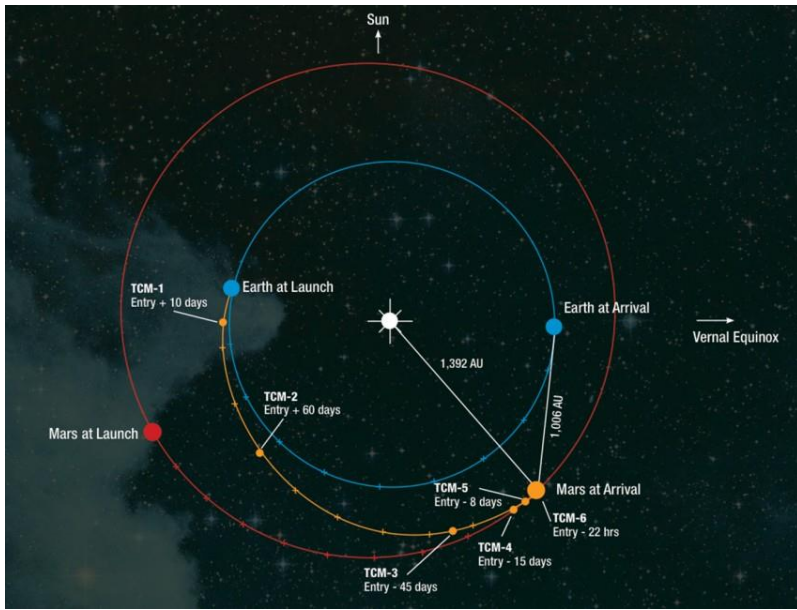


Ir a Marte

1. Introducción & Pb

Encontrar la posición relativa de la Tierra y Marte que corresponda a la trayectoria óptima de viaje de la nave espacial en términos de consumo de energía, utilizando datos de posición planetaria y el concepto de álgebra avanzada, todo ello con el fin de determinar la próxima oportunidad de lanzamiento a Marte.



Orbita seguida de la sonda InSight entre la Tierra y Marte (© NASA)

En esta actividad, sugerimos que usted determine, como lo hacen los científicos, la ventana para lanzar una sonda a Marte.

2. Edad de los estudiantes

15-17 años

3. Objetivos

El objetivo es determinar la próxima ventana de lanzamiento a Marte desde la posición relativa de la Tierra y Marte que corresponde a la trayectoria óptima de la nave espacial en términos de consumo de energía y utilizando datos de posición planetaria y el concepto de álgebra avanzada.

4. Sujetos primarios

Matemáticas - Física - Ciencias de la Tierra y del Espacio

5. Temas adicionales

6. Tiempo requerido

30 min – 1 hora

7. Términos clave.

Órbitas, Tierra, Marte, misiones espaciales, ventanas de lanzamiento, gráfico

8. Materiales

Calculadora, push-pins, papel milimetrado, cuadrilátero reglado, hoja de datos de longitudes heliocéntricas planetarias.

9. Fundamento

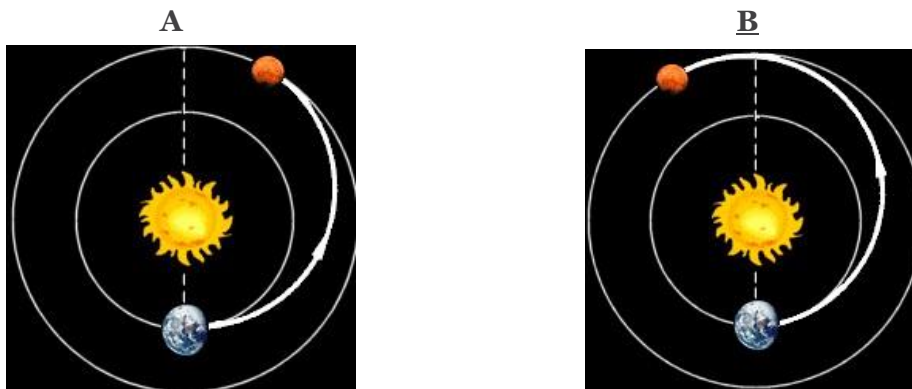
Para llevar una nave espacial de la Tierra a cualquier planeta, es necesario considerar la trayectoria de viaje curvada resultante como una combinación de la velocidad de la nave y la atracción gravitacional del planeta. Para sacar el máximo provecho de este escenario, los científicos necesitan "trabajar" con estas fuerzas y viajar lo más posible con los motores apagados, reduciendo así el coste de la misión.

Como en muchos escenarios similares (por ejemplo: pasarle la pelota a un compañero de fútbol), lo que hay que tener en cuenta es el impulso inicial dado a la nave (el lanzamiento equivalente al lanzamiento de la pelota), la posición del planeta objetivo en cualquier momento (descrito por su órbita) y luego la atracción gravitacional.

Incluso si la nave espacial pudiera tomar una variedad de caminos curvos desde el punto de lanzamiento hasta el planeta de aterrizaje, se considera que uno de ellos es el más eficiente en términos de consumo de energía: la órbita de transferencia de Hohmann.

En el caso de la trayectoria de viaje de la Tierra a Marte, la transferencia de Hohmann es una órbita elíptica con el sol en un foco de la elipse que cruza la órbita del planeta objetivo. El lanzamiento ocurre cuando la Tierra está en el perihelio de Hohmann (el punto de la órbita de Hohmann que está más cerca del sol). La llegada ocurre cuando Marte está en el aphelion de Hohmann (el punto de la órbita de Hohmann que está más lejos del sol).

Esta es una explicación sencilla para un escenario mucho más complejo en el que los científicos necesitan tener en cuenta una variedad de parámetros que son más o menos constantes. Lo que hay que entender claramente es que una ventana de tiempo de lanzamiento específica tiene que ser calculada y validada mediante simulación múltiple de manera previa al lanzamiento. Esto permitirá una ventana de lanzamiento adecuada, para que la nave espacial llegue a la órbita del planeta justo cuando el planeta llega al mismo lugar.



En A, las posiciones respectivas de Marte y la Tierra en el momento del lanzamiento. En B, las posiciones respectivas de Marte y la Tierra durante el aterrizaje (Crédit photo : © Philippe Labrot).

10. Procedimiento

A los estudiantes se les explicará que una estación espacial debe tener una trayectoria elíptica alrededor del sol para alcanzar el mismo punto al mismo tiempo que el planeta Marte. Lo que deben hacer ahora es averiguar cuál debe ser el tiempo de lanzamiento para que esta intersección se lleve a cabo.

A los estudiantes se les explicará que se debe calcular la órbita más eficiente desde el punto de vista del consumo de energía necesario para el viaje, llamada transferencia Hohmann, en la que la nave espacial viajará la mitad de una órbita alrededor del sol, dejando la Tierra en el perihelio de la órbita y llegando a Marte (o a cualquier planeta exterior) en el afelio de la órbita.

La Segunda Ley de Kepler también nos dice que los planetas viajan a diferentes velocidades en sus órbitas elípticas, moviéndose más rápido cuando están más cerca del sol y más despacio cuando están más lejos del sol.

Para hacer posible la compleja tarea matemática de lanzar una nave espacial considerando la dinámica orbital de los planetas, mencionar a los estudiantes tres supuestos, en realidad algunas simplificaciones poco realistas pero que nos permitirán un cálculo suficientemente preciso de la ventana de lanzamiento

Las órbitas de la Tierra y Marte son circulares y centradas en el sol. (La órbita de la Tierra es más circular que la de Marte, pero ambas son ligeramente elípticas.)

La Tierra y Marte viajan a velocidades constantes. (No lo hacen. Ver Segunda Ley de Kepler).

Las órbitas de la Tierra y Marte están en el mismo plano. (Están cerca pero ligeramente fuera de plano entre sí).

Explicar a los alumnos el concepto de longitud heliocéntrica. Así como las longitudes en la Tierra miden la posición con respecto a un punto fijo (el meridiano principal), las longitudes heliocéntricas miden la posición en el espacio a lo largo de la eclíptica con respecto al equinoccio vernal.

Sabiendo que la Tierra es, en promedio, 1 unidad astronómica (UA) del sol y Marte es, en promedio, 1.52 UAs del sol, los estudiantes tienen que encontrar la longitud del semieje mayor de la órbita de transferencia en unidades astronómicas (UA).

Usando la cuerda y las chinchetas, los estudiantes deben dibujar las órbitas supuestamente circulares de la Tierra y Marte alrededor del sol, y la aproximación de la órbita de transferencia de Hohmann en papel cuadriculado.

Determinar el período de la órbita de transferencia de Hohmann y luego el tiempo de viaje a Marte a lo largo de esta órbita usando la Tercera Ley de Kepler (Ley de la Armonía).

La Tercera Ley de Kepler establece que el cuadrado del período de cualquier planeta es proporcional al cubo del eje semimayor de su órbita. Una ecuación puede representar esta relación:

$P^2 = ka^3$ siendo k la constante de proporcionalidad

Usando la Tierra como ejemplo, podemos medir P en años y a en unidades astronómicas de modo que $P = 1$ año y $a = 1$ UA. Así, $P^2 = ka^3 \rightarrow k=1 \Rightarrow P^2 = a^3$

$P^2 = (1.26 \text{ AU})^3 \Rightarrow P \sim 1.41$ años ~ 517 días

Hohmann es de 517 días. El viaje a Marte abarca la mitad de una órbita, así que aproximadamente 259 días.

Considerando los movimientos diarios de la Tierra y Marte, calcula la posición relativa ideal de ambos planetas durante el lanzamiento.

1 revolución de Marte = 687 días => 0.524 grados/día => 136 grados/259 días

Para calcular la posición de Marte en el momento del lanzamiento, reste la cantidad de su movimiento durante el tiempo de viaje de la nave (136 grados) de su punto de llegada (180 grados). 180 grados - 136 grados = 44 grados.

Usando las longitudes heliocéntricas planetarias, ¿cuál es aproximadamente la próxima oportunidad para un lanzamiento a Marte?

11. Discusión de los resultados y conclusiones

¿Qué sucede si la estimación de la ventana de lanzamiento es más corta o más larga de lo que debería ser?
¿Podemos estimar una longitud media?

¿Sabes cómo se calcularon estas ventanas de lanzamiento en los primeros tiempos de las misiones espaciales?

13. Actividades de ampliación

Haga una escritura de Python corta que reste las longitudes heliocéntricas de la Tierra y Marte para simplificar los cálculos de la ventana de lanzamiento.

14. Explorar más (recursos adicionales para los maestros)

Actividad de Stomp Rockets : <https://www.jpl.nasa.gov/edu/teach/activity/stomp-rockets/>

Cuando los ordenadores eran Humanos <https://www.jpl.nasa.gov/edu/news/2016/10/31/when-computers-were-human/>

Serie de videos de Marte en un minuto <https://www.jpl.nasa.gov/edu/teach/activity/mars-in-a-minute/>

Agradecimiento Esta actividad se inspiró en el Programa de Educación de la LJP