



www.astrosociety.org/uitc

No. 34 - Spring 1996

© 1996, Astronomical Society of the Pacific, 390 Ashton Avenue, San Francisco, CA 94112.

Subiendo, Subiendo y Saliendo

por James J. Secosky, Bloomfield Central School
y George Musser, Astronomical Society of the Pacific

¿Quiere irse de excursión al espacio? Pues solamente cambie los canales en cablevisión. El canal de pronósticos del tiempo, los noticieros de CNN, los reportajes de deportes ESPN: todos ellos dependen de satélites que están en órbita alrededor de la Tierra. O llame a sus amigos en Mauricio, Madagascar o Maui: un satélite transmitirá su voz. ¿Le preocupa la perforación en la capa de ozono sobre la Antártida o las tumbas multitudinarias en Bosnia? Estaciones en órbita están observando. El reto hoy en día es encontrar algo que *no* involucre satélites de una u otra manera.

Y los satélites son solamente una de las ganancias de la era espacial. Más lejos, sondas espaciales robotizadas han examinados todos los planetas excepto Plutón, conduciéndonos a una revolución en las ciencias terrestres---del estudio de placas tectónicas a modelos del calentamiento de la Tierra---ahora que los científicos pueden comparar nuestro mundo con sus hermanos planetarios. Más de 300 personas de 26 países han ido al espacio, incluyendo 24 astronautas que fueron a la Luna o cerca de ella. ¿Quién sabe cuántos irán en los próximos cien años?

En pocas palabras, los viajes espaciales han llegado a ser parte de nuestras vidas. ¿Pero qué pasa detrás del escenario? Resulta que los satélites y las naves espaciales dependen de algunos de los conceptos más básicos de física. De manera que los viajes espaciales no son solamente algo divertido en que pensar, sino también una base sólida en muchos de los principios que gobiernan nuestro mundo y nuestro universo.

5...4...3...2...1...

Vida en Órbita

Conectándose

Nos Inclinaamos a Coincidir

Al Planeta Rojo

Gracias por el Aventón

¿Qué Tan Rápido Debemos Ir?

Actividad: Una Órbita en tu Mano

Actividad: Inclinación Orbital

5...4...3...2...1...

La ciencia del viaje espacial empieza con la tercera ley de Newton del movimiento: *A cada acción corresponde siempre una reacción igual y opuesta.* Es por esto que los cohetes suben. La acción de los gases calientes de escape de los motores del cohete crea una reacción igual pero opuesta, que empuja el vehículo hacia adelante. Mientras más alta sea la velocidad o la masa de los gases de escape, mayor es el impulso. Los cohetes no se mueven porque se empujan contra el suelo o el aire; después de todo, funcionan en el vacío del espacio donde no hay nada contra que empujar.

La misma tercera ley de Newton se aplica cuando te paras en una tabla de patinar o en patines en línea y avientas una pelota de baloncesto: la tabla de patinar o los patines ruedan en la dirección opuesta a la que estás aventando. Mientras más fuerte avientes la pelota o mientras más pesada sea ésta, más rápido rodará hacia atrás.

Después del despegue, el cohete sube casi verticalmente para salir de la parte más densa de la atmósfera. Alcanza una altitud (200 kilómetros, o 120 millas) en la cual el aire es tan ligero que hay muy poca resistencia atmosférica. Una vez que se encuentra más arriba de la mayor parte de la atmósfera, el cohete se voltea hacia un costado y acelera a 28,000 kilómetros por hora (17,400 millas por hora). La velocidad horizontal es crucial, pues asegura que el cohete continúe moviéndose hacia adelante mientras la gravedad tira de él hacia abajo. Si la velocidad fuera más baja, el cohete se estrellaría en la tierra en alguna parte.

En este sentido, lanzar un cohete es como pegarle a una pelota de béisbol. Un golpe ligero tal vez lance la pelota cerca de la segunda base, un golpe más duro la haría llegar lejos del cuadro, un cuadrangular la volaría más allá de la valla. Si le pegas a la pelota lo suficientemente fuerte, ésta volaría sobre la valla, más allá del estacionamiento, sobre la carretera, el puerto, el océano Atlántico, África, el océano Índico, el océano Pacífico--- justo de regreso sobre el campo de béisbol, más allá del estacionamiento, sobre la carretera y así de nuevo y otra vez igual. Le habrías pegado a esa pelota para ponerla en órbita (ver Figura 1). La pelota siempre estaría cayendo hacia el suelo, pero tendría suficiente momento lineal hacia adelante para prevenir que tocara el suelo. Sin ninguna otra fuerza más que la gravedad, la pelota permanecería en órbita para siempre (ver [Actividad 1](#)). (En la práctica, una cantidad pequeña de atmósfera aún está presente inclusive a 200 kilómetros, así es que todos los satélites eventualmente disminuirán su velocidad y caerán a la tierra.)



Figura 1

Se va, se va, se fue. Durante un juego de béisbol entre los Yankees de Nueva York y los Tigres de Detroit en 1960, Mickey Mantle le pegó a la pelota tan fuerte en un cuadrangular, que ésta salió del estadio Briggs. Según Guinness, fue el cuadrangular más largo de la historia: 196 metros (643 pies). En principio, si Mick hubiera movido su bate un poco más rápido---150 veces más rápido---habría puesto la pelota en órbita. (En la práctica, la resistencia del aire habría derretido la pelota, metralla de los añicos del bate habría matado a los jugadores del cuadro interior, y Mantle se habría quedado el resto de la temporada con severas lesiones en el hombro). Las órbitas son exactamente como la trayectoria de vuelo de una pelota. La gravedad de la Tierra atrae a la pelota mientras que su velocidad inicial la transporta hacia adelante. Mientras más alta es la velocidad inicial, más lejos va la pelota antes de golpear el suelo. A una velocidad inicial suficientemente alta, la pelota puede darle la vuelta al mundo, y eso es lo que llamamos una órbita.

Como la pelota de béisbol en órbita, un satélite o transbordador espacial siempre está cayendo hacia el suelo--pero siempre sin acertar. Como se está cayendo, todo en él está cayendo; el resultado es la sensación de ingravidez, o cero-g. A las gentes parece encantarles esta sensación. Hasta pagan por experimentarla: saltos de bungees, saltos en trampolines, montañas rusas, caídas libres o Ñcaídas del demonioÉ en los juegos mecánicos.

Vida en Órbita

El hecho de que los astronautas no pesen no quiere decir que no hay gravedad en el espacio. En realidad, la fuerza de gravedad mantiene a la Luna en órbita alrededor de la Tierra y a los planetas en órbita alrededor del Sol. La ingravidez simplemente quiere decir que los astronautas están en la caída libre del movimiento orbital. Los paracaidistas en caída libre y los que saltan en bungee también se sienten ingravidos, pero ¿quién negaría que la gravedad tira de ellos?

Para que los astronautas se acostumbren a la ingravidez, la NASA los lleva de paseo en un aeroplano KC-134. Como una montaña rusa voladora, el KC-134 baja en una picada que produce 30 o 40 segundos de ingravidez. Todas las escenas ingravidas en la película *ÑApolo 13É* se filmaron a bordo de tal avión. Los astronautas también simulan trabajar en el espacio estando debajo del agua en tanques muy grandes.

A pesar de estos preparativos, los astronautas tardan en acostumbrarse a las raras condiciones de ingravidez. Al entrar en órbita, ellos no flotan inmediatamente hacia el techo. Como lo dice la primera ley de Newton del movimiento, se requiere una fuerza para hacer que las personas o los objetos se muevan. En cero-*g*, los objetos permanecen en donde se pusieron hasta que se les aplica una fuerza. Puedes dejar un lápiz suspendido en medio del aire y recogerlo después. Si los astronautas se encuentran sentados en medio de la cabina, muy lejos para empujarse de una pared, ahí se quedan estancados hasta que otro astronauta los empuja para moverlos.

Algunas veces los objetos en órbita son perturbados por fuerzas en las que normalmente no pensamos cuando estamos en la Tierra. Por ejemplo, el agua ingravida se enrolla en una esfera debido a sus fuerzas internas de cohesión---las mismas fuerzas que causan la formación de gotas en un coche recién encerado. Los astronautas tienen que beber usando pajillas especiales que se cierran cuando no se usan; de lo contrario el líquido seguiría saliendo a chisquetes aun cuando el astronauta no estuviera chupándolo.

Tanto como maldecimos el peso en la Tierra, la ingravidez puede causar problemas fisiológicos a los astronautas en órbita. La mitad de todos los astronautas padecen mareos en los primeros días. Algunos vomitan. Los viajes espaciales que duran meses debilitan los músculos y los huesos. El cuerpo supone que no necesita más la fuerza adicional, descompone los músculos y los huesos y excreta los productos químicos a través de los riñones. Lo mismo sucede en la Tierra cuando las personas están confinadas a la cama; los que hemos tenido que usar un yeso sabemos como se debilita nuestra extremidad. El ejercicio contrarresta este trastorno del cuerpo.



Subiendo, Subiendo y Saliendo

Conectándose

Muchos vuelos espaciales con humanos a bordo traen consigo un encuentro, o una cita, con otra nave espacial, como la atracada del transbordador espacial con la estación espacial Mir (para información sobre como buscar satélites en órbita durante la noche, vea el artículo [Orbital Ornithology](#)). Durante las maniobras del encuentro, los astronautas deben alterar su órbita para igualar la órbita de la nave espacial que quieren visitar. Y el cambiar órbitas puede ir contra la intuición.

El encender los motores del cohete finalmente hace que la nave espacial vaya más despacio. La razón es que los motores mueven a la nave a una órbita más elevada---dicha órbita es más lenta porque la gravedad es más débil. Los satélites en una órbita más baja sienten una mayor atracción de la gravedad y por lo tanto se mueven más rápido. A una altitud de 200 kilómetros (120 millas) un satélite pasa rapidísimo, a 28,000 kilómetros por hora, completando una órbita cada 90 minutos.

A una altitud de 35,800 kilómetros (22,200 millas), un satélite viaja más modestamente a 11,100 kilómetros por hora, completando una órbita cada 24 horas. Va al paso de la rotación de la Tierra. Dicha órbita, llamada *geoestacionaria* o *geosincrónica*, se usa para satélites meteorológicos y de comunicaciones que necesitan estar colgados sobre un punto de la superficie de la Tierra. A una altitud de 390,000 kilómetros (242,000 millas), nuestro satélite natural---la Luna--- recorre su órbita a 3,600 kilómetros por hora y la completa cada 28 días.

Para cada altitud hay una velocidad única que el satélite debe tener para mantener una órbita circular. Si los motores del cohete fuerzan al satélite a ir más rápido o más despacio que dicha velocidad, el satélite se pone en una órbita elíptica. Un satélite en órbita elíptica cambia constantemente su distancia a la Tierra (ver Figura 2). Su punto más cercano a la Tierra se llama *perigeo*, el más distante, *apogeo*. Conforme cambia la altitud del satélite, también cambia su velocidad.

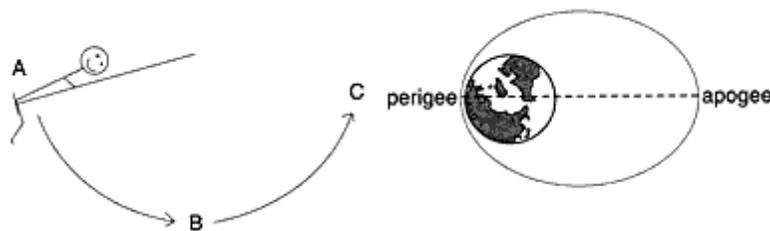


Figura 2

Columpiándonos. A menos que seas un atrevido, tú te columpias hacia adelante y hacia atrás en un arco, intercambiando altura por momento y viceversa. En la parte más alta del arco (A), tu columpio se para e invierte de dirección. Al columpiarte hacia abajo, la gravedad causa que tu velocidad se acumule, alcanzando el máximo en la parte más baja del arco (B). Al columpiarte de nuevo hacia arriba, disminuyes tu velocidad y eventualmente llegas a la parte más alta del arco (C). Un satélite en una órbita elíptica se mueve de la misma manera por la misma razón. En su punto más remoto de la Tierra (apogeo), el satélite deja de alejarse de la Tierra y empieza a moverse hacia abajo. Al descender, el satélite acelera, alcanzando su velocidad máxima en el punto más cercano a la Tierra (perigeo). Al ascender, disminuye su velocidad hasta llegar otra vez al apogeo.

El satélite se mueve más rápido en el perigeo y más despacio en el apogeo. La velocidad varía de la misma manera que la velocidad de un niño en un columpio (ver Figura 2). Cerca de la parte más alta del arco del columpio, el columpio va despacio; en la parte más baja, va muy rápido. En la parte más baja, la inercia del

columpio lo lleva hacia arriba; conforme el columpio sube, su velocidad disminuye; en la parte más alta la gravedad lo baja de nuevo. De la misma manera, un satélite va más rápido cuando está cerca de la Tierra (perigeo) y más despacio cuando está más lejos (apogeo).

Casi todos los satélites empiezan en órbitas elípticas porque es muy difícil obtener la velocidad precisa de lanzamiento para una órbita circular. Para mover al satélite a una órbita circular, los operadores de control de la misión disparan los motores del cohete una vez que el satélite está arriba de la atmósfera. El transbordador espacial hace esto regularmente con un encendido OMS a los 46 minutos de vuelo. El encendido OMS asegura que el transbordador se mueva exactamente a la velocidad correcta para estar en una órbita circular a la altura deseada.

Para pasar de una órbita circular a otra, un satélite primero debe pasar a una órbita elíptica. Hay muchas órbitas elípticas que funcionan, pero la que toma menos esfuerzo es la llamada órbita de *transferencia de Hohmann*. Supón que quieres mover tu satélite de comunicaciones de una órbita baja a una geosincrónica a 35,800 kilómetros (ver Figura 3). El primer paso es aumentar la velocidad encendiendo los cohetes. Esto eleva al satélite a una órbita elíptica con un apogeo de 35,800 kilómetros. El segundo paso es prender los cohetes otra vez, justo cuando el satélite llega al apogeo. Este segundo encendido cambia la órbita elíptica a una circular.

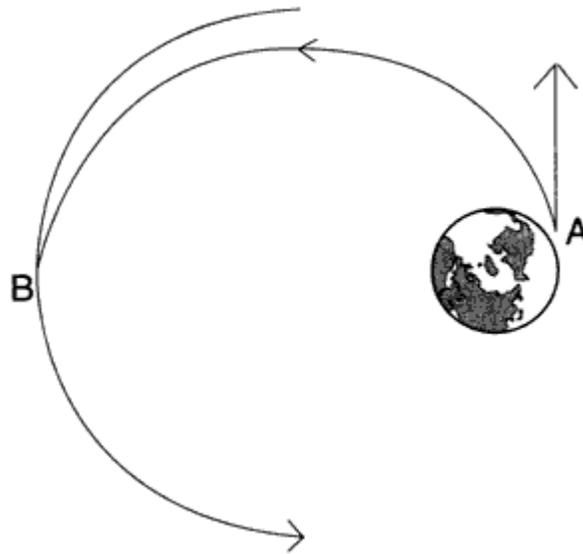


Figura 3

Dame una transferencia. El elevar un satélite de comunicaciones de una órbita baja alrededor de la Tierra a una órbita geosincrónica es un procedimiento de dos pasos. Primero se encienden los cohetes para aumentar la velocidad del satélite de 28,000 a 36,900 kilómetros por hora ('A'). Esto se conoce como transferencia de Hohmann y pone al satélite en una órbita elíptica. El perigeo de la órbita elíptica nueva es la altitud de la órbita baja; el apogeo es la altitud de la órbita geosincrónica. El satélite se mueve hacia afuera en su nueva órbita, disminuyendo su velocidad en el proceso. Cuando el satélite llega al apogeo, se está moviendo a 5,800 kilómetros por hora. En este punto se encienden de nuevo los cohetes para aumentar la velocidad a 11,100 kilómetros por hora ('B'). Esto pone al satélite en una órbita circular a esa altitud.

Cuando los astronautas usan las transferencias de Hohmann para encontrarse con otra nave espacial, deben medir el tiempo de la transferencia con precisión para que lleguen en su nueva órbita al lugar donde estará la otra nave.

Nos Inclinaamos a Coincidir

La altitud y circularidad de la órbita no son las dos únicas cosas que deben coincidir antes de que dos naves espaciales se puedan encontrar. Las naves deben tener órbitas con la misma inclinación.

Cuando los primeros astronautas se pusieron en órbita, la mayoría de la gente se preguntaba porqué la trayectoria proyectada en la tierra y desplegada en un mapa del mundo trazaba extraños lazos hacia arriba y hacia abajo (ver Figura 6). Todos habíamos supuesto que la órbita estaría directamente encima del ecuador. En realidad, casi todas las órbitas están inclinadas respecto al ecuador. Generalmente el ángulo de inclinación

es igual a la latitud del sitio de lanzamiento: 28.5 grados para el Centro Espacial Kennedy en Florida (ver [Actividad 2](#)). Esto significa que el transbordador espacial generalmente va 28.5 grados al norte y 28.5 al sur. La NASA a veces utiliza órbitas con inclinaciones mayores que 28.5 grados, pero estas órbitas son menos eficientes.

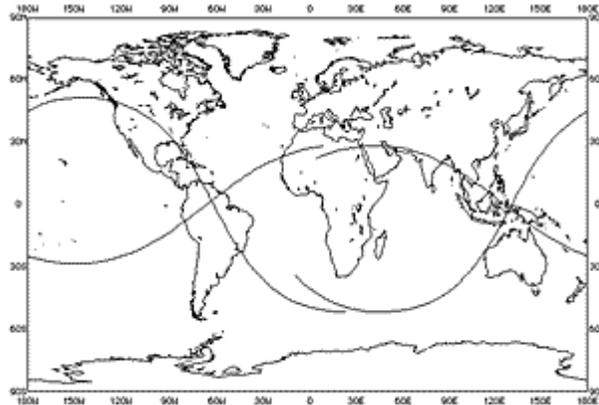


Figura 6

Trazos sobre el mapa de las trayectorias de *Mir* y *Hubble*. Este mapa muestra los puntos sobre la Tierra exactamente debajo de estos dos satélites. Las trayectorias cambian durante el curso del día; este mapa las muestra el 20 de abril de 1996 de las 9 a las 10:45 p.m., hora del Pacífico. *Mir* completa una órbita cada 92 minutos 26 segundos y alcanza latitudes entre 51.65 grados al norte y 51.65 al sur. *Hubble* da una vuelta cada 96 minutos 35 segundos y alcanza latitudes menores que 28.47 grados. Mapa generado con "OrbiTrack", versión 2.1.4, con movimientos orbitales de la NASA iguales a 795.

Click [here](#) for a larger version of this image.

Actualmente, los Estados Unidos, Rusia, Canadá, Europa y Japón están construyendo una estación espacial (ver [Figura 4](#)). En una órbita cuya inclinación respecto al ecuador es de 51.6 grados, la estación será fácil de alcanzar para los rusos, pues su sitio de lanzamiento---el Cosmodromo Baikonur en Kazakhstan---está en una latitud alta. Pero los transbordadores americanos van a tener más dificultades. Debido a que el transbordador necesitará combustible adicional para llegar a la estación, será incapaz de llevar tanta carga como podría llevar en una órbita menos inclinada.

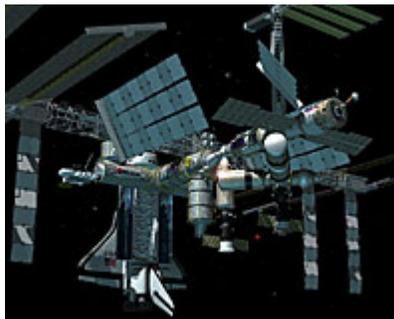


Figura 4

[La Estación Espacial Internacional](#). No es tan bonita como la de "2001: Odisea del Espacio", pero es un principio. Como jaulas modulares intercomunicadas por túneles; pero de alta tecnología, la estación consistirá de módulos entrelazados de los Estados Unidos, Canadá, Europa y Rusia. Si todo sale como planeado, seis gentes vivirán a bordo, conduciendo toda clase de experimentos científicos e ingenieriles y, como lo esperan los entusiastas del espacio, demostrando que la gente puede vivir en el espacio por temporadas largas. El ensamblado debe empezarse en noviembre de 1997 y terminarse en junio de 2002. Trabajo artístico por cortesía del Centro Espacial Johnson de la NASA.

Por otra parte, los lanzamientos en latitudes bajas tienen una ventaja muy importante. Cuando el transbordador es lanzado hacia el este desde Kennedy, recibe un empuje gratis de 1,465 kilómetros por hora (908 millas por hora) porque la Tierra está rotando. Las gentes utilizan este mismo principio cuando corren al aventar una pelota. La pelota lleva la velocidad a la que tú estás corriendo, además de la velocidad que le imparte tu brazo.

Una plataforma de lanzamiento más cerca del ecuador, como el sitio de lanzamiento Kourou de la Agencia Europea Espacial, en la Guayana Francesa, es aún mejor. Un punto en el ecuador de por sí se está moviendo

hacia el este a 1,670 kilómetros por hora (1,035 millas por hora). Recuerda que la Tierra gira alrededor de su eje una vez cada 24 horas. Como la Tierra mide 40,080 kilómetros (24,850 millas) a la redonda, un punto en el ecuador debe recorrer 40,080 kilómetros en 24 horas. Los sitios de lanzamiento en latitudes más altas van más despacio porque la distancia a la redonda no es tan grande como en el ecuador.



Subiendo, Subiendo y Saliendo

Al Planeta Rojo

Con este conocimiento de órbitas, estamos listos para planear un viaje a Marte. Trazar el camino involucra varios hechos:

- Necesitamos saber la duración del año del planeta, su velocidad orbital y su posición exacta. La nave espacial no debe dirigirse hacia donde está el planeta, sino hacia donde estará dentro de nueve meses.
- También debemos escoger épocas cuando Marte esté cerca de la Tierra; estas oportunidades, llamadas también intervalos de lanzamiento, ocurren cada dos años.
- Nuestra Tierra viaja alrededor del Sol a mayor velocidad que Marte. Para empezar, la nave tiene ya la velocidad de la Tierra de 107,000 kilómetros por hora (66,500 millas por hora), mientras que Marte se mueve solamente a 86,900 kilómetros por hora (53,900 millas por hora). Para compensar esta diferencia, los planificadores de la misión deben lanzar la nave espacial cuando Marte va más adelante en su órbita que la Tierra. Entonces la nave espacial alcanzará a Marte debido a la velocidad más alta impartida por la Tierra.
- La nave espacial debe librarse de la gravedad de la Tierra. Esto requiere una velocidad mínima, llamada velocidad de escape, de 40,300 kilómetros por hora (25,000 millas por hora) con respecto a la Tierra. A menor velocidad, la nave se pondría en una órbita muy elíptica alrededor de la Tierra. Una vez que la nave se escapa de su órbita alrededor de la Tierra, se pone en órbita alrededor del Sol.

La órbita de transferencia de Hohmann de la Tierra a Marte es muy curvada (ver Figura 5) porque los 107,000 kilómetros por hora del movimiento orbital de la Tierra alrededor del Sol se combinan con los 41,200 kilómetros por hora impartidos por los motores del cohete. De manera similar, una bomba que se deja caer de un aeroplano traza una trayectoria curvada debido a la velocidad del aeroplano y a la gravedad de la Tierra. El ir en línea recta de la Tierra a Marte requeriría una cantidad enorme de combustible.

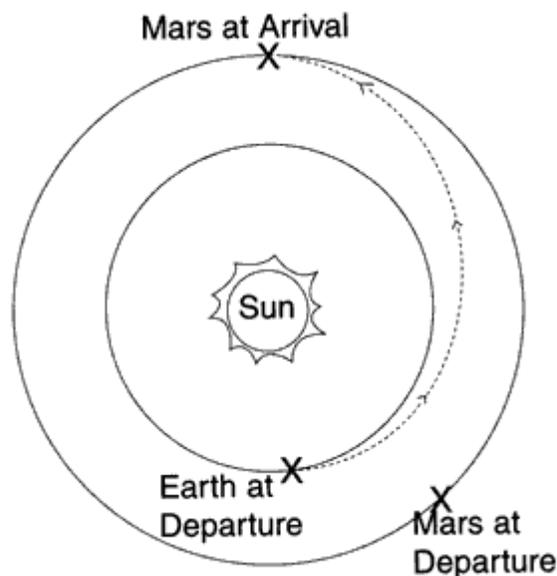


Figura 5

Ven a viajar alrededor de Marte. Para llegar a Marte, primero lánzate en órbita alrededor de la Tierra. Luego enciende tus cohetes en la misma dirección en que la Tierra se está moviendo alrededor del Sol. Una velocidad de aproximadamente 42,000 kilómetros por hora será suficiente para escapar de la gravedad de la Tierra y, al sumarse a la velocidad orbital de la Tierra alrededor del Sol, para poner a la nave espacial en una órbita de transferencia de Hohmann hacia el Planeta Rojo. Si calculas el tiempo correctamente, llegarás a la órbita de Marte cuando el planeta está allí. En ese momento, enciende los cohetes para igualar tu velocidad a la de Marte. Por cierto, cuando llegues ahí, mándanos una tarjeta postal.

Ocho meses después del lanzamiento, la nave espacial llega a Marte, donde debe disminuir su velocidad lo suficiente para ser capturada por la gravedad marciana. La velocidad de escape de Marte es 18,000 kilómetros por hora (11,000 millas por hora), bastante más lenta que la velocidad de escape de la Tierra porque la gravedad de Marte es más débil (ver [Tabla 1](#)). En el pasado, las sondas espaciales con destino a Marte se pusieron en órbita alrededor de éste mediante el encendido de retrocohetes para disminuir su velocidad.

Los ingenieros actualmente están desarrollando una técnica que no requiere retrocohetes. Esta técnica, llamada *aerocaptura* o *aerofrenado*, dirige la nave a la atmósfera exterior del planeta para desacelerarlo por resistencia atmosférica. Enseñaron esta técnica en la película *2010* cuando la nave espacial rusa Leonov se puso en órbita alrededor de Júpiter. En el otoño de 1994, los operadores de control de la misión usaron el aerofrenado para convertir de elíptica a circular la órbita de la sonda Magallanes alrededor de Venus. Aliviada de la necesidad de cargar combustible, una sonda que usa el aerofreno puede en cambio llevar doble carga. Sin embargo, la aerocaptura puede ser peligrosa para una misión con tripulación a Marte, pues sometería repentinamente a los astronautas a una aceleración entre 6 y 8 *g* después de haber estado meses en cero- *g*. Seis a 8 *g* causarían que un astronauta de 68 kg (150 libras) pesara 409 a 545 kg (900 a 1,200 libras).

Gracias por el Aventón

Otra técnica que reduce la necesidad para usar cohetes es la asistencia de la gravedad. Ésta usa la gravedad del planeta y su movimiento orbital para arrojar la nave espacial en una nueva dirección y a una velocidad mayor. Al acercarse al planeta, la nave espacial aumenta su velocidad; después de pasarlo, la disminuye. Si el planeta estuviera quieto el proceso sería simétrico: la nave espacial se alejaría con la misma velocidad con la que se acercó. Solamente cambiaría la dirección de la nave.

Pero como el planeta está en órbita alrededor del Sol, el proceso no es simétrico. Si los operadores de control de la misión escogen la trayectoria de acercamiento correcta, la sonda espacial puede tener una ganancia o pérdida neta de velocidad. La asistencia de gravedad más famosa mandó el *Voyager 2* de Júpiter a Saturno, Urano y Neptuno. Con cada vuelo cerca de los planetas, la trayectoria de Voyager se curvaba y su velocidad aumentaba en la dirección del movimiento del planeta. La sonda Galileo (ver "He Aquí el Final de mi Viaje", [El Universo en la Clase, Otoño 1995](#)) viró una vez por Venus y dos veces por la Tierra para ganar momento para llegar a Júpiter.

Los únicos problemas con las asistencias de gravedad son que aumentan el tiempo de vuelo y que hay que esperar a que los planetas estén alineados en la configuración debida. *Voyager* viajó de la Tierra a Júpiter en poco menos de dos años sin asistencia de la gravedad; *Galileo* tardó un poco más de seis años con asistencias.

Tal vez algún día los humanos también viajarán a los planetas---y más allá. Pero mientras más lejos tenga que ir una nave, más problemas encontrará. Para escapar de la gravedad del Sol, una nave espacial lanzada desde la Tierra tendría que ir a 152,000 kilómetros por hora (94,000 millas por hora). Aun a esta velocidad tan respetable, las estrellas parecen estar a distancias imposibles de alcanzar. Las estrellas se encuentran a distancias medidas en años luz. Un año luz es la distancia que viaja la luz en un año, como 9.6 billones de kilómetros (5.9 billones de millas). A la velocidad anteriormente mencionada, tomaría 30,000 años el llegar a la estrella más cercana.

El aumentar la velocidad requeriría motores de cohetes especiales que aún no han sido inventados, para minimizar la cantidad de combustible que la nave espacial necesitaría llevar. Si acelerara a 1*g* por varios meses, una nave espacial podría ir a la estrella más cercana y regresar en 30 años. Pero para este viaje, hasta el motor de antimateria al estilo de "Viaje a las Estrellas" (Star Trek) consumiría 40,000 toneladas de combustible por tonelada de carga. Las desventajas parecen insuperables, pero recuerden que hace apenas medio siglo muy poca gente creía seriamente que podríamos visitar el espacio.

JAMES J. SECOSKY es maestro de ciencias en Bloomfield Central School en Bloomfield, Nueva York. Antes enseñaba un curso de verano para niños: "Cómo Manejar el Transbordador Espacial". Para mayor información sobre viajes espaciales, un excelente libro es Introduction to Space (Introducción al Espacio), de Thomas Damon, publicado por Krieger Publishing.

¿Qué Tan Rápido Debemos Ir?

La velocidad es el ingrediente esencial en los viajes espaciales. Si puedes ir suficientemente rápido, puedes ponerte en órbita alrededor de un planeta o puedes escaparte del mismo. La velocidad requerida para poner a un satélite en una órbita circular depende de dos cosas: la masa del astro alrededor del cual se pondrá en órbita el satélite y la distancia del satélite al centro del astro. Debido a que los planetas tienen diferentes masas y tamaños, los satélites están en órbita alrededor de ellos a diferentes velocidades.

La primera columna de esta tabla da la velocidad de un satélite en una órbita baja, o sea una órbita cerca de la superficie del astro. Ésta es la velocidad más alta que puede tener un satélite de ese astro; más lejos, un satélite da vueltas a una velocidad más baja. La segunda columna da la velocidad de escape. Cualquier cohete lanzado desde la superficie con esta velocidad se escapará completamente de la gravedad del astro. ¿Notas algo especial sobre los números de estas dos columnas?

	Velocidad de un satélite en una órbita baja (kilómetros por hora)	Velocidad de escape desde la superficie (kilómetros por hora)
Sol	1,570,000	2,220,000
Mercurio	7,080	10,000
Venus	21,900	31,000
Tierra	28,500	40,300
Luna	6,100	8,640
Marte	12,700	18,000
Asteroide (típico)	71	101
Júpiter	58,200	82,400
Saturno	23,000	32,600
Urano	19,800	28,000
Neptuno	28,000	39,600
Plutón	1,020	1,440

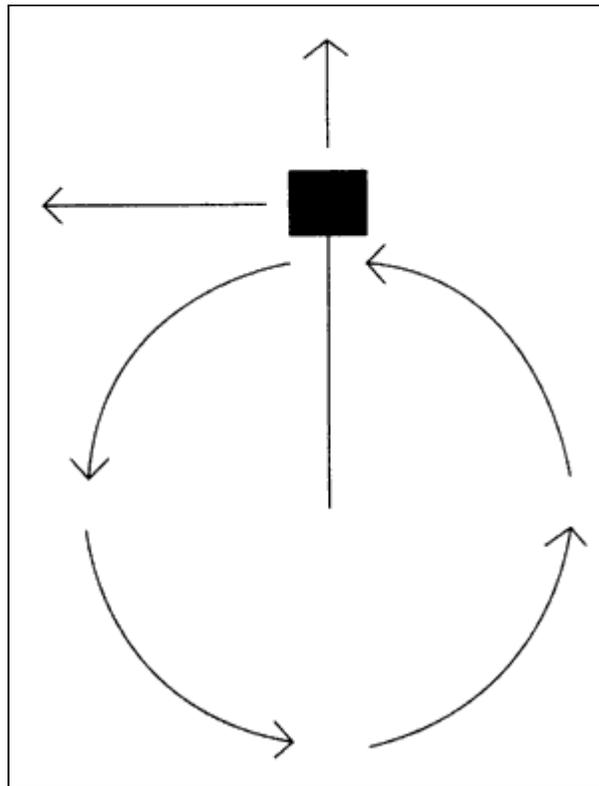


Subiendo, Subiendo y Saliendo

Actividad 1: Una Órbita en tu Mano

Un modelo bonito del movimiento orbital es un tapón de hule amarrado a un hilo. Dale vueltas sobre tu cabeza. Compara su velocidad al cambiar la longitud del hilo.

El hilo representa la fuerza de gravedad hacia adentro. Cuando sueltas el hilo, el tapón volará en la dirección en que se estaba moviendo al soltarlo (ver diagrama). Esto demuestra la primera ley del movimiento de Newton: Un cuerpo se mueve a velocidad constante en línea recta a menos que una fuerza neta actúe sobre él. Cuando estabas dándole vueltas al tapón por encima de tu cabeza, la fuerza ejercida por el hilo causaba que el tapón se moviera en un círculo. Al soltar el hilo, el tapón se movió en una línea recta.

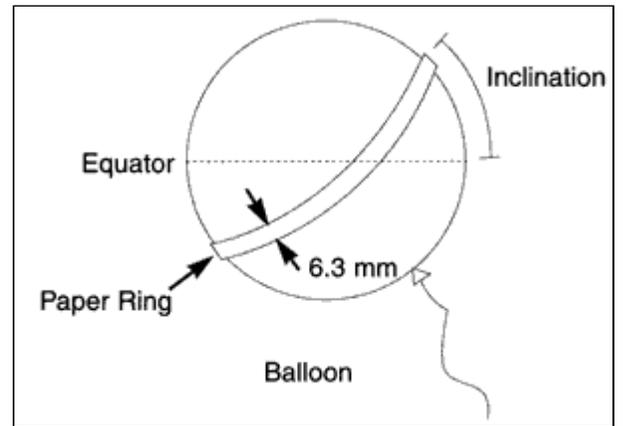


Para mayores detalles sobre esta actividad, consulte el cuaderno de trabajo *The Universe at Your Fingertips* de la Sociedad Astronómica del Pacífico, actividad C-5.

Actividad 2: Inclinación Orbital

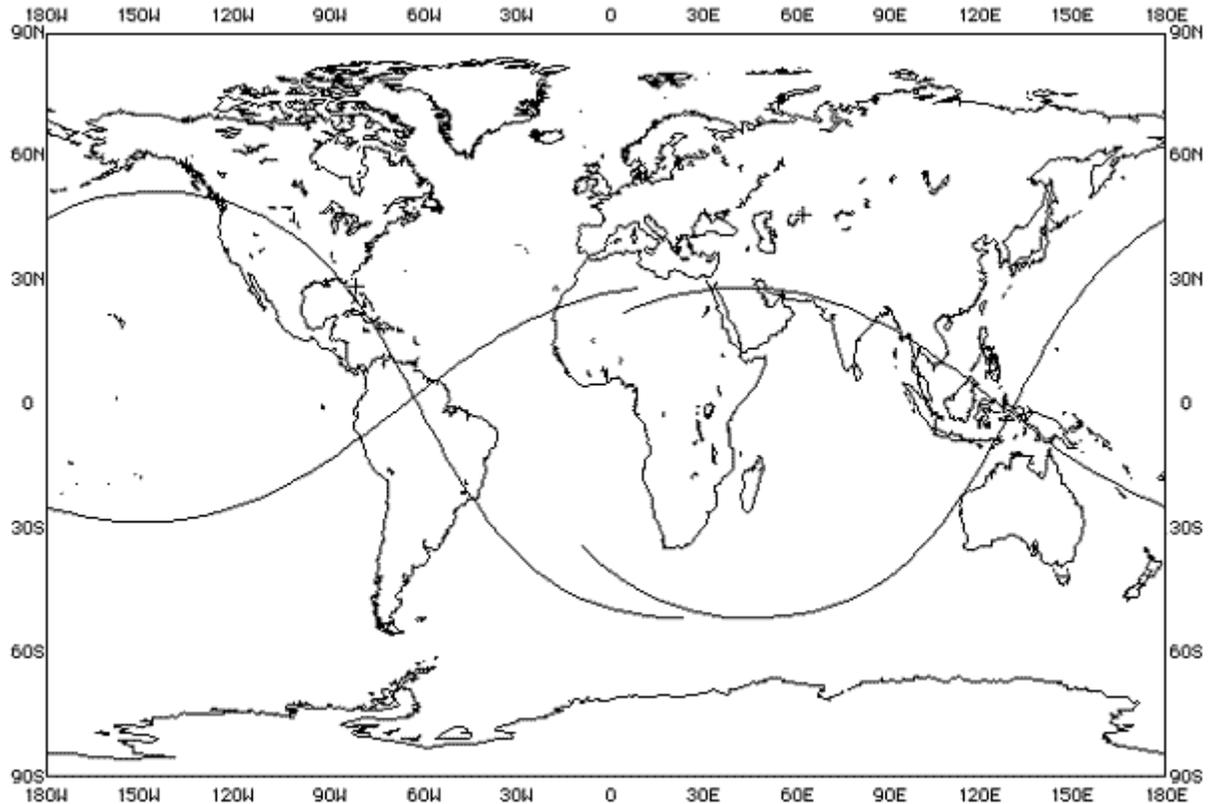
Para esta actividad se necesitan un globo redondo pequeño, un regla en centímetros, papel, un marcador, tijeras y un transportador. Infla el globo como 20 centímetros (8 pulgadas). Con el marcador dibuja un círculo a la mitad del globo para representar el ecuador. Corta un anillo de papel como de 6 milímetros de ancho (un cuarto de pulgada) y del largo justo para que le de la vuelta al ecuador del globo. Pon el anillo de papel alrededor del ecuador y luego cambia su inclinación de 0 grados (órbita ecuatorial usada por los satélites geosincrónicos), a 28.5 grados (órbita del transbordador espacial), a 51.6 grados (órbita de la estación espacial) a 90 grados (órbita polar usada por los satélites de espionaje).

Traducido por Ana V. Torres Dodgen





Up, Up, and Away



Ground traces of *Mir* and *Hubble*. This map shows the points on Earth immediately below these two satellites. The tracks change over the course of a day; this map shows them on April 20, 1996 from 9 to 10:45 p.m. Pacific time. *Mir* completes one orbit every 92 minutes 26 seconds and reaches latitudes between 51.65 degrees north and 51.65 degrees south. *Hubble* orbits once every 96 minutes 35 seconds and reaches latitudes lower than 28.47 degrees. Map generated by "OrbiTrack" version 2.1.4 with NASA orbital elements set 795.