EXPLORANDO EL COSMOS CON LA MESA ESPACIO-TEMPORAL

Blanca Troughton

La idea de construir una mesa espaciotemporal me surgió durante un viaje a Oklahoma, en 2023. Allí asistí a una actividad de divulgación organizada con motivo de las noches de Sally Ride, la primera mujer estadounidense que viajó al espacio, en 1983. Vi a un grupo de divulgadores realizar experimentos con bolas sobre una superficie elástica para explicar conceptos relacionados con la relatividad. La experiencia me pareció tan sugerente que decidí investigar cómo podía reproducirla.

Durante esa búsqueda encontré vídeos del profesor de secundaria Dan Barnes, de California, que realizaba experimentos similares con sus alumnos. Uno de esos vídeos se hizo viral y me sirvió de inspiración para desarrollar una versión propia en la Sociedad Malagueña de Astronomía.

Construcción de la mesa

Mi objetivo era crear una mesa transportable sobre la que pudiera colocar una tela elástica y hacer rodar bolas de distintos tamaños, de manera que el público visualizara algunos efectos asociados a la curvatura del espacio-tiempo. El diseño lo realizó Francisco Fernández Casado, socio de nuestra entidad.

La mesa que construimos es plegable, mide unos 120 centímetros y dispone de una zona circular central de un metro de diámetro. También incorpora un pequeño borde para evitar que las bolas salgan despedidas durante las demostraciones, especialmente en ferias y actividades al aire libre.



Figura 1. La mesa espaciotemporal

La elección de la tela fue uno de los aspectos más delicados. Finalmente, utilizamos una licra negra compuesta por un 95 % de poliamida trilobal y un 5 % de elastano. Debe estirarse en las cuatro direcciones y tener un gramaje elevado; en nuestro caso, 250 gramos por metro cuadrado. La tela que empleamos tenía una anchura de 1,5 metros.

Empezamos a diseñar la mesa en enero y la presentamos por primera vez en una feria científica celebrada en Rincón de la Victoria. La acogida fue muy buena, lo que nos animó a compartir la experiencia y facilitar que otras asociaciones puedan reproducirla.

Cómo se plantean los experimentos

He organizado los experimentos en fichas que incluyen un título atractivo, una explicación del concepto científico, instrucciones para realizar la demostración y una reflexión final. Las he pensado especialmente para despertar la curiosidad del público joven y explicar ideas de la relatividad y la dinámica orbital de una manera visual y participativa.

En nuestras demostraciones, la tela representa de forma simplificada el espacio-tiempo; una bola pesada genera una depresión que simboliza el pozo gravitatorio, y las canicas permiten observar trayectorias influidas por esa deformación. Conviene recordar que se trata de una analogía divulgativa: la tela y las bolas no reproducen todos los aspectos físicos de la gravedad real.

1. La curvatura del espacio-tiempo: la manzana de Newton y Einstein

Con el primer experimento invito al público a preguntarse por qué caen los objetos. Coloco una masa sobre la tela para deformarla y sitúo una canica cerca; esta puede desplazarse hacia ella siguiendo una trayectoria curva. La demostración me permite introducir la interpretación de Einstein: los cuerpos masivos curvan el espacio-tiempo y los objetos se mueven siguiendo trayectorias determinadas por esa geometría, llamadas geodésicas.

2. El secreto de las órbitas

Para explicar las órbitas, propongo entenderlas como una caída continua. La Luna está sometida a la gravedad terrestre, pero también posee velocidad tangencial; por eso, mientras cae hacia la Tierra, avanza y no llega a chocar con ella.

Para visualizarlo, coloco una bola pesada en el centro y lanzo una canica a su alrededor. Según la velocidad y la dirección del lanzamiento, la canica puede rodear la bola durante un tiempo o escapar del pozo. En nuestra mesa, la fricción hace que las órbitas se vayan reduciendo hasta que la canica termina chocando con la bola central. En el espacio, donde la fricción es extremadamente pequeña, las condiciones son muy distintas. También aprovecho este experimento para introducir las maniobras de asistencia gravitatoria que se utilizan para modificar la trayectoria de las sondas espaciales.

3. El misterio de Mercurio

Con este experimento explico el misterio de la precesión del perihelio de Mercurio, uno de los fenómenos que permitió explicar la teoría de la relatividad general. El perihelio es el punto de la órbita más cercano al Sol. Según una descripción newtoniana ideal, la elipse orbital

mantendría su orientación si no hubiera perturbaciones; sin embargo, el perihelio de Mercurio avanza más de lo que podían explicar las perturbaciones conocidas de los demás planetas.

En la mesa muestro, de forma exagerada, cómo cambia la orientación de una órbita elíptica con cada vuelta alrededor de la bola central, que representa el Sol.

4. Artemis II y la trayectoria de retorno libre

Con este experimento represento una trayectoria de retorno libre, una solución que permite que una nave rodee la Luna y regrese a la Tierra aprovechando la interacción gravitatoria entre ambos cuerpos, sin necesitar una propulsión continua durante todo el recorrido. El movimiento depende de la relación entre la Tierra, la Luna y la nave, dentro del llamado problema de los tres cuerpos.

Coloco dos bolas que representan la Tierra y la Luna y, con un lanzamiento adecuado, una canica puede pasar alrededor de la segunda y regresar hacia la primera, dibujando una trayectoria parecida a un ocho. Así ilustro cómo la gravedad puede guiar una trayectoria sin que sea necesario impulsar continuamente la nave.

5. El origen del orden: conservación del momento angular

Para explicar el origen del orden en el sistema solar, parto de la idea de que se formó a partir de una nube de gas y polvo en movimiento. Aunque al principio el material interactuaba de manera caótica, el momento angular total se conserva. La rotación inicial del material contribuyó a que el disco y, posteriormente, los cuerpos del sistema solar compartieran un sentido de giro predominante.

En esta demostración participan dos personas que lanzan canicas en sentidos opuestos sobre la tela. Tras las colisiones, algunas pueden quedar girando alrededor de la bola central. Con el experimento muestro cómo, a partir de movimientos iniciales desordenados, pueden aparecer patrones de rotación.

6. La frontera de los gigantes: la esfera de Hill

Explico la esfera de Hill como la región alrededor de un planeta en la que su gravedad puede dominar frente a la influencia del Sol y mantener satélites en órbita. El tamaño de esta región depende, entre otros factores, de la masa del planeta y de su distancia al Sol.

Para representar el fenómeno, coloco una bola que simboliza el Sol y otra, más pequeña, que representa un planeta. Después lanzo varias canicas a la vez. Algunas quedan cerca de la bola planetaria, lo que ilustra de forma simplificada cómo un planeta puede retener satélites. Cuando repito la prueba con una bola de menor tamaño, observo que el resultado cambia.

Divulgación y materiales disponibles

He concebido la mesa para llevarla a ferias científicas, observaciones públicas y otras actividades de divulgación. La respuesta en nuestra primera presentación fue muy positiva: numerosas personas quisieron probar los experimentos mientras les explicábamos qué representaba cada movimiento.

En la conferencia presento cinco demostraciones de un conjunto más amplio de fichas experimentales. Desde nuestra entidad, prevemos publicar los materiales en la página web para que otras personas y asociaciones puedan reproducirlos.



Figura 2. La mesa en el XVII Encuentro de ciencia de Bezmiliana

Preguntas

¿La trayectoria de retorno libre ya se utilizó en la misión Apolo 13?

Sí. La trayectoria de retorno libre fue fundamental para que el Apolo 13 pudiera regresar a la Tierra tras la emergencia que sufrió durante la misión.

¿Qué acogida han tenido los experimentos entre el público?

La experiencia inicial en una feria científica de Málaga fue muy positiva. Se formó una cola de personas que querían probar las demostraciones, y nosotros explicábamos cada experimento mientras los participantes observaban el movimiento de las bolas.

¿Por qué las órbitas que se observan en la mesa no parecen circulares o elípticas como las reales?

En la práctica, las trayectorias que conseguimos suelen ser elípticas; obtener una trayectoria aproximadamente circular resulta más difícil. La demostración es una representación cualitativa, condicionada por la elasticidad de la tela, la fricción y la forma de lanzar las bolas.

¿Qué tipo de tela se debe utilizar?

Recomiendo una licra de calidad, como la que se utiliza en prendas deportivas, con elasticidad en las cuatro direcciones y un gramaje elevado. En nuestro prototipo empleamos una tela de 250 g/m², compuesta por un 95 % de poliamida trilobal y un 5 % de elastano.