

¿Por qué la Luna no cae sobre la Tierra?

Juan Segurola · Todos los derechos reservados

QUE · Artículo 010 · Preguntas sencillas, respuestas profundas · Versión 0.1 ES

La Luna está cayendo. Lo que normalmente evita es la colisión. La gravedad cambia continuamente su movimiento, pero ese movimiento ya incluye una gran componente lateral. La trayectoria resultante se curva alrededor de la Tierra en vez de conducir directamente a ella. Una órbita es movimiento sostenido bajo la gravedad, no un lugar donde esta haya dejado de actuar.

Esa respuesta es lo bastante familiar para convertirse en otro eslogan. Para comprenderla, debemos separar tres cosas que el lenguaje cotidiano suele reunir: la aceleración, la forma de una trayectoria y la sensación de peso. Un cuerpo puede acelerar sin aumentar su rapidez, caer sin acercarse continuamente al suelo y sentirse ingrávido mientras la gravedad afecta intensamente a su trayectoria.

1. Caer no especifica toda la trayectoria

Suelta un objeto sin velocidad lateral respecto al centro terrestre y la trayectoria gravitatoria idealizada será radial. Dale una velocidad lateral y sus posiciones posteriores dependerán tanto de esa velocidad como de la gravedad. La fuerza especifica cómo cambia la velocidad; no borra la velocidad que el objeto ya tiene.

Para una órbita circular en el modelo sencillo de un satélite pequeño alrededor de una Tierra esférica, la aceleración gravitatoria es GM/r^2 . Aquí, G es la constante gravitatoria, M la masa terrestre y r la distancia a su centro. El movimiento circular requiere una aceleración hacia dentro v^2/r . Igualar ambas da $v = \sqrt{GM/r}$. Es una condición sobre el movimiento, no un equilibrio entre la gravedad hacia dentro y una segunda fuerza física hacia fuera en un sistema de referencia inercial.

La distinción importa. Dos fuerzas opuestas que se cancelaran exactamente darían una aceleración nula. Una órbita circular tiene aceleración no nula porque la dirección de la velocidad cambia continuamente. Su rapidez puede permanecer constante mientras su velocidad no lo hace. La explicación de la NASA sobre la microgravedad orbital destaca el punto observacional esencial: la gravedad sigue siendo considerable a las altitudes de las naves espaciales, y los objetos en órbita están en caída libre [1].

2. Qué predice un cálculo circular y qué no

Consideremos un planeta esférico explícitamente hipotético con parámetro gravitatorio $GM = 4,0 \times 10^{14} \text{ m}^3/\text{s}^2$ y una órbita de radio $r = 4,0 \times 10^8 \text{ m}$. La rapidez circular es 1000 m/s. La aceleración hacia dentro es $0,0025 \text{ m/s}^2$. Dividir la circunferencia $2\pi r$ por la rapidez da un período de aproximadamente 29,1 días.

Son datos elegidos, no un ajuste a observaciones de la Luna. El cálculo muestra que una aceleración pequeña y continua puede producir una trayectoria curva muy grande. No es necesario que la aceleración a esa distancia se parezca a la mucho mayor de un objeto que cae cerca de la superficie terrestre.

La órbita lunar real no es un círculo perfecto, la Tierra no está fija y el Sol también afecta al movimiento. En un tratamiento aislado de dos cuerpos, ambos orbitan alrededor de su centro de masas común. La órbita relativa utiliza $G(M + m)$, donde m es la masa lunar, en vez de suponer que un cuerpo permanece literalmente inmóvil. Predicciones más detalladas añaden perturbaciones y la distribución real de masa de la Tierra.

La NASA da una distancia media de la Luna de unos 384 400 kilómetros [2]. Ese número es una propiedad inferida a partir de observaciones; el ejemplo hipotético anterior es un ejercicio de un modelo. Su proximidad de escala no debe confundirse con una prueba independiente de precisión. Una prueba genuina debe comparar posiciones y tiempos predichos con los medidos, indicando incertidumbres y correcciones.

3. El movimiento lateral es necesario, pero no toda rapidez lateral da una órbita segura

Para una órbita circular, la rapidez requerida queda fijada por el radio en este modelo. Otras velocidades iniciales pueden producir trayectorias elípticas, trayectorias de escape o recorridos que intersectan el planeta. Decir que algo tiene movimiento lateral no basta, por tanto, para establecer que seguirá orbitando sin colisión.

El momento angular ayuda a organizar estas posibilidades. En un campo gravitatorio central ideal, el momento de fuerza respecto al centro es cero, de modo que se conserva el momento angular. Esa restricción y la energía determinan conjuntamente la órbita posible. Una elipse implica, en general, cambios tanto de rapidez como de distancia; el movimiento circular es un caso especial.

Tampoco hace falta un motor que proporcione un empuje continuo hacia delante en la órbita ideal. Una fuerza tangencial modificaría el movimiento. La gravedad proporciona la aceleración hacia dentro que lo curva. Aun así, las naves reales pueden necesitar maniobras debido al rozamiento atmosférico, las perturbaciones o los requisitos operativos. El modelo ideal es útil precisamente porque sus supuestos identifican qué efectos adicionales hay que examinar.

4. Por qué los objetos que caen pueden sentirse ingravidos

Cuando te pones sobre una báscula, la superficie te empuja. La báscula responde a esa fuerza de apoyo. Si la báscula y tu cuerpo caen juntos, el apoyo puede hacerse muy pequeño aunque ambos sigan acelerando gravitatoriamente. La NASA describe esa misma caída compartida para un astronauta, una nave y un objeto soltado [1].

Esto separa la aceleración gravitatoria del peso aparente. En relatividad, la aceleración registrada por un acelerómetro ideal que se lleva libremente se llama aceleración propia. Un instrumento ideal en caída libre marca cero localmente; uno que descansa sobre una superficie de apoyo no. Ese cero no tiene por qué interpretarse como la afirmación de que el campo gravitatorio circundante ha desaparecido.

Una nave de tamaño finito no es un punto exacto. Pequeños gradientes de gravedad, vibraciones y otras perturbaciones pueden producir aceleraciones relativas en su interior. Por eso, «microgravedad» describe un entorno con efectos residuales pequeños, no una promesa numérica universal para todos los lugares y experimentos. La ingravidez es aproximada en las situaciones prácticas y local en su interpretación física.

Un astronauta en órbita no está sostenido por un suelo como una persona de pie. El astronauta y el vehículo siguen trayectorias gravitatorias muy parecidas. Lo que comparten es su caída, lo que explica por qué el astronauta no cae continuamente hacia el suelo de la cabina.

5. Qué añade la observación a la explicación

Seguir posiciones a lo largo del tiempo establece que la Luna recorre una trayectoria curva y cambia su distancia a la Tierra. Un modelo gravitatorio satisfactorio debe reproducir ese patrón, no limitarse a dibujar un círculo plausible. Las mediciones en muchos momentos restringen una trayectoria mucho más que una imagen aislada.

Del mismo modo, un acelerómetro dentro de un aparato que cae y una medición externa de su posición cambiante se refieren a magnitudes distintas. Sus lecturas diferentes no son una contradicción. Una mide la aceleración respecto a una descripción de coordenadas elegida; el otro detecta el alejamiento de la caída libre local causado por el apoyo u otras fuerzas no gravitatorias.

El cálculo orbital elemental está bien establecido dentro de sus supuestos, pero no especifica todos los detalles del movimiento lunar. Esos detalles requieren un modelo dinámico más completo y datos observacionales. No hay incertidumbre sobre si la órbita de la Luna significa que no hay gravedad: esa interpretación falla en el propio mecanismo.

La Luna evita la Tierra porque su velocidad y su aceleración gravitatoria producen una órbita que no intersecta la superficie terrestre. Que nos muestre casi siempre la misma cara es otra pregunta, relacionada con su rotación y tratada en «¿Por qué la Luna nos muestra casi siempre la misma cara?». Mantener separadas ambas preguntas evita confundir la geometría de una órbita con una explicación del acoplamiento de marea.

Referencias

[1] NASA Glenn Research Center. What Is Microgravity?

<https://www.nasa.gov/centers-and-facilities/glenn/what-is-microgravity/> (consulta: 5 de octubre de 2026).

[2] NASA Science. Moon Facts. <https://science.nasa.gov/moon/facts/> (consulta: 5 de octubre de 2026).