



11^{ra} Olimpiada Metropolitana de Física
Departamento de Física
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – UBA
5 de septiembre de 2017
Nivel inicial



11^{ra} Olimpíadas Metropolitanas de Física

Nivel inicial
Prueba de opciones múltiples

- Chequee que el nivel de su prueba sea adecuado.
- No se pueden usar libros ni apuntes.
- La prueba dura un total de 3 horas.
- Cada respuesta correcta suma 1 punto
- Los problemas de opción múltiple representan un 60 % del puntaje total.
- Complete y entregue la grilla de respuestas entregada





Problema 1. El “hyperloop” criollo

Cansado de estar horas en la autopista, o de tener que presentarse una hora antes a Aeroparque para un vuelo de pocas horas, un visionario sudafricano, Eloy Musgo, propone un proyecto para poder viajar de Salta a Buenos Aires (y viceversa) en pocos minutos. El proyecto consiste en un tubo muy largo que va de una punta de una de las ciudades a la otra, por el cual se mandan cápsulas con hasta 20 pasajeros.

Para evitar el problema de la resistencia del aire, que para velocidades tan altas (las cápsulas deberían llegar a 1200 km/h) genera un consumo excesivo de combustible, el tubo se mantiene con un vacío parcial (la presión es mucho menor que la atmosférica). Además un sistema de levitación magnética suspende a las cápsulas para evitar el rozamiento con las paredes del tubo.

Como la ciudad de Salta se encuentra a 1200 m sobre el nivel del mar, el trazado que se eligió para el tubo es el que se muestra en la figura 1. Las cápsulas (con los pasajeros adentro) tienen una masa de 4100 kg.

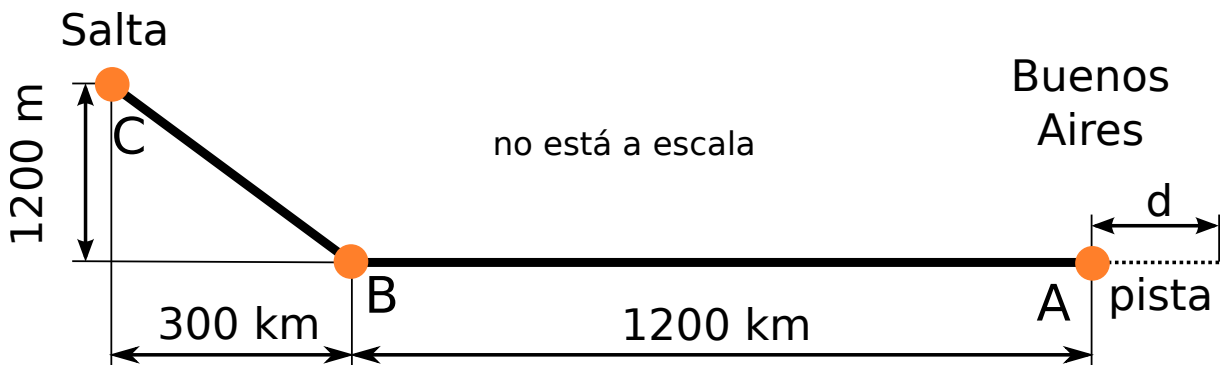


Figura 1: Esquema del recorrido del *hyperloop*

Pregunta 1

La primer idea que tuvieron los ingenieros para mover la cápsula es acelerarla antes de que entre al tubo. Despreciando totalmente el rozamiento en el tubo, ¿qué velocidad mínima debe tener la cápsula al ingresar al tubo, en Buenos Aires, para que llegue a Salta con una velocidad mínima de 800 km/h?

- a. 972 km/h
- b. 1338 km/h
- c. 853 km/h
- d. 800 km/h
- e. 1027 km/h



Pregunta 2

La cápsula se acelera en una pista anterior a la entrada del tubo, en la que es empujada desde el reposo con aceleración constante de 10 m/s^2 (una aceleración mayor sería molesta para los pasajeros). ¿Qué longitud d debe tener la pista para que la cápsula entre al tubo con una velocidad de 1000 km/h ?

- a. 231 m
- b. 3858 m
- c. 100 m
- d. 5350 m
- e. 7716 m

Pregunta 3

Para evitar la utilización de la pista de entrada y para poder contrarrestar el efecto gravitatorio que desacelera la cápsula cuando ésta se encuentra en subida, el equipo liderado por Eloy llega a la conclusión de que conviene agregar propulsores a las cápsulas. De esta manera, el vehículo puede acelerar en el interior del tubo.

Calcule la fuerza máxima que deben realizar los propulsores para tener una aceleración de 10 m/s^2 en el tramo AB. Además, calcule qué porcentaje de esa fuerza se utiliza para contrarrestar la gravitatoria en el tramo BC.

- a. 41 kN y 99.6 %
- b. 41 kN y 96 %
- c. 41 kN y 4 %
- d. 41 kN y 0.4 %
- e. 82 kN y 4 %

Pregunta 4

Para realizar un recorrido desde Buenos Aires hasta Salta, la cápsula parte del reposo en A, experimenta una aceleración constante de 10 m/s^2 hasta alcanzar la velocidad de 900 km/h , y luego continúa con velocidad constante el resto del viaje. ¿Cuánto durará el viaje completo?

- a. 20 min
- b. 180 min
- c. 100 min
- d. 75 min
- e. 450 min



Pregunta 5

Como los propulsores de la cápsula son eléctricos, la cápsula cuenta con una batería del mismo tipo de las que utilizan los autos eléctricos Gauss, otro proyecto de Eloy Musgo. Entonces, supongamos que la cápsula realiza el recorrido de la manera descrita en el punto anterior (empieza del reposo en A, acelera constantemente hasta alcanzar la velocidad crucero de 900 km/h y la mantiene el resto del viaje). Además, se estima que se pierden 50 MJ por rozamiento a lo largo del trayecto. ¿Cuánta energía tiene que entregar la batería a la cápsula?

- a. 128 MJ
- b. 178 MJ
- c. 98 MJ
- d. 226 MJ
- e. 50 MJ

Problema 2. El termómetro de Galileo

El termómetro de Galileo consiste en un tubo de vidrio lleno con un líquido transparente (o semitransparente) que contiene unas ampollas de vidrio con líquido coloreado dentro. El principio físico en el que se basa su funcionamiento es el siguiente: el líquido transparente cambia su densidad con la temperatura, y las diferentes ampollas (de distinto peso, calibradas) flotan o se hunden.

El diseño de este termómetro se debe a miembros de la *Accademia del Cimento* (“Accademia del Experimento”, en italiano), entre los cuales se encontraban alumnos de Galileo. Aunque este termómetro fue nombrado en su honor, como muestra de reconocimiento por haber descubierto el principio en el cual se basa este termómetro —que la densidad de un líquido cambia de acuerdo con su temperatura—, no fue inventado por él.

Para tener una mejor idea del funcionamiento del termómetro, en la figura 2 se muestra un esquema y una foto de un termómetro real. Noten que la ampolla que está flotando de forma neutra, es decir la que está en la mitad del tubo (la de 22 °C), indica la temperatura a la que se encuentra el líquido (¿por qué?).

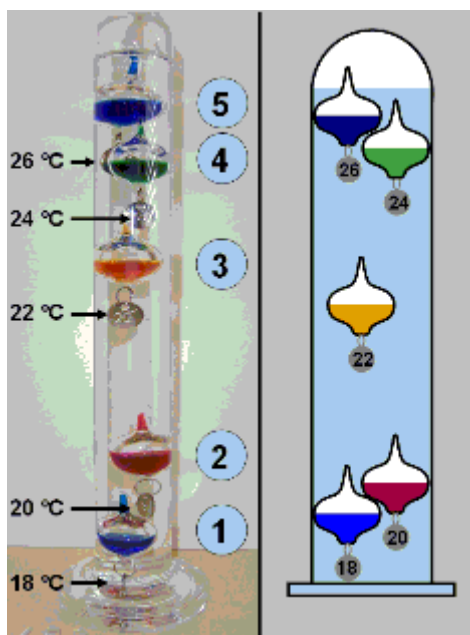


Figura 2: Fotografía y esquema de un termómetro de Galileo.

El líquido transparente que se utiliza para construir un termómetro de Galileo es etanol, debido a que es relativamente barato y, a diferencia del agua, varía apreciablemente su densidad con la temperatura. Esta variación puede aproximarse por una recta (ver figura 3), que viene dada por

$$\rho_{\text{etanol}}(T) = 0,81 \text{ g/cm}^3 - 0,00106 \text{ g}/(\text{cm}^3 \cdot ^\circ\text{C}) \cdot T = 0,81 \text{ g/cm}^3 \left[1 - 0,00131 \frac{1}{^\circ\text{C}} \cdot T \right]$$

Debido principalmente a su tamaño, las temperaturas que se pueden registrar con estos termómetros se encuentran en un rango relativamente pequeño. Además, la cantidad



de temperaturas distintas que se pueden registrar también es baja: para registrar N temperaturas se necesitan N ampollas distintas. Por estas razones, la utilización de este termómetro es más ornamental y educativa que práctica.

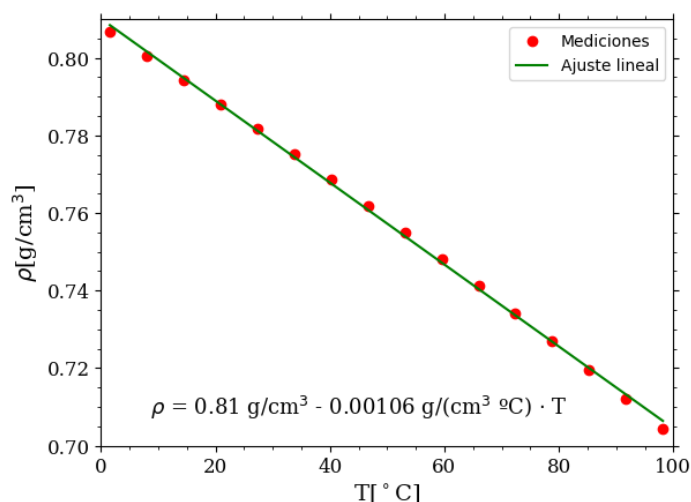


Figura 3: Medición experimental de la densidad en función de la temperatura del etanol

Pregunta 6

Se tiene un termómetro de Galileo con 5 ampollas para medir un rango de temperaturas entre 18 a 26°C con una precisión de 2°C. ¿Cuál debe ser la densidad (efectiva) de la ampolla más liviana, y cuál la de la más pesada para que el termómetro pueda medir entre 18°C y 26°C?

- Densidad mínima $5,32 \times 10^2$ y máxima $5,43 \times 10^2$ kg/m³
- Densidad mínima 824 kg/m³ y densidad máxima 831 kg/m³
- Densidad mínima 0,782 g/cm³ y densidad máxima 0,791 g/cm³
- Densidad mínima $7,84 \times 10^2$ g/cm³ y densidad máxima $7,91 \times 10^2$ g/cm³
- Densidad mínima 715 kg/m³ y densidad máxima 805 kg/m³

Pregunta 7

Para que el líquido del termómetro pueda expandirse cómodamente en el recipiente contenedor, es necesario dejar un espacio libre en éste. En términos de construcción, el diámetro interior del frasco es fijo (8 cm) y el volumen de etanol a 18°C es 1 litro, entonces ¿qué altura mínima del frasco debe quedar libre de líquido?

- La altura libre debe ser 0,05 cm
- La altura libre debe ser 0,2 cm



- c. La altura libre debe ser 5×10^{-5} cm
- d. La altura libre debe ser 20 cm
- e. La altura libre debe ser 25 cm

Pregunta 8

Ahora, se quiere medir la temperatura de un gran termo de 100 litros de agua inicialmente a 34°C (es decir agua templada para nosotros), mientras se la enfría con barras de hielo. Cada barra tiene una masa de 3 kg y tiene una temperatura uniforme de -10°C . El termómetro que vamos a utilizar (el de 1L de etanol, ya calibrado) tiene un volumen mucho menor al del termo, por lo que podemos suponer que al sumergirlo no cambia apreciablemente la temperatura ni la masa del termo. Una vez introducidas las barras de hielo y cerrado el termo, este queda aislado térmicamente.

¿Cuántas barras de hielo hay que agregar al termo para que al llegar al equilibrio queden flotando sólo tres ampollas en el termómetro? **Datos:** $\rho_{\text{agua}} = 1 \text{ g cm}^{-3}$; $c_{\text{hielo}} = 0,5 \text{ cal g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$; $c_{\text{agua}} = 1 \text{ cal g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$; Calor latente de fusión del agua: 80 cal g^{-1}

- a. 4 barras de hielo
- b. 2 barras de hielo
- c. 6 barras de hielo
- d. 5 barras de hielo
- e. 3 barras de hielo

Pregunta 9

Suponga ahora que a las 5 ampollas originales se agregan más ampollas de densidades intermedias. ¿Cuántas ampollas deberían agregarse como mínimo para que la precisión del termómetro sea de 1°C ?

- a. 8 ampolla
- b. 2 ampollas
- c. 7 ampollas
- d. 6 ampollas
- e. 4 ampollas



Pregunta 10

Finalmente se sumerge una pesa de 100 g de acero a alta temperatura, desconocida, dentro del termómetro de etanol de 1 litro. Inicialmente el termómetro tenía la ampolla de 22 °C flotando y al sumergir la pesa y esperar al equilibrio, se observa que la nueva temperatura es de 26 °C. ¿Cuál era la temperatura inicial de la pesa? **Datos:** $\rho_{\text{etanol}, 22^\circ\text{C}} = 0,787 \text{ g/cm}^3$; $c_{\text{etanol}} = 0,583 \text{ cal/(g} \cdot ^\circ\text{C)}$; $c_{\text{acero}} = 0,12 \text{ cal/(g} \cdot ^\circ\text{C)}$

- a. 128 °C
- b. 179 °C
- c. 212 °C
- d. 230 °C
- e. 281 °C