

¿Nos vamos de viaje a Marte?



Crédito: NASA/USGS

Esteban Esteban - Aula de Astronomía de Durango

Planteamiento y objetivos didácticos

En este artículo se presenta una propuesta de una actividad didáctica dirigida a alumnado de segundo ciclo de Enseñanza Secundaria Obligatoria o superior. Se pretende aprovechar la motivación que puede suponer la aparición de numerosas noticias relativas a los viajes espaciales al planeta Marte, investigaciones sobre la posibilidad de existencia de vida e incluso los supuestos proyectos no muy lejanos en el tiempo de llevar a cabo viajes tripulados. Esta motivación puede encauzarse para realizar actividades y cálculos que permitan al alumnado conocer mejor las órbitas y movimientos de la Tierra, Marte y de las naves que realicen el viaje entre uno y otro planeta. Aunque en principio la obtención de resultados concretos pudiera parecer demasiado complicado, el alumnado de

estos niveles conoce las herramientas necesarias para realizar la mayoría de los cálculos, y el hecho de poder calcular él mismo las fechas, la duración del viaje o la velocidad que hay que proporcionar a la nave, puede motivarle aún más.

Dentro de los recursos que tienen que utilizar en la actividad están las leyes de Kepler, fácilmente comprensibles y utilizables a este nivel si se les enuncia y explica adecuadamente. Incluso el conocimiento de estas leyes puede ser uno de los objetivos principales de la actividad. En todo el desarrollo solo se utilizan recursos matemáticos.

Básicamente, la actividad consiste en el cálculo de los diferentes parámetros de un viaje tripulado a Marte, tomando situaciones reales. Las cuestiones que surgen son numerosas y muy diversas:

-¿Por dónde tenemos que ir? ¿Por qué no se utiliza el camino más corto?

-¿Cuánto durará el viaje?

-¿Cuándo sale el próximo vuelo? Si lo pierdo ¿Cuándo es el siguiente?

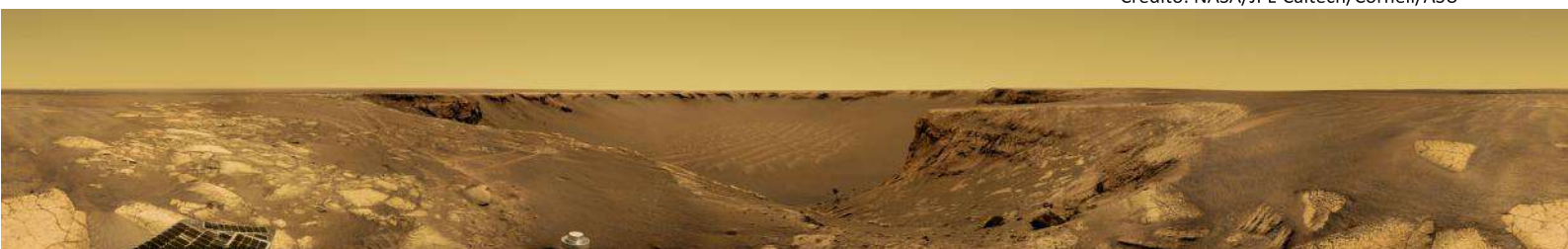
-¿Qué velocidad hay que dar a la nave? ¿Qué velocidad llevaré al acercarme a Marte?

¿Tendré que frenar o acelerar?

-¿Qué retraso tendrán las conversaciones con la Tierra en el momento de la llegada?

-¿Cuánto dura la estancia en Marte? ¿En qué fecha estaremos de vuelta en casa?

Crédito: NASA/JPL-Caltech/Cornell/ASU



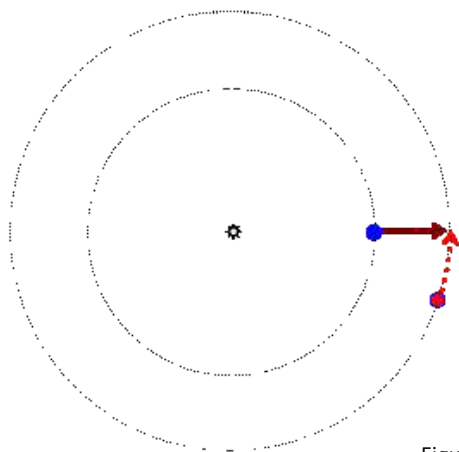


Figura 1

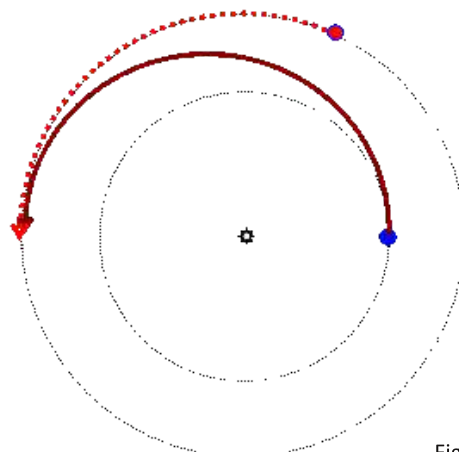


Figura 2

Itinerario

Si planteamos al alumnado, o a cualquier persona no versada en el tema, cuál debería ser el recorrido de una nave que fuera de la Tierra a Marte, la respuesta lógica sería ir en línea recta hacia fuera (en dirección opuesta al Sol), aprovechando alguno de los momentos en que la Tierra y Marte estén en situación favorable, un tiempo antes de la oposición de Marte (Figura 1). Este sería el camino más corto, pero hoy en día inviable porque el peso de la gran cantidad de combustible que habría que cargar haría imposible el despegue.

La solución, que seguro les sorprende pero entenderán, es que no hay que ir al punto más cercano de la órbita de Marte sino, paradójicamente, al más lejano (Figura 2). Si se consigue que la nave lleve una trayectoria elíptica con el Sol en uno de los focos y la Tierra y Marte se sitúen en los vértices de esa elipse, el problema del combustible queda solucionado porque se moverá como un astro en torno al Sol, utilizando la energía gravitatoria. En la trayectoria de la nave aparece la primera ley de Kepler con un ejemplo adecuado para entenderla, porque casi siempre se interpreta mal y se piensa que las órbitas de los planetas son alargadas cuando en realidad son prácticamente redondas.

En un primer ejemplo, se utilizarían órbitas concéntricas. En realidad no lo son, y el centro de la órbita de Marte está apreciablemente separado del Sol. Pero trabajar con la situación real en un principio es muy complicado a estos niveles, y una vez calculada una aproximación con órbitas concéntricas es fácil mejorarla con la órbitas reales.

A partir de aquí se realizaría un trabajo gráfico y se llevarían a cabo una serie de cálculos. Para uno y otro proceso se darían tres datos básicos con los que trabajar:

- Distancia media Tierra-Sol: 149,6 millones de km.
- Distancia media Marte-Sol: 228 millones de km.
- Periodo de revolución de la Tierra: 365,25 días.

A partir de las órbitas a escala que se proporciona al alumnado o que dibujan ellos, para obtener la trayectoria de la nave se traza una elipse (en realidad es suficiente la mitad de la elipse) teniendo en cuenta que los focos estarán uno en el Sol y el otro separado $228-149,6=78,4$ millones de km. Con dos chinchetas, un cordón y un lápiz se dibuja la semielipse (Figura 3).

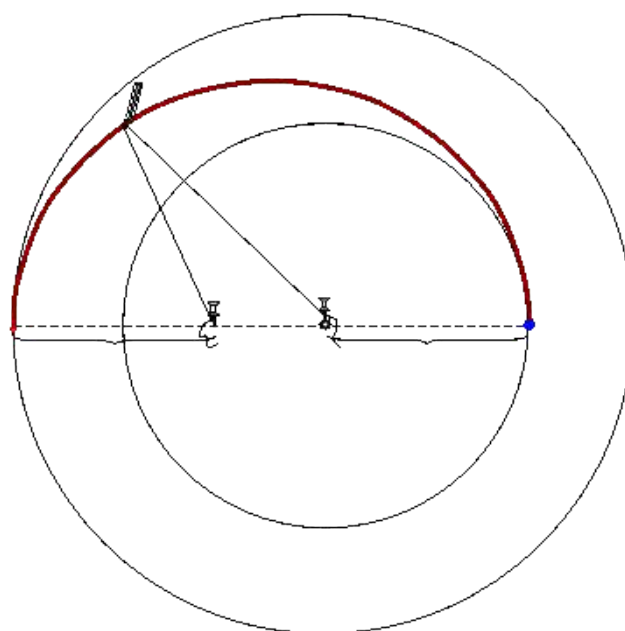


Figura 3

Salida del vuelo

Una vez calculada la trayectoria hay que averiguar cuándo puede salir el vuelo, y para ello es necesario calcular previamente la duración del viaje, lo que se hace utilizando la tercera ley de Kepler, tomando como datos el periodo terrestre y su órbita. De la misma manera se obtiene el periodo de Marte y, suponiendo la velocidad uniforme, se calcula en qué posición debe estar el planeta rojo en el momento del lanzamiento para que luego se encuentre con la nave, midiendo el ángulo con un transportador. Conocidas las posiciones de ambos planetas en ese momento, se representan en el gráfico en que se había trazado la trayectoria de la nave, y nuevamente con un transportador se mide la elongación marciana correspondiente a esa posición (Figura 4). Buscando en las tablas de elongaciones, se encuentra la fecha correspondiente. Ese día es el más adecuado para hacer el lanzamiento.

Hay que señalar, no obstante, que normalmente en los viajes reales a Marte se han manejado ventanas de lanzamiento muy amplias, incluso de más de un mes y han seguido trayectorias algo diferentes a ésta.

Eso ha ocurrido con naves ligeras, cuya trayectoria se ha podido modificar más de una vez con un gasto pequeño de combustible. No es el caso, evidentemente, de un viaje tripulado, donde la carga sería muy pesada y la trayectoria tendría que ajustarse mucho a la elipse que se ha dibujado (órbita de mínima energía o de Hohman), siendo la ventana de lanzamiento mucho más estrecha.

De cara a la realización en clase de todos estos cálculos, aunque están al alcance de alumnado de ESO, pueden ser tediosos si se hace todo seguido. Por eso puede ser conveniente intercalar cada una de las fases del ejercicio con comentarios y opiniones del propio alumnado que se imaginaría protagonista del viaje y de las vicisitudes y sensaciones que experimentaría en cada una de las etapas:

-Una vez calculada la fecha de salida, ¿A qué se dedicaría en los meses que faltan? ¿Cómo se sentiría las vísperas? ¿Qué llevaría en la nave? ¿Con quien le gustaría ir?

-¿Cómo pasarían luego los meses de viaje, en un espacio reducido? ¿Surgirían problemas de convivencia?

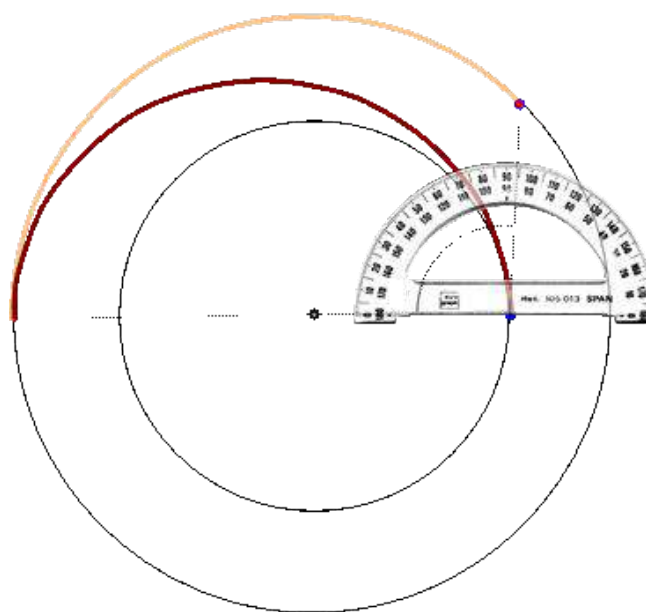


Figura 4: Medida de la elongación de Marte en el momento del lanzamiento.

Llegada a Marte, estacia y vuelta

La fecha de llegada se calcula fácilmente utilizando la fecha de salida y la duración del viaje. Un aspecto que puede ser interesante es el cálculo del retraso en las conversaciones con la Tierra debido a la distancia hasta Marte. Nada más llegar a Marte parece lógico que llamemos a casa pero, incluso a la velocidad de la luz, esa comunicación no será instantánea (Figura 5). Se calcula la posición de la Tierra (1) en el momento de llegada a Marte, se coloca en el gráfico, se mide con una regla y se hace el cálculo.

¿Cuánto tiempo pasaremos en Marte? No se puede volver cuando se quiera, y la situación es análoga a la ventana de lanzamiento para el viaje de ida: hay que esperar a que la configuración de los planetas permita un viaje siguiendo el camino elíptico. Aunque este cálculo puede plantearse de varias maneras, lo más intuitivo es pensar en una situación geométrica simétrica al viaje de ida. Midiendo la elongación de Marte en el momento en que se llegó -con la Tierra en (1)-, se tomará la

misma elongación, pero en sentido contrario -con Tierra en (2)-.

El trayecto real recorrido por la Tierra durante el viaje que acaba en (1) es análogo al que comienza en (2) y le lleva al punto de partida. Aunque la posición (2) de la Tierra en la figura no corresponde a la situación real en el momento de la vuelta, nos permite hallar la elongación, que mirando una tabla, nos dará la fecha y la posición real. Se coloca la Tierra en esa fecha (tomando como referencia la fecha del punto de partida inicial) midiendo la elongación con un transportador, se coloca Marte en el punto en que está en esa fecha y se traza la semielipse del viaje de vuelta, obteniendo la trayectoria completa de todo el viaje, tal como se ve en la figura 6.

También en este momento el alumnado puede alternar la pesadez (que no dificultad) de los cálculos y trazados geométricos con conversaciones de cómo pasarían el tiempo en el planeta rojo, sus posibles problemas de convivencia y la preparación del viaje de vuelta.

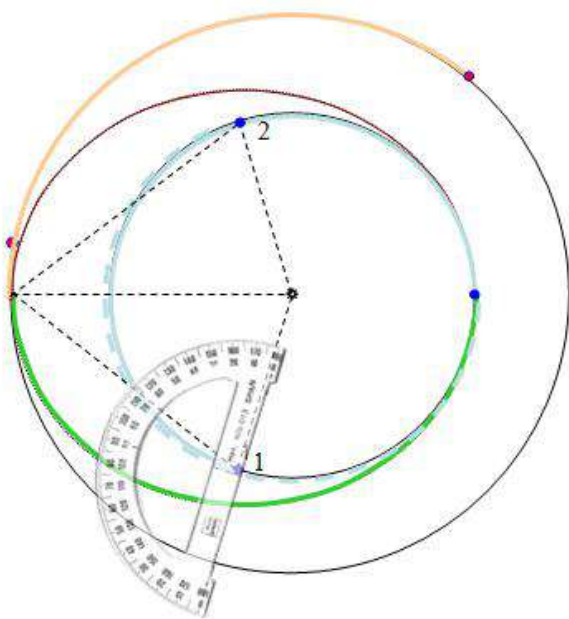


Figura 5

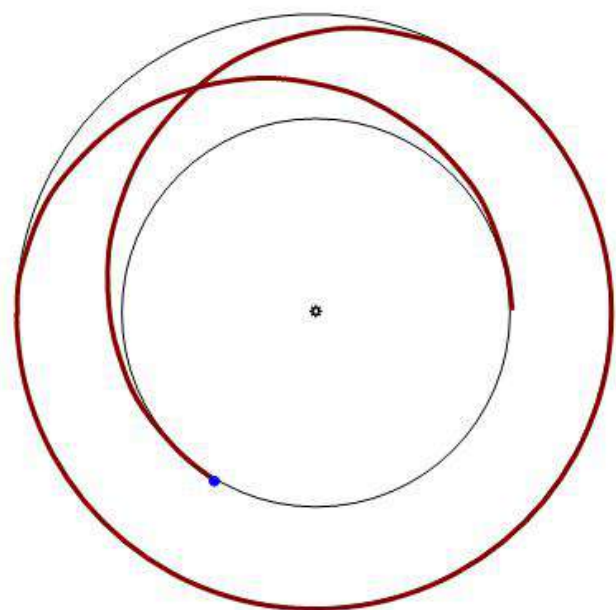


Figura 6: Trayectoria completa del viaje de ida y vuelta a Marte.

Mejora de los resultados

Este ejercicio, realizado con órbitas concéntricas, permite obtener unos resultados aproximados suficientes para los objetivos propuestos. No obstante se pueden lograr unos valores mucho más precisos si tomamos la fecha de salida que hemos obtenido y utilizamos un gráfico con las órbitas reales de los planetas (Figura 7).

A continuación se realiza un cálculo iterativo: la fecha de salida calculada anteriormente (1) nos da ahora una elipse de diferente tamaño, lo que nos daría una nueva posición inicial de Marte (2) que corresponderá a una nueva elongación y ésta a una nueva fecha (2), y así sucesivamente. El proceso se repite hasta que las diferentes fechas estén muy próximas.

Velocidades de salida y de llegada

Para terminar, hay otro aspecto del viaje que puede tratarse en clase, aunque quizás no sea

excesivamente importante y su único objetivo sea la utilización de la segunda ley de Kepler, que hasta ahora no se ha usado.

Además, los cálculos no dejan de ser simples aproximaciones porque en un par de momentos el alumnado tiene que tomar valores aproximados al no tener recursos para obtener el valor real.

Se trata de calcular las velocidades que debe llevar la nave en el momento de salida y de llegada a Marte, compararla con la del planeta y calcular que impulso hay que dar a la nave para que tome la órbita correcta y cuánto deberá acelerar o frenar al llegar a su destino.

La segunda ley de Kepler aplicada a la órbita de la nave en el afelio y perihelio permitiría obtener de manera aproximada esas velocidades.

Por ello, solo se aconseja realizar este apartado si el objetivo general de la actividad es la utilización de las leyes de Kepler.

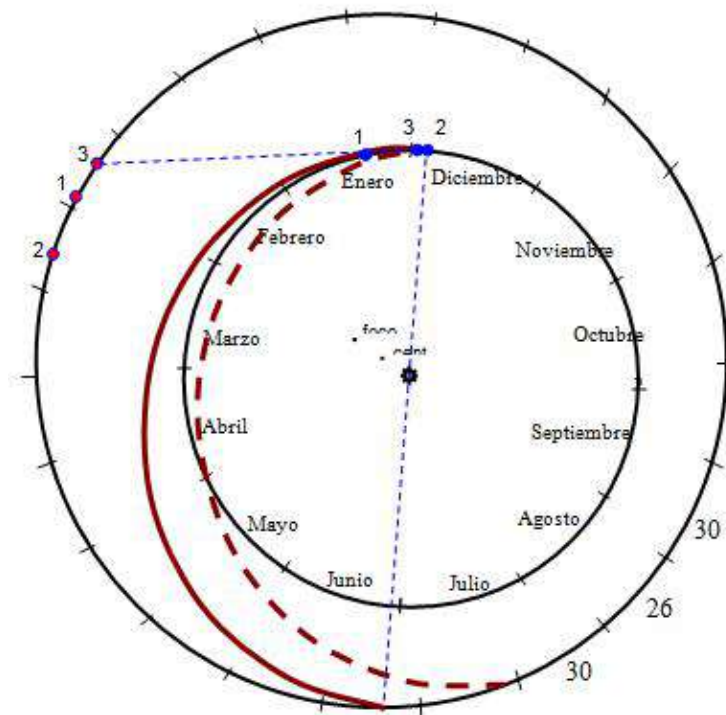


Figura 7