

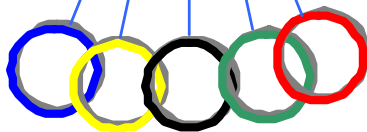
REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA

REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA

XXIII Olimpiada

ESPAÑOLA DE
FÍSICA

FASE LOCAL DE LA RIOJA



2 de marzo de 2012

Esta prueba consiste en la resolución de dos problemas.

Razona siempre tus planteamientos

¡No olvides poner tus apellidos, nombre y datos del Centro en la primera hoja!



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA



Consejería de Educación,
Cultura y Deporte de
La Rioja

P1. Salto

Si intentas emular el salto de una gran estrella del baloncesto, seguramente no pensarás en las leyes de la mecánica, sin embargo, muchos profesionales acuden a la biomecánica, una especialidad de la física, para mejorar su rendimiento.

Cuando se estudian las fuerzas y movimientos que intervienen en un salto se encuentra una gran dificultad incluso en los más sencillos. En la figura 1 se muestra un salto que se asemeja al realizado en algunos pasos de ballet. Se realiza partiendo de una posición inicial de cuclillas *i)* a una extensión máxima de las piernas *s)* y alcanzando una altura h_f al final del salto *f)*.

Si se utiliza un modelo simplificado, puedes sacar algunas conclusiones de este salto. Considera el cuerpo como una masa puntual situada en el centro de masas y una fuerza de empuje ejercida por las piernas que actúa sobre ella mientras los pies están en contacto con el suelo.

Para una primera aproximación, considera que esta fuerza es constante y que, para que eleve al saltador, deberá estar dirigida en sentido contrario al peso, por lo que su expresión será $\vec{f}_E = -m\vec{g}(1+k)$. Su módulo se representa en función de la altura h en la figura 2.

Utilizando las alturas que se dan en la Tabla 1,

- 1) calcula el valor de k para que se alcance la altura h_f ,
- 2) obtén el tiempo transcurrido desde el inicio del salto hasta que se separan los pies del suelo,
- 3) comprueba y explica que, para cualquier valor de $k > 0$, siempre se produce un salto.

El resultado del apartado 3) contradice nuestra experiencia que nos dice que podemos elevarnos del suelo hasta una altura h_s sin despegarnos de él. Una segunda y mejor aproximación de la fuerza y que resuelve esta dificultad es suponer una fuerza variable como la dada en la figura 3. Para ésta,

- 4) calcula el valor de k' para que se alcance la altura h_f ,
- 5) determina para qué valores de k' se produce el salto.

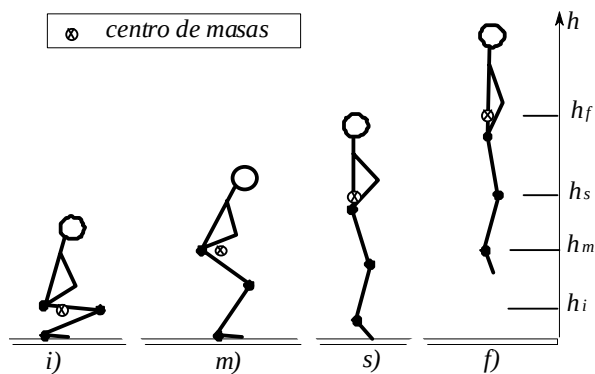


Figura 1

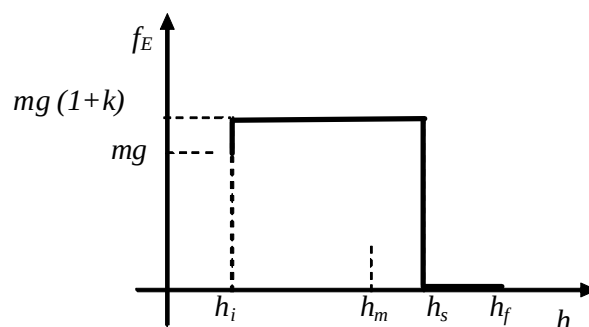


Figura 2

Tabla 1

i)	cuclillas $h_i = 0,3$ m
m)	$h_m = 0,45$ m
s)	los pies se separan del suelo $h_s = 0,55$ m
f)	la altura máxima que alcanza $h_f = 1,20$ m

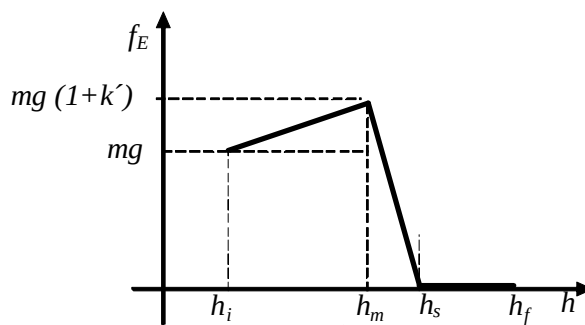
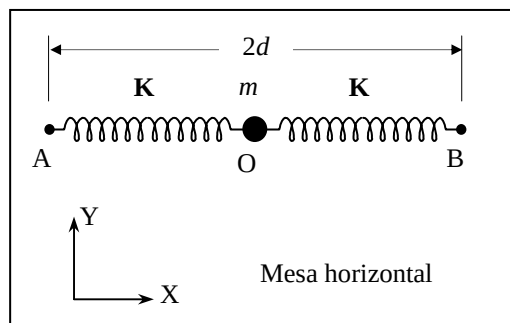


Figura 3

P2 Dos muelles

Una bolita de masa m está unida a dos muelles iguales, de masa despreciable y constante recuperadora K . El sistema se sitúa sobre una mesa horizontal sin rozamiento (plano XY), con los extremos de los resortes unidos a los puntos fijos A y B, que están separados entre sí una distancia $2d$. Esta distancia es mucho mayor que la longitud natural de los muelles, de forma que ésta última es despreciable frente a la primera.

En adelante, considera un sistema de referencia con origen, O, en la posición de equilibrio de m , y ejes OX y OY paralelos a los indicados en la figura.



Supón que, partiendo de su posición de equilibrio, desplazamos la bolita longitudinalmente (según el eje OX) una distancia x_0 y la soltamos con velocidad inicial nula.

- 1) Demuestra que la bolita oscilará armónicamente.
- 2) ¿Con qué amplitud oscilará?, ¿Con qué frecuencia?
- 3) Determina su posición en función del tiempo, $x(t)$, desde el instante en que se suelta.
- 4) Se observa que, debido a la pequeña fricción de m con el aire, su amplitud de oscilación decrece lentamente con el tiempo en forma exponencial:

$$A(t) = A_0 e^{-t/\tau},$$

con $\tau = 6,2$ min. Calcula el tiempo que tarda la energía mecánica del sistema en reducirse a la mitad de la inicial. Toma la referencia de potencial elástico en O.

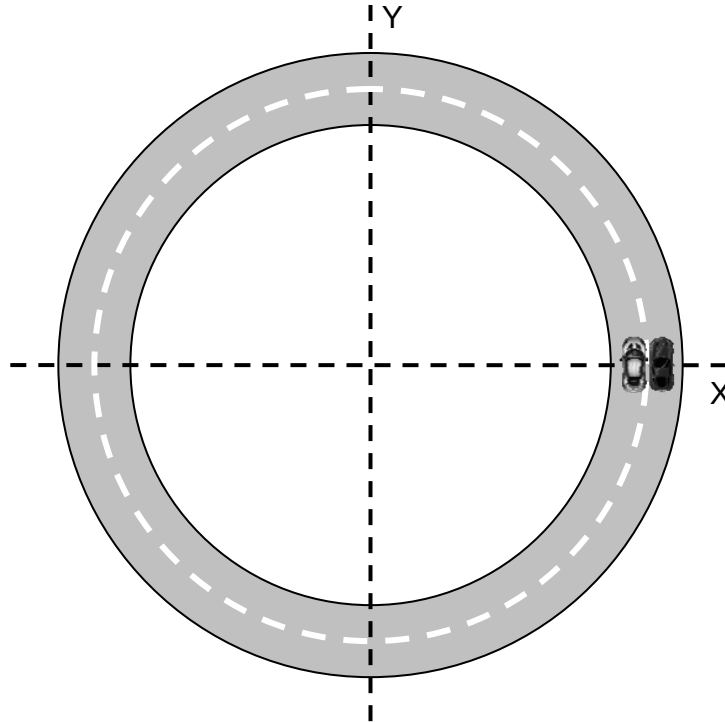
Supón ahora que, partiendo de nuevo de la posición de equilibrio, damos a la bolita un impulso transversal (según el eje OY), de forma que su velocidad inicial de movimiento en esta dirección es v_0 .

- 5) ¿Con qué frecuencia oscilará en torno a O?, ¿Con qué amplitud?
- 6) Determina $y(t)$.

P3. Coches.

En el circuito de la figura, de 20 m de radio, los coches A y B parten a la vez del reposo, desde la posición indicada, moviéndose ambos en el sentido opuesto a las agujas del reloj. El movimiento de ambos es uniformemente acelerado; la aceleración de A es $a_A = 2 \text{ m/s}^2$ y la de B, $a_B = 1 \text{ m/s}^2$. Se pide obtén:

- 1) El número de vueltas que habrá dado el coche A cuando vuelva a coincidir con el B. (Considerar a los coches como masas puntuales, sin dimensiones).
- 2) El tiempo, t , transcurrido hasta ese instante.
- 3) El vector velocidad relativa de A con respecto a B, $\mathbf{v}_{AB}$, cuando han transcurrido $\sqrt{20 \cdot \pi} \text{ s}$.
- 4) El vector aceleración relativa de A con respecto a B, $\mathbf{a}_{AB}$, en ese mismo instante.



P4. Momento dipolar magnético de un imán.

Como sabrás, una brújula es una aguja imantada que puede girar libremente en torno a su centro en un plano horizontal, de forma que cuando se sitúa en una región donde existe un campo magnético, $\vec{B}$, se orienta en la dirección de la componente paralela al suelo.

Normalmente, una brújula situada horizontalmente marca la dirección N-S de la Tierra, pues está sometida al campo magnético terrestre cuya componente horizontal, $\vec{B}_T$, tiene aproximadamente, esta dirección. Sin embargo, si aproximamos a la brújula un imán, que también crea un campo magnético $\vec{B}_m$, la orientación de la brújula cambiará, pasando a ser la de la componente horizontal del campo resultante $\vec{B} = \vec{B}_T + \vec{B}_m$.

Esta idea puede servir para determinar experimentalmente la intensidad del campo creado por un imán en un punto, supuesto conocido $\vec{B}_T$, y midiendo la desviación de la brújula, θ , situada en dicho punto al aproximarle el imán. En este experimento, se coloca un imán en el eje X de manera que $\vec{B}_m$ esté en el plano de la brújula y sea paralelo al eje X, como se ve en la figura1, y que el campo $\vec{B}_T$ forme un ángulo de -45° con el eje Y. *

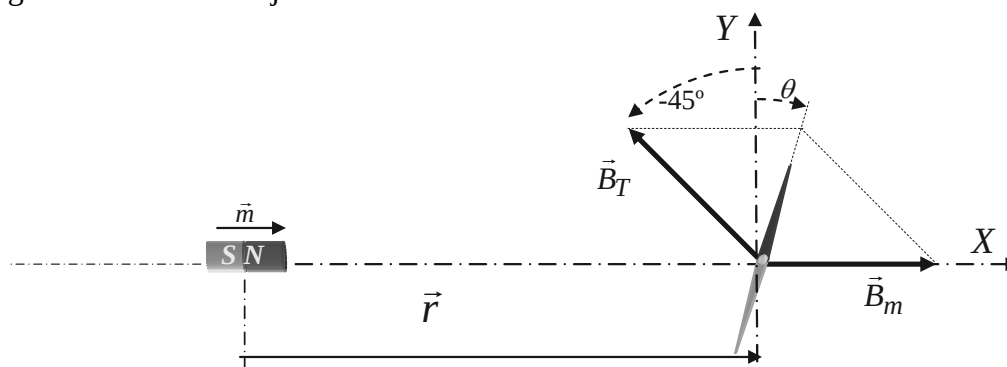


Figura 1

Cuando el imán está a una distancia r del centro de la brújula y se alcanza el equilibrio, el ángulo es θ y si está muy alejado es -45° .

Naturalmente, el valor de $\vec{B}_m$ depende de la distancia, r , entre el imán y la brújula: $\vec{B}_m$ es más intenso cuanto menor sea r . Con la Física que has estudiado sabes que el campo gravitatorio de una masa decrece con r^2 , igual que el campo eléctrico producido por una carga, pero probablemente no te han explicado cómo decrece con la distancia el campo magnético de un imán: "El campo magnético en el exterior de un pequeño imán en forma de barra es aproximadamente igual, en puntos no demasiado próximos, al de un dipolo magnético con momento dipolar m , orientado del polo S hacia el polo N del imán."

Para la configuración de la figura 1, el $\vec{B}_m$ creado por el momento dipolar magnético $\vec{m}$ es

$$\vec{B}_m = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\vec{m}}{r^3} \quad (1)$$

(*) **NOTA:** La experiencia debe realizarse con un magnetómetro, un dispositivo semejante a una brújula. No se debe acercar un imán a una brújula ya que ésta se estropea y no se puede recuperar.

1) Teniendo en cuenta la expresión $\vec{B} = \vec{B}_T + \vec{B}_m$ y la ecuación 1, obtén la expresión de la tangente de θ en función de m y r . Para ello, utiliza los valores:

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$$

$B_T = 0,024 \text{ mT}$. (T es el símbolo del tesla que es la unidad en el sistema internacional SI del campo magnético y sus dimensiones básicas son $\text{kg s}^{-2} \text{ A}^{-1}$)

2) Realizadas una serie de medidas de la distancias r entre el imán y la brújula para varias desviaciones de ésta, θ , se obtienen los siguientes resultados:

$\theta \text{ en } ^\circ$	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
$r \text{ en mm}$	204	171	160	150	141	135	130	122

Representa $\tan \theta$ (en ordenadas) en función de $\frac{1}{r^3}$ (en abscisas) con r expresado en m. Elige adecuadamente la escala. Ajusta los datos a una recta y obtén su pendiente.

3) Deduce el valor del momento dipolar magnético m .

4) Determina las dimensiones de m en unidades básicas del SI (m, kg, s, A)