XXVI Olimpiada
ESPAÑOLA DE FÍSICA

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

Departamento de Física
UNIVERSIDAD DE BURGOS

XXVI OLIMPIADA ESPAÑOLA DE FÍSICA
FASE LOCAL DE BURGOS
20 de febrero de 2015

Examen elaborado con la colaboración de los profesores:

Luis A. Vega González

M. Iván González Martín

Rodrigo Martínez Mayo

Andrés Serna Gutiérrez

Fernando M. García Reguera

Verónica Tricio Gómez

Isabel Gómez Ayala

PRUEBA Nº 1

Un atisbo de la "teoría del todo"

La física intenta establecer una teoría en cuyo marco se expliquen todos los fenómenos naturales. Se cree que ello será posible si se logra conciliar la *teoría de la gravitación*, que rige las zonas extensas del Universo, y la *mecánica cuántica*, que rige las zonas pequeñas. Se pensó que, combinando constantes esenciales de cada una de esas teorías parciales, éstas se irían fusionando. Hay dos constantes relevantes de la gravedad y del espacio-tiempo, que son: $\boldsymbol{c}$, que es la velocidad de la luz, y $\boldsymbol{G}$, que es la constante gravitatoria o de Cavendish y que aparece en la ley de gravitación universal de Newton, la que estipula la fuerza de atracción, F, entre dos masas puntuales, M y m, separadas una distancia r, expresada por la ecuación: $F = G\dfrac{Mm}{r^2}$. En la teoría cuántica hay una constante fundamental que es la llamada constante de Planck, $\boldsymbol{h}$, que es el factor de proporcionalidad entre la energía de un fotón, E, y la frecuencia, ν, de su onda electromagnética asociada, es decir: $E = h\nu$. Se llegó a la conclusión de que estas tres constantes se asocian para dar otra de expresión: $\sqrt{\dfrac{hG}{c^3}}$, magnitud que establece una escala maravillosa del Universo.

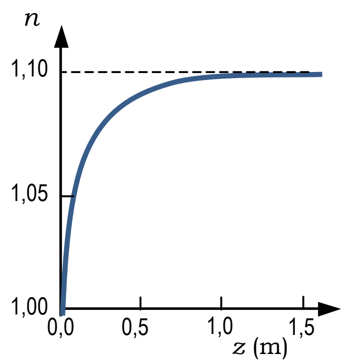
¿Cuáles son las dimensiones de esta nueva constante $\sqrt{\dfrac{hG}{c^3}}$? ¿Y en qué unidades del Sistema Internacional se mediría?

PRUEBA Nº 2

2015 Año Internacional de la luz[1]

La formación de espejismos es un aspecto fascinante del estudio de las trayectorias ópticas. En ellos, se observan imágenes virtuales de los objetos distantes a causa de la variación del índice de refracción del aire con la altura sobre una superficie caliente. Un modelo[2] típico usado es de tipo exponencial:

$$n^2(z) = n_0^2 + k^2\left[1 - \exp(-\alpha z)\right] \qquad (1)$$

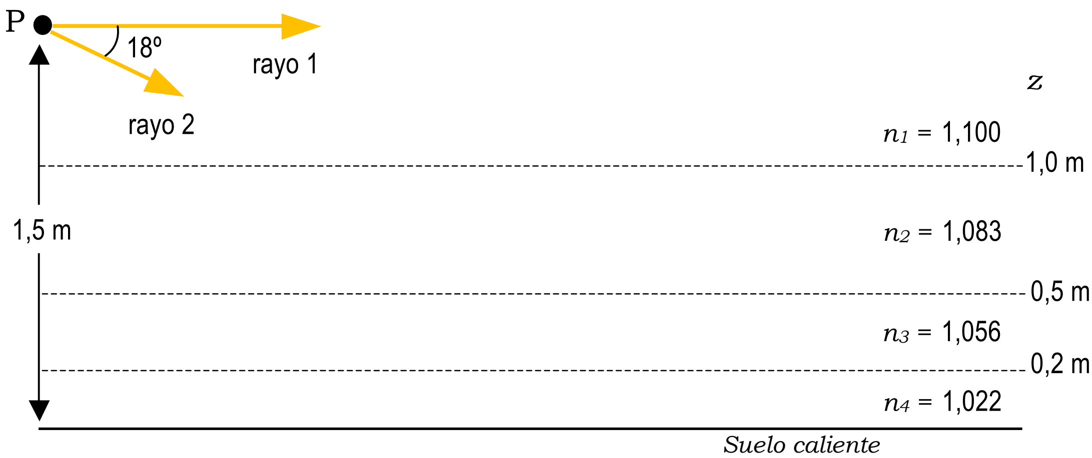


Donde z representa la altura, n_0 el índice de refracción del aire en contacto con la superficie y k y α son constantes. Un conjunto adecuado de valores para estos parámetros es n_0 = 1,00023, k = 0,4584 , α = 2,303 m^{-1}. En la figura adjunta se muestra el correspondiente perfil del índice de refracción con la altura.

En nuestro caso vamos a simplificar el modelo y supondremos que, en vez de una variación continua del índice de refracción, existe una variación discreta. Así, fijándonos en el perfil del índice de refracción, vamos a suponer el aire formado por cuatro capas de distinto índice de refracción (entre 0 y 0,2 m, entre 0,2 m y 0,5 m, entre 0,5 m y 1,0 m y por encima de 1 m).

Dos rayos de luz salen del punto P, el rayo 1 horizontalmente y el rayo 2 con una inclinación de 18º con el anterior. A partir de la ley de Snell para la refracción responda las siguientes preguntas:

a) ¿Llegará el rayo 2 a “tocar” el suelo caliente? Razone la respuesta.
b) ¿A qué distancia de P se cruzarán ambos rayos?
c) Realice un esquema del trazado de rayos, indicando el punto Q de cruce de ambos rayos.
d) Si en dicho punto Q estuviera colocado un observador, ¿qué vería? Razone la respuesta.
e) Si el índice de refracción variara de forma continua siguiendo la ecuación (1), ¿a qué distancia mínima del suelo llega el rayo?



[1] http://www.light2015.org/Home.html
[2] Khular E., Thyagarajan K., Ghatak A. K., *A note on mirage formation*. Am. J. Phys. 45 (1) January 1977, pp. 90-92

PRUEBA Nº 3

Misión Rosetta

El pasado mes de noviembre la misión *Rosetta*, enviada por la Agencia Espacial Europea, dejó caer uno de sus módulos –la sonda *Philae*– sobre un cometa de nombre muy poco glamuroso: “67P/Churiumov-Gerasimenko”, con objeto de estudiar las características de su superficie y de su interior.
He aquí algunos datos aproximados en relación con el cometa y con la misión:

Masa del cometa	10^{13} kg
Volumen del cometa	25 km^3
Periodo de rotación alrededor de su eje	12,4 horas
Masa de *Rosetta*	3000 kg
Masa de la sonda *Philae*	100 kg

Meses antes del “acometaje” *Rosetta* se acercaba al cometa a una velocidad de 750 m/s y tras una fase de acercamiento se colocó en una órbita a 30 km de su centro.

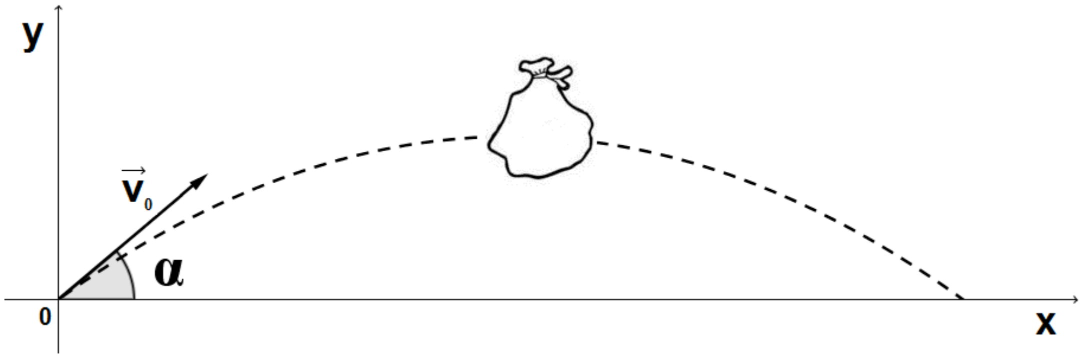
a) Determine la velocidad con que se movía *Rosetta* una vez en órbita.
b) Para adaptar progresivamente la velocidad de acercamiento a la velocidad orbital la sonda tuvo que poner en marcha sus propulsores. Suponiendo que el combustible que utilizan los propulsores tiene un poder energético de 120 MJ/kg estime la cantidad de combustible necesaria durante la fase de acercamiento.
c) Determine el peso de *Philae* una vez posado en el cometa en dos casos: (1) sin tener en cuenta la rotación del cometa alrededor de su propio eje; (2) teniendo esto en cuenta y suponiendo que *Philae* se encuentra en el ecuador del cometa. Ponga algún ejemplo de objetos que en tierra tienen ese mismo peso.
d) Imagine por un momento que la misión es tripulada y que usted es el astronauta que desciende al cometa. Al finalizar la misión, ¿podría usted abandonar el cometa con la única ayuda de sus músculos? [Ayuda: estime hasta qué altura puede usted saltar en tierra]

PRUEBA Nº 4

Un poco de conocimiento de física siempre va bien … incluso en fiestas …

En un pueblo de un amigo se va a celebrar un campeonato de lanzamiento de sacos de patatas, premiando al mozo o moza que lance el saco lo más lejos posible.

Como sabemos los sacos describirán trayectorias parabólicas.



Animados por nuestros conocimientos de física decidimos participar dispuestos a llevarnos el primer premio. Contamos con dos lanzamientos:

Lanzamiento 1:

Lanzamos nuestro saco con una velocidad inicial v_0.

a) Calcula con que ángulo debemos lanzar el saco para que este recorra la máxima distancia posible desde el punto de lanzamiento al punto de impacto.

Lanzamiento 2:

Nuestro amigo nos informa, tras nuestro primer lanzamiento, que también cuenta la distancia que recorre el saco tras impactar. Esto nos hace recapacitar un poco.

b) Teniendo en cuenta que nuestro saco va a deslizarse por el suelo tras impactar, calcula con que ángulo debemos lanzar el saco para que este recorra la máxima distancia posible desde el punto de lanzamiento al punto en el cual se para. (Considerar en todo momento la normal $N = m \cdot g$)
DATO: Coeficiente de rozamiento estimado entre el saco y el suelo: $\mu = 0{,}7$.

PRUEBA Nº 5

Ciencia y Repostería

Entre el termómetro de columna de mercurio y el termómetro de infrarrojo han pasado varios siglos. Si bien los dos instrumentos se basan en técnicas de medición de la temperatura de los cuerpos, son bien diferentes …y es que ¡¡¡La ciencia y la tecnología avanzan que es una barbaridad !!!

Termómetro de Mercurio

Termómetro de infrarrojo

Dos jóvenes estudiantes aficionados a la cocina, bueno, a la repostería, disponen de un termómetro de mercurio (TME) y otro de infrarrojo (TIN) y quieren utilizarlos para medir la temperatura de una masa de chocolate amargo durante su enfriamiento, comparando los resultados que obtienen con ambos aparatos. Para ello disponen de los siguientes datos:

- Punto de congelación del mercurio: -39 ºC
- Punto de ebullición del mercurio: 357 °C
- Punto de fusión del agua (punto de hielo): 0 ºC ó 32 ºF ó 273,15 K
- Punto de ebullición del agua (punto de vapor): 100 ºC ó 212 ºF ó 373,15 K
- Para un termómetro de mercurio las variaciones de volumen se aprecian como variaciones de longitud. Considerando dos puntos fijos, es decir dos temperaturas tomadas como referencia, la relación entre la temperatura t y las variaciones de longitud l con respecto a la longitud en el punto de hielo, viene expresada por: $t = \frac{t_v - t_h}{l_v - l_h} l$, donde t_h, t_v corresponden al punto de hielo y al punto de vapor y l_h, l_v son las longitudes respectivas.
- Rango de temperatura del termómetro infrarrojo: de -50 ºC hasta 800 °C
- Para un termómetro de infrarrojo se puede utilizar la expresión: $W = \varepsilon\, \alpha\, \mathrm{T}^4$, que proporciona la potencia emisiva superficial de una superficie real, donde T es la temperatura absoluta de la superficie, σ es la constante de Stefan-Boltzmann de valor $\alpha = 5{,}67{\cdot}10^{-8}\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m^2K^4}}$ y ε la emisividad de la superficie.
- Emisividad del chocolate amargo $\varepsilon = 0{,}95$.
- La altura de la columna de mercurio es de 5 cm cuando el bulbo está en equilibrio térmico en el punto de hielo y de 25 cm cuando lo está en el punto de vapor.

Se le pide que conteste a las siguientes preguntas:

1. Si la columna de mercurio mide 23 cm ¿Cuál es la temperatura del chocolate que se leerá en el TME?
2. Para la temperatura del apartado 1, ¿es o no correcto que en el TIN el valor de la potencia emisiva superficial del chocolate sea $3{,}55\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m^2K^4}}$?
3. Entre las lecturas de 100 y 80 ºC ¿cuál será la diferencia de las alturas de la columna de mercurio en el TME?
4. Entre las temperaturas de 100 y 80 ºC ¿cuál será en el TIN la diferencia de valor de la potencia emisiva superficial del chocolate?
5. ¿Se podrían utilizar esos dos termómetros para leer la temperatura de un nuevo material que está a 248,15 K? ¿y si está a 770 ºF?