

OLIMPIADA DE FÍSICA 2021

FASE LOCAL. UNIVERSIDAD DE LEON

1. Daniela corre a una velocidad de 4 m s^{-1} y se lanza sobre un trineo que está inicialmente en reposo sobre la cima de una colina cubierta de nieve sin fricción. Después de que han descendido una distancia vertical de 5 m , su hermano, que está inicialmente en reposo, se monta en el trineo detrás de ella y juntos continúan bajando por la colina. ¿Cuál será su velocidad al final de la pendiente si el descenso vertical total es de 15 m ?

Datos: $g = 9,8 \text{ m s}^{-2}$; masas $m_{\text{Daniela}} = 50 \text{ kg}$; $m_{\text{trineo}} = 5 \text{ kg}$; $m_{\text{hermano}} = 30 \text{ kg}$

Por favor, denomine:

- La velocidad inicial del conjunto trineo más Daniela como V_1
- La velocidad final del conjunto trineo más Daniela como V_2 (tras los 5 m)
- La velocidad inicial del trineo con Daniela y su hermano como V_3 .
- La velocidad final del trineo, Daniela y su hermano como V_4 .

2. Dos cargas puntuales positivas, $q_1 = +10 \text{ } \mu\text{C}$ y $q_2 = +5 \text{ } \mu\text{C}$, están situadas a una distancia mutua de 1 m . Llamemos A al punto medio situado a lo largo de la línea imaginaria que conecta las dos cargas.

- a) Calcule el módulo, la dirección y sentido del campo eléctrico en el punto A.
- b) Calcule el potencial eléctrico en el punto A.
- c) Si colocamos una carga puntual negativa, $q = -2 \text{ } \mu\text{C}$, en el punto A, calcule el módulo, dirección y sentido de la fuerza ejercida sobre dicha carga.

DATO: Constante eléctrica de Coulomb $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$

3 y 4. Un *tren gravitacional* es un hipotético medio de transporte que conecta dos puntos de la Tierra, recorriendo subterráneamente un túnel rectilíneo. Vamos a estudiar la Física que subyace en este tipo de transporte.

Considere primero una masa perfectamente esférica de densidad uniforme y radio R_T , que podemos suponer que sea la Tierra. Para calcular la fuerza gravitacional sobre un objeto que está a una distancia $r < R_T$ del centro del planeta, serán útiles los siguientes teoremas de Newton:

TEOREMA 1. La fuerza de gravedad generada por una esfera homogénea en el exterior de ella, es la misma que si toda su masa estuviera en el centro.

TEOREMA 2. La fuerza de gravedad dentro de una corona esférica homogénea es cero (en geometría, una corona esférica es la región del espacio comprendida entre dos esferas concéntricas de distinto radio).

- a) Usando estos dos teoremas y conociendo la masa de la Tierra M_T , la constante gravitatoria G y el radio terrestre R_T , calcule la **fuerza de gravedad** que actúa sobre un tren de masa m que se encuentra a una profundidad $R_T - r$. (Recuerde que, según los teoremas enunciados, solo es relevante la parte de la Tierra que está debajo del tren.)

Albany es una ciudad del estado de *New York*, que está a una latitud muy próxima a la de León. Un túnel **recto** que una estas dos ciudades (separadas unos 5400 km sobre la superficie terrestre) podría utilizarse como medio de transporte, simplemente *dejando caer* el tren desde cualquiera de las dos ciudades.

- b) Tomando el sistema de referencia (x, y) de la Fig. 2, calcule la **fuerza neta** a la que se ve sometido el tren cuando está en el punto $(x, 0)$ si no hay rozamiento con el aire o los raíles.

El tren se verá acelerado por la fuerza gravitatoria hasta llegar al punto $(0, 0)$, desde el que comenzará a decelerar, hasta llegar a la estación de destino.

- c) Si se compara este movimiento con el generado por un resorte de constante k sobre un objeto de masa m (sometido, por tanto, a la fuerza $F = -kx$), determine el valor de la **constante k** de un hipotético muelle que originase un movimiento similar al del tren gravitacional. Tome $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$, $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$, $R_T = 6370 \text{ km}$ y $m = 10^5 \text{ kg}$.
- d) ¿**Cuánto tardará** el tren, inicialmente en reposo, desde que sale de una estación hasta que llega a su destino?
- e) Compare ese tiempo con el **periodo de un satélite** que orbite justamente sobre la superficie de la Tierra.

(Fíjese en que no ha tenido que utilizar la distancia entre las ciudades, por lo que la duración del viaje es independiente de la distancia entre el origen y el destino. Además, no es preciso proporcionar energía a este tren: sin rozamientos, la acción de la gravedad es suficiente para ejecutar el movimiento completo.) Analicemos ahora el comportamiento de la energía.

- f) Antes de estudiar el balance energético, determine la **máxima velocidad** que alcanza el tren.
- g) Calcule ahora la **diferencia de energía potencial** gravitatoria del tren entre el punto central de su trayectoria $(0, 0)$ y la estación de destino.



Fig. 1. Localización de León y Albany, con su distancia sobre la superficie terrestre y el túnel recto subterráneo entre ambas ciudades.

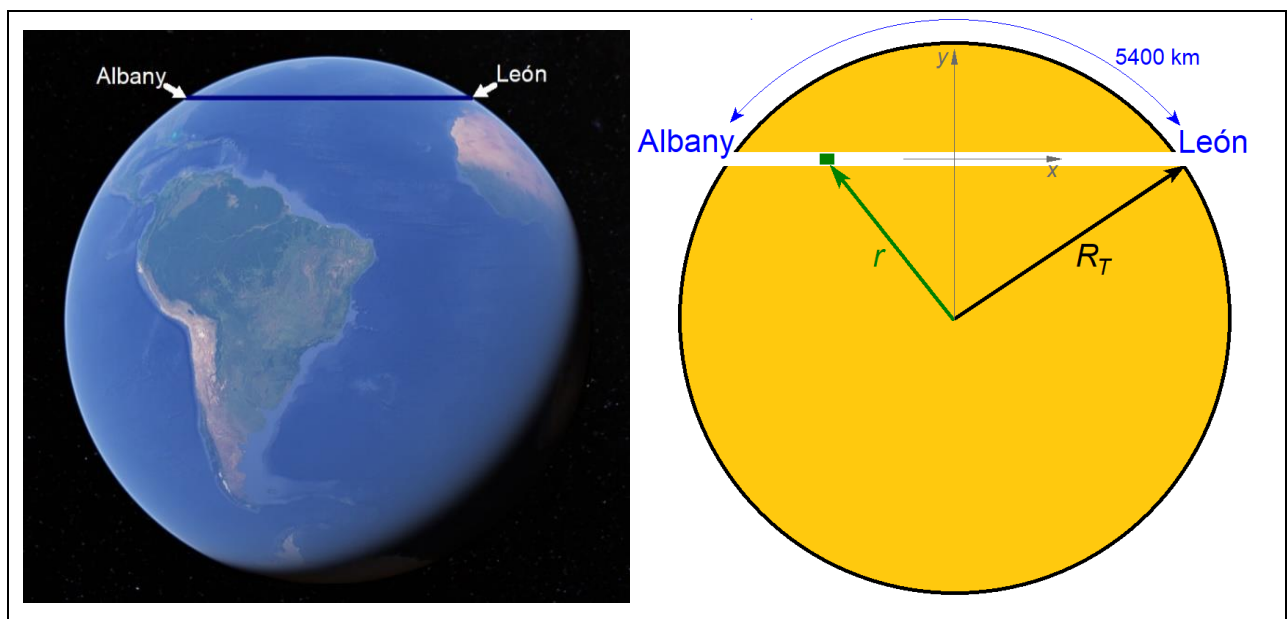


Fig. 2. Túnel recto subterráneo entre León y Albany, con el sistema de coordenadas (x, y) para la pregunta b) y siguientes.