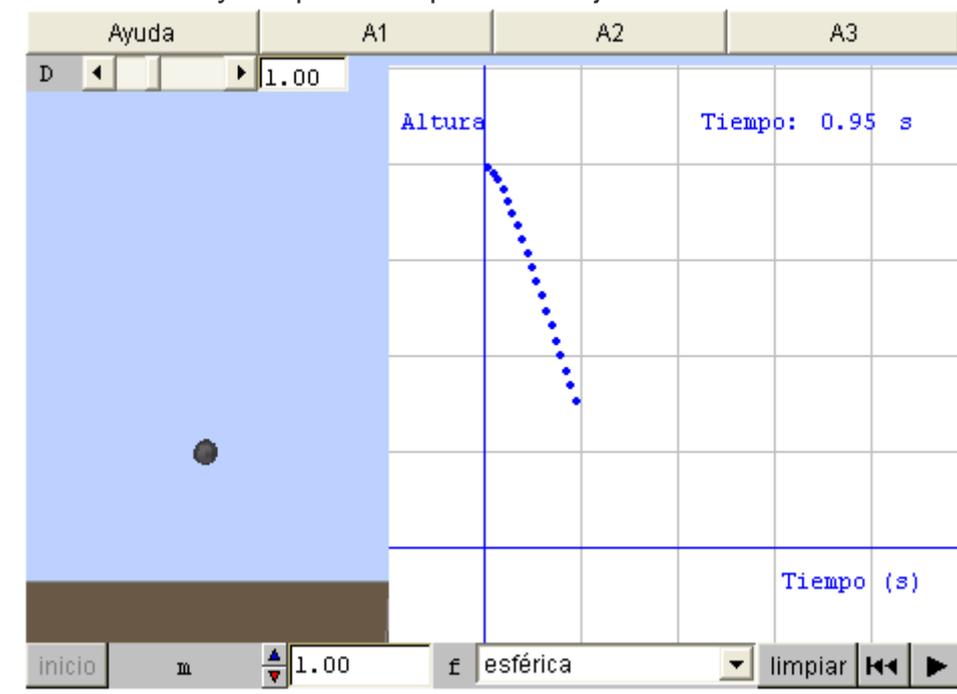
Deja caer



Haz que caiga la manzana de la figura. El estudio de este tipo de movimiento por **Galileo** está en el origen de la idea newtoniana de que la Tierra atrae a todos los cuerpos hacia ella.

Galileo supo incluso tener en cuenta el problema de la resistencia del aire. Pulsa el botón [avanzar](#) para intentar imitar su tarea.

Pulsa el botón de ayuda para comprender mejor la escena



Ayuda: En esta escena se estudia la caída hasta el suelo de un cuerpo desde 4 m. de altura. Es posible alterar la forma y masa del cuerpo, así como la densidad del aire. Las actividades A1, A2 y A3 te ayudan a sacar partido de la escena.

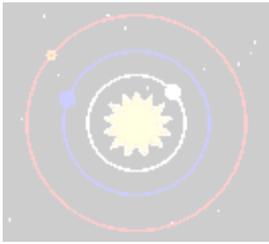
A1: Deja caer cuerpos de diferentes formas en aire de densidad normal. ¿Cual llega antes al suelo?. Formula una hipótesis que explique el porqué de este resultado.

A2: Para un cuerpo dado, ve disminuyendo la densidad del aire y anotando los tiempos de caída. ¿En qué caso se obtiene mayor rapidez de caída?.

Cambia ahora masas y formas del cuerpo. ¿Qué observas en todos los casos?

A3: Para un cuerpo dado, ve disminuyendo la densidad del aire y anotando los tiempos de caída. ¿En qué caso se obtiene mayor rapidez de caída?. Cambia ahora masas y formas del cuerpo. ¿Qué observas en todos los casos?

Dos concepciones del Universo

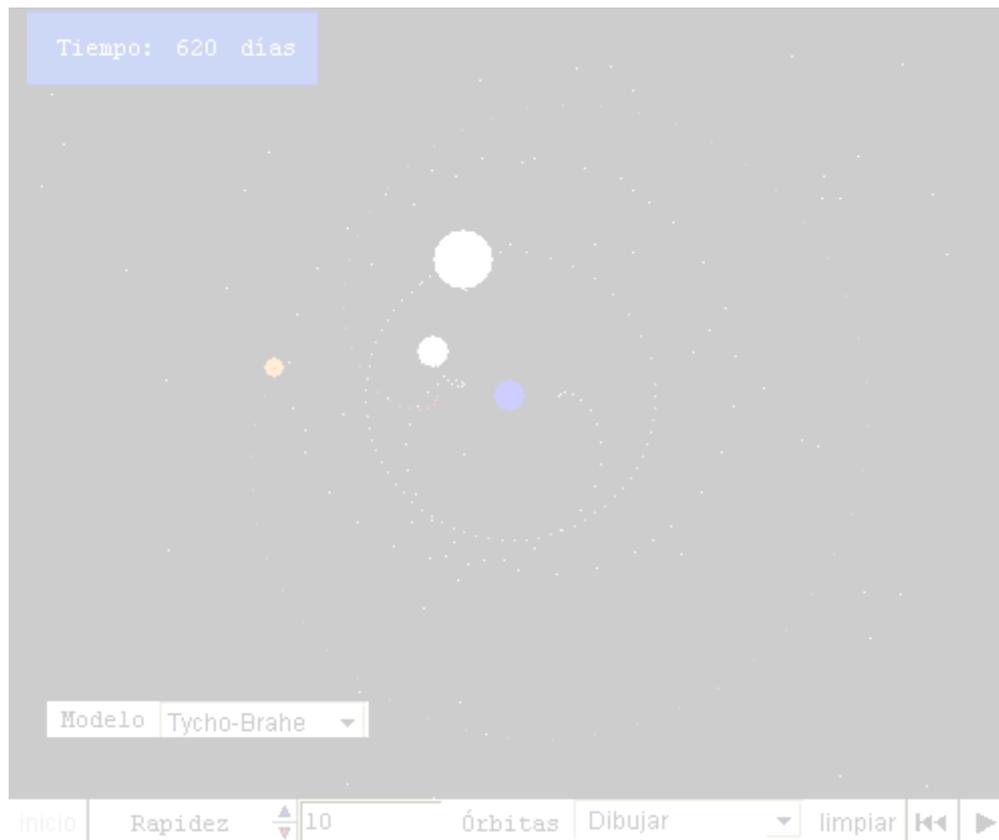


En nuestros días, la idea de un Sol con una corte de planetas, asteroides y cometas girando a su alrededor nos es muy familiar. Sin embargo, llegar a ese conocimiento no fue una tarea sencilla.

Durante mucho tiempo hubo **dos concepciones** opuestas de nuestra sección del Universo: **la geocéntrica y la heliocéntrica**.

La disputa entre los dos sistemas fue dura y teñida de intereses ideológicos. En la escena siguiente podemos ver dos versiones de ambos, tal como se entendían en los albores del siglo XVII.

Pulsa el botón [avanzar](#) para poder estudiarlas.

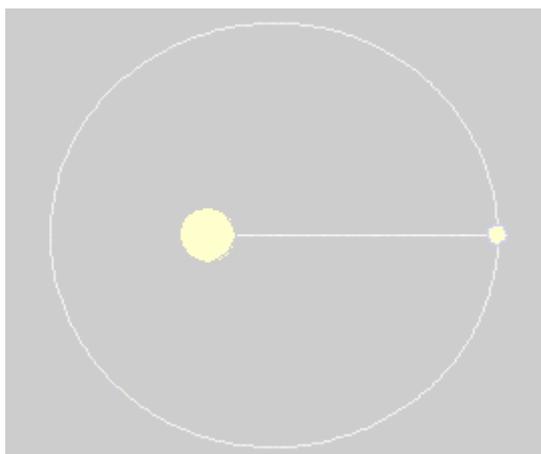


A1: Elige el modelo de Copérnico y vigila la simulación. ¿Alrededor de quién giran los planetas? ¿Qué planetas se mueven más rápidos?

A2: Elige el modelo de Tycho Brahe. Al elegir este modelo observamos el movimiento del Sistema Solar tal como se aprecia desde nuestro planeta, ya que a nosotros nos parece que estamos en reposo. ¿Qué observas respecto al movimiento del Sol? ¿Y respecto al de los planetas?

A3: Observa detenidamente la órbita completa de Marte con el modelo de Copérnico primero y después con el de Tycho Brahe. ¿Percibes alguna diferencia en el comportamiento de la velocidad del planeta entre ambos modelos? ¿Puedes explicar el motivo de esta diferencia?.

Las leyes de Kepler

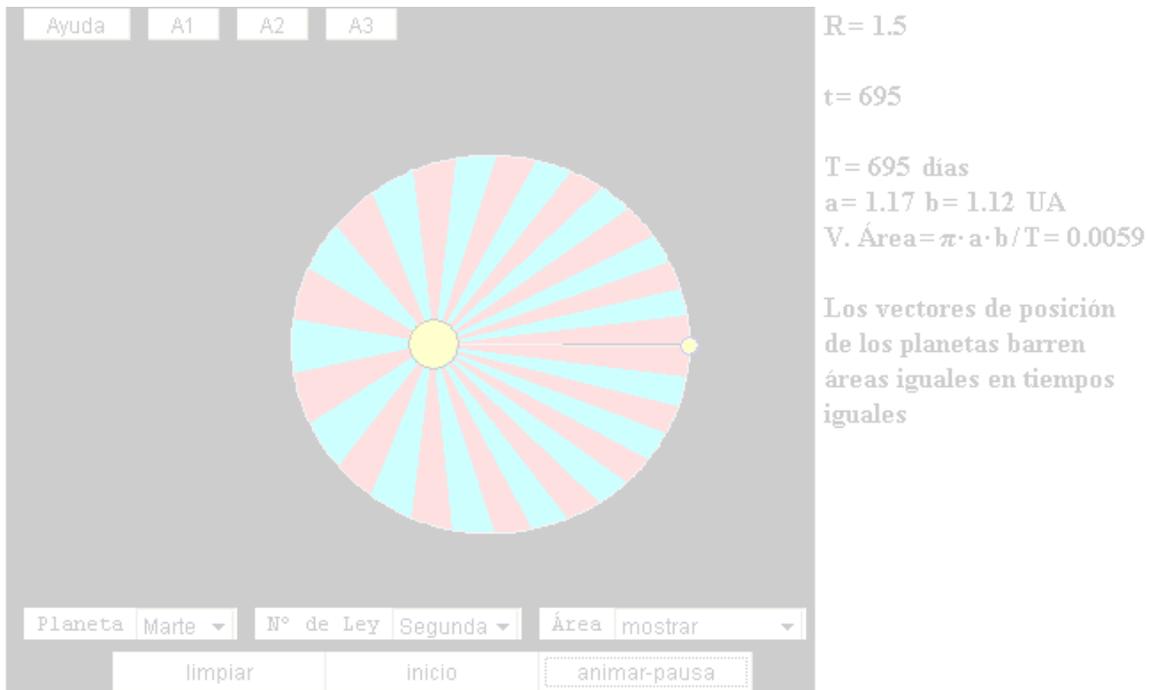


Tras la victoria de la teoría heliocéntrica aún quedaba otro prejuicio por vencer.

Copérnico y Galileo asumían que las órbitas de los planetas debían ser circulares, porque los círculos son figuras "perfectas".

Kepler, basándose tanto en sus datos de observación como en los de su maestro de Astronomía, **Tycho Brahe**, el último geocéntrico, venció también el prejuicio de la "perfección circular".

El botón [avanzar](#) te permite llegar a una escena donde podemos comprender sus descubrimientos.



Ayuda: Podemos ver las órbitas de los planetas Mercurio, Venus y Marte. Las distancias iniciales y los periodos son correctos, aunque hemos exagerado el carácter elíptico de sus órbitas para una fácil comprensión de las leyes de Kepler. El usuario elige qué ley desea que se le muestre tras oprimir el botón de animación. También puede, si lo desea, ver en color el área barrida por el vector de posición del planeta cada 540 horas (22,5 días). Los botones A1, A2 y A3 nos permiten guiar nuestra exploración

A1: Elige la primera ley en el control correspondiente. Pulsa el botón animar, observa el recorrido del planeta y anota los datos que te da la escena al final del recorrido. Pulsa después el botón inicio y repite la observación para los otros planetas. ¿Qué significa cada uno de los datos que te muestra la escena al final de las órbitas?

A2: Elige la segunda ley y la opción Área-mostrar. Al animar la escena verás el área barrida en tiempos iguales por el vector de posición. Observa cómo la velocidad del planeta compensa las diferentes distancias a lo largo de la órbita. ¿Qué significa la velocidad areolar que la escena te muestra al final?

A3: Elige la tercera ley de Kepler. Anima la escena y anota los datos finales. Pulsa el botón inicio y repite la observación con los otros planetas. ¿Qué observas de común en todos los casos?

Conclusiones sobre antecedentes históricos de la gravitación

La ley de caída de los cuerpos Todos los cuerpos, cuando se puede despreciar la resistencia del aire, caen hacia la tierra con una misma aceleración $g=9,8 \text{ m/s}^2$

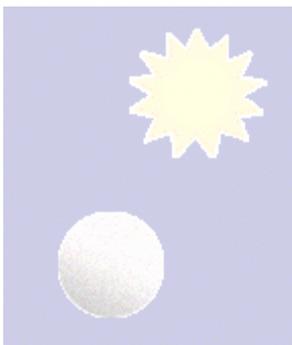
Leyes de Kepler

1ª.- Los planetas giran en torno al Sol en órbitas planas elípticas, con el Sol en uno de los focos.

2ª.- Los vectores de posición de los planetas en torno al Sol barren áreas iguales en tiempos iguales.

3ª.- Los cuadrados de los tiempos de revolución son proporcionales a los cubos de los semiejes mayores de las órbitas

El principio de gravitación universal



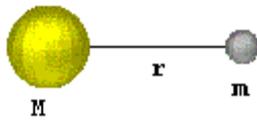
La caída acelerada de los cuerpos hacia la Tierra llevó a **Newton** a suponer que nuestro planeta atraía a todos los cuerpos que lo rodean hacia su centro.

Las leyes de **Kepler** sobre las órbitas planetarias le convencieron de que el Sol atraía, por su parte a todos los planetas.

La genialidad de Newton estuvo en extraer entonces una norma general. **El principio de Gravitación Universal**

Pulsa [avanzar](#) para ver el enunciado del principio y algunas reflexiones importantes en torno a él.

Enunciado y primeras consecuencias del principio de Gravitación Universal de Newton



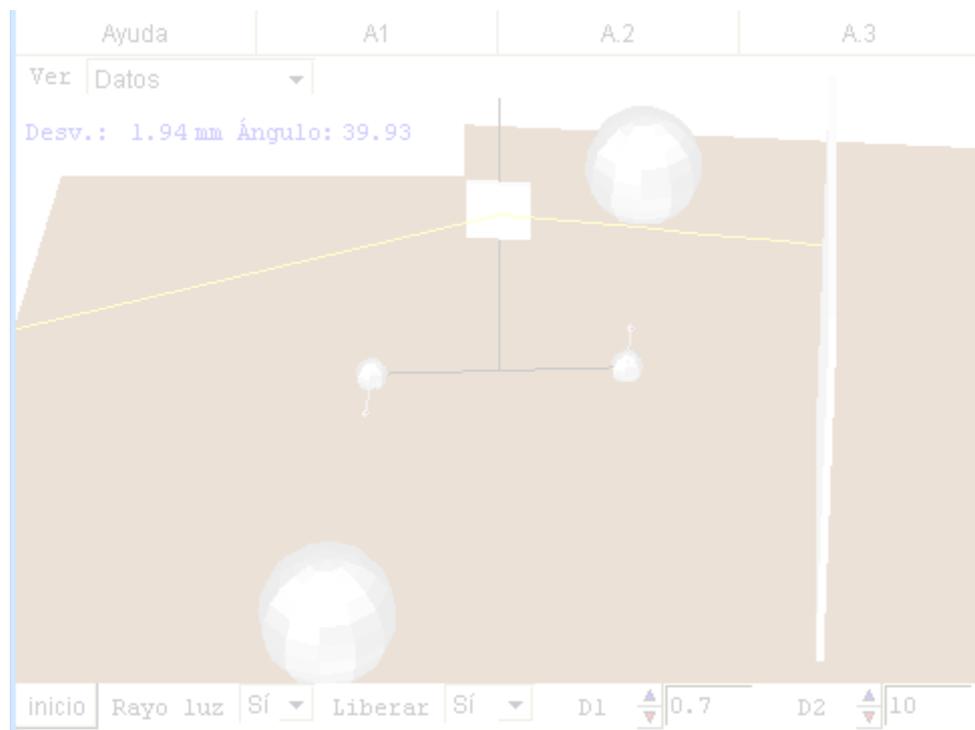
La ley de la imagen adjunta mide la fuerza de atracción **F** entre un astro de masa **M** y otro de masa **m**, cuando una distancia **r** separa los centros de ambos.

$$F = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$$

La constante universal **G** fue medida posteriormente por **Cavendish**. Pulsa **Medida de G** para ver cómo lo hizo

Es notable que, al tratarse de una fuerza mutua, los dos astros se mueven en torno a su centro de masas común, aunque, cuando uno es muy grande comparado con el otro, este hecho no se perciba.

Pulsa **Fuerza Mutua** y cambia las masas de los astros para comprobar esta afirmación.

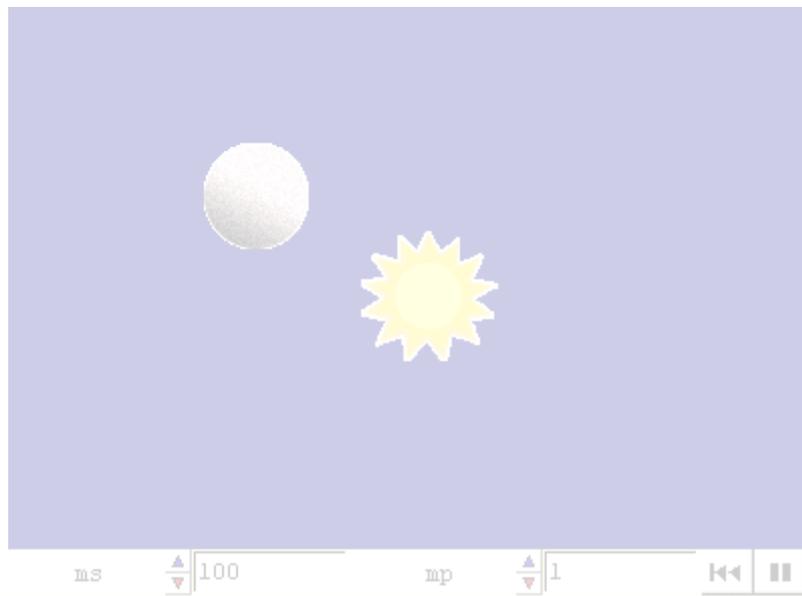


Ayuda: Masas grandes: 158 kg; masas pequeñas: 0,75kg. Longitud de la varilla: 1,8 m. Módulo de torsión: 0,0003 N·m. Pinchar con el botón derecho en cada control para ver su significado. Aviso: los movimientos dentro de la escena se han exagerado con propósito didáctico.

A1: Activa el rayo de luz y libera el sistema. Explica por qué se mueven las pesas y se modifica el rayo luminoso. Puedes girar horizontalmente el sistema para verlo mejor. Varía D1 y D2. Observa y anota cómo influyen estos cambios en los resultados. ¿Puedes explicar esta influencia?

A2: Busca en tu texto cómo se utilizó este experimento para medir G. En Ayuda tienes los datos que necesitas para obtener sucesivamente el momento del par, la fuerza y G. Comprueba tus resultados con el menú ver.

A3: Toma uno de los valores medidos de la desviación del rayo. Ten en cuenta que Cavendish no podía medir este dato con más precisión de 0,2 mm. Adoptando el mayor y el menor valor posible de la desviación con este margen de error, repite el cálculo de G. ¿Cuál es el margen de error de G? ¿Cómo podrías disminuir tal margen?



El principio de superposición

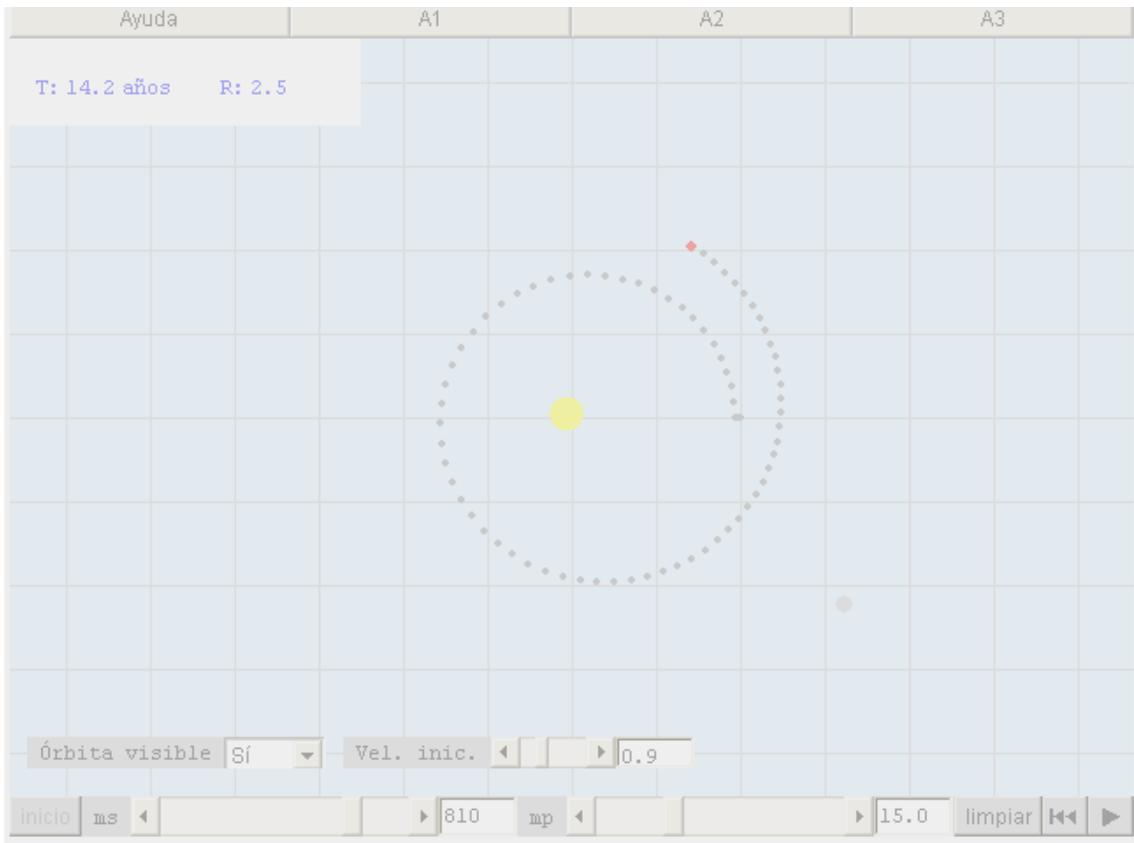


El enunciado de Newton de la **ley de Gravitación Universal** se refiere a dos cuerpos.

Quando hablamos de sistemas de más de dos cuerpos, hay que tener en cuenta el **principio de superposición**: *La fuerza que ejerce un cuerpo sobre otro es independiente de la que ejercen los demás.*

En un conjunto como el Sistema Solar, con un astro que acapara casi toda la masa, es posible despreciar, en muchos casos, las fuerzas entre planetas.

Pulsa [avanzar](#) para estudiar cómo no siempre se puede despreciar esta fuerza. En la escena observaremos un asteroide de masa pequeña moviéndose entre el Sol y un gran planeta (Júpiter, por ejemplo)



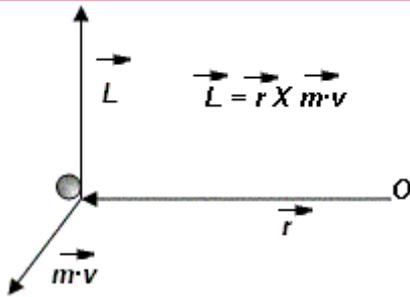
Ayuda: Un planeta, que podemos imaginar similar a Júpiter, da vueltas alrededor del Sol. Un asteroide de masa despreciable (el punto rojo) tiene una órbita entre ambos. El centro de la escena es exactamente el centro de masas. Puedes alterar la velocidad inicial del asteroide, así como la masa del planeta y del Sol. También puedes elegir si quieres ver la órbita del asteroide o no. El programa te informa sobre la sustancia al Sol (la unidad es el radio orbital de Júpiter) y el tiempo transcurrido. El botón limpiar te permite borrar la órbita ya trazada. Es conveniente apretar el botón inicio antes de cambiar los datos de velocidad y masas; de lo contrario los resultados son poco fiables.

A1: Manteniendo la masa del planeta nula, haz que el asteroide trace sus órbitas con diferentes tipos de elipticidad. ¿Hay algún valor de la velocidad inicial para el que el asteroide se estrelle con el planeta?

A2: Asigna a la masa del planeta 10 ó 12 unidades, manteniendo la velocidad del asteroide en 1. ¿En qué se nota la perturbación que ejerce ahora el planeta?

A3: Haz que la masa del planeta tome valores cada vez más grandes y la del Sol más pequeños. ¿Qué observas en la estabilidad de la órbita del satélite? ¿Qué notas de particular en la posición del Sol?

Momento angular y fuerza central



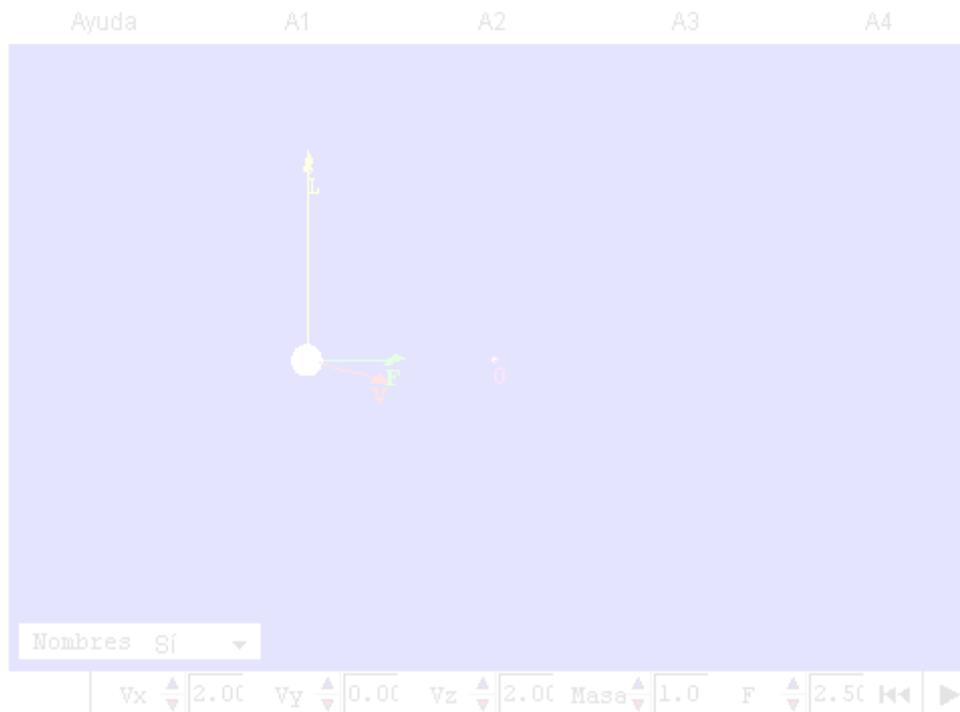
La ley de gravitación de Newton está diseñada para que se cumpla la 3ª ley de Kepler.

Las otras dos leyes de Kepler tienen que ver con el concepto de **momento angular** y de **fuerza central**.

El momento angular L de una partícula respecto a O es el producto vectorial del vector de posición r por el momento lineal $m \cdot v$.

La variación de L depende del momento de la fuerza aplicada a la partícula. **Si se trata de una fuerza central su momento respecto al centro es 0 y el momento angular se conserva.**

Pulsa [avanzar](#) para ver la importancia de esta afirmación



Ayuda: Haz que la masa del planeta tome valores cada vez más grandes y la del Sol más pequeños. ¿Qué observas en la estabilidad de la órbita del satélite? ¿Qué notas de particular en la posición del Sol?

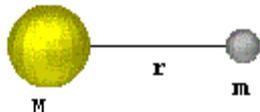
A1: Deja a cero el valor de la fuerza y pulsa el botón de movimiento. ¿Cómo se mueve la partícula?. ¿Cómo se conservan todo el tiempo los vectores velocidad y momento angular?

A2: Haz que la fuerza aplicada ascienda a 5 N antes de comenzar el movimiento. ¿Cómo se mueve la partícula? ¿Cómo varían los vectores velocidad, fuerza y momento angular?

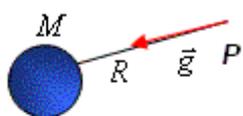
A3: Varía las componentes de velocidad de la partícula de forma que inicialmente se dirija hacia arriba. ¿Qué ocurre con el vector momento angular?(puedes arrastrar la pantalla de forma que veas mejor los vectores). ¿Y si aumentamos la masa? Aplica ahora una fuerza de 5 N y comienza el movimiento. ¿En qué ha influido el aumento de masa?

A4: Compara el movimiento de la partícula y compáralo con el movimiento de un planeta en torno al Sol. ¿Ves la similitud? En el caso del movimiento planetario, ¿cuál es la fuerza central?

Conclusiones sobre el principio de gravitación universal.

<p>Enunciado de Newton</p>	 $F = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$	<p>F es la fuerza de atracción.</p> <p>M y m las masas de los cuerpos, situados a una distancia r.</p> <p>G es la constante universal medida por Cavendish</p>
<p>Principio de superposición</p>	<p>Quando hablamos de sistemas de más de dos cuerpos,: La fuerza que ejerce un cuerpo sobre otro es independiente de la que ejercen los demás.</p>	
<p>Momento angular y fuerzas centrales</p>	<p>El momento angular L de una partícula respecto a un punto es el producto vectorial del vector de posición por el momento lineal . Si sobre la partícula sólo actúan fuerzas centrales, el momento angular es constante.</p>	

Concepto de intensidad de campo



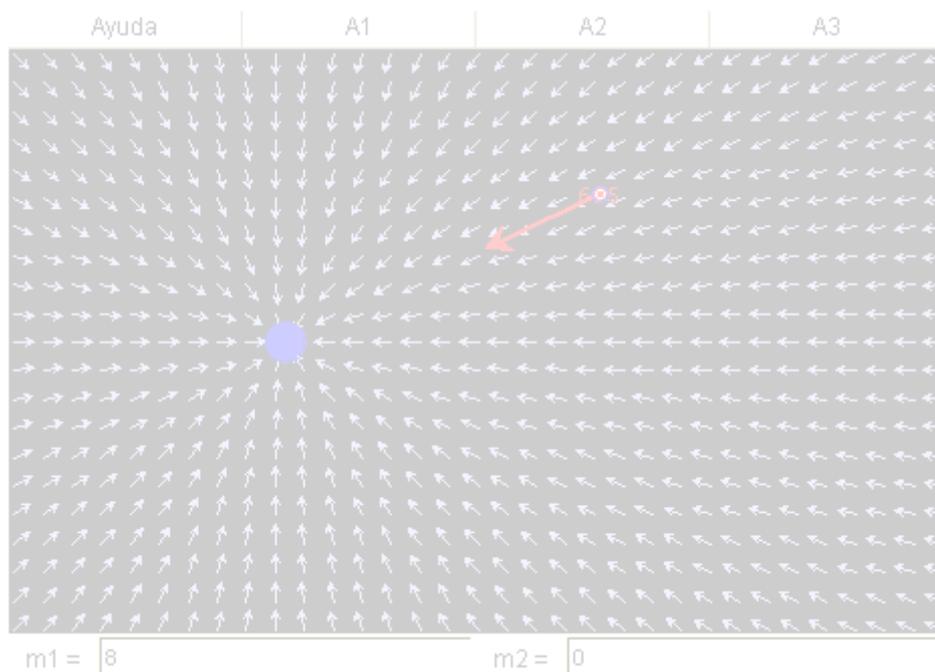
En la Física moderna interpretamos el campo gravitatorio como una alteración de las propiedades del espacio alrededor de los cuerpos.

$$\vec{g} = G \cdot \frac{M}{R^2} \cdot \vec{u}$$

Esta alteración se mide por medio de la **intensidad de campo**, definida como **la fuerza que experimenta la unidad de masa en un punto del campo**. Así la intensidad de la gravedad cerca de la superficie de la Tierra vale aproximadamente 9,8N/kg y es un vector dirigido hacia el centro de la Tierra

El vector **g** de la figura nos mide la intensidad de la gravedad que crea un cuerpo de masa **M** en un punto exterior **P** a distancia **R**. El vector unitario **u** indica la dirección de la intensidad.

Pulsando [avanzar](#) podrás ver gráficamente el campo creado por un cuerpo y el efecto de superposición que se produce cuando hay más de un cuerpo..



Ayuda: El usuario introduce a mano las masas de uno o los dos cuerpos m_1 y m_2 . En estas masas consideramos Tierra=1. El programa proporciona flechas que indican la dirección del campo, fuera de los dos astros. El usuario puede mover el control rojo por el campo y el programa le señala el vector intensidad y su valor en N/kg.

A1: Da un valor mayor que cero a m_1 . Inmediatamente aparece la descripción gráfica del campo. Observa la dirección de los vectores intensidad de campo. ¿Podrías trazar las líneas de fuerza?

A2: Da valores parecidos y mayores que cero a m_1 y m_2 . Observa ahora la dirección de los vectores intensidad. ¿Cómo serían ahora las líneas de fuerza? Repite la experiencia para valores muy diferentes de m_1 y m_2 .

A3: Tras dar valores mayores que cero a m_1 y m_2 , mueve el control rojo. ¿Qué observas en el valor de la intensidad de campo? ¿Eres capaz de predecir algún punto donde el campo sea nulo?

Variaciones locales de la gravedad

La expresión conocida de la intensidad gravitatoria sólo es útil en el exterior del planeta. En el interior del mismo se puede demostrar, con ayuda del Teorema de **Gauss**, que la **intensidad de campo depende únicamente de la masa terrestre más cercana al centro planetario** que el punto de medición.

Pulsa ***g planetaria*** para estudiar la gravedad dentro y fuera de un planeta.



Además, en la superficie de un planeta en rotación, también hay que tener en cuenta la **modificación aparente que produce la fuerza centrífuga** debida a la rotación.

Pulsa ***g aparente*** para comprobar su efecto



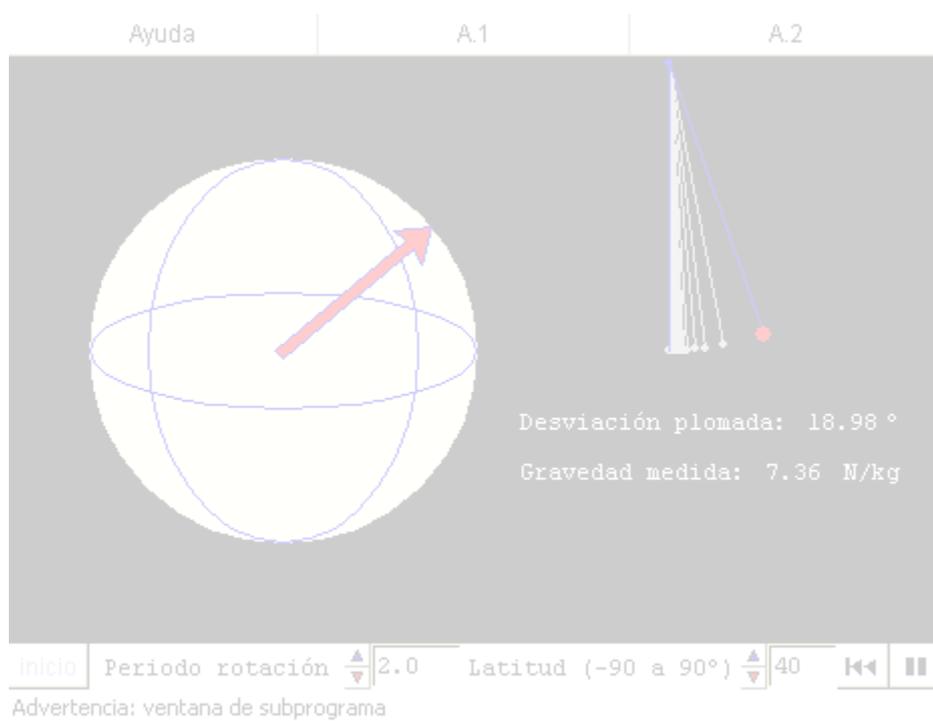
Ayuda: Estudiamos la gravedad dentro y fuera de un planeta. Los datos de partida son los de la Tierra. Arrastrando el punto blanco con el ratón, ves el valor de la intensidad de campo en la zona señalada. A la derecha vemos la representación gráfica de los distintos valores obtenidos.

Es recomendable pulsar botón limpiar para borrar esta gráfica cada vez que alteramos la masa o el radio del planeta.

A1: Sin variar la posición del punto de medida (en la superficie del planeta), ni el radio del mismo, anota el valor de g para diversos valores de la masa. ¿Qué relación observas entre las dos magnitudes?.

A2: Siempre sin cambiar el punto de medida, da valores menores que uno al radio planetario. ¿Qué ocurre con la intensidad de la gravedad? ¿Y si damos al radio del planeta valores mayores que uno? Trata de plantear una hipótesis que te explique estos resultados.

A3: Siempre sin cambiar el punto de medida, da valores menores que uno al radio planetario. ¿Qué ocurre con la intensidad de la gravedad? ¿Y si damos al radio del planeta valores mayores que uno? Trata de plantear una hipótesis que te explique estos resultados.



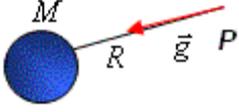
Ayuda: En esta escena observaremos cómo influye la rotación de la Tierra en el valor medido de la gravedad local. Se puede alterar tanto la latitud del punto de observación como la velocidad de rotación del planeta. La plomada que vemos a la derecha debemos imaginarla suspendida en el punto de observación sobre el planeta.

A1: Ve variando la latitud de la observación y observa cómo cambian la intensidad de la gravedad y la inclinación de la plomada. ¿En qué puntos no

hay desviación de la plomada?. Trata de explicar tus observaciones con ayuda del concepto de fuerza centrífuga.

A2: Restaura los datos iniciales. Arrastra el punto de medida por diversas partes de la escena. ¿Hacia dónde apunta siempre el vector g ? ¿Cómo varía cuando nos movemos en puntos situados fuera del planeta? ¿Y cuando lo hacemos por puntos del interior?

Conclusiones sobre intensidad de campo

 $\vec{g} = G \cdot \frac{M}{R^2} \cdot \vec{u}$	<p>Intensidad de campo es la fuerza que experimenta la unidad de masa en un punto del campo.</p> <p>El vector g de la figura nos mide la intensidad de la gravedad que crea un cuerpo de masa M en un punto exterior P a distancia R. El vector unitario u indica la dirección de la intensidad.</p> <p>Cuando el sistema consta de varios cuerpos, la intensidad de campo en un punto es la suma de las creadas por cada uno de ellos.</p>
<p>Gravedad en el interior de un planeta</p>	<p>La intensidad de la gravedad en un punto del interior de un planeta sólo depende de la masa del planeta más cercana al dentro de masas que el punto considerado. Su valor crece linealmente del centro a la superficie.</p>
<p>Gravedad sobre un planeta en rotación</p>	<p>La rotación planetaria causa una variación aparente de la gravedad medible en la superficie, debido a la acción de la fuerza centrífuga.</p>

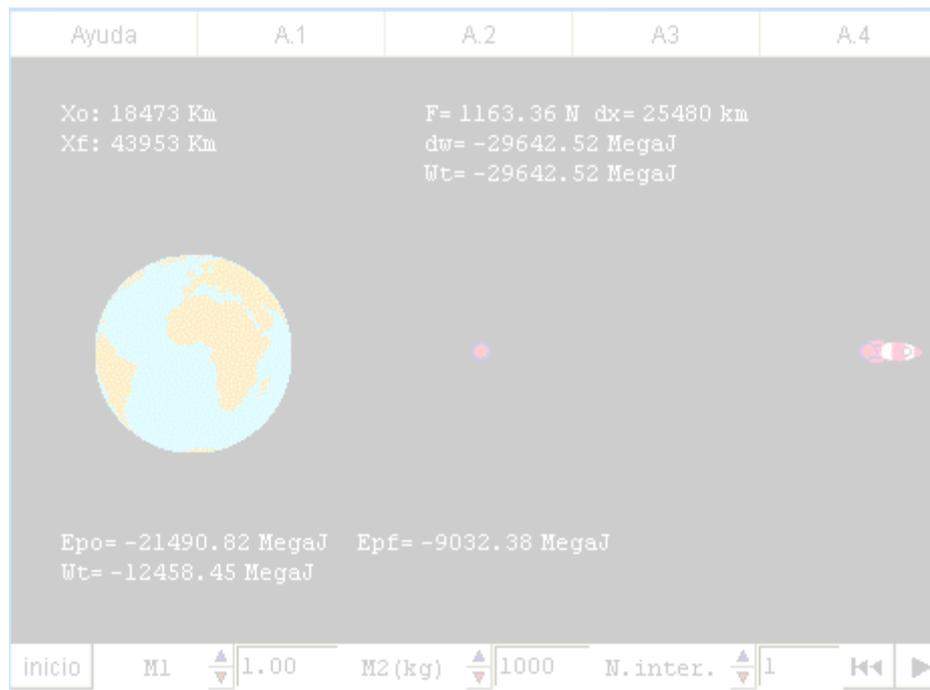
Energía potencial gravitatoria

El despegue de un cohete significa un gasto de energía que se acumula en él en dos formas: **energía cinética y energía potencial**. Cuando se trataba de pequeñas alturas, recordamos muy bien el valor de esta última: $E_p = m \cdot g \cdot h$, que sería una medida del trabajo que puede hacer la gravedad sobre un cuerpo a altura h.



Cuando tratamos con distancias mayores ya no podemos suponer la gravedad constante y el problema se complica.

Pulsa **Energía potencial** para ver cómo se puede calcular la energía potencial. En las actividades de la misma escena se define también el **potencial gravitatorio.**, magnitud que caracteriza el campo de forma similar a como lo hace la intensidad de campo.



Ayuda: El programa calcula el trabajo que realiza la gravedad sobre un cohete que se aleja de la Tierra, dividiendo el espacio en el número de intervalos que desee el usuario. En cada intervalo se supone constante la fuerza de la gravedad.

A continuación lo compara con el valor que obtenemos si adoptamos para la energía potencial $E_p = -G \cdot M_1 \cdot M_2 / r$ donde M_1 y M_2 son la masa del planeta y del cohete. Por brevedad se usa como unidad de medida para la masa del planeta el valor de la masa terrestre.

El usuario elige, trasladando los dos puntos rojos el origen y el final del movimiento.

A1: Sin cambiar el número de intervalos, pon en marcha la escena. Observa la diferencia entre el valor calculado multiplicando fuerza por desplazamiento y el calculado en la parte inferior. Repite la experiencia aumentando el número de intervalos a 50, a 100.. ¿A qué se debe que ahora los valores del trabajo se vayan acercando en los dos métodos de cálculo?

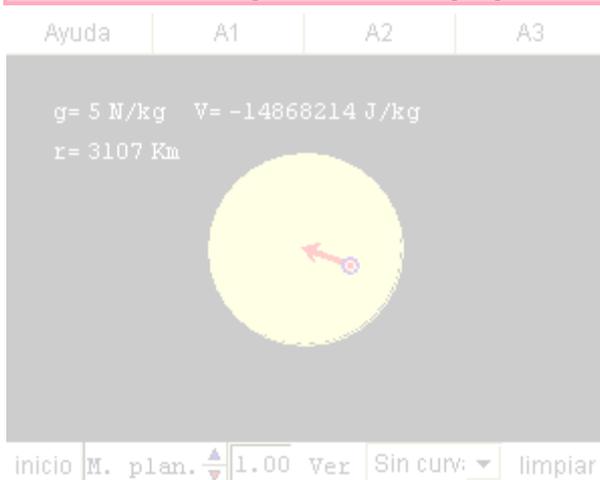
A2: Sin cambiar el número de intervalos, pon en marcha la escena. Observa la diferencia entre el valor calculado multiplicando fuerza por desplazamiento y el calculado en la parte inferior. Repite la experiencia aumentando el número de intervalos a 50, a 100.. ¿A qué se debe que ahora los valores del trabajo se vayan acercando en los dos métodos de cálculo?

A3: Haz que el programa calcule, con 100 intervalos de precisión, el trabajo para desplazarse entre 10.000 km y 20.000 km del centro de la Tierra y entre 20.000 y 30.000Km. ¿Sale el mismo trabajo? ¿Por qué?

A4: Llamamos potencial gravitatorio en un punto a la energía potencial de la unidad de masa puesta en un punto.

Si haces $M_2 = 1$ kg los valores que se miden son los de potencial gravitatorio. De acuerdo con esto, ¿de qué magnitudes depende el potencial gravitatorio?

Superficies equipotenciales y líneas de fuerza



Llamamos **superficies equipotenciales** a aquellas cuyos puntos tienen el mismo potencial.

Las **líneas de fuerza** son líneas tangentes en todos sus puntos al vector intensidad de campo.

Las superficies equipotenciales y las líneas de fuerza son perpendiculares entre sí.

En la escena adjunta podemos ver las superficies equipotenciales y las líneas de fuerza correspondientes al campo creado por un planeta.

Ayuda: Vemos la intensidad y el potencial en el punto que lo deseemos. Podemos hacer que se dibujen líneas de fuerza y/o superficies equipotenciales (representadas sólo por una curva). También es posible variar el valor de la masa del planeta.

A1: Arrastrando el punto de control, observa cómo varían intensidad y potencial dentro y fuera del planeta. ¿Observas la variación en la tendencia? ¿A qué se debe?

A2: Elige líneas de fuerza en el menú VER

A3: Elige curvas equipotenciales en el menú VER

Conclusiones sobre energía potencial gravitatoria

Energía potencial gravitatoria	<p>La energía potencial de un cuerpo en un punto mide el trabajo que realizaría el campo si el cuerpo se traslada al infinito.</p> <p>Para un cuerpo de masa m, a una distancia r de otro de masa M, la energía potencial vale:</p> $E_p = -G \cdot \frac{M \cdot m}{r}$ <p>Para varios cuerpos aplicaríamos el principio de superposición.</p>
Potencial gravitatorio	Es la energía potencial de la unidad de masa.
Superficies equipotenciales y líneas de fuerza	<p>Las superficies equipotenciales tienen en todos sus puntos el mismo potencial y son perpendiculares a las líneas de fuerza que indican la dirección de la intensidad de campo.</p>

Explicación de las mareas

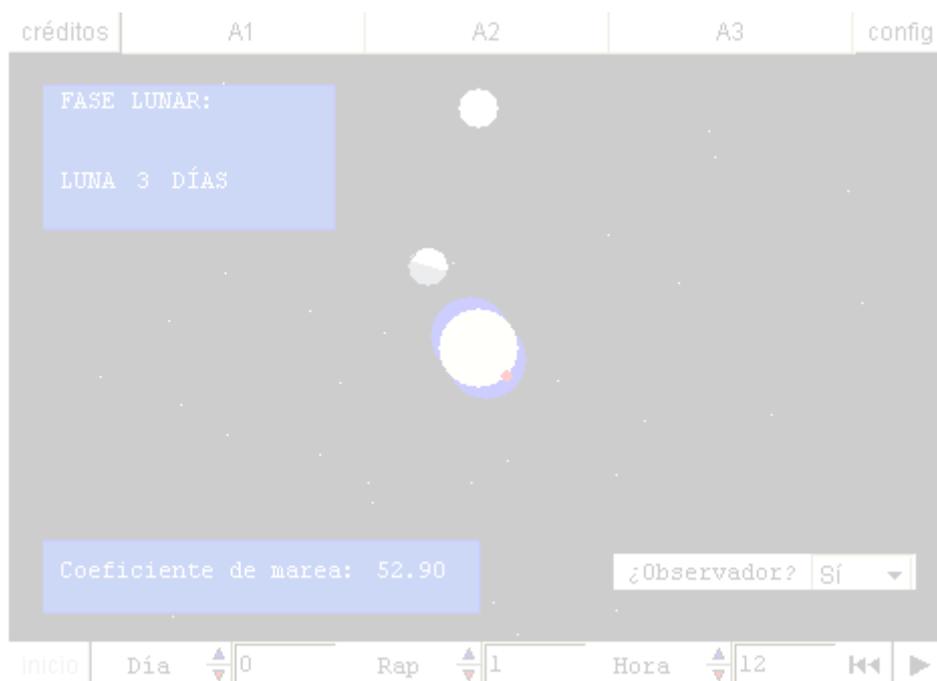
La **fuerza de marea** que ejerce un cuerpo sobre otro es consecuencia directa de la gravitación.

Para ser más exactos, **la fuerza de marea es la diferencia entre la intensidad de la gravedad que un cuerpo ejerce sobre el centro de otro y la superficie de éste.**



En el caso de la Tierra sufrimos fuerzas de marea perceptibles por parte del Sol y de la Luna. La combinación de ambas, unida a los efectos de la rotación terrestres y a los movimientos de Tierra y Luna dan lugar a las variaciones de la marea marítima tan conocida de nuestros navegantes.

Pulsa [avanzar](#) para ver y comprender estas peculiaridades.



A1: Ve cambiando el día del mes lunar y observando la marea correspondiente. ¿Cuántas zonas de marea alta y marea baja se aprecian siempre en la Tierra? ¿Dónde están situadas?.

A2: Oprime el botón de animación. Las mareas no alcanzan siempre la misma dimensión. ¿En qué casos hay mareas vivas (alto coeficiente)? ¿En qué casos hay mareas muertas (bajo coeficiente)? Emite alguna hipótesis que lo explique.

A3: Coloca un observador en la superficie y ve alterando la hora solar. ¿Cuántas mareas altas ve el observador a lo largo del día? Oprime el botón de animación. ¿Ocurren siempre las mareas a la misma hora? ¿Cómo veremos las mareas desplazarse sobre la superficie de la Tierra?

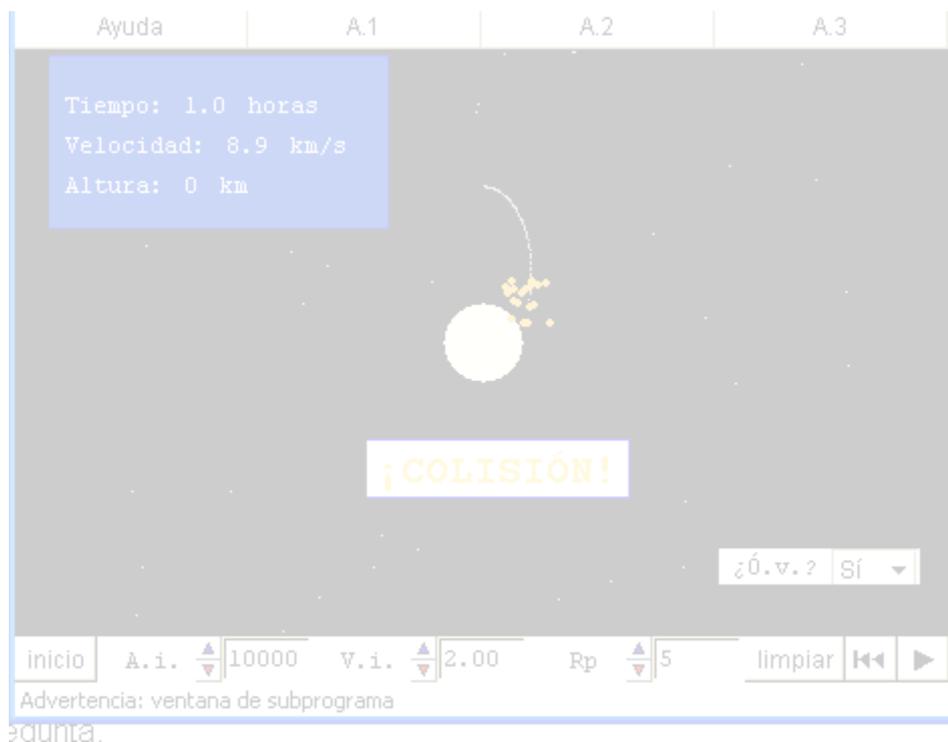
Movimiento de los satélites artificiales



Los satélites artificiales, con sus utilidades asociadas de investigación y comunicación, son posibles gracias a nuestro conocimiento de las leyes de la gravitación.

Es la fuerza de la gravedad la que los mantiene en las órbitas previamente calculadas. Estudia su movimiento pulsando **Satélite**. También puedes estudiar las condiciones para que escape de la atracción terrestre en **Escape**.

Una última cuestión: Has visto que la gravedad es la responsable de que el satélite gire alrededor de la Tierra, así que ¿por qué flotan los cuerpos dentro del satélite si está dentro de la gravedad terrestre? Discute con tus compañeros la fácil respuesta a esta pregunta.



Ayuda: Un satélite, representado por un punto azul, se mueve en su órbita cuando pulsamos el botón de animación.

Podemos controlar la altura inicial sobre la Tierra y la velocidad en el momento de apagar sus motores.

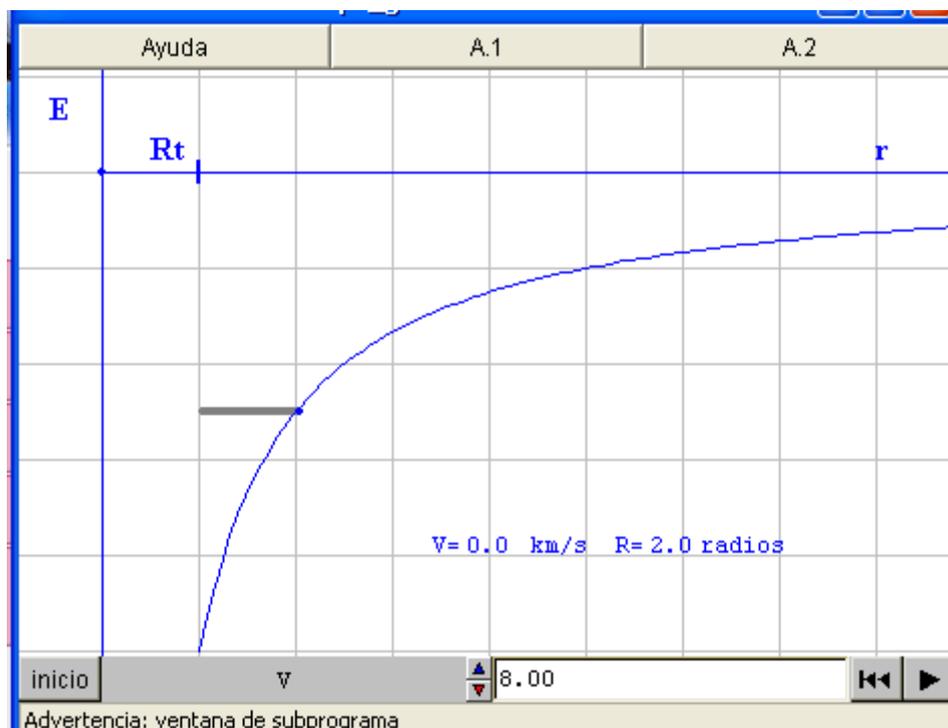
El control Rp determina la rapidez de la simulación. Se advierte de que una simulación muy rápida es también menos precisa.

Por último, podemos hacer visible su órbita con el menú ¿O.v.? y borrarla con el botón limpiar.

A1: Coloca la nave a la menor altura que permite el programa, 500 km. Ve probando el lanzamiento con velocidades paulatinamente mayores hasta que consigas una órbita aproximadamente circular. Anota la velocidad a la que lo consigas y el tiempo que ha tardado el satélite en circular el planeta. Si sigues aumentando la velocidad ¿qué ocurre con las órbitas?. Trata de encontrar la velocidad mínima tal que la nave se escapa de la Tierra. Esa es la velocidad de escape. ¿Qué relación matemática ves entre las dos velocidades?. Repite la experiencia para las alturas de 1000 y 5000 km.
¿Puedes obtener una conclusión general?

A2: Puedes utilizar los datos anotados de la actividad anterior u obtener otros nuevos. ¿Cómo varía el periodo de la órbita con la altura?. A una altura suficiente, un satélite tardaría 24 horas en dar la vuelta a la Tierra. ¿Cómo veríamos ese satélite desde la Tierra si diera vueltas alrededor del Ecuador?

A3: Da al satélite una velocidad adecuada para que la órbita sea bastante elíptica. ¿Qué ocurre con la velocidad del satélite a lo largo de la órbita?. Trata de anotar la velocidad cuando el satélite está a la máxima distancia y a la menor del planeta. Multiplica en cada uno de estos dos caso velocidad por distancia. ¿Qué observas?



Ayuda: Lanzamos un cohete en dirección vertical respecto a la Tierra. Supondremos que su combustible se acaba a una altura despreciable. La curva azul representa la energía potencial del cohete en función de su distancia r al centro del planeta.

La posición inicial del cohete en este diagrama representa su distancia al centro de la Tierra y su energía total.

Tras lanzar el cohete, su velocidad disminuye por la acción de la gravedad.

A1: Pon en marcha el cohete. ¿En qué momento se detiene?

A2: Repite el lanzamiento aumentando la velocidad poco a poco. ¿Con qué velocidad mínima consigues que el cohete escape? ¿Qué ocurre en este momento con la energía total? ¿Qué significado físico podríamos atribuir a la energía potencial?

Coherencia de la galaxia



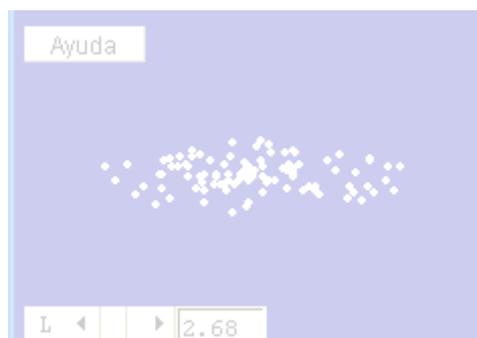
La foto te muestra la galaxia M100, una **galaxia espiral como la nuestra**. Otras galaxias tienen **formas esféricas o elipsoidales**.

Todas tienen en común que es la fuerza de la gravedad la que mantiene a los miles de millones de soles que la componen girando alrededor del centro de gravedad común.

¿A qué se debe la diversidad de formas de las galaxias? Hoy en día

sabemos que las colisiones entre galaxias modifican su forma.

Sin embargo, ya sus condiciones iniciales determinan fuertemente su forma. Pulsa **Galaxia** y podrás ver la causa original de estas diferencias.



Ayuda: Vemos una galaxia representada por tan solo 200 estrellas.

Todas giran alrededor del centro de gravedad del sistema, formando un gran globo.

Un aumento del momento angular significa una mayor velocidad de al menos una parte de las estrellas, lo que las lleva más lejos del centro.

Conclusiones sobre fuerza de gravedad y la coherencia de las galaxias

El papel de la fuerza de gravedad.	<p>Una galaxia está compuesta por miles de millones de estrellas en interacción gravitatoria.</p> <p>La fuerza de la gravedad entre los astros que la componen es la que mantiene la estructura de cada galaxia, con todos sus astros girando alrededor del centro de gravedad común.</p>
El papel del momento angular	<p>El momento angular total de la galaxia respecto al centro de gravedad es el determinante inicial de su forma. Las galaxias de bajo momento angular tienden a la forma esférica, mientras que si el momento angular es alto, la forma se hace discoidal.</p> <p>La forma de una galaxia puede alterarse por su interacción con otras.</p>

¿Qué sabes realmente sobre la gravedad?

1/10

1 La ley de gravitación universal está construida de forma que

- La fuerza sea directamente proporcional a la distancia entre los cuerpos
 - La fuerza entre dos cuerpos de masas dadas sea independiente de la distancia entre ellos
 - Se cumplan las leyes empíricas de Kepler
 - La fuerza sea inversamente proporcional a la distancia entre los cuerpos
-

2 La energía potencial de un cuerpo en el campo gravitatorio de un planeta

- Es siempre positiva
- Aumenta con la distancia a ese planeta
- Disminuye con la distancia a ese planeta

Es independiente de la distancia al planeta

3 ¿Tiene alguna influencia el momento angular sobre el movimiento de los planetas alrededor del Sol ?

Sí, la conservación del momento angular es responsable de la 3ª ley de Kepler

No, el momento angular sólo tiene interés para estudiar el movimiento de cuerpos que escapan a la atracción planetaria

Sí, la conservación del momento angular es responsable de las dos primeras leyes de Kepler

No, el movimiento planetario tiene que ver con la fuerza de la gravedad, no con el momento angular

4 Cuando un planeta grande está cerca de un planeta pequeño

La fuerza con que el pequeño atrae al grande es mayor que la que el grande ejerce sobre el pequeño

La fuerza con que el grande atrae al pequeño es la misma con que el pequeño atrae al grande

La fuerza con que el grande atrae al pequeño es mayor que la que el pequeño ejerce sobre el grande

La fuerza que ejercen uno sobre otro depende del medio

5 La velocidad de un satélite en órbita alrededor de un planeta

Es siempre de unos 8/km/s

Siempre le proporciona un movimiento circular alrededor del planeta

Es proporcional a la raíz cuadrada de la masa del satélite e inversamente proporcional al radio del planeta

Es proporcional a la raíz cuadrada de la masa del planeta e inversamente proporcional al radio del mismo

6 La rotación de los planetas

No modifica los efectos gravitatorios de forma que se pueda percibir

Modifica el valor aparente de la gravedad en su superficie, salvo en el ecuador del planeta

No influye en el valor medido de la gravedad con ningún aparato

Modifica el valor aparente de la gravedad en su superficie, salvo en los polos del planeta

7 ¿Puede un satélite verse siempre desde la misma posición desde la superficie terrestre?

- No, porque en tal caso escaparía de la Tierra
- Sí, si el satélite tiene el mismo periodo orbital que la rotación terrestre
- Depende de la latitud del observador
- No, porque en tal caso caería hacia la Tierra

8 La forma original de las galaxias, antes de que interaccionen con otras, depende de

- Su momento angular total respecto al centro de gravedad de la galaxia
- La Fuerza de la gravedad media entre los astros componentes
- El número de estrellas: las galaxias espirales son siempre las más grandes
- La masa media de las estrellas de la galaxia

9 La intensidad gravitatoria de un planeta

- Es máxima en la superficie del planeta
- Decrece al alejarnos de la superficie hacia el exterior, siendo constante en el volumen planetario
- Vale siempre 9,8 N/kg
- Es mínima en la superficie del planeta

10 ¿Qué condición debe cumplir siempre la velocidad de un cuerpo para que escape a la atracción de un planeta?

- La suma de la energía cinética y la potencial debe ser menor que cero
- La suma de la energía cinética y la potencial debe ser mayor o igual que cero
- La velocidad debe ser la raíz cuadrada de $G \cdot M/R$ donde M es la masa del planeta y R el radio
- La velocidad debe ser igual o mayor que 11,3 km/s