



Real  
Sociedad  
Española de  
Física



**XXXV OLIMPIADA DE FÍSICA**  
**FASE LOCAL – EXTREMADURA (23 de febrero de 2024)**

APELLIDOS Y NOMBRE \_\_\_\_\_

CENTRO DE ESTUDIOS \_\_\_\_\_

**PROBLEMA 3.** En la próxima entrega de los *X-Men* (sentimos haceros espóiler), una nave alienígena amenaza la vida de los mutantes de *Genosha*, por lo que el *Profesor X* encarga a *Tormenta* su destrucción.



<https://xmenuniverso.blogspot.com/2010/01/storm.html>

Antes de aventurarse a esta misión, *Tormenta* estudia la nave alienígena encontrando que está construida con un material metálico, similar al aluminio, que es de forma esférica, con un radio de 20 m, y que tiene una carga de 6 C, almacenada de manera uniforme en su superficie. El centro de la nave se encuentra a una distancia de 200 m desde el punto donde está *Tormenta*.

Para llegar a la superficie de la nave, *Tormenta* se carga con 1 mC y con ayuda de *Coloso* es propulsada hacia la superficie de la nave con una velocidad de 100 m/s.

Debido a un error de cálculo, *Tormenta* no consigue su objetivo en un primer intento, quedándose a cierta distancia de la superficie de la nave.

- Explica razonadamente por qué y calcula dicha distancia.
- ¿Cuál debería ser la mínima velocidad de propulsión de *Tormenta* para conseguir su objetivo?
- ¿Qué otras formas tiene *Tormenta* para llegar a su objetivo sin modificar las condiciones de la nave ni la posición de lanzamiento y manteniendo la velocidad inicial de 100 m/s?

NOTAS:

- Toma la masa de *Tormenta* igual a 60 kg.
- Desprecia en todo momento la interacción gravitatoria entre la nave y *Tormenta*.
- Desprecia el tamaño de *Tormenta* frente a las dimensiones de la nave.
- Constante de Coulomb  $K = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$ .



## XXXV OLIMPIADA DE FÍSICA FASE LOCAL – EXTREMADURA (23 de febrero de 2024)

APELLIDOS Y NOMBRE \_\_\_\_\_

CENTRO DE ESTUDIOS \_\_\_\_\_

**PROBLEMA 1.** Existen varias hipótesis sobre la construcción de las pirámides de Egipto sin que ninguna de ellas cobre especial importancia, ya que no ha llegado hasta nuestros días documentación alguna al respecto. Una de las más aceptadas es que la construcción se llevaba a cabo mediante rampas de arena en zigzag que iban aumentando de altura a medida que crecía la pirámide. Los técnicos egipcios elevaban los bloques extraídos de canteras próximas al lugar de la pirámide en construcción, mediante trineos que eran arrastrados por dichas rampas.

Los protagonistas de nuestra historia son los miembros del equipo técnico del arquitecto *Hemiunu*, que erigió la “Gran Pirámide de Guiza” por orden del faraón *Keops* (Dinastía IV: reinado del 2584 a. C. al año 2558 a. C.).



[https://es.wikipedia.org/wiki/Gran\\_Pir%C3%A1mide\\_de\\_Guiza](https://es.wikipedia.org/wiki/Gran_Pir%C3%A1mide_de_Guiza)

El equipo de trabajadores de *Hemiunu* debía mover un trineo, inicialmente en reposo, con bloques de granito con una masa total  $m$ , por una de las rampas que formaba  $20^\circ$  con la horizontal. Para ello, utilizaron una cuerda unida al trineo y tiraron de ella con una fuerza constante de 300 N, formando un ángulo de  $30^\circ$  respecto a la superficie inclinada de la rampa. Sin embargo, no consiguieron mover el trineo y decidieron quitar un bloque de 10 kg y, tirando con la misma fuerza y ángulo anteriores, lograron iniciar el desplazamiento del trineo.

Se pide calcular:

- Los valores mínimo y máximo de la masa total  $m$  que transporta el trineo. Razona los resultados.
- Asumiendo los valores mínimo y máximo calculados en el apartado a (y teniendo en cuenta que hemos descargado un bloque de 10 kg) calcula el tiempo mínimo y máximo que emplea el equipo de *Hemiunu* en desplazar el trineo por la rampa una distancia de 10 metros.

Datos: Los coeficientes de rozamiento del trineo con la rampa son 0,15 (estático) y 0,1 (cinético). Considera que la masa del trineo es despreciable frente a la de los bloques de granito que transporta.



## XXXV OLIMPIADA DE FÍSICA

### FASE LOCAL – EXTREMADURA (23 de febrero de 2024)

APELLIDOS Y NOMBRE \_\_\_\_\_

CENTRO DE ESTUDIOS \_\_\_\_\_

**PROBLEMA 2.** El Rover de la NASA “Perseverance” fue lanzado mediante un cohete Atlas V el 30 de Julio de 2020 desde Cabo Cañaveral (Florida, EEUU). Su misión es la búsqueda de signos de vida pasada en Marte. Amartizó el 18 de Febrero de 2021 cerca del cráter Jezero. Hasta el pasado 3 de enero de 2024 ha recorrido 23,73 km sobre la superficie de Marte.

El viaje entre la Tierra y Marte estuvo compuesto por las siguientes cuatro fases: lanzamiento, crucero, aproximación y amartizaje (que incluía también la entrada y descenso). En la Fig. 1 podéis ver la órbita que siguió el Rover con los diferentes ajustes que se realizaron (denotados por TCM en la figura, Trajectory Correction Maneuvers, en inglés).

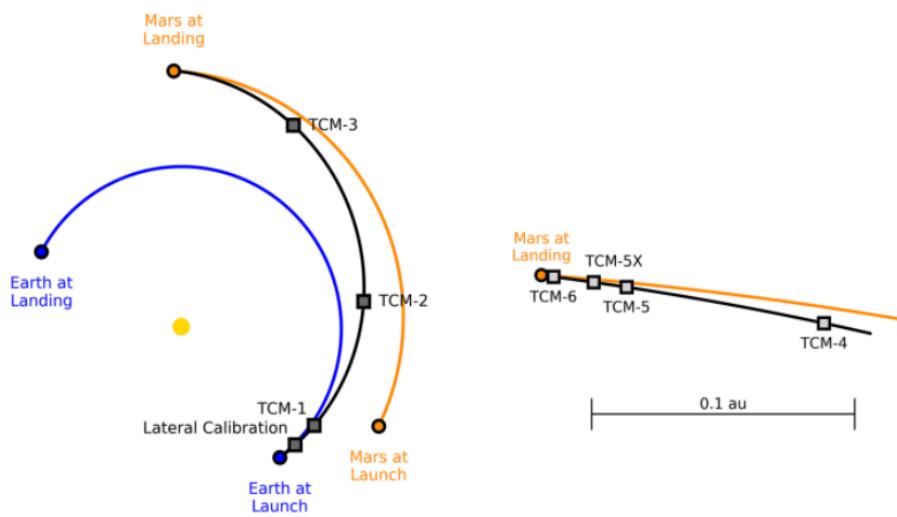


FIG. 1. Trayectoria seguida por el Rover “Perseverance”. De M. Jesick et al., *Mars 2020 trajectory correction maneuver design*. Journal of Spacecraft and Rockets, 1(2022).

En este problema vamos a estudiar la fase de crucero y de una manera un poco simplificada. Lo primero que vamos a asumir es que las órbitas de la Tierra y de Marte alrededor del Sol van a ser circulares. En segundo lugar, supondremos que la trayectoria del Rover va a estar determinada únicamente por el Sol (es decir, despreciamos las interacciones gravitacionales de la Tierra y de Marte sobre el Rover). Además usaremos una órbita de transferencia de Hohmann (ver Material Adicional al final del enunciado de este problema) para pasar de la órbita terrestre a la órbita marciana (en una posición muy cercana a Marte, para poder implementar posteriormente las fases de aproximación y de amartizaje). Finalmente, consideraremos también que el comienzo de la órbita de transferencia de Hohmann del Rover estará muy cerca de la Tierra (siguiendo el Rover la órbita circular de la Tierra) y que la Tierra se ha desplazado muy poco sobre su órbita durante la fase de lanzamiento. En la Fig. 2 podéis ver el diseño de la versión simplificada de la fase de crucero.

(El examen continúa detrás)

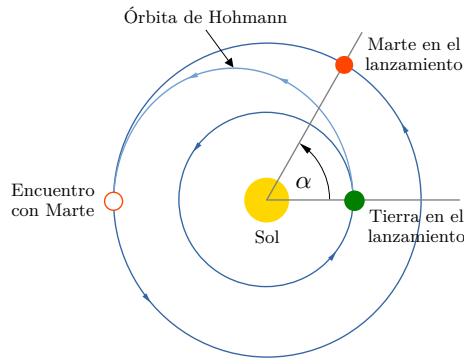


FIG. 2. Fase de crucero simplificada. Consideraremos que las posiciones en el momento del lanzamiento de la Tierra y Marte son muy cercanas a sus posiciones cuando el Rover comienza su fase de crucero.

Tenéis que calcular:

1. El tiempo que se necesitará para implementar la fase de crucero.
2. La posición inicial de Marte relativa a la Tierra, en el inicio de la fase de crucero, para que ocurra la interceptación de Marte por el Rover (ángulo  $\alpha$  de la Fig. 2).

Datos: Distancia Tierra-Sol:  $d_{TS} = 1,5 \times 10^8$  km. Distancia Marte-Sol:  $d_{MS} = 2,3 \times 10^8$  km. Masa del Sol:  $M_S = 2 \times 10^{30}$  kg. Masa de Marte:  $M_M = 6,4 \times 10^{23}$  kg.  $G = 6,7 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ .

#### Material Adicional: órbita de transferencia de Hohmann.

Una órbita de transferencia de Hohmann consiste en los siguientes pasos:

1. En un momento dado y en el punto  $P$  de la órbita circular original (órbita 1 de la Fig. 3) se encienden los motores del Rover, proporcionándole un impulso tangencial, lo que hace que el Rover abandone la órbita circular y pase a seguir una órbita elíptica con semieje mayor  $a$  (órbita 2 de la Fig. 3).
2. Cuando el Rover siguiendo la nueva órbita elíptica, llega al punto  $A$  (*opuesto* al punto  $P$  del apartado anterior, ver figura), se encienden de nuevo los motores proporcionando un nuevo impulso tangencial, lo que hace que la Rover pase a seguir una órbita circular a mayor distancia del Sol (órbita 3 de la Fig. 3).

Además las tres órbitas de la figura están en el mismo plano.

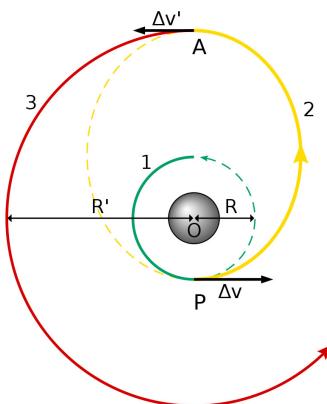


FIG. 3. Órbita de transferencia de Hohmann ([https://en.wikipedia.org/wiki/Hohmann\\_transfer\\_orbit#/media/File:Hohmann\\_transf\\_modificada](https://en.wikipedia.org/wiki/Hohmann_transfer_orbit#/media/File:Hohmann_transf_modificada)).