REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA

REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA

XVIII Olimpiada

ESPAÑOLA DE FÍSICA

FASE LOCAL DE LA RIOJA

PRIMERA PRUEBA

23 de febrero de 2007

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!

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

Consejería de Educación, Cultura y Deporte de La Rioja

P1 El *puenting*.

Seguramente conoces o has visto algún reportaje sobre uno de los deportes de riesgo mas llamativos, el “puenting” (*bungee jumping* en ingles[1]). Consiste en saltar desde lo alto de un puente con los tobillos sujetos a una cuerda elástica, que frena la caída con suavidad, como se muestra en la foto de la figura 1. Aunque una descripción realista del movimiento es bastante compleja, no es difícil analizar aproximadamente sus dos primeras fases: en la primera, el saltador cae libremente con la cuerda destensada, y en la segunda la cuerda se estira elásticamente hasta detener la caída del saltador en su punto más bajo. En esta segunda fase puede aceptarse que la cuerda cumple la ley de Hooke, es decir que se comporta como un muelle ideal de constante k.

Fig. 1

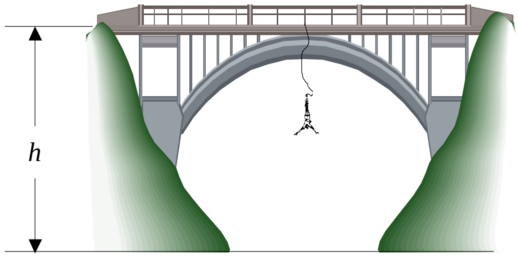

Fig. 2

Supongamos que un aficionado al puenting dispone de una cuerda de longitud L = 48 m y quiere usarla para saltar desde un puente de altura h = 98 m (figura 2). Naturalmente, antes de lanzarse quiere tener ciertas garantías de que su cuerda es adecuada. En particular quiere saber si la longitud máxima que llegará a alcanzar la cuerda cuando se estire, L_{max}, es menor que la altura h, ya que en caso contrario su integridad física se vería gravemente amenazada.

Para tener un dato experimental sobre la elasticidad de la cuerda, este aficionado al puenting se cuelga de la cuerda y comprueba que, en equilibrio, se alarga ΔL = 12 m.

a) Despreciando la resistencia del aire y suponiendo que el saltador se deja caer sin velocidad inicial, haz una estimación de la longitud máxima que llegará a tener la cuerda, L_{max}. ¿Es prudente utilizar esta cuerda para saltar desde el puente indicado?

b) En el proceso de caída, la cuerda empieza a jugar su papel cuando la distancia recorrida por el saltador supera la longitud “natural” L de la cuerda y comienza a estirarse hasta su longitud máxima, cuando el saltador se detiene. Haz una representación gráfica de la aceleración del saltador en función de la distancia vertical, y, recorrida desde la parte superior del puente, y = 0, hasta el punto más bajo de la caída, $y = L_{max}$. Durante este proceso de caída ¿cuál es la aceleración máxima a la que se ve sometido el saltador?

c) Supuesto que la masa del saltador es m = 70 kg, calcula la máxima fuerza que ha de soportar el enganche de la cuerda con el puente.

d) Por prudencia, el aficionado al puenting decide utilizar dos cuerdas iguales en paralelo. Esto significa que el muelle equivalente a las dos cuerdas tiene una constante elástica doble, $2k$. ¿Qué longitud máxima llegarán a alcanzar las dos cuerdas? ¿Cuál será la aceleración máxima del saltador en estas condiciones?

Aceleraciones comprendidas entre $4g$ y $6g$ pueden producir lesiones si no se adoptan medidas de seguridad adecuadas. Teniendo esto en cuenta, ¿es conveniente usar una cuerda “doble” para realizar un salto más seguro?

Advertencia: **Aunque hayas sido capaz de resolver todas las preguntas de este problema, no creas que estás capacitado para hacer un salto de estas características. El puenting es un deporte de alto riesgo y es necesario un entrenamiento dirigido por una persona especialmente preparada.**

[1] Las primeras referencias de este tipo de saltos datan de 1930, cuando se descubrió que eran realizados por los indígenas de la isla Vanuatu (Islas de Pentecostés) con lianas sujetas a los pies, para probar su valor. En el club de deportes de riesgo de Bristol se realizaron en 1979 los primeros saltos con una cuerda elástica de 78 m.

P2 Baroscopio.

El *baroscopio* es un aparato que se utiliza para comprobar indirectamente el principio de Arquímedes. Consta de una balanza de cuyos brazos se suspenden dos esferas, una hueca y otra maciza de mucho menor tamaño. En la figura 1 se esquematiza un baroscopio con balanza de brazos iguales, y en la figura 2 se muestra el baroscopio de una colección de instrumentos científicos antiguos.

Una vez equilibrada la balanza, es decir con sus brazos horizontales y el fiel marcando el centro de la escala (situación de la figura 1), se coloca el aparato en el interior de una campana de vidrio. Al hacer el vacío dentro de la campana, la balanza se desequilibra y alcanza una nueva posición de equilibrio con los brazos inclinados y el fiel desviado (situación de la figura 2).

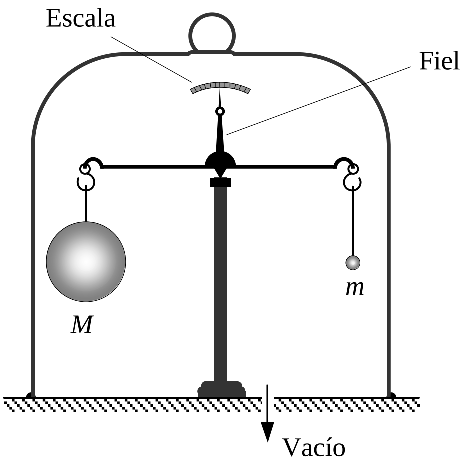

Fig. 1

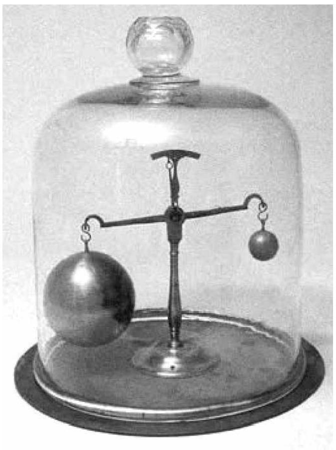

Fig. 2

La esfera hueca tiene un radio R = 5,00 cm y su masa es M = 40,0 g. A temperatura ambiente, la presión antes de hacer el vacío es la atmosférica, $p_0 = 1{,}01 \cdot 10^5$ Pa y, en estas condiciones, la densidad del aire es ρ_{aire} = 1,30 kg/m^3.

La resolución de la balanza es de 100 mg, es decir, una variación entre las masas suspendidas de 100 mg hace que el fiel se desvíe una división de la escala.

Considerando que el aire se comporta como un gas perfecto y que el volumen de la esfera maciza es despreciable frente al de la hueca, responde a las siguientes cuestiones:

a) Antes de hacer el vacío:

1) Calcula el empuje sobre la esfera hueca.

2) Determina la masa m de la esfera maciza para que la balanza esté equilibrada.

b) Después de hacer el vacío y suponiendo que la temperatura no ha cambiado:

1) ¿Hacia qué lado se desequilibra la balanza? Razona tu respuesta.

2) Si el fiel de la balanza se desvía 6 divisiones, ¿cuál es la presión en el interior de la campana?

P3 Espectroscopia con red de difracción.

1) Fundamento teórico

Como sabrás, cada especie atómica puede absorber y emitir luz de una serie de longitudes de onda (espectros atómicos de absorción y emisión), relacionadas con las transiciones de los átomos entre sus diversos niveles de energía.

Los instrumentos de observación y medida de estos espectros se conocen como *espectroscopios*, uno de cuyos componentes esenciales es el elemento *dispersor*. Cuando sobre él incide un haz de luz policromática (de varias longitudes de onda), lo divide en varios haces monocromáticos, uno para cada longitud de onda, que viajan en direcciones diferentes.

Para este fin puede emplearse un prisma de vidrio, como se esquematiza en la figura 1, pero en este problema se va a usar como elemento dispersor una *red de difracción*.

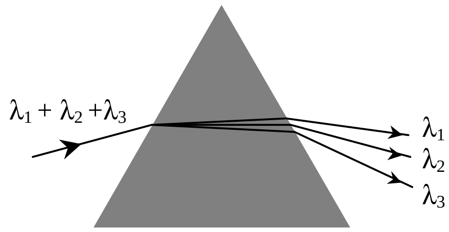

Fig. 1

En esencia, una red de difracción puede describirse como un gran número de rendijas muy estrechas, paralelas y equiespaciadas. La luz incidente se difracta en todas direcciones en cada rendija, y los haces difractados en una cierta dirección por todas las rendijas interfieren entre sí. Como resultado, la luz es transmitida por la red en una serie de direcciones muy bien definidas (llamadas *órdenes de difracción*) para cada longitud de onda, correspondientes a las direcciones de interferencia constructiva.

La ecuación que relaciona la longitud de onda de la luz incidente con los ángulos de desviación en los diversos órdenes de difracción es muy fácil de deducir: En la figura 2 se representan dos rendijas adyacentes separadas una distancia d (conocida como *periodo de la red*) sobre las que incide luz monocromática de longitud de onda λ. Los haces difractados a un ángulo θ respecto a la dirección de incidencia interferirán constructivamente[1] cuando la diferencia de caminos ópticos entre ambos sea un múltiplo entero de λ. Este razonamiento es extensible a todas las rendijas.

$$\Delta = m\lambda \qquad \text{con} \qquad m = 0, \pm 1, \pm 2, ...$$

De la geometría de la figura 2 se deduce

$$\Delta = d\,\text{sen}\theta$$

Por tanto, la *ecuación de la red* queda[2] (véase la figura 3)

$$d\,\text{sen}\theta_m = m\lambda \qquad (1)$$

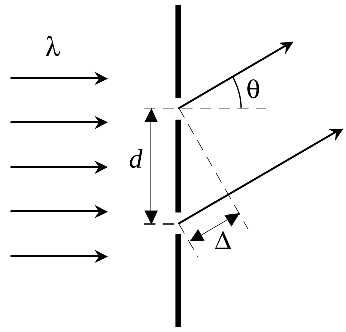

Fig. 2

Si la luz incidente es policromática, la red de difracción separa las diversas componentes espectrales, dentro de cada orden de difracción (excepto el 0), como se esquematiza en la figura 4.

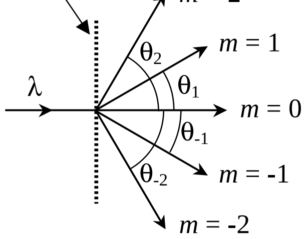

Fig. 3

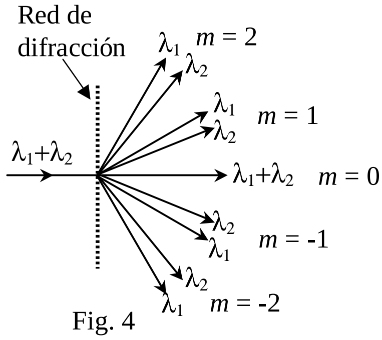

Fig. 4

[1] En el ∞ o en el plano focal de una lente convergente (por ejemplo en la retina de nuestro ojo).

[2] Esta ecuación no depende del número total de rendijas de la red. Interesa que este número sea muy alto para mejorar el *poder resolutivo* de la red, es decir para que la difracción de cada λ se produzca dentro de un margen angular muy estrecho. De esta forma se pueden observar separadas (resueltas) longitudes de onda próximas y determinar con gran precisión el valor de cada λ. El poder resolutivo de una red de difracción suele ser muy superior al de un prisma.

2) Datos experimentales.

Imagina que dispones de un espectroscopio de red con el que quieres determinar experimentalmente las longitudes de onda del espectro del Na. No conoces el periodo *d* de la red de difracción, por lo que, para determinar este parámetro y tener *calibrado* el espectroscopio, es necesario realizar unas medidas previas con luz de espectro conocido.

2.1) Calibrado del espectroscopio de red.

Se dispone de una lámpara espectral de Hg – Cd, que emite en longitudes de onda visibles conocidas. Se miden con el espectroscopio de red los ángulos de desviación en primer orden de difracción (m = 1) de estas longitudes de onda, obteniendo los resultados que se recogen en la Tabla I.

2.2) Espectro del Na.

A continuación se miden las desviaciones angulares, también en primer orden de difracción, de las líneas visibles de una lámpara espectral de Na, obteniendo los resultados de la Tabla II.

Tabla I. Lámpara de Hg - Cd

Color	**Elemento**	**λ (nm)**	**θ_1 (º)**
Violeta	Hg	404,6	14,14
Azul/violeta	Hg	435,8	15,26
Azul	Cd	467,8	16,40
Azul	Cd	480,0	16,86
Verde	Cd	508,5	17,90
Amarillo/verde	Hg	546,0	19,24
Amarillo	Hg	576,9	20,39
Amarillo	Hg	579,0	20,49
Rojo	Cd	643,8	22,90

Tabla II. Lámpara de Na

Color	**θ_1 (º)**
Verde/ azul	17,51
Verde	18,14
Amarillo	20,84
Amarillo	20,87
Rojo	21,82
Azul	34,36

3) Tareas y preguntas.

a) Representa gráficamente en el papel milimetrado los puntos experimentales (x, y) = (senθ_1, λ) de la tabla I.

b) Ajusta estos puntos experimentales a una línea recta.

c) Teniendo en cuenta la ecuación de la red (1), deduce el periodo, *d*, de la red de difracción empleada.

d) A partir de los datos de la Tabla II, determina las longitudes de onda visibles del espectro del Na.

e) Haz una estimación de la incertidumbre (margen de error) de estas longitudes de onda.

f) Una de las medidas presentadas en la Tabla II es cláramente errónea. ¿Cuál de ellas? Piensa cuál puede ser la causa de este error e intenta remediarlo.