

Spain



DETECCIÓN DE EXOPLANETAS
Escondidos en la luz

DE-SB-03



Pelotas baricéntricas

Órbitas y el centro de masas



En esta actividad se aplicará el concepto de momento de una fuerza a sistemas en rotación para demostrar el concepto de baricentro, o centro de masas, y para mostrar cómo se mueven los objetos que se orbitan mutuamente. El alumnado consolidará después estos conocimientos calculando el centro de masas en una serie de contextos astronómicos.

SUMARIO

- 3** Datos básicos
- 4** Introducción
- 5** Resumen de las actividades
- 6** Actividad 1. Demostración pelotas baricéntricas
- 10** Fichas de trabajo para el alumnado
- 12** Anexos
- 19** Enlaces de interés

OT-SB-03

Pelotas baricéntricas

Órbitas y el centro de masas

1ª Edición. Mayo 2020

Guía para el profesorado

Ciclo
Secundaria y bachillerato

Edita
ESERO Spain, 2020 ©
Parque de las Ciencias. Granada

Traducción
Dulcinea Otero Piñeiro

Dirección
Parque de las Ciencias, Granada.

Créditos de la imagen de portada:
ESA

Créditos de la imagen de la colección:
ESA/ NASA/ UCL (G. Tinetti)

Basado en la idea original:
BARYCENTRIC BALLS
Orbits and the centre of mass
Colección "Teach with space"
Una producción de ESA Education



Objetivos didácticos



- El alumnado aprenderá qué es el centro de masas y entenderá que en un sistema ligado gravitatoriamente con dos o más objetos, todos ellos orbitan alrededor de un centro de masas común.
- El alumnado aprenderá a aplicar el concepto de momento de una fuerza para calcular el centro de masas de un sistema de dos cuerpos.
- El alumnado aplicará estos conceptos físicos a varias situaciones astronómicas, para descubrir los sistemas estelares binarios, los sistemas planeta-satélite y los planetas extrasolares.

EL ALUMNADO DEBERÍA CONOCER:

- El concepto de momento de una fuerza.
- El concepto del efecto Doppler aplicado al espectro electromagnético.

Materias relacionadas

FÍSICA

- Concepto de momento o torque
- Centro de masas
- Órbitas planetarias o de satélites
- Efecto Doppler
- Mecánica de la rotación

MATEMÁTICAS

- Concepto de momento de una fuerza
- Centro de masas
- Mecánica de la rotación

ASTRONOMÍA

- Órbitas planetarias o de satélites
- Efecto Doppler
- Mecánica de la rotación
- Estrellas binarias
- Detección de exoplanetas



10-30 min.*

Intervalo de edades

De 14 a 18 años

Tipo de actividad

Demostración del docente

Dificultad

Fácil

Coste

Medio (entre 5 y 25 euros)

Lugar para realizar la actividad

Exteriores o un espacio amplio de interior (como el vestíbulo del centro escolar o un gimnasio)

Incluye el empleo de

Pelotas de tenis, bolas de cojinetes

* Tiempo del docente para preparar el material: 60 minutos.

Pelotas baricéntricas

Introducción



- Para analizar las órbitas que siguen los planetas alrededor del Sol, las de los satélites alrededor de su planeta o la de una nave en órbita alrededor de la Tierra o cualquier otro cuerpo celeste, tal vez resulte tentador dar por supuesto que uno de esos objetos (el menos masivo) se mueve, mientras que el otro permanece quieto. Sin embargo, según la tercera ley de Newton:

Si un cuerpo A ejerce una fuerza sobre un objeto B, entonces en ese proceso el cuerpo B ejercerá una fuerza igual y opuesta sobre el cuerpo A.

Con esto, que suele expresarse como «toda acción tiene una reacción igual y opuesta», queda claro que ambos objetos ejercerán la misma fuerza de atracción gravitatoria sobre el otro, y que ambas trayectorias se verán afectadas por esa fuerza gravitatoria.

Esto significa que si analizamos un sistema formado por dos cuerpos, por ejemplo, el que conforman la Tierra y la Luna, no es que la Luna orbi-

te alrededor de la Tierra, sino que tanto la Tierra como la Luna orbitan en torno a un mismo punto común en el espacio. El punto en torno al cual giran ambos objetos, el **centro de masas** * común del sistema, se denomina **baricentro** *.

Cuando un objeto es mucho más masivo que otro, como en el caso de la Tierra y la Luna (o de un satélite artificial en órbita alrededor de la Tierra), el movimiento orbital del objeto más masivo (la Tierra), tal vez no resulte tan evidente. Esto se debe a que el baricentro, o centro de masas, se encuentra mucho más cerca del centro de la Tierra que del centro de la Luna o del satélite artificial. La imagen de abajo muestra una representación del sistema Tierra-Luna.

Esto mismo se aplica al Sistema Solar en su conjunto. El Sol contiene en torno al 99.85 % de la masa del Sistema Solar. El baricentro del Sistema Solar se encuentra, por tanto, cerca del centro del Sol y, como consecuencia, la órbita del Sol en torno al baricentro solo se detecta con observaciones de alta precisión. ●

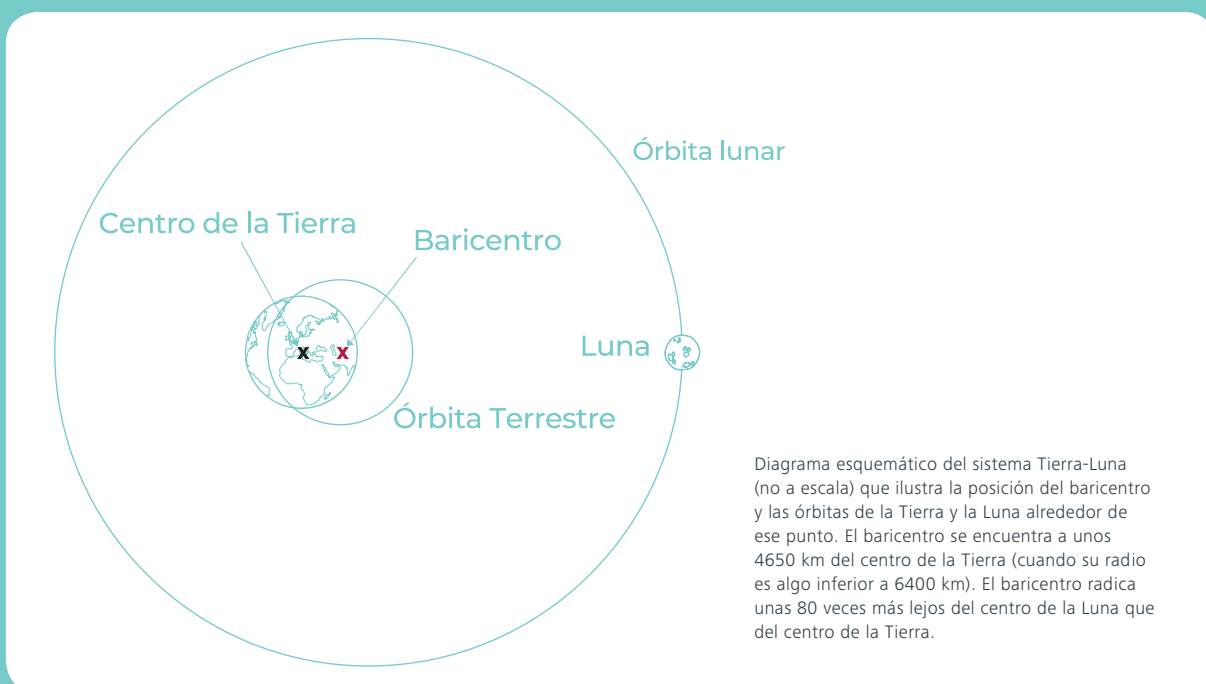


Diagrama esquemático del sistema Tierra-Luna (no a escala) que ilustra la posición del baricentro y las órbitas de la Tierra y la Luna alrededor de ese punto. El baricentro se encuentra a unos 4650 km del centro de la Tierra (cuando su radio es algo inferior a 6400 km). El baricentro radica unas 80 veces más lejos del centro de la Luna que del centro de la Tierra.

Cuando un objeto es mucho más masivo que otro, como en el caso de la Tierra y la Luna (o de un satélite artificial en órbita alrededor de la Tierra), el movimiento orbital del objeto más masivo (la Tierra), tal vez no resulte tan evidente

...

El Sol contiene en torno al 99.85 % de la masa del Sistema Solar. El **baricentro del Sistema Solar** se encuentra, por tanto, **cerca del centro del Sol** y, como consecuencia, la órbita del Sol en torno al baricentro solo se detecta con observaciones de alta precisión

- * **Centro de masas:** punto único de un objeto o sistema de objetos, para el cual la suma de los momentos de todas las fuerzas de peso da un resultado igual a cero. Un objeto estará en equilibrio si se sostiene sobre un punto ubicado en ese lugar.
- * **Baricentro:** centro de masas de un sistema.



ACTIVIDADES

01

DEMOSTRACIÓN PELOTAS BARICÉNTRICAS

Descripción

Para esta demostración se usarán dos pares de pelotas de tenis preparadas de antemano para ilustrar que la posición del baricentro de un sistema de dos cuerpos cambia con la masa de ambos cuerpos.

Necesitarás también...

Vídeo de pelotas baricéntricas (VP07a).



Vídeo de pelotas baricéntricas en el espacio (VP07b).

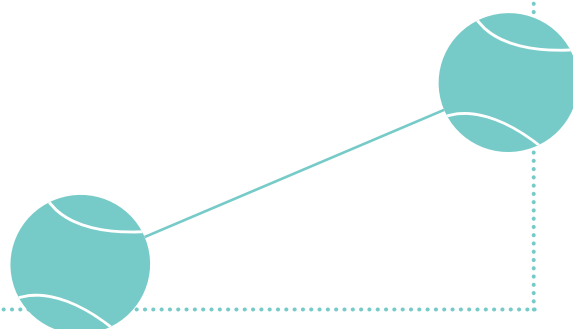


Requisitos

Ninguno.

Tiempo

10-30 minutos





ACTIVIDAD 1

Demostración pelotas baricéntricas



10-30 min.

Ejercicios

1



Para esta demostración se usarán dos pares de pelotas de tenis preparadas de antemano para ilustrar que la posición del baricentro de un sistema de dos cuerpos cambia con la masa de ambos cuerpos. Las pelotas del primer par tienen la misma masa. En el segundo par, una de las pelotas está llena de monedas o de bolas de cojinetes para aumentar su masa.

MATERIAL NECESARIO

En el anexo se dan las instrucciones para preparar las pelotas de tenis.

- Un par de pelotas de tenis de igual masa unidas por una cuerda

- Un par de pelotas de tenis de masa desigual unidas por una cuerda

SEGURIDAD

- Esta demostración debe efectuarse en un lugar al aire libre o en un espacio interior grande, como el vestíbulo del centro de enseñanza o un pabellón de deportes.
- El alumnado deberá encontrarse bien apartado del lugar.
- La persona que realice la demostración debería practicar el lanzamiento de las pelotas antes de ejecutarla ante la clase.
- Antes de cada demostración debe comprobarse con atención que todos los nudos están firmes y seguros y de que el agujero utilizado para rellenar la pelota más masiva está bien cerrado o sellado.

i

INSTRUCCIONES

Haz referencia al vídeo complementario: **Teach with space – barycentric balls | VP07a** (QR al inicio de esta página).

- 1 Sostén el par de pelotas de tenis de igual masa de manera que una de las pelotas esté suspendida debajo de la otra.
- 2 Balancéalas varias veces para que adquieran cierto momento angular y después suelta la pelota que sostienes con la mano.

- A** Par de pelotas de tenis de igual masa (vacías).
- B** Par de pelotas de tenis de masas distintas (una de ellas llena de bolas de cojinetes, bolas de plomo o monedas, y coloreada para identificarla como la más masiva).



- 3** A medida que las pelotas siguen su trayectoria, ambas rotarán alrededor del centro de masas del sistema. En el caso de las pelotas de igual masa, este centro se corresponderá con el centro de la cuerda que las une (*ver imagen*).
- 4** Repite el procedimiento con el par de pelotas de masa distinta. Es indiferente qué pelota se elija para sujetarla con la mano y balancear el sistema. Al soltar el sistema de las pelotas de masas diferentes, la pelota más pesada seguirá claramente una órbita pequeña en torno al centro de masas (situado cerca de la pelota más pesada), mientras que la pelota más ligera describirá una órbita mucho más grande (*ver imagen*). Cuanto más grande sea la diferencia entre ambas masas, más cerca de la pelota de tenis que más pesa está el baricentro.

Izquierda: en el caso del par de pelotas con la misma masa, el centro de masas o baricentro está localizado en el centro del sistema, en la mitad de la longitud de la cuerda que une ambas pelotas, señalado con una equis. Ambas pelotas describen el mismo recorrido orbital (línea de puntos).

Derecha: en el caso del par de pelotas de distinta masa, el centro de masas o baricentro se encuentra mucho más cerca de la pelota más masiva (pintada de rojo), marcado con una equis. Esto se observa porque la pelota más masiva describe un recorrido orbital/circunferencia mucho más pequeño, mientras que la pelota más ligera sigue una órbita/circunferencia mucho más grande.

Análisis

PELOTAS BARICÉNTRICAS

- Después de realizar la demostración, comenta con el alumnado qué habéis observado. Aquí proponemos una serie de preguntas para favorecer el debate y la reflexión.

En el anexo se propone un debate dirigido basado en estas preguntas y centrado en la conexión que tiene todo ello con el espacio. También se ofrece una ficha de trabajo del alumnado con cálculos dentro de un contexto espacial que podrá usarse en caso necesario.

La finalidad de este debate es que el alumnado aprenda estos puntos clave:

- En un sistema formado por dos o más objetos, hay un baricentro o centro de masas común en torno al cual orbitan todos esos objetos.
- La localización del baricentro depende de la masa de los objetos. Si dos objetos tienen la misma masa, el baricentro se encuentra en el centro geométrico del sistema. Cuando las masas son desiguales, el baricentro cae más cerca del centro de la masa del objeto más masivo.
- Con un caso simple de dos cuerpos, el alumnado debería ser capaz de aplicar el principio de momento de una fuerza para calcular la ubicación del baricentro.
- El concepto de baricentro es importante en un contexto espacial y conocer este principio sirve para detectar planetas en órbita alrededor de otras estrellas que no se perciben de otro modo, o para clasificar los cuerpos celestes del Sistema Solar diferenciando entre planetas y satélites o sistemas de planetas dobles.

POSIBLES PREGUNTAS

- ¿Cómo podemos localizar el baricentro de un sistema?
- ¿Cómo se encuentra el baricentro de sistemas orbitales distantes en el espacio, como sistemas de estrellas binarias o planetas en órbita alrededor de otras estrellas?
- ¿Cómo se usa el concepto de baricentro para determinar la diferencia entre un planeta con un satélite natural y dos planetas que se orbitan mutuamente en torno a un baricentro común (un sistema planetario doble)?
- ¿Pertenece Plutón a un sistema planetario enano doble?
- ¿Qué ocurre en los sistemas estelares binarios cuando dos objetos muy masivos se orbitan entre sí muy de cerca? ●

Conclusiones

PELOTAS BARICÉNTRICAS

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Esta actividad indaga en dos conceptos cruciales de física y mecánica: el baricentro o centro de masas y el principio de momento de una fuerza (a través de una demostración sencilla pero efectiva). La actividad sitúa estos conceptos dentro del contexto de las órbitas en el espacio, como en el caso de satélites o de sistemas planetarios y estelares binarios, para cautivar y activar la imaginación del alumnado. ●



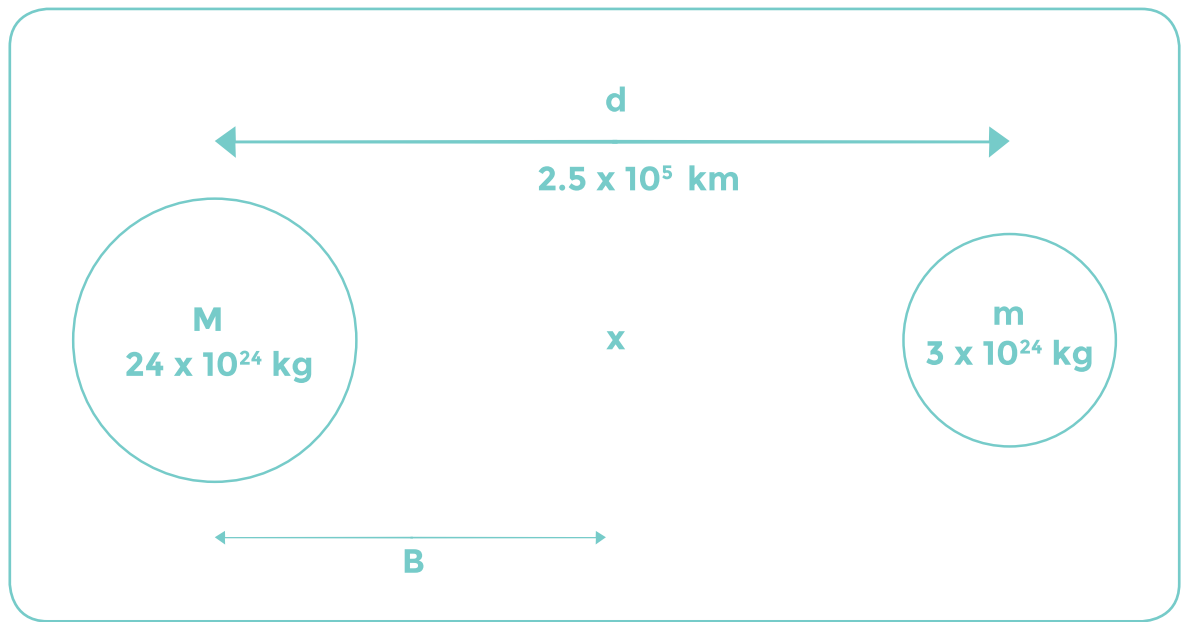
ACTIVIDAD 1

Baricentros
en el espacio

p

PREGUNTAS

- 1 A partir de los objetos de la imagen, halla la distancia del baricentro al centro del objeto **M** y, después, al centro del objeto **m**.



- 2**
- A** La Luna tiene una masa de $0.0123 M_T$ (donde M_T equivale a masas terrestres), y la distancia que separa el centro de la Tierra y del centro de la Luna asciende a 384 000 km. Si el radio de la Tierra vale 6.37×10^3 km, demuestra que el sistema Tierra-Luna está formado por un planeta y un satélite.
- B** Estos son algunos datos de Plutón y su satélite más grande, Caronte, extraídos de la ficha de datos lunares y de ciencias planetarias de la NASA:

Masa de Plutón	1.31×10^{22} kg
Radio de Plutón	1195 km
Masa de Caronte	1.62×10^{21} kg
Separación de centros	19 600 km

Calcula si Plutón y Caronte conforman un sistema de planeta-satélite o un sistema planetario doble.

- 3** El Sol tiene un diámetro de 1.4 millones de km y Júpiter tiene un radio de 140 000 km. La distancia media entre el Sol y Júpiter asciende a 778 millones de km. La masa del Sol asciende a unas 1000 veces la de Júpiter. Calcula la posición del baricentro del sistema Sol-Júpiter y comenta su ubicación.
- 4** En el vídeo **Teach with space – barycentric balls in space | VP07b** (QR página anterior), la astronauta de la ESA Samantha Cristoforetti demuestra el principio baricéntrico en un entorno de microgravedad a bordo de la Estación Espacial Internacional (ISS).

En el primer caso, Samantha une dos pelotas de béisbol con una aguja de tricotar. Ambas pelotas tienen la misma masa, así que el baricentro se encuentra en el centro geométrico del sistema, o sea, en el centro de la aguja de tricotar. Cuando Samantha aplica una fuerza sobre una de las dos pelotas, el sistema rota en torno al baricentro. La segunda vez que Samantha aplica una fuerza al sistema lo hace sobre el punto en el que se encuentra el baricentro, y todo el sistema se desplaza (se mueve) por el espacio, pero no rota.

En el segundo caso, Samantha reemplaza una de las pelotas de béisbol por otra pelota de un tamaño similar, pero de una masa distinta. Cuando Samantha aplica una fuerza a la pelota que acaba de reemplazar por la anterior, el sistema rota alrededor del baricentro, que ya no reside en el centro geométrico del sistema. Al igual que antes, cuando Samantha aplica una fuerza sobre el punto donde se encuentra el baricentro, el sistema ya no rota, sino que solo se desplaza por el espacio.

Si la masa de la pelota de béisbol asciende a 0.145 kg, la longitud de la aguja es de 0.3 m y la posición del baricentro se encuentra a un cuarto de la distancia entre el centro de la pelota de béisbol y el centro de la otra pelota, ¿qué masa tiene la segunda pelota? ¿Qué objeto es más masivo?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Anexo

PELOTAS BARICÉNTRICAS

¿CÓMO PREPARAR LOS DOS PARES DE PELOTAS DE TENIS?

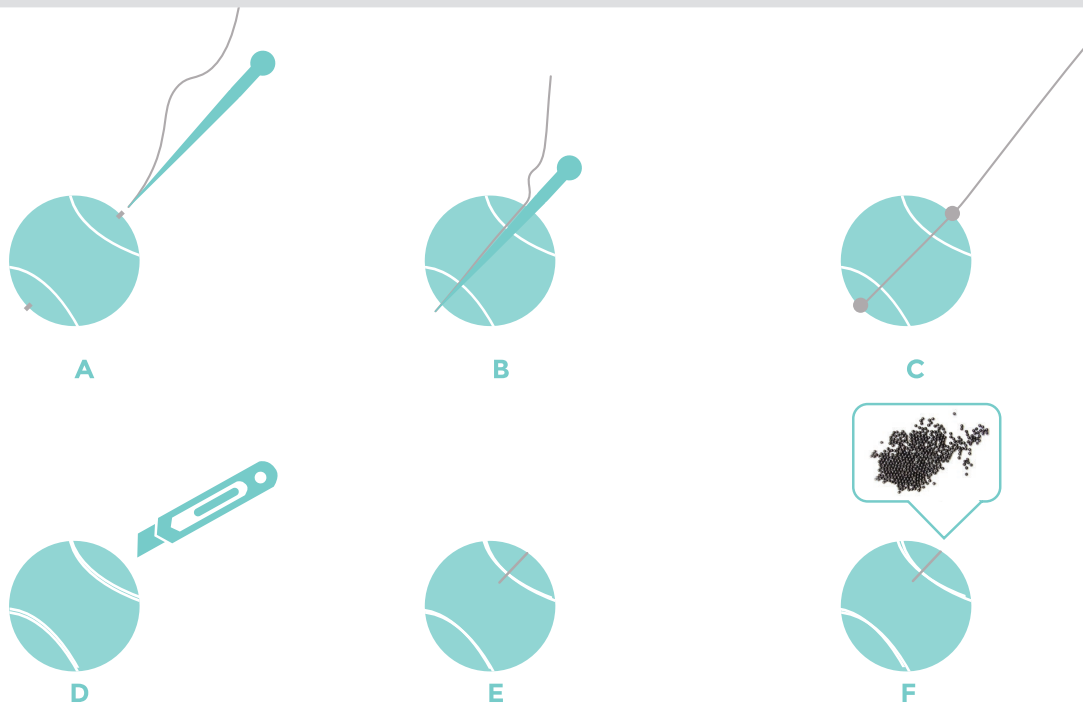
En ambos casos hay que unir dos pelotas de tenis con un trozo de cuerda fuerte. Las pelotas del primer par tienen la misma masa. En el segundo par de pelotas de tenis, una de ellas está llena de bolas de cojinetes, o de monedas, para obtener un par de objetos de distinta masa.

MATERIAL NECESARIO

- 4 pelotas de tenis
- Cuerda fuerte
- Tijeras
- Rotulador
- Aguja de tricotar (o un destornillador)
- Bolas de cojinetes/bolas de plomo/monedas pequeñas (*en cantidad suficiente para llenar el interior de una pelota de tenis*)
- Pegamento fuerte o cinta adhesiva fuerte
- Cinta adhesiva
- Cúter

INSTRUCCIONES

- 1 Corta un trozo de cuerda de unos 60 cm de largo.
- 2 Une un extremo de la cuerda a la punta de la aguja de tricotar con cinta adhesiva.
- 3 Pincha la pelota de tenis con la aguja hasta hacerle un pequeño orificio. La punta de la aguja debería salir por el lado opuesto de la pelota abriendo en ella otro agujero (tal vez resulte más sencillo pintar dos puntos por la parte exterior de la pelota para usarlos como guía). Cuando la punta de la aguja salga por el lado opuesto de la pelota, retira la cinta adhesiva y haz un nudo doble a la cuerda para fijarla a la pelota (*véase las imágenes A-B*).
- 4 Retira la aguja de tricotar tirando de ella hacia atrás desde el primer orificio y haz otro nudo doble en la cuerda. Ahora estará bien sujeta a la pelota y bien fija con los nudos que has hecho a ambos lados. Si lo consideras necesario, afianza aún más la cuerda poniendo pegamento alrededor de los agujeros o una cinta adhesiva fuerte (*véase la imagen C*).
- 5 Repite los pasos 1 a 4 con otra pelota de tenis y el extremo opuesto de la cuerda. Ambas pelotas deberían quedar separadas por unos 40 o 50 cm de cuerda.
- 6 Repite los pasos 1 a 5 con el segundo par de pelotas de tenis. Asegúrate de que la longitud de la cuerda entre ambas pelotas es aproximadamente idéntica en los dos casos.
- 7 Elige uno de los pares de pelotas que has preparado y practica una pequeña ranura en una de ellas con un cúter. Introduce a través de ella las bolas de cojinete, las bolas de plomo o las monedas pequeñas hasta llenar la pelota por completo. Vuelve a cerrar o sellar la ranura con pegamento o cinta adhesiva fuerte. (*véase las imágenes D-F*).
- 8 Colorea o marca con un rotulador la pelota de tenis que acabas de rellenar.



Instrucciones: cómo montar los dos pares de pelotas de tenis.

¿CÓMO SE HALLA EL BARICENTRO DE UN SISTEMA?

Para cualquier sistema del espacio formado por dos o más objetos que se orbitan entre sí, el sistema tendrá un centro de masas, o baricentro, en torno al cual orbitan todos esos cuerpos.

EL CASO SIMPLE: UN SISTEMA DE DOS CUERPOS

En el caso simple de un sistema de dos cuerpos, el centro de masas o baricentro es el punto en torno al cual orbitan ambos objetos. El baricentro se puede concebir como el «punto de equilibrio» del sistema.

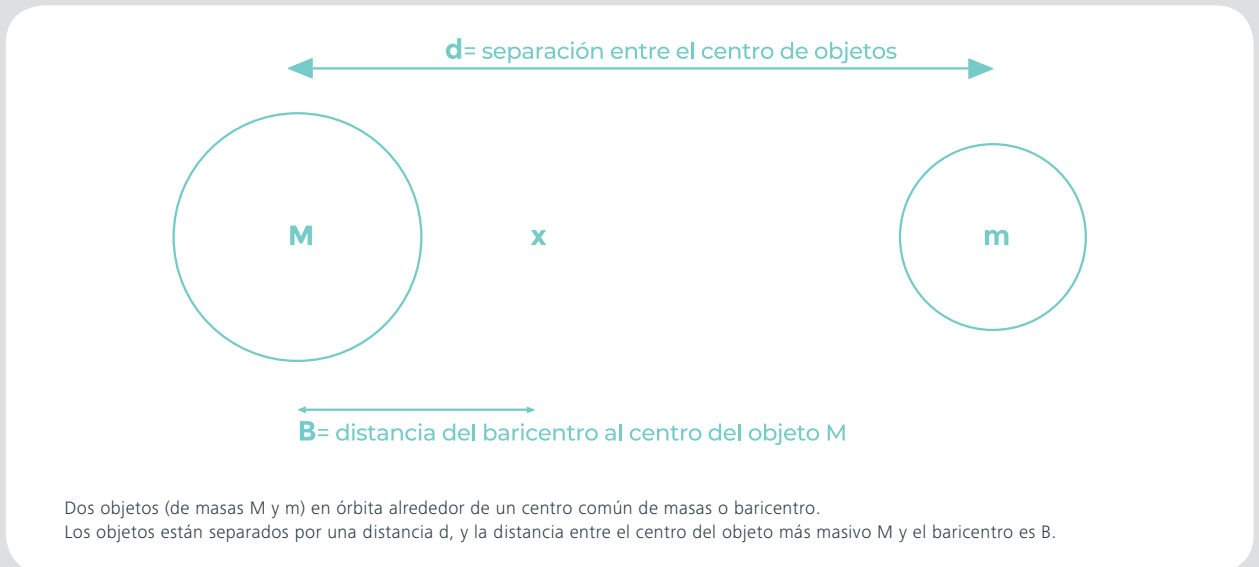
Si conocemos la masa de los dos objetos y la distancia que los separa, podemos calcular la posición del baricentro usando el principio de **momento de una fuerza** *. Comencemos imaginando el sistema como si estuviera en equilibrio sobre un punto pivotante, como dos personas sentadas sobre un columpio balancín. Si el pivote estuviera en el baricentro entonces los momentos de cada lado se cancelarían en caso de que el sistema se colocara en un campo gravitatorio externo imaginario.

* **Momento de una fuerza (o torque):** tendencia de una fuerza a producir movimiento de rotación en torno a un punto o eje determinados.

Anexo

PELOTAS BARICÉNTRICAS

Consideremos un sistema de dos objetos como el que se muestra en la imagen. Los objetos tienen masas M y m , respectivamente y sus centros están separados por una distancia d . El baricentro se encuentra entre ambos objetos. La distancia entre el centro del objeto más masivo y el baricentro es B .



Si aplicamos el principio de momento de una fuerza respecto del centro de masas (el baricentro) entonces obtenemos que:

$$\begin{aligned} &\text{La suma de momentos dextrógiros en torno al baricentro} \\ &= \\ &\text{La suma de momentos levógiros en torno al baricentro} \end{aligned}$$

es decir, los momentos se cancelarán entre sí. Por tanto, para el sistema de la imagen:

- B** = distancia desde el baricentro al centro del objeto con masa **M** (en metros)
- d** = separación entre los centros de masa de los dos objetos (en metros)
- m** = masa del objeto más pequeño (en kilogramos)
- M** = masa del objeto más grande (en kilogramos)

Por tanto:

$$M \times B = m \times (d - B)$$

$$MB = md - mB$$

$$MB + mB = md$$

$$B \times (M + m) = md$$

Esto arroja la distancia al baricentro desde el centro del objeto con masa M mediante:

$$B = \frac{md}{(M+m)}$$

¿CÓMO SE HALLAN EN ASTRONOMÍA LOS BARICENTROS DE SISTEMAS ORBITALES DISTANTES EN EL ESPACIO, COMO SISTEMAS ESTELARES BINARIOS O PLANETAS EN ÓRBITA ALREDEDOR DE OTRAS ESTRELLAS?

A las escalas de las distancias astronómicas, el movimiento de las estrellas de un **sistema binario *** en torno a su baricentro es difícil de detectar. Mientras que la distancia física entre ambas estrellas puede ser de muchos millones de kilómetros, desde nuestro punto de vista sobre la Tierra o cerca de ella, el desplazamiento de las estrellas en el cielo es minúsculo y puede ascender tan solo a una milésima de grado o incluso menos.

Aún más difícil de observar que el desplazamiento de las estrellas binarias es el minúsculo «tambaleo» que induce en una estrella el movimiento de un planeta que orbita (**exoplaneta ***) en torno a un centro de masas común (en un sistema estrella-planeta, el baricentro caerá dentro de la estrella progenitora). Para detectar estos desplazamientos minúsculos, hay que medir con mucha precisión la posición de la estrella, y muchas veces, además, para detectar el «tambaleo».

¿CÓMO SE USA EL CONCEPTO DE BARICENTRO PARA CONOCER LA DIFERENCIA ENTRE UN PLANETA CON UN SATÉLITE NATURAL Y DOS PLANETAS EN ÓRBITA MUTUA QUE GIRAN EN TORNO A UN BARICENTRO (UN SISTEMA PLANETARIO DOBLE)?

En un sistema en el que dos objetos se orbitan mutuamente, el baricentro siempre estará más próximo al centro de la masa del objeto más masivo. Cuanto mayor sea la diferencia de masa entre ambos objetos, más cerca estará el baricentro del centro de la masa del objeto más masivo.

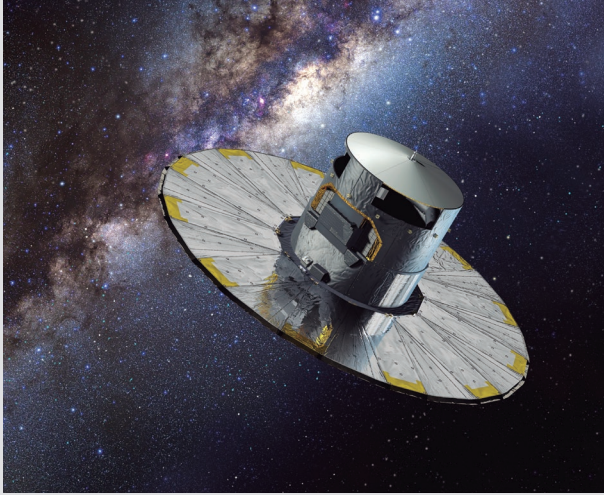
SABÍAS QUE...

En diciembre de 2013 la Agencia Espacial Europea lanzó el observatorio Gaia (figura A3), cuya misión consiste en cartografiar con precisión la posición y las características de unos 1200 millones de estrellas de nuestra Galaxia. Gaia continúa el trabajo realizado por la misión anterior Hipparcos, también de la ESA, lanzada en 1989 (figura A4). A lo largo de un periodo de 4 años, Hipparcos realizó un estudio detallado de la posición de unas 120 000 estrellas del cielo. Las mediciones realizadas por Hipparcos permitieron determinar el baricentro de numerosos sistemas estelares binarios. En el caso de algunos sistemas, los resultados no concordaron con las expectativas, lo que sugería la posibilidad de que tuvieran compañeras, algunas de las cuales se confirmaron más tarde con otras observaciones. El estudio de la posición y el movimiento de las estrellas en el plano del cielo, lo que también se conoce como **astrometría ***, no es más que una técnica astronómica que se utiliza para detectar estrellas compañeras o planetas. Otra técnica complementaria, denominada técnica de **velocidad radial ***, usa el efecto Doppler para buscar un «tambaleo» en el espectro observado de la luz de una estrella. Para ahondar en estas técnicas y otros métodos de detección de exoplanetas, véase el enlace titulado «How to find an extrasolar planet» del apartado de «Enlaces útiles».

- * **Estrella binaria/sistema estelar binario:** sistema formado por dos estrellas que orbitan en torno a su baricentro común.
- Exoplaneta/planeta extrasolar:** planeta que orbita alrededor de una estrella distinta del Sol.
- Astrometría:** rama de la astronomía que implica mediciones precisas de la posición y el movimiento de los objetos celestes.
- Velocidad radial:** velocidad de un objeto a lo largo de la línea de visión entre dos objetos.

Anexo

PELOTAS BARICÉNTRICAS



Representación artística de la nave Gaia de la ESA.



La nave Hiparcos estudió la posición de dos millones de estrellas.

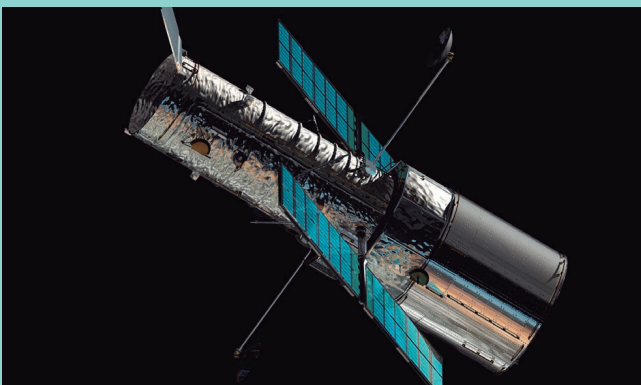
Esto explica por qué en un sistema de dos cuerpos con una diferencia de masa muy grande entre ambos, el baricentro caerá dentro del objeto más masivo. Por tanto, dará la impresión de que el objeto más ligero orbita alrededor del más pesado. Una manera sencilla de visualizarlo es la siguiente:

En un sistema planeta-satélite el baricentro se localiza dentro del objeto más pesado (el planeta).

En un sistema planetario doble el baricentro se localiza fuera de la superficie de ambos objetos.

Los principios baricéntricos se aplican a cualquier sistema en órbita, como un sistema estelar binario o múltiple, así como en planetas que orbitan alrededor de su estrella progenitora y en satélites y naves que orbitan alrededor de la Tierra y otros objetos del Sistema Solar.

SABÍAS QUE...



El **Telescopio Espacial Hubble** (en inglés, Hubble Space Telescope, o HST) es un proyecto conjunto ESA/NASA. Se lanzó para situarlo en órbita alrededor de la Tierra a 600 kilómetros de altitud en 1990, y es uno de los observatorios astronómicos más grandes y fructíferos de todos los tiempos. Desde su posición privilegiada fuera de la temblorosa atmósfera terrestre, que distorsiona la luz que llega hasta el suelo procedente del espacio, el HST ha brindado imágenes asombrosas de alta resolución de miles de objetos del cosmos como planetas, sistemas estelares binarios, galaxias, nebulosas y regiones de formación estelar. El HST ha supuesto un avance espectacular para desentrañar el universo.

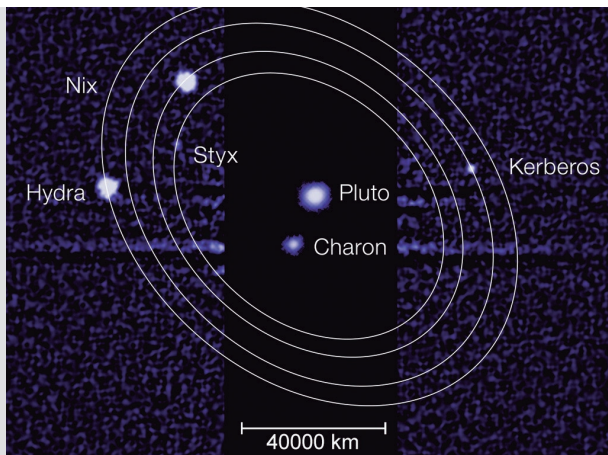
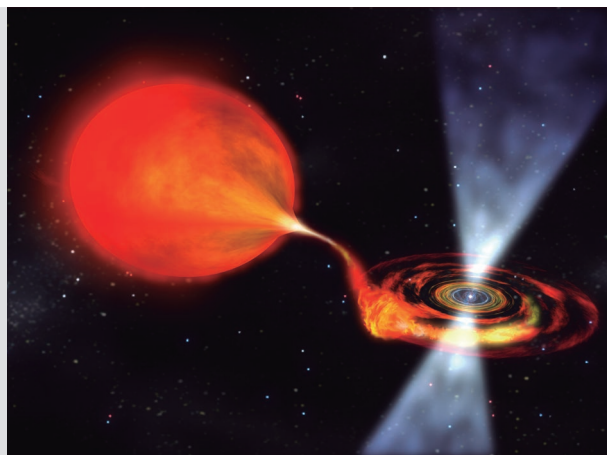


Imagem tomada por el Telescopio Espacial Hubble (HST) que muestra los cuatro satélites del sistema doble de planetas enanos Plutón-Caronte. Sobre la imagen se han señalado las órbitas de esos cuatro satélites de menor tamaño.



Representación artística de una estrella en rotación veloz llamada púlsar, que absorbe masa de su compañera estelar. La intensa gravedad del denso púlsar (a la derecha) atrae hacia sí materia de la estrella compañera (a la izquierda).

¿FORMA PARTE PLUTÓN REALMENTE DE UN SISTEMA DOBLE DE PLANETAS ENANOS?

Aunque Plutón haya quedado degradado a la categoría de **planeta enano *** (en 2006), la observación continuada de sus satélites revela que el sistema de Plutón podría ser más complejo. Plutón está acompañado por cinco satélites. El más cercano de todos ellos, Caronte, tiene un tamaño y una masa mucho más parecidos a los de Plutón que los otros cuatro. De hecho, todo el sistema orbita alrededor de un baricentro situado entre Plutón y Caronte, en lugar de hallarse dentro del radio de Plutón, tal como cabría esperar en el caso de un planeta enano con cinco satélites. De ahí que en ocasiones se considere a Plutón y Caronte como un sistema doble de planetas enanos, acompañado por cuatro satélites más pequeños. La imagen superior izquierda muestra una imagen de Plutón y Caronte acompañados por sus cuatro satélites menores obtenida por el Telescopio Espacial Hubble (HST). Sobre la imagen se han señalado las órbitas de los cuatro satélites más pequeños. En la misma se ve con claridad que el baricentro del sistema radica entre Plutón y Caronte.

¿QUÉ OCURRE EN LOS SISTEMAS ESTELARES BINARIOS CUANDO DOS OBJETOS MUY MASIVOS SE ORBITAN MUTUAMENTE MUY DE CERCA?

Un sistema estelar binario consiste en dos estrellas lo bastante próximas entre sí como para que sus interacciones gravitatorias las obliguen a orbitar en torno a un baricentro común. Las estrellas binarias demasiado cercanas entre sí suelen experimentar una transferencia de masa de una de ellas a la otra. La imagen superior derecha muestra una representación artística de un sistema binario de este tipo en el que una **estrella de neutrones *** en rotación, llamada **púlsar ***, absorbe material de su estrella compañera.

¿Qué efecto tendrá esta transferencia de masa en el baricentro y, por tanto, en las características orbitales de este sistema binario? A medida que el púlsar adquiera más masa de su compañera, aumentará de masa, mientras que su compañera la perderá. Esto desplazará el baricentro aún más hacia el púlsar. Con el tiempo, la estrella compañera parecerá orbitar alrededor del púlsar.

* **Planeta enano:** objeto de masa planetaria que no es ni un planeta ni un satélite natural. Un planeta enano es lo bastante masivo como para tener forma casi esférica, orbita directamente alrededor del Sol, pero no ha despejado de objetos el vecindario en torno a su órbita. El término planeta enano fue adoptado por la Unión Astronómica Internacional en el año 2006. En la actualidad hay cinco objetos en el Sistema Solar clasificados como planetas enanos: Plutón, Ceres, Haumea, Makemake y Eris (o Éride). Ceres se encuentra en el Cinturón de Asteroides, mientras que los otros cuatro planetas enanos residen más allá de la órbita de Neptuno. Se cree que podría haber muchos más planetas enanos en los confines helados del Sistema Solar.

Estrella de neutrones: remanente estelar de una estrella grande que ha explotado al final de su existencia. Las estrellas de neutrones son extremadamente pequeñas, pero tienen mucha masa y, por tanto, una densidad muy elevada.

Púlsar: estrella de neutrones en rotación con un campo magnético intenso. Los púlsares emiten un haz de radiación que, si está alineado con la Tierra, se observa desde aquí como un «destello» periódico de luz en longitudes de onda de radio.



Glosario

ASTROMETRÍA: rama de la astronomía que implica mediciones precisas de la posición y el movimiento de los objetos celestes.

BARICENTRO: centro de masas de un sistema.

CENTRO DE MASAS: punto único de un objeto o sistema de objetos, para el cual la suma de los momentos de las fuerzas de peso da un resultado igual a cero. Un objeto estará en equilibrio si se sostiene sobre un punto ubicado en ese lugar.

ESTRELLA BINARIA/SISTEMA ESTELAR BINARIO: sistema formado por dos estrellas que orbitan en torno a su baricentro común.

ESTRELLA DE NEUTRONES: remanente estelar de una estrella grande que ha explotado al final de su existencia. Las estrellas de neutrones son extremadamente pequeñas, pero tienen mucha masa y, por tanto, una densidad muy elevada.

EXOPLANETA/PLANETA EXTRASOLAR: planeta que orbita alrededor de una estrella distinta del Sol.

MOMENTO DE UNA FUERZA (O TORQUE): tendencia de una fuerza a producir movimiento de rotación en torno a un punto o eje determinados.

PLANETA ENANO: objeto de masa planetaria que no es ni un planeta ni un satélite natural. Un planeta enano es lo bastante masivo como para tener forma casi esférica, orbita directamente alrededor del Sol, pero no ha despejado de objetos el vecindario en torno a su órbita. El término planeta enano fue adoptado por la Unión Astronómica Internacional en el año 2006. En la actualidad hay cinco objetos en el Sistema Solar clasificados como planetas enanos: Plutón, Ceres, Haumea, Makemake y Éride. Ceres se encuentra en el Cinturón de Asteroides, mientras que los otros cuatro planetas enanos residen más allá de la órbita de Neptuno. Se cree que podría haber muchos más planetas enanos en los confines helados del Sistema Solar.

PÚLSAR: estrella de neutrones en rotación con un campo magnético intenso. Los púlsares emiten un haz de radiación que, si está alineado con la Tierra, se observa desde aquí como un «destello» periódico de luz en longitudes de onda de radio.

VELOCIDAD RADIAL: velocidad de un objeto a lo largo de la línea de visión entre dos objetos.



Enlaces de interés

ENSEÑAR CON EL ESPACIO

[ESA Enseñar con el espacio | recurso didáctico P02 titulado «Elipses fabulosas», guía docente y actividades del alumnado | P02](#)

https://esamultimedia.esa.int/docs/edu/P02_Marble-ous_ellipses_teacher_guide.pdf

[ESA Enseñar con el espacio | VP02: Vídeo del recurso P02 titulado «Elipses fabulosas»](#)

https://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/07/Marble-ous_ellipses_-_classroom_demonstration_video_VP02

[ESA Enseñar con el espacio | VP06: Vídeo del recurso P06 titulado «Cocina un cometa»](#)

https://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/10/Cooking_a_comet_ingredients_for_life_-_classroom_demonstration_video_VP06

[ESA Enseñar con el espacio | VP07a: Vídeo a del recurso P07 titulado «Pelotas baricéntricas»](#)

https://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2015/04/Barycentric_balls_-_classroom_demonstration_video_VP07a

[ESA Enseñar con el espacio | VP07b: Vídeo b del recurso P07 titulado «Pelotas baricéntricas»](#)

https://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2015/04/Barycentric_balls_in_space_-_classroom_demonstration_video_VP07b

MISIONES Y CIENCIA DE LA ESA RELACIONADAS

[Misión Gaia de la ESA](#)

www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Gaia

[Libritos breves sobre Gaia \(en 7 idiomas europeos\)](#)

https://www.esa.int/Education/Little_Books_of_Gaia

[Aplicación sobre Gaia para iPhone](#)

<http://blogs.esa.int/gaia/2014/09/01/gaia-in-your-pocket-mapping-the-galaxy-with-the-new-gaia-app/>

[Misión Hipparcos de la ESA](#)

www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Hipparcos_overview

[Science@ESA vodcast: Episode 6: Charting the Galaxy – from Hipparcos to Gaia](#)

https://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Science_ESA_Episode_6_Charting_the_Galaxy_-_from_Hipparcos_to_Gaia

[Crea tu propio globo estelar Hipparcos](#)

www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Create_your_own_Hipparcos_star_globe2

[ESA/NASA Hubble Space Telescope](#)

<http://sci.esa.int/hubble/>

[Cómo detectar un planeta extrasolar](#)

www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/How_to_find_an_extrasolar_planet

BASE DE DATOS LUNARES Y DE CIENCIAS PLANETARIAS DE LA NASA

[Página principal](#)

nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/

[Índice de fichas de datos planetarios](#)

nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/planetfact.html

[Ficha de datos sobre el Sol](#)

nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/sunfact.html

Spain



EUROPEAN SPACE EDUCATION RESOURCE OFFICE
A collaboration between ESA & national partners



La **Oficina Europea de Recursos para la Educación Espacial en España (ESERO Spain)**, con el lema «Del espacio al aula» y aprovechando la fascinación que el alumnado siente por el espacio, tiene como objetivo principal proporcionar recursos a docentes de primaria y secundaria para mejorar su alfabetización y competencias en materias CTIM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas).

Este proyecto educativo de la **Agencia Espacial Europea** está liderado en España por el **Parque de las Ciencias de Granada** y cuenta con la colaboración de instituciones educativas tanto nacionales como de ámbito regional en las distintas Comunidades Autónomas.

Detección de exoplanetas

COLECCIÓN
ESCONDIDOS EN LA LUZ

Incluye, entre otros:

En la zona Ricitos de Oro
¿Hay alguien ahí fuera?
Comunicación interplanetaria
El Sistema Solar
La magia de la luz
Modelado de tránsitos de exoplanetas
Elipses fabulosas
Pelotas baricéntricas
Osos espaciales

ESERO SPAIN

Parque de las Ciencias
Avda. de la Ciencia s/n.
18006 Granada (España)
T: 958 131 900

info@esero.es
www.esero.es



OT-SB-03

PELOTAS BARICÉNTRICAS

**CUADERNO DEL PROFESORADO
SECUNDARIA Y BACHILLERATO**