REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA

PRIMERA PRUEBA

25 de febrero de 2005

INSTRUCCIONES:

Esta prueba consiste en la resolución de tres problemas

Emplea una hoja del cuadernillo de respuestas para cada problema

Razona siempre tus planteamientos

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

P1 La cama elástica.

Probablemente, alguna vez habrás pasado un rato divertido saltando en una cama elástica (figura 1). Un estudio dinámico realista de este juego, considerando una membrana elástica, no es sencillo. En este problema vamos a estudiar un modelo simplificado e idealizado, consistente en un muelle vertical de masa despreciable sobre el que se deja caer un bloque rígido de masa m desde una altura h (figura 2.a), en presencia del campo gravitatorio terrestre, g.

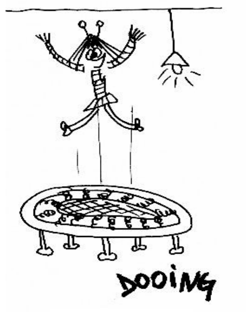

Fig. 1

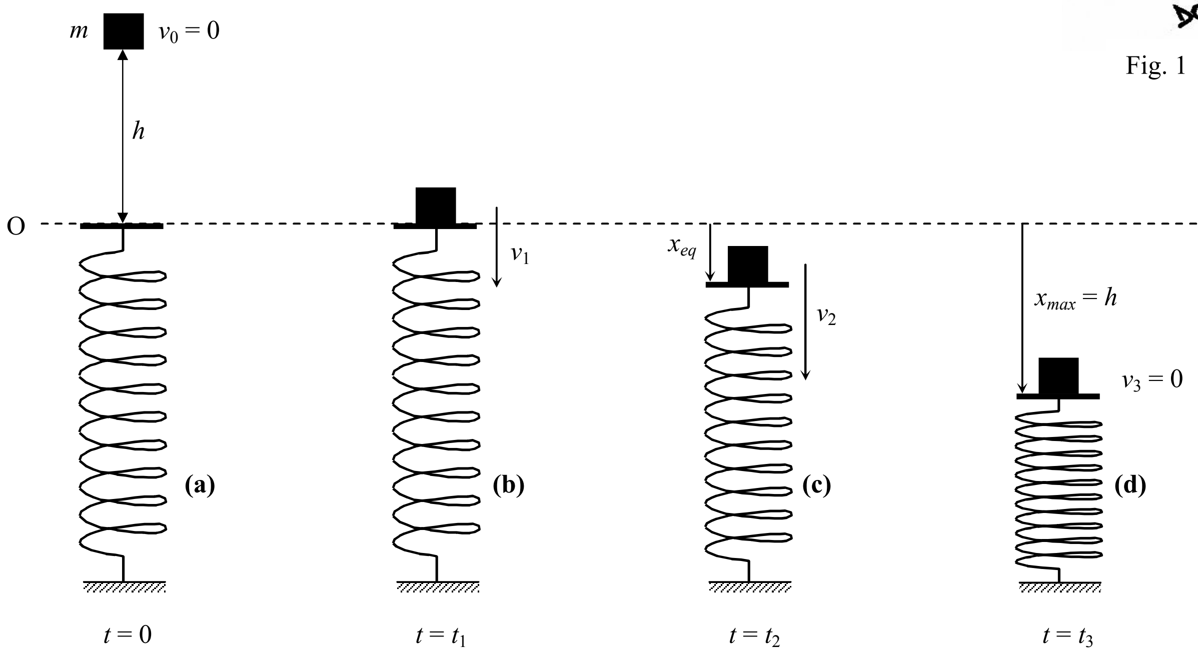

Fig. 2

a) Supuesto que m parte del reposo en $t = 0$ (figura 2.a), calcula su velocidad v_1 cuando alcanza el muelle (figura 2.b), y el tiempo t_1 que tarda en caer hasta esta posición.

A partir del instante anterior, el muelle empieza a comprimirse. Supón que la compresión máxima que llega a alcanzar es $x_{max} = h$ (figura 2.d).

b) Determina la constante elástica, k, del muelle empleado.

c) Si apoyásemos suavemente m sobre el resorte, ¿cuál sería su compresión en equilibrio, x_{eq}?

Volvamos a suponer que dejamos caer m desde una altura h. Es fácil comprender que, entre $t = t_1$ y $t = t_3$, m realiza un movimiento de tipo oscilatorio armónico (para ser más precisos, una fracción de oscilación).

d) Determina la amplitud, A, y la frecuencia angular, ω, de esta oscilación.

e) Determina la velocidad de m cuando pasa por su posición de equilibrio, v_2 (figura 2.c).

f) Haz una representación gráfica cualitativa de la velocidad de m en función del tiempo, $v(t)$, en el intervalo $0 \le t \le t_3$. Explica cómo son las diferentes zonas de esta gráfica, indicando claramente la posición de los puntos (t_1, v_1), (t_2, v_2) y (t_3, v_3).

No es fácil determinar en qué instante t_2 pasa m por su posición de equilibrio. Por eso no vamos a pedirte que lo obtengas, aunque si se te ocurre alguna idea sobre cómo calcular t_2 no dudes en explicarla (sin desarrollarla matemáticamente).

g) Lo que sí que vamos a pedirte es que determines el tiempo que transcurre desde que m pasa por su posición de equilibrio (figura 2.c) hasta que alcanza el punto más bajo (figura 2.d), es decir el intervalo de tiempo $\Delta t = t_3 - t_2$.

h) ¿Cuál es la aceleración de m en los instantes t_1, t_2 y t_3? Ten en cuenta que estamos empleando un eje OX con sentido positivo hacia abajo.

i) Por último, representa gráficamente, de forma cualitativa, la aceleración de m en función del tiempo, $a(t)$, en el intervalo $0 \le t \le t_3$, marcando claramente los puntos (t_1, a_1), (t_2, a_2) y (t_3, a_3).

Nota 1: debes expresar todos tus resultados en función de los datos: m, h y g.

Nota 2: dibuja las gráficas de los apartados f) e i) en la hoja de respuesta a este problema, P1. Reserva el papel milimetrado para el problema experimental, P3.

P2 Piedras lunares

Un meteorito impacta en el centro de la cara visible de la Luna, provocando que multitud de piedras salgan lanzadas en todas direcciones y a gran velocidad. Haz una estimación del mínimo valor de la velocidad inicial de las piedras para que puedan llegar a la Tierra.

Datos: $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2}, $M_L = 7{,}34 \cdot 10^{22}$ kg, $R_L = 1{,}74 \cdot 10^6$ m.
$M_T = 81 M_L$. Distancia Tierra-Luna (centro a centro), $D = 221 R_L$

P3 Medida del campo magnético de la Tierra

Los científicos no sólo están interesados en conocer y explicar el comportamiento de la naturaleza mediante bellas teorías y ecuaciones matemáticas. También se preocupan de cómo medir con precisión las magnitudes que aparecen en esas ecuaciones. Por ejemplo, Maxwell en su obra cumbre *Un tratado sobre la Electricidad y el Magnetismo*, además de presentar y discutir las leyes básicas del Electromagnetismo, que desde entonces llevan su nombre, propuso varios métodos para medir la intensidad de un campo magnético.

En este problema "experimental" nos vamos a basar en uno de estos métodos para determinar la intensidad del campo magnético terrestre[1], B_T.

Como sabrás, una brújula no es más que una aguja imantada que puede girar libremente en torno a un eje vertical que pasa por su centro, y que, cuando está en presencia de un campo magnético, se orienta en la dirección de ese campo. Si, en particular, este campo es el creado por la Tierra, la brújula apunta hacia el norte magnético (próximo al geográfico), por lo que las brújulas han sido de gran utilidad en navegación.

Si a una brújula se le da un pequeño empujón[2], la aguja oscila angularmente en torno a su dirección de equilibrio, con una amplitud angular que se va reduciendo paulatinamente hasta que se detiene de nuevo marcando la dirección de $\vec{B}$. Pues bien, el periodo T de esta oscilación, que puede medirse fácilmente con un cronómetro, está relacionado con la intensidad del campo al que está sometida la brújula. Por tanto, con un adecuado diseño del experimento, es posible deducir el valor de B a partir de medidas del periodo de oscilación de la brújula.

En concreto, para pequeñas oscilaciones, la frecuencia angular[3] de oscilación de la brújula, ω, depende de la intensidad del campo en la forma

$$\omega^2 = kB\,, \qquad (1)$$

donde k es una constante en principio desconocida[4], característica de la brújula empleada, por lo que una única medida experimental de T no permite deducir inmediatamente el valor de B. Pero este problema se puede solventar midiendo ω para diferentes valores de B, siempre y cuando se conozcan los cambios de B de una medida a otra.

En el laboratorio se puede realizar, por ejemplo, el montaje esquematizado en la figura 1: la brújula se sitúa en un plano horizontal y en el centro de una bobina vertical de N espiras circulares, por las que se hace circular una corriente de intensidad I. La bobina está orientada de forma que crea un campo magnético horizontal y de sentido opuesto al terrestre. Por tanto, la brújula está sometida a un campo magnético total según el eje X indicado

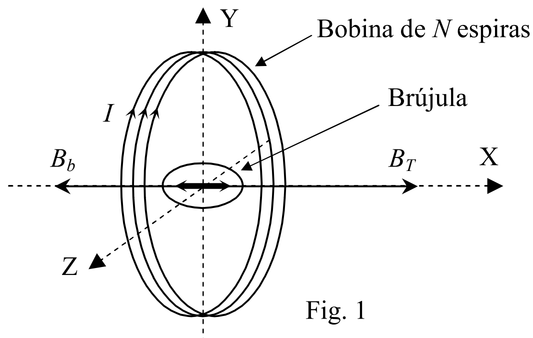

Fig. 1

$$B = B_T - B_b\,, \qquad (2)$$

donde B_T es el campo magnético de la Tierra (componente horizontal) y B_b es el campo creado por la bobina en su centro, que depende de la corriente que circula por ella en la forma

$$B_b = N\frac{\mu_0}{2R}I\,, \qquad (3)$$

donde R es el radio de las espiras y $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ \mathrm{T\,m\,A^{-1}}$.

---

[1] Para ser más precisos, se determinará la componente horizontal de este campo. La componente vertical, que también existe, no influye en las medidas con el método que vamos a emplear.

[2] El empujón puede ser mecánico (con el dedo) o también magnético: basta acercar un imán a la brújula y después alejarlo, para que no influya en las medidas posteriores.

[3] Recuerda que $\omega = 2\pi/T$.

[4] Por si tienes curiosidad, $k = m/I^*$, donde m es el momento magnético de la brújula (una medida de lo "potente" que es el imán) e I^* es su momento de inercia (medida de su inercia a la rotación). Si sigues estudiando Física, pronto conocerás estas magnitudes.

Combinando (1), (2) y (3), se espera que ω^2 decrezca linealmente con I, siendo la pendiente y la ordenada en el origen de esta recta dependientes de k y B_T.

Supón que se emplea una bobina de $N = 10$ espiras y radio $R = 10{,}2$ cm. Para diversos valores de la corriente I, que se mide con un amperímetro, se cronometra manualmente el tiempo de 10 oscilaciones[5] completas de la brújula, obteniendo los resultados de la Tabla I.

Tabla I

***I* (mA)**	0	50	100	150	200	250	300	350
10*T* (s)	9,83	10,44	11,46	12,58	14,28	17,05	22,02	38,97

a) En el papel milimetrado, haz una gráfica de ω^2 (ordenadas) frente a I (abscisas) de los puntos experimentales indicados.

b) Ajusta estos puntos a una línea recta y determina su pendiente, p, y su ordenada en el origen, c.

c) A partir de los valores de p y c, determina los valores de la constante k para la brújula empleada y del campo magnético terrestre B_T.

d) Para una corriente $I = 400$ mA, ¿cuál será el periodo de oscilación de la brújula?
Ayuda: quizá obtengas un resultado aparentemente absurdo... pero no te rindas. Piensa un poco y búscale un significado lógico.

[5] Se mide $10T$ para reducir la incertidumbre de T debida a pequeños errores aleatorios en el manejo del cronómetro.