



**1ª PARTE** (duración: 1 h 30 min)

**1. Carrera de remo de Cambridge contra Oxford**

El recorrido de la regata tiene una longitud de 6,8 km (4,2 millas).

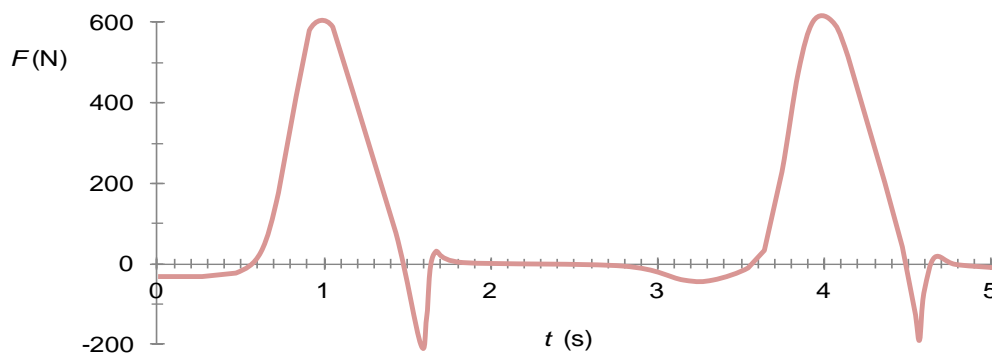
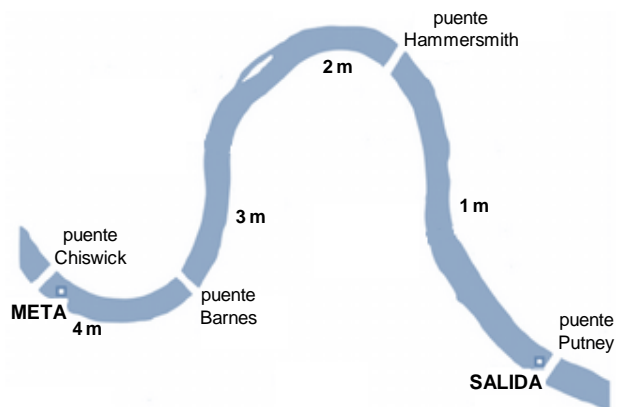
a) El tiempo récord se consiguió en 1998 con 16 minutos y 19 segundos. ¿Cuál fue la velocidad media?

Al avanzar por el agua, la canoa sufre una fuerza de fricción que es proporcional al cuadrado de la velocidad:

$$F = C v^2,$$

donde  $C$  es un coeficiente de resistencia.

La fuerza del remo sobre el agua que realiza cada uno de los ocho remeros viene representada en función del tiempo en la siguiente gráfica.



A la vista de la gráfica, estima:

- b) Cuánto vale la fuerza media realizada por cada remero.
- c) El ritmo de remada (en paladas por minuto).
- d) Utilizando la velocidad media obtenida en el primer apartado, determina el valor del coeficiente de resistencia de la canoa con el agua.

Nos preguntamos ahora por los aspectos energéticos de la carrera. Calcula:

- e) La potencia desarrollada por los remeros.
- f) La energía (en kcal) consumida por cada remero en toda la carrera. Datos: el cuerpo humano sólo transforma en trabajo mecánico el 25% de la energía que consume; 1 cal = 4,187 J.

## 2. Popurrí

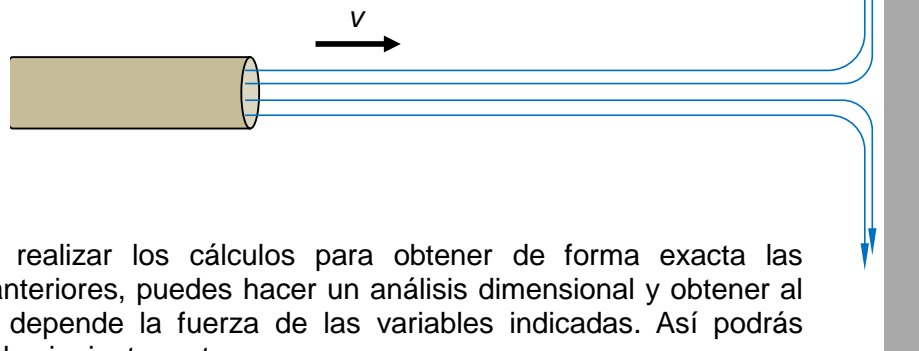
Calcula todo lo siguiente:

- El periodo de un péndulo de 5 m de largo.
- La corriente en un circuito con una resistencia de  $50 \Omega$  alimentado con una pila de 9 V.
- El empuje del agua sobre una roca sumergida de  $1 \text{ m}^3$  (densidad del agua  $1000 \text{ kg/m}^3$ ).
- La energía necesaria para calentar 1 L de agua de 20 a  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  (densidad =  $1000 \text{ kg/m}^3$ ; calor específico =  $4187 \text{ J/kg }^\circ\text{C}$ ).
- La energía potencial de un coche de 800 kg en un puerto a 1000 m de altura.
- La constante de un muelle que se estira 10 cm cuando le colgamos una masa de 500 g.
- La velocidad de propagación de la onda  $\cos(9t - 3x)$ , con todas las unidades en SI.
- La fuerza de Lorentz sobre una carga de 0,03 C que se mueve a 100 m/s perpendicularmente a un campo de 0,05 T.
- El período orbital (en horas) de la Estación Espacial Internacional, que está a 408 km de altura sobre la Tierra. (Datos:  $M_T = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ,  $R_T = 6371 \text{ km}$ ,  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ )
- Los decibelios de un sonido de  $0,02 \text{ W}$  a 5 m de distancia. (Dato:  $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ ).

## 3. La fuerza de un chorro de agua

De una manguera de área transversal  $A$  sale una corriente de agua de densidad  $\rho$  y velocidad  $v$  que incide contra una pared perpendicular al chorro. Tras golpear la pared el agua fluye hacia los lados a lo largo de la pared. Despreciamos el efecto de la gravedad.

- Calcula la fuerza que sufre la pared en función de  $A$ ,  $\rho$  y  $v$ .
- Expresa la fuerza en función del caudal  $Q$ ,  $\rho$  y  $v$ . (El caudal es el volumen por unidad de tiempo).
- Calcula la presión sobre la pared en función de  $\rho$  y  $v$ .



Si no logras realizar los cálculos para obtener de forma exacta las expresiones anteriores, puedes hacer un análisis dimensional y obtener al menos cómo depende la fuerza de las variables indicadas. Así podrás continuar con la siguiente parte.

El “corte por chorro de agua” es una técnica industrial que utiliza una bomba de ultrapresión para lanzar contra un material un chorro de agua muy fino. Antes de salir, el agua se mezcla con arena abrasiva. Cuando el chorro impacta a altísimas velocidades, el resultado es el corte del material.

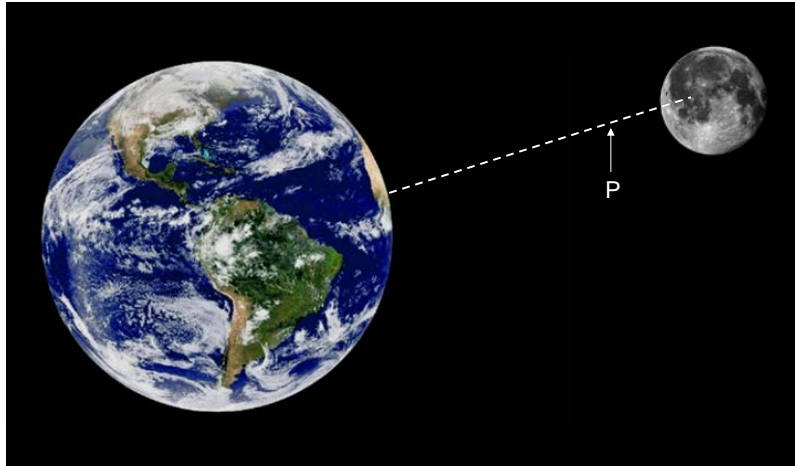
Considera que la máquina expulsa el agua por una boquilla de 0,8 mm de diámetro, y que el chorro sale a 1000 m/s. Dato: densidad del agua =  $1000 \text{ kg/m}^3$ . Calcula:

- El caudal de salida en  $\text{m}^3/\text{s}$  y en litros/s.
- La fuerza del agua sobre el material.
- La presión del agua sobre el material.

## 4. De la Tierra a la Luna

Vamos a lanzar una nave de masa  $m$  desde la superficie de la Tierra hasta la Luna. Despreciamos la velocidad de rotación de la Tierra. Suponemos que la Luna se mantiene fija durante el viaje del cohete.

Llamamos  $d$  a la distancia Tierra-Luna,  $M_T$  a la masa de la Tierra,  $M_L$  a la masa de la Luna,  $R_T$  al radio de la Tierra, y  $R_L$  al radio de la Luna.

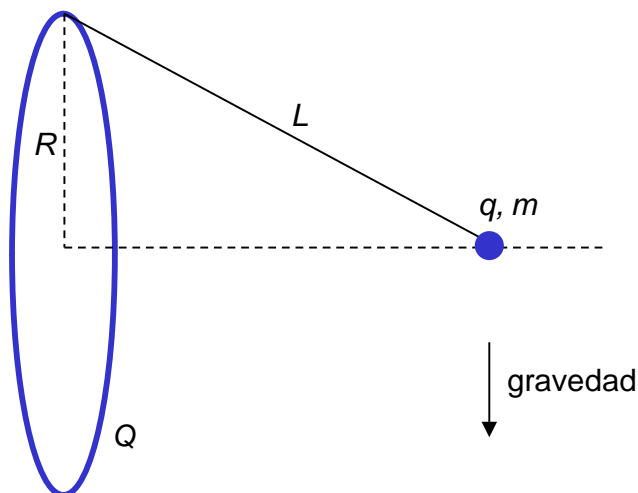


Datos:  $M_T = 81 M_L$ ,  $R_T = 3,7 R_L$ ,  $d = 60 R_T$ ,  $M_T = 5,97 \cdot 10^{24}$  kg,  $R_T = 6371$  km,  $d = 384000$  km,  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  N·m<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>.

- Calcula el valor de la velocidad de escape,  $v_e$ , de la Tierra.
- Determina el punto P en la línea Tierra-Luna donde la fuerza neta sobre la nave es nula (indica su distancia desde la Tierra respecto a la distancia total Tierra-Luna).
- Calcula la velocidad mínima,  $v_{\min}$ , a la que se debe lanzar la nave para que pueda llegar al punto P. Expresa  $v_{\min}$  en función de  $v_e$  y calcula también su valor.  
En el punto P la nave está en equilibrio inestable. Si se perturba lo más mínimo su posición, entonces caerá de nuevo hacia la Tierra o caerá hacia la Luna. Supongamos que la perturbación hace que la nave empiece a caer hacia la Luna.
- ¿Cuál es la velocidad de la nave al llegar a la superficie de la Luna?
- Haz una estimación del tiempo (en horas) empleado por la nave en llegar a la Luna. (Ayuda: supón que la nave sale de la Tierra con la velocidad de escape, desprecia la atracción lunar, calcula la velocidad de la nave en el punto medio y en la Luna, utiliza la media de esas tres velocidades como promedio de la velocidad de la Tierra a la Luna).
- Valora hasta qué punto es buena la aproximación de que la Luna está fija durante el viaje. Para ello, calcula primero el ángulo que se ha movido la Luna desde que la nave se lanza hasta que llega. Haz un dibujo de la situación.

### 5. El anillo cargado

Una pequeña bola de masa  $m$  y carga  $q$  está suspendida por medio de un hilo del punto más alto de un anillo metálico de radio  $R$  que se encuentra en un plano vertical. El anillo está hecho de un alambre rígido de sección despreciable, y tiene una carga  $Q$ , del mismo signo que  $q$ , uniformemente distribuida. El hilo es aislante y de masa despreciable.



Obtén una expresión para la longitud  $L$  del hilo en función de  $Q$ ,  $q$ ,  $R$ ,  $m$ ,  $g$  y  $\epsilon_0$  de tal modo que la posición de equilibrio de la bola se encuentre en el eje de simetría perpendicular al plano del anillo.

(Haz un dibujo donde se vean claramente las fuerzas actuantes).

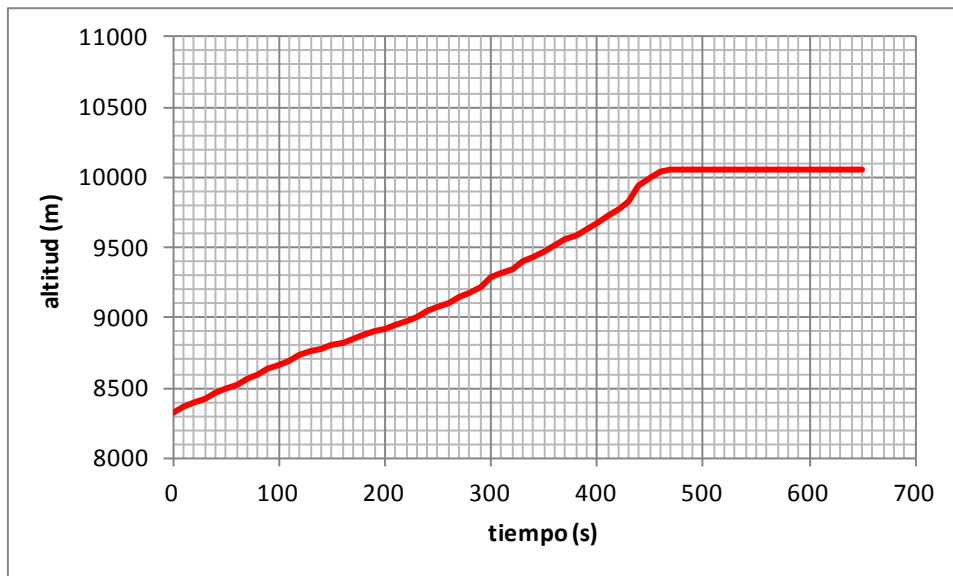
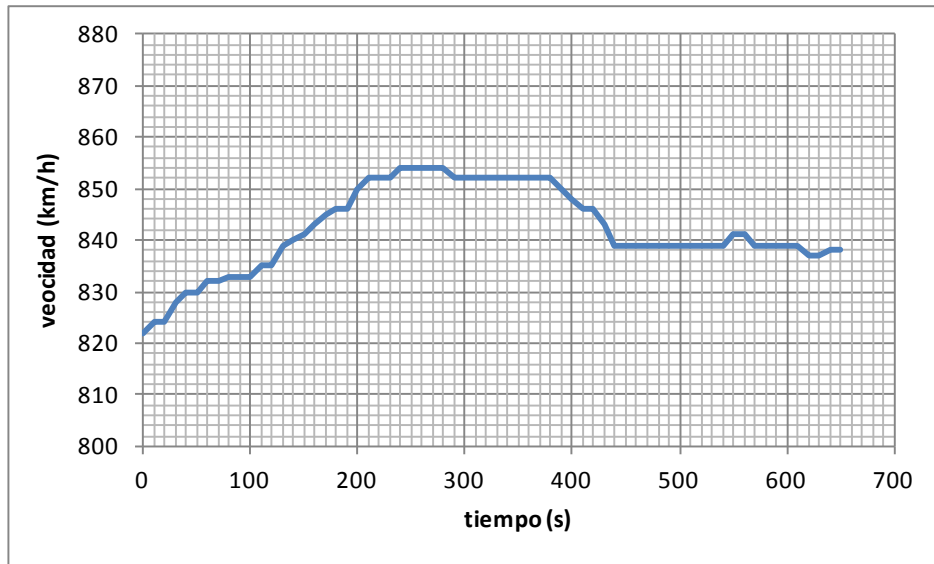
### 6. Volando voy, navegación a bordo

En un vuelo transatlántico de España a Sudamérica se tomó la siguiente fotografía de la pantalla de entretenimiento con la información del vuelo. En ese momento el avión estaba llegando a Portugal y había recorrido unos 250 km desde el despegue.



- a) Obtén de los datos de la pantalla cuánto valen los factores de conversión entre:
  - metros y pies (*feet*)
  - millas y km
  - km/h y nudos (*knots*)

El pasajero fue anotando cada 10 s la velocidad y la altitud que indicaba el monitor de vuelo, y representó los valores en las dos gráficas siguientes. Consideramos que esos valores de velocidad corresponden a la velocidad horizontal respecto al terreno. Los tiempos en el eje X están contados a partir del instante en que el pasajero empezó el registro de datos.



- b)** ¿Cuál es la altitud de crucero y la velocidad de crucero del avión (es decir, la altitud y velocidad uniformes tras la maniobra de ascenso)? ¿Qué justificación das al comportamiento de la velocidad en los instantes 550 s y 620 s?
- c)** ¿Cuál es la aceleración media del avión durante los 3,5 primeros minutos del registro de datos?
- d)** Realiza una representación gráfica aproximada de la aceleración en función del tiempo, durante el intervalo registrado. (Ayuda: divide la gráfica en cuatro tramos de aceleración aproximadamente constante.)
- e)** Estima la distancia recorrida por el avión mientras el pasajero estuvo registrando datos.
- f)** Obtén la componente vertical,  $v_y$ , de la velocidad.
- g)** ¿Cuánto tiempo pasó desde que el pasajero tomó la foto hasta que empezó a registrar datos?
- h)** ¿Es posible que tanto la ascensión como el desplazamiento horizontal se hayan realizado siempre al mismo ritmo desde que el avión despegó? Haz los cálculos que necesites para justificar la respuesta.
- i)** Representa aproximadamente la forma que tendría la trayectoria del avión, desde unos pocos kilómetros después del despegue, en su ascenso hasta la altitud de crucero.

## 7. Nuestra voz modificada

La velocidad del sonido en los gases depende de la presión del gas,  $P$ , de su densidad,  $\rho$ , y del llamado coeficiente adiabático de dilatación,  $\gamma$ :

$$v = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}}$$

Los valores de  $\rho$  y  $\gamma$  para el aire, el helio (He) y el hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ), a 20 °C, son

$$\rho_{\text{aire}} = 1,2 \text{ kg/m}^3; \quad \rho_{\text{He}} = 0,17 \text{ kg/m}^3; \quad \rho_{\text{SF}_6} = 6,1 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_{\text{aire}} = 1,4; \quad \gamma_{\text{He}} = 1,7; \quad \gamma_{\text{SF}_6} = 1,1$$

Consideramos en todos los casos una presión de 1 atmósfera ( $\approx 10^5$  Pa).

**a)** Calcula la velocidad del sonido en los tres medios.

Vamos a considerar un modelo sencillo para la laringe suponiendo que se comporta como un tubo sonoro con un extremo abierto y otro cerrado. Toma el modo fundamental de vibración.

**b)** ¿Cuánto mide la laringe de una persona cuya voz tiene un espectro centrado en 500 Hz?

**c)** Si almacenamos gas He y gas  $\text{SF}_6$  en los pulmones y emitimos sonidos, ¿cómo será el tono de nuestra voz (igual, más grave o más agudo) en comparación con nuestro tono normal?