Departamento de Física
UNIVERSIDAD DE BURGOS

XXVIII OLIMPIADA ESPAÑOLA DE FÍSICA
FASE LOCAL DE BURGOS
10 de marzo de 2017

Examen elaborado con la colaboración de los profesores:

Fernando M. García Reguera
Isabel Gómez Ayala
M. Iván González Martín
Rodrigo Martínez Mayo
Andrés Serna Gutiérrez
Verónica Tricio Gómez

POR FAVOR, REALICE CADA PRUEBA EN UNA HOJA DIFERENTE

PRUEBA Nº 1

PRUEBA DE OPCIÓN MÚLTIPLE

Deberá justificarse razonadamente la elección de la opción marcada en cada uno de los ejercicios

1.- Para mover un vehículo de masa 1200 kg con velocidad constante a lo largo de una pista horizontal, se precisa una fuerza de 3500 N. Cuando se han recorrido 200 m a lo largo de la pista, el trabajo mecánico, expresado en kJ, debido a la fuerza de rozamiento es:

a) 240 b) 700 c) 2352 d) 0

2.- La distancia (expresada en kilómetros) al centro de la Tierra del punto en el que un cuerpo de masa 1 kg pesa 2 N es de:

a) 12740 b) 19110 c) 6370 d) 14108

3.- Sea la siguiente distribución de cargas: q_1 = + 8,11 nC en (0; 2) y q_2 = - 8,11 nC en (4; 0), donde las coordenadas están expresadas en metros. El trabajo (expresado en julios) que hay que realizar para trasladar una carga Q = + 5,32 mC, colocada en (4; 2) hasta el origen de coordenadas, vale:

a) – 0,19 b) 0 c) 0,19 d) 0,38

Dato: $k = 9\cdot10^9$ N m^2 C^{-2}

4.- Un objeto está unido a un muelle de constante elástica $2{,}0\cdot10^4$ Nm^{-1}. Despreciando el rozamiento determinar la máxima fuerza (en N) que actúa sobre el objeto si la energía inicial del oscilador es de 36 J.
a) 1000 b) 1200 c) 800 d) 600

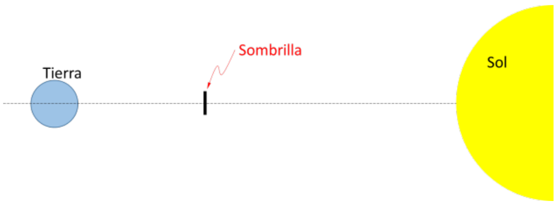
5.- La distancia mínima entre dos puntos de una onda transversal que se encuentran a una diferencia de fase de $\pi/3\ rad$ es 0,050 m. Sabiendo que la frecuencia de la onda es de 500 Hz, cuál será la velocidad de la onda expresada en m·s^{-1}:

a) 25 b) 75 c) 150 d) 833

PRUEBA Nº 2

"Luchando desde el espacio contra el calentamiento global"

Entre las propuestas que los científicos han formulado para mitigar el calentamiento global hay una particularmente llamativa, consistente en desplegar en el espacio una gran sombrilla para que bloquee parte de los rayos solares que llegan a la Tierra. En el momento presente este proyecto dista mucho de ser una propuesta firme; aun así, en este problema harán algunos cálculos simples al respecto.



Parte 1. Tamaño y ubicación de la sombrilla

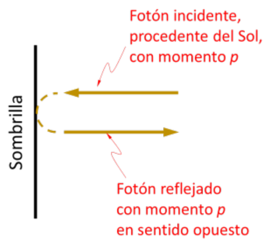
- **a)** Para empezar, la sombrilla debería mantenerse espontáneamente fija en el espacio entre la Tierra y el Sol, sin que la acción gravitatoria de ambos cuerpos la desplace. ¿A qué distancia de la Tierra la colocaría usted?
- **b)** Los climatólogos estiman que para compensar el calentamiento global la sombrilla, vista desde la Tierra, debería bloquear un 1,7% del área del disco solar. ¿Qué radio debería tener entonces la sombrilla?
- **c)** Supongan que la sombrilla se confecciona con lámina de aluminio de 0,1 mm de grosor. ¿Qué masa de material se requeriría?

Parte 2. Presión de radiación sobre la sombrilla

En esta segunda parte, que es un poco más complicada, descubrirán que la luz del Sol, al incidir sobre la sombrilla, ejerce una fuerza sobre ella, lo que obliga a colocarla en un punto ligeramente distinto al calculado en el apartado (a).

- **d)** Consideren que la luz del Sol está hecha de fotones cuya longitud de onda promedio es de 10^{-6} m. Calculen la frecuencia y la energía de uno de esos fotones.
- **e)** En la ubicación de la sombrilla el Sol envía unos 1400 W de energía por cada metro cuadrado de sombrilla. ¿Cuántos fotones golpean la sombrilla cada segundo?
- **f)** Tal vez no lo sepan, pero la teoría de la relatividad establece que un fotón de energía E posee un momento lineal cuyo valor es $p = E/c$, donde c es la velocidad de la luz. ¿Cuál es el momento p de cada fotón?

Cada fotón del Sol que choca contra la lámina es reflejado por ella, como se ve en la figura, rebotando con un momento lineal del mismo valor, pero en sentido contrario. Esto significa que cada fotón le transfiere a la sombrilla una cantidad de movimiento igual a p-(-p) = 2p.



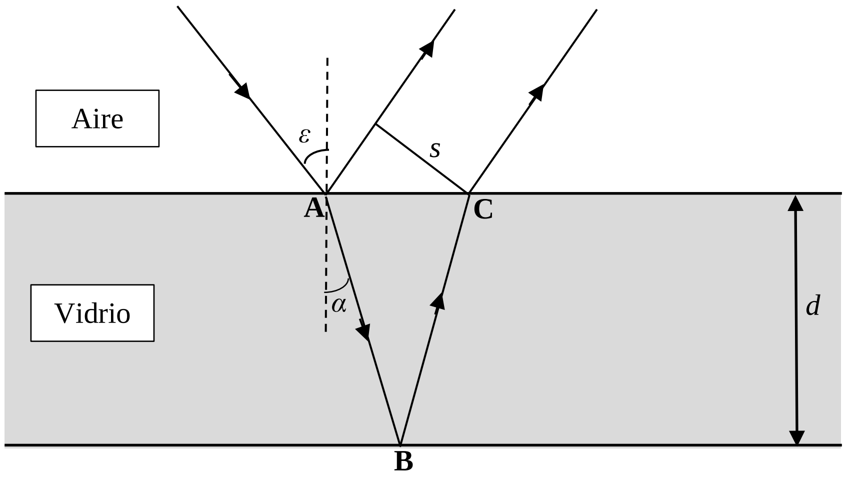
- **g)** Cuando a un cuerpo se le transfiere momento, éste automáticamente experimenta una fuerza, <u>igual al momento transferido por unidad de tiempo</u>. Calculen entonces la fuerza que experimenta la sombrilla por acción de la luz solar.
- **h)** Teniendo en cuenta lo anterior reelaboren el apartado (a), y determinen en qué posición hay que colocar la sombrilla para que se mantenga inmóvil en el espacio.

DATOS: Masa de la Tierra: $M_T = 6\cdot10^{24}$ kg; Masa del Sol: $M_S = 2\cdot10^{30}$ kg;
Distancia Tierra-Sol: $d = 150\cdot10^6$ km; Radio del Sol: $R_s = 7\cdot10^5$ km;
Densidad del aluminio: $\rho = 2700$ kg·m^{-3}; Constante de Planck: $h = 6{,}6\cdot10^{-34}$ J·s.

PRUEBA Nº 3

"Aplicando las leyes de Snell"

La figura muestra un haz de luz que incide sobre una placa de vidrio de espesor d = 5,0 cm e índice de refracción n = 1,50.



a) Determinar los ángulos α que forma el rayo refractado con la normal para los siguientes ángulos de incidencia, ε, 35º, 40º, 45º, 50º, 55º y 60º.

b) Determinar la distancia AC, entre el rayo incidente y el rayo emergente de nuevo al aire, para cada uno de los ángulos de incidencia anteriores.

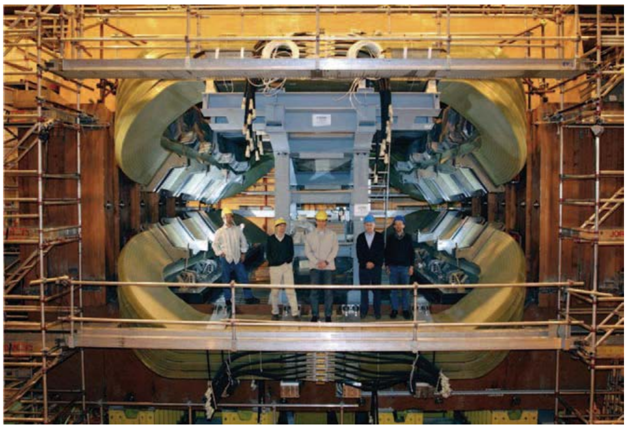
c) Determinar la separación, s, perpendicular entre el rayo reflejado y el rayo emergente para los ángulos de incidencia dados.

d) Representar gráficamente la distancia de separación, s, en función del ángulo de incidencia, ε, empleando los resultados del apartado anterior.

e) Para una placa de vidrio de espesor d e índice de refracción n, determinar la expresión de la separación, s, en función del ángulo de incidencia, ε. ¿Cuál es la condición para la que s es máxima?

PRUEBA Nº 4

"Entre imanes y solenoides"



"Hablando de campos magnéticos desde un imán poderoso (LHCb)" es el título de un artículo recientemente publicado en la Revista Española de Física (Vol. 30, Nº3, pp.43-46, 2016). Según afirman los autores, en el artículo se hacen cálculos sencillos de algunos parámetros del sistema magnético del detector LHCb[1] para motivar al alumnado de Física cuando estudia el campo magnético. El sistema magnético del detector LHCb es un enorme imán, como queda plasmado en la foto adjunta obtenida durante su construcción.

Utilizando como guía este artículo, vamos a reproducir algunos cálculos sencillos, además de llevar a cabo algún otro.

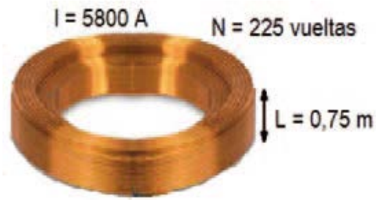


Figura 1. Bobina

Cada bobina del enorme imán se puede asimilar a una bobina circular (figura 1) formada por N = 225 vueltas, con un radio medio R = 3 m y una longitud total L = 0,75 m, por la que circula una intensidad de corriente I = 5800 A.

a) Para realizar un primer cálculo sencillo, supongamos que dicha bobina se comporta como un solenoide "largo", figura 2:

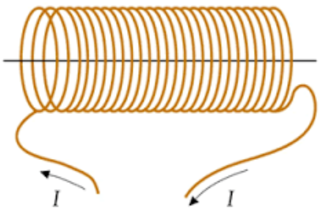


Figura 2. Solenoide equivalente

a1. Determine valor del campo magnético el centro del solenoide $\boldsymbol{B_0}$.
El módulo del campo $\boldsymbol{B}$ cuando el solenoide es muy largo (su longitud L es mucho mayor que su radio R), en un punto situado en su centro de simetría, está dada por:

$$B = \mu_0 \frac{N \cdot I}{L} \qquad (1)$$

donde μ_0 es la permeabilidad magnética en el vacío, cuyo valor es $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ N A^{-2}

a2. ¿Este valor del campo magnético es muy grande o muy pequeño? Compare el valor $\boldsymbol{B_0}$ obtenido con el valor del campo magnético en la superficie de la Tierra, cuya magnitud varía de 0,25 G a 0,65 G.

Nota: G es el símbolo de la unidad Gauss, cuya equivalencia con el tesla es: 1G = 10^{-4} T

[1]El LHCb es uno de los seis detectores de partículas, actualmente en funcionamiento, instalados en el LHC (Large Hadron Collider) del CERN (https://es.wikipedia.org/wiki/LHCb)

b) El cálculo anterior es sencillo y rápido, pero nuestra bobina no es precisamente un solenoide “muy largo” ($L>>R$). A continuación vamos a realizar algunos cálculos un poco más realistas con la ayuda de la siguiente expresión:

El módulo del campo magnético en un punto *P* del interior de un solenoide, tomando como origen el centro de simetría del mismo, figura 3, viene dado por:

$$B = \frac{\mu_0}{2}\frac{N \cdot I}{L}\left(\frac{a}{\sqrt{R^2+a^2}} - \frac{b}{\sqrt{R^2+b^2}}\right) \qquad (2)$$

con $a = x + \frac{L}{2}$ y $b = x - \frac{L}{2}$

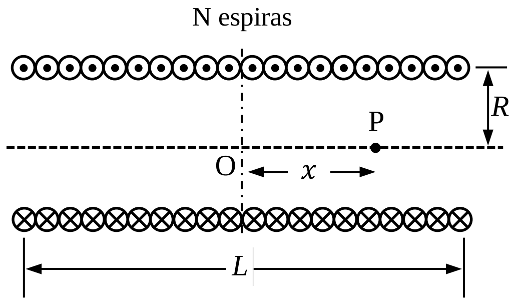


Figura 3. Solenoide de radio *R* y longitud *L*.

b1. A partir de la expresión (2) y suponiendo que el solenoide es “muy largo”, deduzca la expresión (1) usada en al apartado **a)**. Indique las aproximaciones que ha realizado.

b2. Utilice la expresión (2) para calcular de nuevo el valor del campo magnético en el punto O y compárelo con el valor $\boldsymbol{B_0}$ obtenido en el apartado **a1**. Interprete la concordancia o discrepancia de los resultados.

c) Veamos cómo varía el campo con la distancia x al centro de un solenoide “largo”. A partir de las expresiones anteriores es fácil obtener que,

$$\frac{B}{B_0} = \frac{1}{2}\left(\frac{x+\frac{L}{2}}{\sqrt{R^2+\left(x+\frac{L}{2}\right)^2}} - \frac{x-\frac{L}{2}}{\sqrt{R^2+\left(x-\frac{L}{2}\right)^2}}\right)$$

Para un valor de $L = 10\,R$, se pide:

c1. Complete la tabla adjunta

$\boldsymbol{x}$	$\boldsymbol{B/B_0}$
0	
$L/4$	
$L/2$	
L	

c2. Represente gráficamente el valor $\boldsymbol{B/B_0}$ en función de la distancia $\boldsymbol{x}$ (tenga en cuenta su simetría respecto al eje vertical).