XXVII Olimpiada ESPAÑOLA DE FÍSICA

Real Sociedad Española de Física
R.S.E.F.

Departamento de Física
UNIVERSIDAD DE BURGOS

XXVII OLIMPIADA ESPAÑOLA DE FÍSICA
FASE LOCAL DE BURGOS
4 de marzo de 2016

Examen elaborado con la colaboración de los profesores:

Rodrigo Martínez Mayo
Nicolás A. Cordero Tejedor
Mª Belén Izquierdo Izquierdo
Andrés Serna Gutiérrez
Fernando M. García Reguera
Verónica Tricio Gómez
Isabel Gómez Ayala

PRUEBA Nº 1

PRUEBA DE OPCIÓN MÚLTIPLE

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

1.- La ecuación de un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado responde a la expresión: $x(t) = 60 - 32t + 4t^2$ donde t se expresa en segundos y x en metros. La distancia recorrida (en metros) a los 5 segundos de iniciarse el movimiento es:

a) 60 b) 68 c) 0 d) 4

2.- Sean dos planetas homogéneos, uno de radio R y masa M, y otro de radio $3R/2$ y la misma masa M. Si en el primero la velocidad de escape de un cuerpo desde la superficie del mismo es v, ¿cuál será la velocidad de escape del cuerpo desde la superficie del segundo planeta?

a) $\frac{3}{2}v$ b) $\sqrt{\frac{3}{2}}v$ c) $\sqrt{\frac{2}{3}}v$ d) $\frac{2}{3}v$

3.- Con la cantidad de energía necesaria para desplazar un cuerpo de masa M una distancia d a velocidad constante v por una superficie horizontal rugosa de coeficiente de rozamiento μ se pretende poner en órbita un satélite de masa $m = M/10^4$. Demuestre que el radio R de la órbita circular del satélite será:

$$R = \frac{\mathrm{R}_\oplus^2}{2 \cdot \left(\mathrm{R}_\oplus - 10^4 \mu d\right)}$$

donde: $\mathrm{R}_\oplus$ = Radio terrestre.

4.- Una masa m_1 oscila en el extremo de un resorte horizontal ideal de constante elástica k con frecuencia f_1 y amplitud A. Cuando se añade otra masa m_2 sin variar la amplitud, la frecuencia f_2 tiene un valor de:

a) $f_1 \frac{m_1}{m_1+m_2}$ b) $f_1 \frac{m_1+m_2}{m_1}$ c) $f_1 \frac{m_2}{m_1}$ d) $f_1 \sqrt{\frac{m_1}{m_1+m_2}}$

5.- Sea un prisma equilátero de índice de refracción $n = 1{,}529$, situado en el aire ($n_{aire} = 1{,}0$). El valor del ángulo de incidencia mínimo para que salga un rayo emergente por la cara opuesta del prisma es:

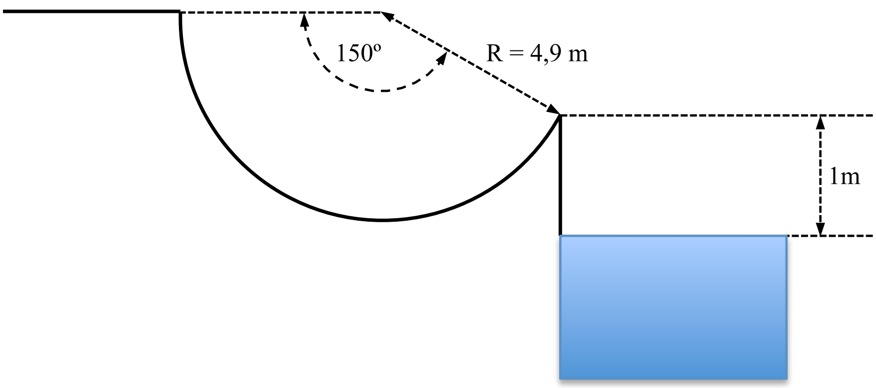
a) 40,85º b) 19,15º c) 30,1º d) 60,2º

PRUEBA Nº 2

"Un poco de diversión"

En el parque acuático de La Pineda en Tarragona hay atracciones de alta emoción que son las más espectaculares de todo el parque e ideales para descargar adrenalina. Entre ellas hay un impresionante tobogán del que, en verano, te dejas caer. Por el tobogán desciende agua por lo que vamos a considerar despreciable su rozamiento. Cuando haces todo el recorrido del tobogán y llegas al final del mismo, muerto de miedo si lo haces por primera vez, caes en una piscina que se encuentra a una altura de 1 m, después de hacer un recorrido en el aire, con más miedo que antes. Calcula:

a) la velocidad con la que abandonas el tobogán.
b) la altura que puedes alcanzar repecto a la superficie de la piscina.
c) la distancia horizontal entre el punto donde impactas en el agua y el borde de la piscina.
d) la velocidad con la impactas en el agua.



Al impactar, el sobresalto que sufres hace que sueltes una pelota de densidad $\rho = 0{,}5 \cdot \rho_{agua}$ que llevas contigo. Suponiendo que la pelota logra caer, mágicamente, en vertical con la misma velocidad con la que llegas tú al agua, considerando el empuje, descrito por Arquímedes y teniendo en cuenta, además, que la fuerza de rozamiento del agua se expresa como:

$$F_r = \rho \, V \, k \, v$$

donde: ρ = densidad de la pelota, V = volumen de la pelota, v = velocidad de la pelota y k es un coeficiente constante cuyo valor, en el Sistema Internacional, es $k = 0{,}1 \ s^{-1}$.

e) dibuja las fuerzas que actúan sobre la pelota una vez dentro del agua:
e1) durante el movimiento de descenso,
e2) durante el movimiento de ascenso.
e3) en el momento en el que la pelota se encuentra en su posición de máxima profundidad.

f) calcula el tiempo que transcurre desde que la pelota entra en el agua hasta que alcanza la posición de máxima profundidad.

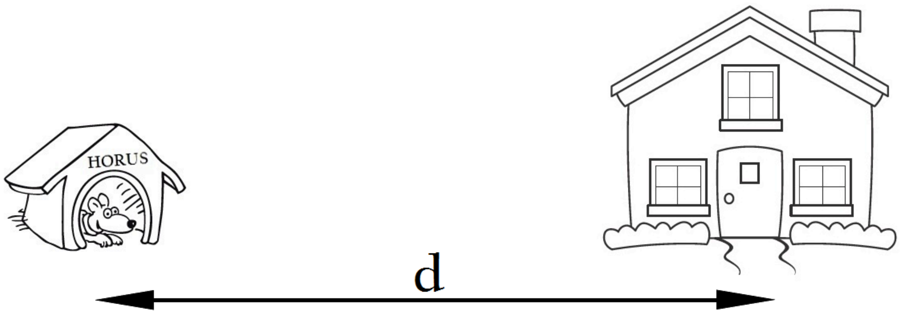
PRUEBA Nº 3

"La ciencia al servicio del confort"

El pasado fin de semana, paseando por el campo, nos hemos encontrado con un perro abandonado. Tras darle algo de beber y comer hemos decidido adoptarlo ya que tenemos una casa con un jardín lo bastante grande para que el perro pueda correr y estar feliz. El perro es realmente cariñoso y juguetón pero nuestro padre se ha quejado de que le despierta al oírle ladrar por la noche.

Investigando un poco sobre acústica nos ponemos a estudiar el problema para encontrar alguna solución. Hemos elaborado la siguiente chuleta que nos será muy útil:

Intensidad del sonido I $I = \dfrac{P}{4\pi \cdot d^2}$	Umbral de audición I_0 $I_0 = 10^{-12}$ en unidades SI
Nivel de intensidad β $\beta = 10 \ \log \dfrac{\mathrm{I}}{\mathrm{I_0}}$ (en decibelios dB)	Absorción por un medio $dI = -\alpha I dx$



Sabiendo que la potencia del ladrido de un perro es de $P = 1$ mW, que mi padre se despierta por encima de los $\beta = 45$ dB y que la distancia de la caseta del perro a nuestra casa d se puede variar hasta un máximo de $d_{máx} = 50$ m, responde a las siguientes preguntas:

a) Calcula la unidades de I en el Sistema Internacional (SI).
b) Si hemos colocado inicialmente la caseta del perro a una distancia de $d = 30$ m ¿Cuál será la intensidad del sonido de los ladridos a dicha distancia? ¿Y el nivel de intensidad?
c) Alejamos la caseta lo máximo posible de la casa. ¿Cuál será el nivel de intensidad ahora?
d) Calcula la fórmula de la absorción de la pared en función del espesor $I(x)$ a partir de la formulación diferencial que tienes en la chuleta de arriba.

Teniendo en cuenta que el coeficiente de absorción de la pared de nuestra casa es de $\alpha = 0{,}145 \ m^{-1}$ y su espesor de $x = 0{,}5 \ m$:

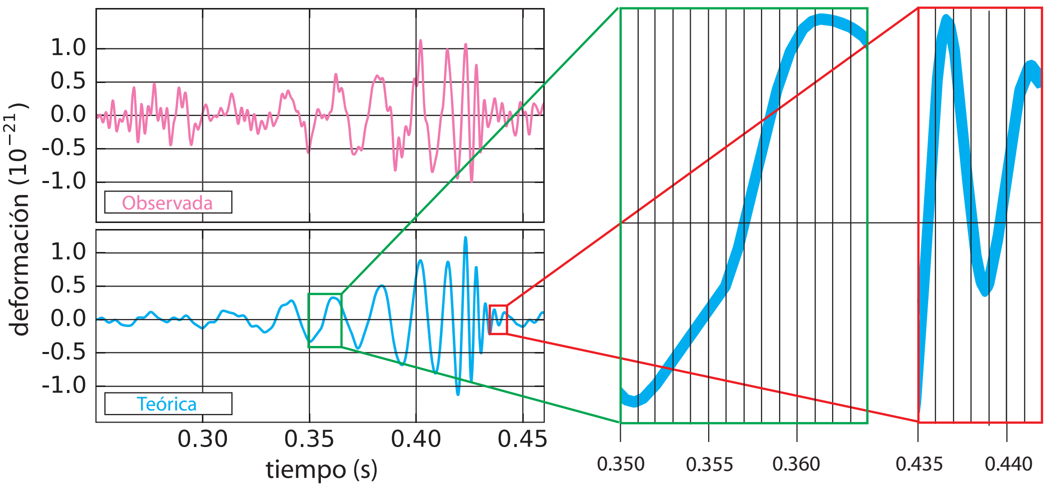
e) ¿Cuál será el nivel de intensidad que percibe mi padre dentro de casa a $d = 30$ m?
f) ¿Despertará el perro a mi padre si alejamos la caseta lo máximo posible?

PRUEBA Nº 4

"Ondas gravitatorias"

Un siglo después de que Albert Einstein predijese las existencia de ondas gravitatorias, el 12 de febrero de este año se hizo público que el 14 de septiembre pasado se detectaron por primera vez. Estas ondas viajan a la velocidad de la luz y su amplitud es tan pequeña que solo la conjunción de un proceso que desprende cantidades ingentes de energía en forma de ondas gravitatorias y de un detector extremadamente sensible ha hecho posible su observación. El proceso ha sido la fusión de dos agujeros negros y el detector (denominado LIGO) es capaz de medir con precisión asombrosa la separación entre dos espejos situados a una gran distancia d.

La parte superior izquierda de la figura (adaptada del artículo 061102 publicado en el volumen 16 de la revista *Physical Review Letters*), muestra la deformación observada por unidad de longitud del espacio entre los espejos frente al tiempo. La parte inferior izquierda de la misma corresponde a una simulación del proceso realizada utilizando la Teoría de la Relatividad General y la parte derecha es la ampliación de sus partes más significativas.



1. Haciendo uso de la figura ampliada de la zona de crecimiento de la señal, determina el tiempo que trascurre entre el primer mínimo y el primer máximo y, a partir de él, estima la frecuencia inicial del fenómeno (esta información, junto con la forma de la gráfica en esta zona permitió al equipo del LIGO calcular las masas de los dos agujeros negros antes de fusionarse m_1 y m_2).

2. Haz lo mismo para el último mínimo y el último máximo de la zona de decaimiento de la señal y estima la frecuencia final del proceso (esta información, junto con la forma de la gráfica en esta zona permitió al equipo del LIGO calcular las masa del agujero negro resultante de la fusión m).

3. Calcula la masa que desaparece en el proceso de fusión Δm y usa la ecuación de Einstein $E = \Delta mc^2$ para determinar la energía liberada en forma de ondas gravitatorias.

4. Teniendo en cuenta el tiempo que tarda en realizarse el proceso completo, calcula la potencia media liberada. ¿Resulta compatible tu resultado con el obtenido por el equipo del LIGO para la potencia máxima $P_{\text{máx}}$? ¿En qué instante crees que se produjo esa potencia máxima?

5. Sabiendo que la fusión se produjo a una distancia r de la Tierra y que el radio de nuestro planeta es $R_\oplus$, estima la potencia máxima que atravesó la Tierra en el proceso suponiendo que las ondas se propagan de manera isótropa y sin atenuación.

6. A la vista de la gráfica, estima la amplitud máxima de oscilación de la distancia entre los dos espejos del detector y compárala con el radio estimado de un protón r_p.

DATOS: $d = 4\,000\,\text{m}$, $m_1 = 36\,M_\odot$, $m_2 = 29\,M_\odot$, $m = 62\,M_\odot$, $r = 410 \times 10^6\,\text{pc}$, $P_{\text{máx}} = 3{,}6 \times 10^{49}\,\text{W}$.

CONSTANTES: Velocidad de propagación de la luz en el vacío $c = 299\,792\,458\,\text{m}\,\text{s}^{-1}$, masa del Sol $M_\odot = 1{,}988\,5 \times 10^{30}\,\text{kg}$, pársec $1\,\text{pc} = 3{,}261\,56$ a.l., año luz a.l. distancia recorrida por la luz en el vacío en un año juliano (365,25 días de 86 400 s), radio de la Tierra $R_\oplus = 6{,}371 \times 10^6\,\text{m}$, radio estimado de un protón $r_\text{p} = 0{,}875\,5 \times 10^{-15}\,\text{m}$.