

PROBANDO LA MICROGRAVEDAD

Ricardo Moreno Luquero



En este artículo se explica qué es la microgravedad y se proponen algunas actividades para hacer con los alumnos. En la foto superior, la profesora de secundaria Christa McAuliffe y el resto de la tripulación, entrenándose en μg para el vuelo del Challenger que acabó en tragedia en 1986.

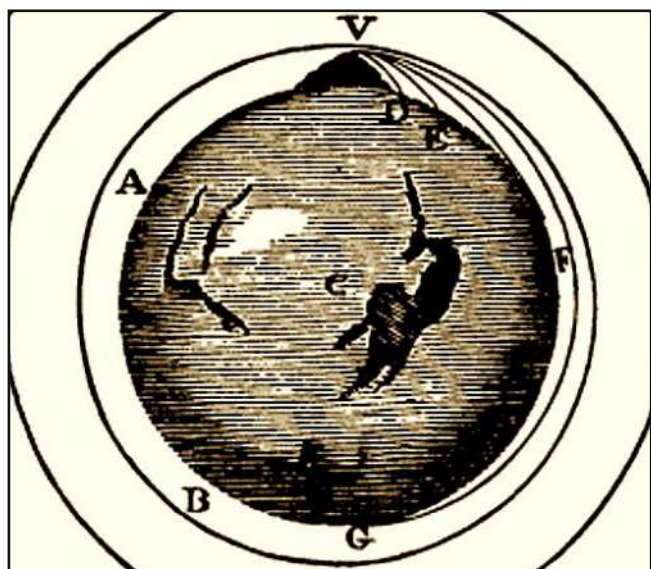
Muchas personas piensan erróneamente que la ingravidez es una propiedad del espacio exterior. Una vez que una nave espacial consigue salir de la atmósfera, ya no le afectaría la gravedad terrestre, y por eso los astronautas flotan en su interior. No son conscientes de que a los 400 km de altura a los que está la Estación Espacial Internacional (ISS), el valor de la aceleración de la g es $8,96 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, en lugar de los

$9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ que hay en la superficie de la Tierra, o sea, sólo un 9% menos. Y por supuesto, la Luna que está mucho más lejos, no se escapa de nuestro planeta porque está retenida por la gravedad de terrestre.

Para conseguir una ausencia casi total de la gravedad, tendríamos que irnos muy lejos del sistema solar, a medio camino entre las estrellas vecinas, y aun así tanto el Sol como esas estrellas

nos seguirían atrayendo algo. No hay que olvidar que el campo de acción del campo gravitatorio de una masa es ilimitado, aunque va disminuyendo con la distancia al cuadrado. Por eso, en una nave en órbita no se habla de ingravidez, sino de microgravedad μg .

Los astronautas flotan dentro de la ISS no porque la Tierra no les atraiga, sino porque están en continua caída libre, igual que su nave. Y si están en caída libre, ¿por qué no se chocan con la Tierra? Porque esa caída libre está combinada con una elevada velocidad de desplazamiento paralela al suelo, del orden de 27.000 km/h a la altura de esos satélites. Newton lo explicó muy bien con un dibujo de un hipotético tiro horizontal desde un monte elevado. Cuanto más velocidad tuviese el lanzamiento, más lejos llegaría. Si se tira con suficiente velocidad horizontal, se podría llegar a que la superficie terrestre se curve según cae el objeto lanzado. En ese caso conseguiría estar en un movimiento continuo de caída sin llegar nunca a impactar con la superficie terrestre, es decir, estaría en órbita.



Por tato, podríamos ponernos en órbita a cualquier altura. Un avión podría hacerlo, pero debería ir a una velocidad tan grande que el rozamiento con la atmósfera destrozaría la nave. Es necesario salir de la atmósfera para que la nave no se queme con el rozamiento, no “para salir del influjo de la gravedad”.

El rozamiento con el aire es proporcional al cuadrado de la velocidad, y también es proporcional a la densidad de la atmósfera. Una nave, cuando despegamos, lleva una velocidad pequeña, y según se eleva, la velocidad se va haciendo mayor y aumenta el rozamiento con el aire. Pero la densidad de la atmósfera disminuye con la altura, y hace que el rozamiento sea menor. Hay un momento crítico para la estructura de la nave, de máximo rozamiento (máxima presión dinámica se llama en ingeniería aeroespacial). En el Apolo ocurría a los 14 km de altura, y en el Transbordador espacial a los 11 km. Suelen aparecer entonces unas ondas de choque junto al cohete.



Fotograma de la película Apolo 11

A la vez que se eleva, el cohete se va inclinando. Cuando adquiere la velocidad horizontal adecuada, apaga los motores y queda en órbita. Entonces empieza en su interior el estado de microgravedad, que no es otra cosa que una caída libre continua.

En tierra, el estado de microgravedad se puede reproducir durante breve tiempo en algún dispositivo en caída libre. Por ejemplo en las instalaciones del INTA en Torrejón (Madrid), hay una torre de ensayo de 23 m de altura, en la que se obtiene microgravedad (μg) durante los 2,16 segundos que dura la caída libre. La NASA tiene otra en Ohio, de 30 m de altura.

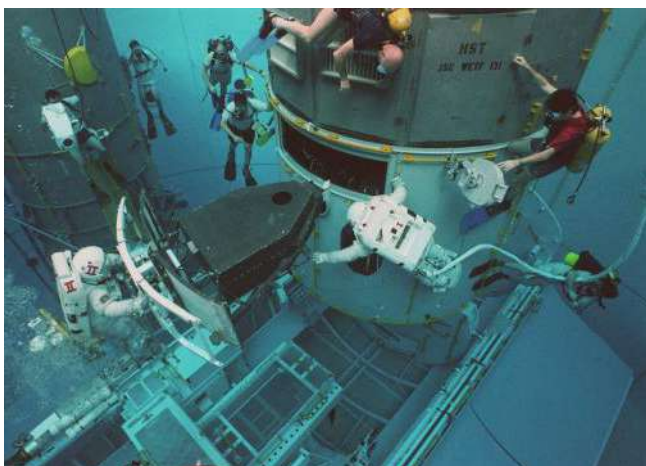
Las agencias espaciales disponen de aviones, llamados Zero-G, en los que se obtiene μg . Suben a la máxima altura posible, paran sus motores (realmente los dejan a una mínima potencia para contrarrestar el rozamiento de la nave con el aire) y empiezan a caer en una trayectoria parabólica que dura unos 20 segundos. Luego



vuelven a subir y repiten la caída varias veces. En esos tiempos, en su interior se dispone de ambiente en μg , y los astronautas lo usan para entrenarse (y el cine para grabar escenas en naves espaciales).

Si quieres más tiempo de microgravedad, hay que acudir a cohetes suborbitales, que vuelan describiendo parábolas que duran varios minutos.

Los astronautas, para entrenarse en operaciones complejas que tienen que realizar en microgravedad, usan a veces unos grandes tanques de agua, en los que se sumergen los astronautas, equilibrando su peso con el empuje



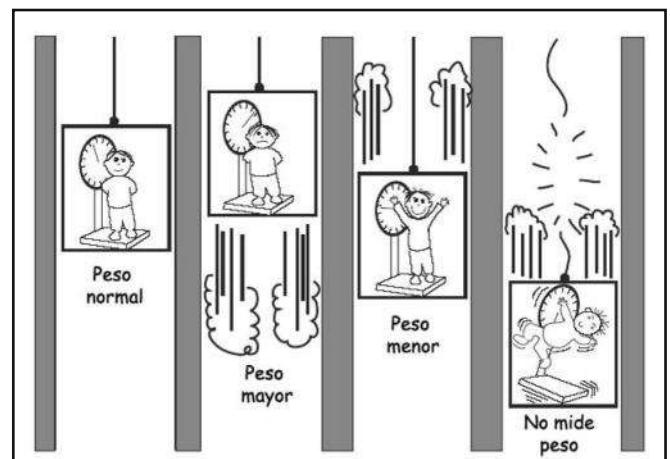
hidrostático. Ese estado de flotación no es microgravedad, pero de alguna forma la simula.

¿Para qué es interesante la μg ? Se está usando sobre todo para la investigación de fenómenos que tienen que ver con la combustión, los nuevos materiales, el desarrollo de los seres vivos, el comportamiento de los líquidos y la biotecnología.

Vamos a ver algunas actividades que se pueden hacer con alumnos, en las que conseguiremos unos instantes de microgravedad, suficientes para observar el extraño comportamiento de la materia en esas condiciones, en especial la forma esférica de los fluidos.

Act. 1: Aceleraciones en el ascensor

Ponemos un peso de baño en el ascensor de casa. Nos pesamos cuando el ascensor está parado en el piso bajo: nos indica nuestro peso habitual. Damos a un piso cualquiera: en el arranque, pesamos más. Luego se estabiliza y al



frenar pesamos menos. Una vez parados, damos a bajar: en el arranque pesamos menos, luego se estabiliza y en el frenado final pesamos más. Podemos imaginar que si hay caída libre, la balanza no mide ningún peso: la persona y los objetos están dentro como flotando: están en microgravedad (y también en grave peligro, si no frenan).

Actividad 2: Comprobar con el móvil que en caída libre, $g = 0 \text{ m/s}^2$

Descargamos la app gratuita “science journal”, disponible en diversas plataformas. La web es:



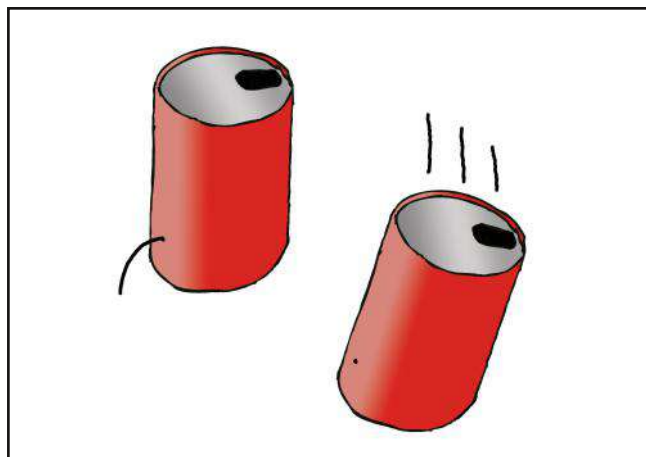
<https://sciencejournal.withgoogle.com>

Ponemos la pantalla para que registre el acelerómetro z. Nos da el valor de la $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. Si lo dejamos caer sobre una cama, en el registro se ve que durante la caída el valor que muestra de g es 0 m/s^2 .

Actividad 3: Agua que no cae

En una lata de refresco que esté vacía, hacemos un pequeño agujero en la parte inferior de la pared. Lo tapamos con un dedo y llenamos de agua el bote.

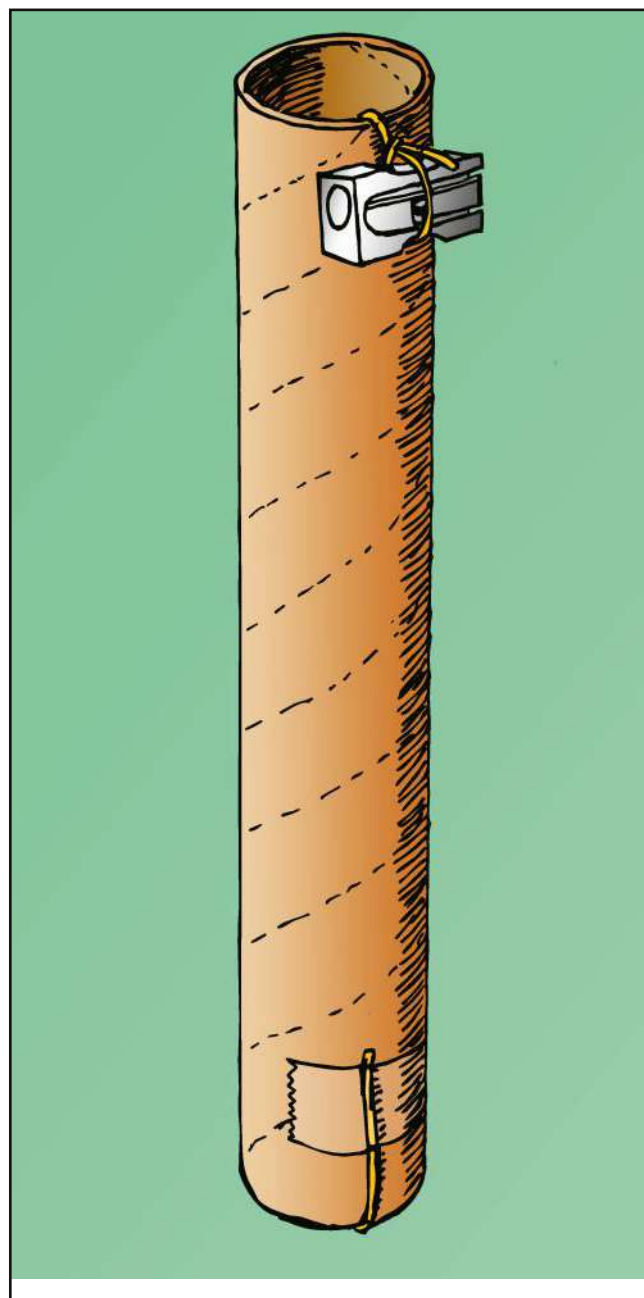
El peso del agua produce una presión, y si destapamos el agujero vemos cómo el agua sale empujada por esa presión. Pero si dejas caer la lata, cesa la salida del líquido: el agua ya no siente el peso, y no hay presión que haga salir el agua.



Actividad 4: Demostrador de microgravedad

Tomamos un tubo de cartón de papel de cocina, de unos 30 cm de largo y de unos 4-5 cm de diámetro.

Cortamos varias gomas elásticas por cualquier punto, y las atamos entre sí para hacer un cordel elástico de unos 45 cm de largo. En un extremo atamos algo pesado, por ejemplo un sacapuntas metálico o una tuerca. Pasamos el otro extremo de la goma por el interior del tubo y lo pegamos con cinta adhesiva en el exterior del tubo, de tal forma que al colgar por dentro el



cordel elástico, el sacapuntas quede al ras del extremo inferior del tubo, justo a punto de que se le vea.

Estiramos un poco la goma y dejamos el sacapuntas por fuera, como en el dibujo. En esa posición la tensión de la goma equilibra el peso del sacapuntas.

Cogemos el tubo con la mano y lo dejamos caer. Veremos que el sacapuntas se introduce inmediatamente en el tubo. La razón es que en cuanto el aparato se pone en caída libre, entra en microgravedad, el peso del sacapuntas desaparece y ya no equilibra la tensión de la goma, que arrastra al sacapuntas hacia el interior del tubo.

Actividad 5: Goteo en mg

Existen en el mercado algunos adornos que consisten en líquidos coloreados que caen en gotas dentro de otro líquido transparente (buscar en internet "Hourglass Liquid Timer"). Sujetemos con velcro adhesivo uno de ellos junto a la pared de una caja (p.ej. de zapatos). En la pared opuesta ponemos el teléfono móvil dispuesto para grabar. Y se deja caer



la caja sobre un cojín, desde una altura aproximada de 2 m.

En la grabación que toma el móvil se observa que durante la caída se interrumpe el goteo y las gotas se vuelven totalmente esféricas.

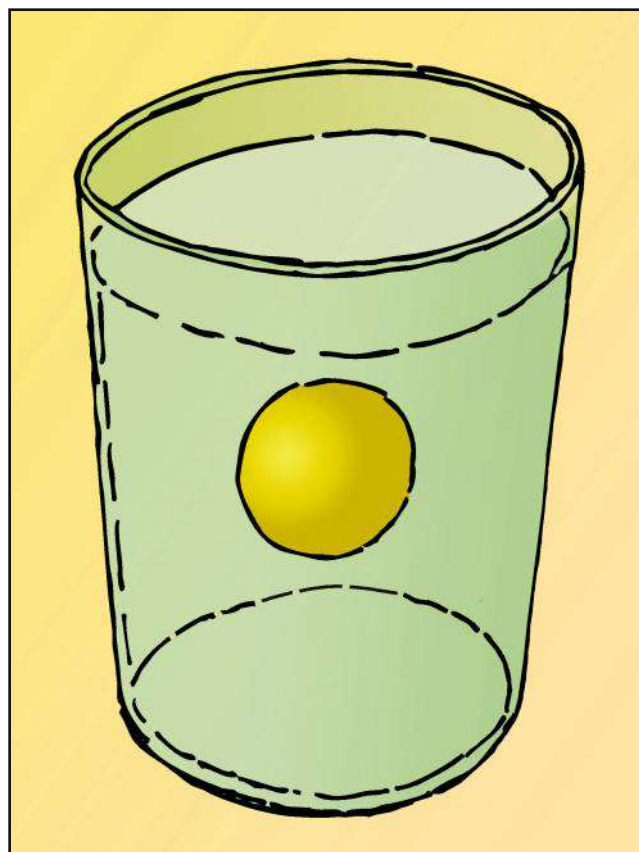


A la izquierda, el aparato parado, con gravedad: las gotas son deformadas. A la derecha, en caída libre: las gotas se detienen y además son totalmente redondas

Actividad 6: Gota ingrávida

Necesitamos un vaso transparente, agua, alcohol, una jeringuilla y aceite de oliva.

El aceite de oliva tiene una densidad intermedia entre la del agua y la del alcohol, por tanto flota en el agua, pero se hunde en el alcohol. El agua y el alcohol se mezclan con facilidad, y se puede conseguir una mezcla que



tenga la misma densidad que el aceite. En ese caso, el peso del aceite se iguala con el empuje que sufre al estar dentro de un fluido, y se comporta como si estuviese en ingravidez. En esas condiciones, la tensión superficial hace que el aceite adopte una forma esférica, como ocurre con cualquier líquido que manejan los astronautas en órbita.

Tomamos un vaso transparente y ponemos algo menos de la mitad de agua. Echamos con cuidado y por el borde del vaso, alcohol, en una cantidad igual o un poco mayor que de agua. Removemos para uniformar el líquido.

Coge con la jeringuilla unos 2 ó 3 cm³ de aceite, y pon una pequeña gota a una altura intermedia del vaso. Si sube, le falta alcohol, y si baja, le falta agua. Ve añadiendo poco a poco, y por el borde del vaso, el líquido que le falte, hasta conseguir que la gota quede a media altura. Entonces vacía la jeringuilla de aceite a esa altura, y la gota quedará flotando con forma esférica.

Actividad 7: Material educativo de la ESA sobre microgravedad

La Agencia Espacial Europea tiene material educativo interesante para la labor docente, la mayor parte traducido al español. Por ejemplo:

- ISS Education Kit: dos carpetas para profesores, con recursos sobre la Estación Espacial Internacional (ISS),

una para **Primaria**:

https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Education/ISS_Education_Kit_-_download

y otra para **Secundaria**:

https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Education/Kit_educativo_de_la_ISS_-_download

- Lift-Off: Cuaderno con varios problemas resueltos de Física y Química con datos reales de cohetes y vuelos espaciales. Para Bachillerato.

<https://www.esa.int/Education/Lift-Off>

- ISS DVD Lesson, Project Zero Gravity: son 4 videos de 25 minutos cada uno que con imágenes grabadas en la ISS tratan sobre las Leyes de Newton, el cuerpo humano en el espacio, la materia en el espacio y la robótica. El mejor es el primero. Nivel de la ESO. Aparece nuestro Pedro Duque.

https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Education/ISS_DVD_Lesson_series

- Exploration DVD: The Ingredients for Life - On Earth and in Space: un documental sobre los materiales que componen la vida, y sobre la dificultad de vivir en el espacio. Nivel de Bachillerato.

https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Education/Ingredients_for_Life_On_Earth_and_in_Space

