

INGRAVIDEZ NO ES AUSENCIA DE GRAVEDAD.

Todos hemos visto innumerables veces astronautas en estado de ingravidez, en naves y estaciones espaciales, incluso en unos aviones especiales utilizados en los entrenamientos de astronautas y para viajes turísticos.

En estas situaciones, si un astronauta tiene una manzana en la mano y la abre procurando no empujarla, la manzana sigue quieta en el mismo sitio, como flotando.

La realidad es que la manzana y el astronauta se mueven a la misma velocidad que la nave y la manzana aparentemente está quieta y no se “cae”, ni hacia el suelo ni hacia el techo, ni hacia delante ni hacia atrás.

No es lo mismo, pero si en un tren dejamos una manzana sobre la mesa, aparentemente está quieta, aunque sabemos que se mueve con el tren.

Es muy importante el que haya lugares donde los astronautas puedan acostumbrarse a convivir con la ingravidez, pues en los futuros viajes interplanetarios la mayor parte del viaje será prácticamente en estado de ingravidez. Por ejemplo, para hacer sus necesidades tienen unos recipientes y unos embudos con succionadores, y así multitud de detalles.

Otro ejemplo, si tenemos un vaso con agua y lo giramos con suavidad en diversas direcciones, el agua no sale del vaso. (No se debe decir que no se cae).

En la Tierra es imposible beber agua de un vaso estando colgado cabeza abajo, incluso tumbado horizontalmente sin levantar algo la cabeza.

Cuando nos colocamos cabeza abajo durante algún tiempo, notamos que la sangre se nos “sube” a la cabeza, esto es debido a que la gravedad influye en la circulación sanguínea. Por lo tanto, en estado de ingravidez esta circulación se ve afectada de forma importante y es preciso tenerlo en cuenta.

No lo se con seguridad, pero es bastante probable que las plantas tengan dificultades de desarrollarse en estado de ingravidez, pero con lo comentado hasta ahora es suficiente para comprender la necesidad de hacer experimentos profundos antes de organizar largos viajes espaciales.

La Estación Espacial Internacional en la que se da la ingravidez está a una altura media de 400 km. de la superficie terrestre, su masa es de más de 400.000 kg. y su tamaño, el del terreno de juego de un campo de fútbol.

Podría pensarse que en esta estación no existe gravedad, pero no es así. Una cosa es inexistencia de gravedad que solo se da a una distancia infinita de las masas, y otra la ingravidez.

A esta altura de 400 Km., ¿qué velocidad tangencial debemos proporcionar a la estación para que en ella se dé la ingravidez?



Vista interior de la estación espacial,

La gravedad es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. En la superficie terrestre con un radio medio de 6.371 km. la aceleración de la gravedad es $9,82 \text{ m/s}^2$. La estación espacial está a una distancia del centro de la tierra $D=6.371+400=6.771 \text{ km}$. Como la gravedad es inversamente proporcional al cuadrado de esta distancia podemos poner $9,82=K/6.371^2$, luego a la altura en que está la estación espacial, a 6.771 km. del centro de la Tierra la gravedad vale, $G=K/6.771^2$.

Despejando K en estas dos expresiones e igualando tenemos, $K=9,82 \cdot 6.371^2=G \cdot 6.771^2$ de aquí obtenemos $G=8,69 \text{ m/s}^2$. Esta es la aceleración de la gravedad terrestre en la estación espacial.

Sobre una manzana de masa M, la atracción de la gravedad, (su peso), en la estación es $M \cdot 8,69$, ($F=M \cdot A$, fuerza igual a masa por aceleración).

Una manzana de masa $M=100 \text{ gr}$, en la superficie de la Tierra pesa 100 gramos y en la estación espacial $100 \cdot 8,69/9,82=88 \text{ gr}$, pero si la pesamos con una balanza de cocina, nos marcará 0 gr, pues estos 88 gramos "son utilizados" en hacerle girar alrededor de la tierra.

La manzana no pesa en la estación, porque esta fuerza de atracción a esa altura es precisamente la necesaria para mantener la velocidad tangencial que se necesita para que la trayectoria recta que seguiría la manzana si no existiese ninguna fuerza, sea circular de radio 6.771 Km.

Esta fuerza tira de la manzana hacia el centro de la Tierra y para que no vaya hacia el suelo de la estación, debemos impulsar a la nave con una velocidad de forma que esta atracción sea igual a la fuerza centrípeta.



Manzanas y naranjas orbitando con la estación espacial.

La aceleración centrípeta es $a_c = V^2/D$, $8,69 = V^2/6.771.000$, la velocidad tangencial de la estación debe ser $V^2 = 6.771.000 \cdot 8,69$, luego $V = 7.671 \text{ m/s} = 27.615 \text{ km/h}$. Esta es la velocidad a la que debe moverse la estación para que en ella se dé la ingravidez a 400 km. de altura sobre el nivel del mar.

Esta es la velocidad absoluta de la estación respecto del espacio. Pero a su vez la Tierra está girando, y la velocidad de arrastre a 6.771 km. (400 km sobre el nivel del mar) es, $V = S/T$, (espacio partido por tiempo), es decir $2 \cdot (\pi) \cdot 6.771.000 \text{ m} / 86.400 \text{ s} = 492 \text{ m/s}$. (24 horas = $24 \cdot 60 \cdot 60 = 86.400 \text{ s}$. y $360^\circ = 2 \cdot (\pi)$ radianes).

La velocidad relativa de la estación respecto de la Tierra se obtiene sumando o restando a esta velocidad absoluta de 7.671 m/s estos 492, dependiendo de que la estación gire en sentido contrario o en el mismo que la tierra, de esta forma se obtiene la velocidad relativa respecto de la Tierra. (Recordemos que la velocidad absoluta es igual a la relativa más la de arrastre, con su signo correspondiente).

En los escritos que yo he leído se dice que ésta velocidad de 7.671 m/s. es la velocidad respecto de la tierra, pero vemos que esto no es del todo correcto, esta es la velocidad respecto del espacio.

El plano de la órbita de la estación está inclinado $51,6^\circ$ respecto del plano del ecuador. Por lo tanto, la corrección que hay que añadir o restar a los 7.671 m/s no es 492, sino la componente de esta velocidad proyectada sobre estos $51,6^\circ$. Es decir $492 \cdot \cos 51,6 = 492 \cdot 0,62 = 305 \text{ m/s}$,

Al estar “tan solo” a 400 km. de distancia, cuando es iluminada por el Sol es posible ver la estación como una estrella brillante, pero moviéndose a una velocidad unas 30 veces mayor que la de los aviones comerciales, a 27.615 Km/h.

Esta estación lleva en funcionamiento más de 22 años y ha sido visitada por más de 300 personas.

Dentro de pocos años habrá viajes turísticos organizados y dependiendo del precio, nuestro Colegio de Ingenieros podría organizar alguna excursión y montar un torneo relámpago de mus. Sería el primer torneo de mus espacial de la historia, yo me apuntaría con Jesús Tanco de pareja y haríamos un buen papel. Es posible que las cartas revoloteasen a lo largo, alto y ancho de la estación, no habría ni mesa ni sillas, pero nos acostumbraríamos.

Otra forma algo más complicada de anular la acción de la gravedad y conseguir la ingravidez sería haciendo girar a la estación espacial alrededor de la Tierra con la misma velocidad angular que la Luna a la distancia conveniente para que las dos fuerzas de atracción se compensasen, y de esta forma la composición de las gravedades de la Tierra y la Luna actuando en sentido contrario se anularían.

Conociendo las masas de la Tierra y la Luna y la distancia entre ellas, vamos a calcular cuál es esta distancia D desde el centro de la Tierra a la que debe estar la estación espacial y qué velocidad debemos proporcionarles.

Si D es la distancia de la estación a la Tierra, $384.000-D$ es la distancia a la Luna. Las atracciones de la Tierra y Luna sobre un objeto de masa m son, fuerza de atracción de la Tierra, $F_t = K \cdot M_t \cdot m / D^2$ y la de la Luna, $F_l = K \cdot M_l \cdot m / (384.000 - D)^2$. Siendo D la distancia que buscamos, K la constante de gravitación, M_t la masa de la Tierra y M_l la de la Luna.

Igualando F_t y F_l , simplificando K y m, y conociendo M_t y M_l , y operando (los cálculos no los muestro), se obtiene que habría que llevar la estación a una distancia del centro de la Tierra de $D = 346.000$ km.

La Luna tarda en dar una vuelta completa respecto del espacio 27 días, 7 horas y 43 minutos.

Con los datos anteriores obtenemos una velocidad de la estación perpendicular al radio de ($V = W \cdot R$). W es $2 \cdot (\pi)$ radianes (360°) en esos 27 días y pico son 2.350.500 segundos, $W = 2 \cdot 3,14 / 2.350.000$.

R como hemos obtenido es 346.000 km. Operando se obtiene $V = W \cdot R = 0,925$ Km/s.

La Luna está a 384.000 km. y tanto ella como la estación completarían una vuelta en el mismo tiempo. Teóricamente, con un buen telescopio, podríamos ver la Luna y la estación alineadas con nosotros.

Aprovecho la ocasión para comentar que algunas veces se ven falsos videos de la Tierra saliendo o poniéndose en el horizonte de la Luna.

Son malas interpretaciones de videos tomados de vehículos en movimiento, pero no desde un punto fijo de la Luna.

La Tierra está quieta vista desde la Luna, lo que si se puede observar es la Tierra girando sobre sí misma, pero sin moverse de su posición.



Vista de la Tierra elevándose sobre el horizonte de la Luna.

Este pie de video es totalmente falso, la Tierra vista desde la Luna ni se eleva ni desciende.

Desde la cara visible de la Luna los astronautas verían la Tierra y la estación alineadas con ellos y la estación proyectada en el centro de la Tierra.

Concretamente desde el centro de la cara vista de la Luna (cerca del Mar de la Tranquilidad) tendríamos a la Tierra sobre nuestras cabezas, en el cenit, quieta, pero girando sobre sí misma. En la Tierra tenemos también un astro que no se mueve, la estrella Polar, que vista desde el polo norte está fija en nuestro cenit.



Si en esta estación situada entre la Tierra y la Luna soltamos una manzana, sobre ella no se ejerce ninguna fuerza, pues las atracciones de la gravedad de Tierra y Luna se anulan.

Hemos explicado dos formas de conseguir ingravidez, una haciendo que la velocidad orbital sea la necesaria para lo que se llama “caída libre”, es decir que la atracción sea justo la fuerza centrípeta, y otra compensar dos atracciones opuestas para que se anulen.

Se llama caída libre porque la forma más sencilla de comprobar la ingravidez es lanzar desde lo alto de un rascacielos a una persona dentro de una cabina con una manzana en la mano. Esta persona podría abrir la mano y comprobaría que la manzana no se mueve respecto a él ni respecto a la cabina, pues caen los tres, la cabina, la manzana y la persona hacia el suelo de la Tierra libremente con la misma aceleración, $9,82 \text{ m/s}^2$. Esta persona podría “volar” dentro de esta cabina como ocurre en la Estación Espacial Internacional.

En el caso de la Estación Espacial Internacional a 400 km. de altura no sería necesario utilizar ningún tipo de combustible una vez llevada la nave al punto necesario con la velocidad adecuada. Lo mismo sucede con la Luna, que está girando en teoría indefinidamente sin gasto de combustible. En realidad, debido a diversas causas (atracción del Sol, de la Luna, de los planetas, etc.), siempre es necesario utilizar algo de combustible para realizar pequeñas correcciones y ajustes de la órbita de la ISS.

Sin embargo, en el caso de la estación ideal donde se compensan las atracciones gravitacionales de Luna y Tierra, en ese punto concreto al no soportar ninguna fuerza, su trayectoria teóricamente sería recta y en poco tiempo dejaría de mantenerse el equilibrio de las dos fuerzas de atracción, por lo que la ingravidez dejaría de manifestarse.

Antton del Campo.

Ingeniero Industrial.