XX OLIMPIADA ESPAÑOLA DE FÍSICA
FASE LOCAL DE BURGOS
7 de marzo de 2009

Examen elaborado con la colaboración de los profesores:

M Iván González Martín

Isabel Gómez Ayala

Andrés Serna Gutiérrez

Fernando García Reguera

Ileana Mª Greca

Rodrigo Martínez Mayo

La prueba nº 1 y nº 3 se calificarán sobre 15 puntos,
el resto de pruebas se calificarán sobre 10 puntos.

Por favor, no conteste a diferentes pruebas en una misma hoja
y utilice, cuando sea posible, la misma hoja del enunciado.

PRUEBA Nº 1

Lanzamiento de peso

Este caballero barbudo es Tomasz Majewski, vencedor en la prueba de lanzamiento de peso de los Juegos Olímpicos de Pekín, con un lanzamiento de 21’51m. Si les parece haremos algunos cálculos relacionados con el lanzamiento que le proporcionó la medalla de oro olímpica.

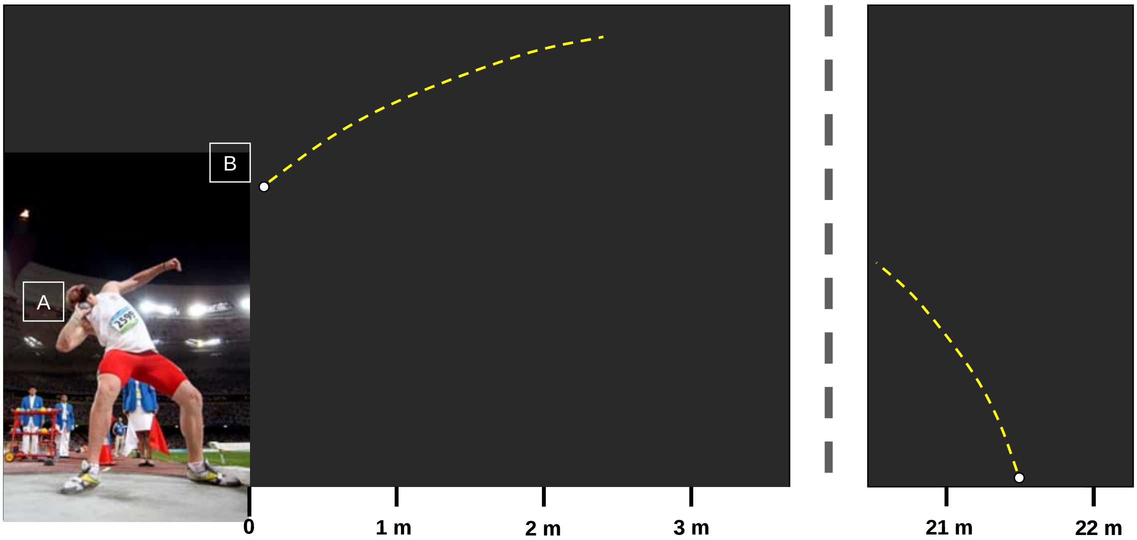
La figura de abajo muestra un esquema del lanzamiento. El punto A representa la posición del peso en el momento en que el lanzador comienza a proyectar el brazo hacia delante y hacia arriba. Cuando el peso llega al punto B la mano del lanzador lo libera y comienza su vuelo libre. Por cierto, el peso “pesa” 7,26 kg.

Con referencia a la escala inferior, que es la que los jueces utilizan para medir el alcance del lanzamiento, consideremos que las coordenadas de los puntos A y B son las siguientes:

Punto A: 70 cm a la izquierda y 140 cm por encima del origen.
Punto B: 15 cm a la derecha y 220 cm por encima del origen.

Con estos datos, se pide:

a) Si el peso describe una línea recta entre A y B, ¿con qué ángulo respecto de la horizontal comienza el peso su vuelo?
b) ¿Con qué velocidad debe salir de la mano del lanzador para que alcance la distancia que le dio el título olímpico?
c) Si la velocidad del peso en A es nula (no lo es, pero lo supondremos), ¿cuál es la fuerza que debe desarrollar el Sr. Majewski mientras proyecta su brazo?
d) ¿Cuál es la energía y la potencia desarrolladas por el brazo del lanzador durante el impulso sobre la bola?
e) Compare los resultados del apartado anterior con la energía y la potencia desarrolladas por usted cuando sube una planta completa de escalones (3 m de desnivel) en diez segundos



PRUEBA Nº 2

El enlace iónico

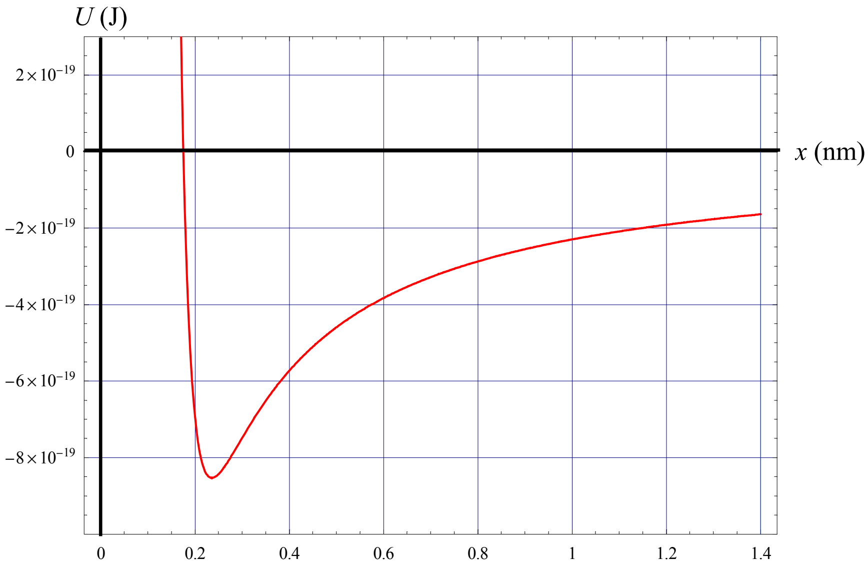
El enlace iónico es característico de moléculas formadas por elementos metálicos y no metálicos. Los átomos de un elemento metálico ceden fácilmente sus electrones de valencia a átomos de un no metal, que es, a su vez, un buen aceptor de electrones.

La energía potencial entre dos átomos de esta naturaleza se puede expresar así:

$$U(x) = -\frac{A}{x} + \frac{B}{x^n}$$

en donde A, B y n son constantes que dependen del tipo de iones y x es la distancia entre los mismos.

Esta energía potencial se representa en la figura en función de x.



1.- Determine la expresión de la fuerza entre los iones en función de A, B, n y x.

2.- Represente cualitativamente la fuerza en función de x identificando en qué zona es atractiva y en qué zona es repulsiva.

3.- Determine en función de A, B y n el valor de $x = x_0$ que corresponde a la distancia de equilibrio entre iones.

4.- Para el cloruro sódico (NaCl) los valores de las constantes A, B y n son:

$$A = 2{,}30 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{J \cdot nm};\quad B = 1{,}171 \cdot 10^{-24}\ \mathrm{J \cdot nm^8};\quad n = 8$$

donde $1\ \mathrm{nm} = 10^{-9}\ \mathrm{m}$

Determine el valor de la distancia de equilibrio (x_0) para el cloruro sódico.

PRUEBA Nº 3

Algo previo al arco iris

En general, todos los materiales que permiten el paso de la luz presentan índices de refracción que dependen de la longitud de onda de la luz que los atraviesa. Los prismas, usualmente de base triangular, permiten, por su particular geometría, poner especialmente de manifiesto este fenómeno. Cuando un rayo luminoso compuesto por radiaciones de diversas longitudes de onda incide sobre un prisma queda dividido a su salida en sus componentes monocromáticas, debido a que las radiaciones de mayor longitud de onda (en la zona del rojo) experimentan menor desviación que las de menor longitud de onda (hacia el violeta). Se dice, entonces, que se ha obtenido el espectro de la luz incidente.

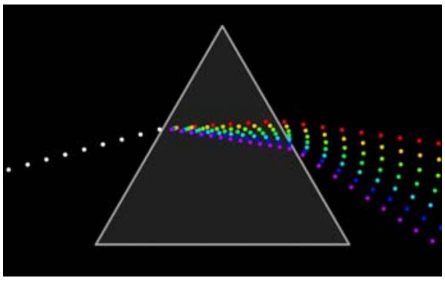


Fig.1 Dispersión de la luz por un prisma óptico

La formula de dispersión de Cauchy:

$$n(\lambda) = n_0 + \frac{A}{\lambda^2} + \frac{B}{\lambda^4} \qquad (1)$$

donde n_0, A y B son constantes a determinar, es una relación empírica bastante exacta mediante la cual podemos calcular el índice de refracción de un sustancia transparente en función de la longitud de onda de la luz que lo atraviesa. Una buena aproximación a efectos prácticos es tomar solo los dos primeros términos, siendo ahora únicamente necesario el cálculo de dos constantes, n_0 y A.

Si experimentalmente calculamos los índices de refracción $\{n_i\}$ para las correspondientes longitudes de onda $\{\lambda_i\}$ podemos hallar los valores de n_0 y A para un material transparente concreto.

Para determinar el conjunto de valores $\{n_i\}$, $\{\lambda_i\}$ se utiliza el siguiente procedimiento experimental: El vapor caliente de una lámpara espectral, por ejemplo de mercurio, emite radiaciones de diversas longitudes de onda, que el prisma separa. El dispositivo con el que se visualizan los espectros es el espectrogoniómetro (ver fig. 2), que une al prisma una plataforma circular graduada y provista de un nonius con el que se pueden medir las desviaciones angulares de los rayos emergentes respecto de los incidentes con una precisión de medio minuto, 30´´. Para que las mediciones sean precisas, la luz de la lámpara L se hace pasar a través de un sistema rendija R - colimador C, cuya misión es que cada color del espectro se pueda ver como una estrecha línea vertical. Tras atravesar el prisma los rayos son recogidos por un ocular O, que enfoca correctamente las líneas.

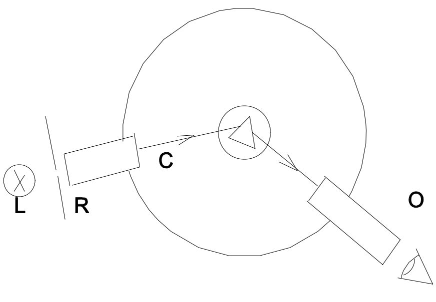


Fig. 2 Esquema de un espectrogoniómetro

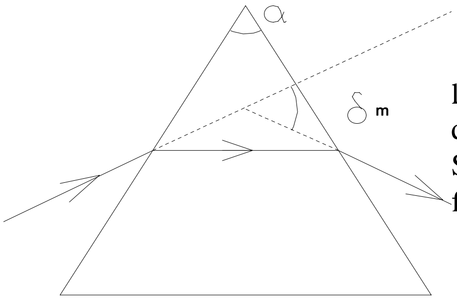


Fig. 3 Desviación mínima

El método que se emplea se basa en que para cada línea existe siempre una posición del prisma para la que la desviación del rayo saliente respecto del entrante es mínima. Se demuestra que si el ángulo de mínima desviación es δ_m (ver fig. 3) el índice de refracción vale:

$$n = \frac{\operatorname{sen}\left(\frac{\alpha + \delta_m}{2}\right)}{\operatorname{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \qquad (2)$$

donde, en nuestro caso, el prisma utilizado es de ángulo $\alpha = 60^{\circ}$.

En la figura 4 se dan las longitudes de onda en nanómetros (nm) de las principales líneas del espectro de emisión del mercurio (1 nm $=10^{-9}$ m).

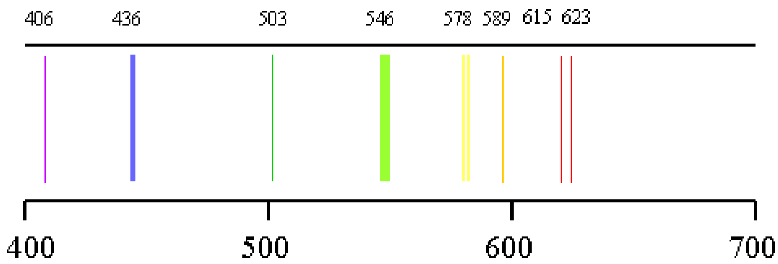


Fig. 4. Principales líneas del espectro del mercurio

Para tres de las líneas del espectro del mercurio, haciendo tres veces cada medida, se han obtenido los datos mostrados en la tabla adjunta:

Color	***λ (nm)***	$\delta_{m(1)} \pm 30''$	$\delta_{m(2)} \pm 30''$	$\delta_{m(3)} \pm 30''$	$\delta_{m(promedio)} \pm$	***n*** ±
Verde	546	48º31´30´´	48º32´	48º33´30´´		
Naranja	589	48º22´	48º20´30´´	48º21´		
Rojo	615	48º8´	48º9´30´´	48º10´		

Se le pide:

1.- Completar la tabla superior calculando $\delta_{m(promedio)}$ y el índice de refracción n para cada longitud de onda. Recuerde que debe reflejar la precisión de los resultados.

NOTA: Se recomienda trabajar en radianes.

2.- Con los valores obtenidos para los índices de refracción respectivos y a la vista de los valores de las longitudes de onda correspondientes λ, determinar los coeficientes n_0 y A de la fórmula aproximada de dispersión de Cauchy.

3.- Estimar el valor del índice de refracción que presentará el prisma empleado para el resto de las líneas del espectro de mercurio.

4.- Por último, represente en una gráfica los puntos $n(\lambda)$ trazando a mano alzada una curva que los ajuste aproximadamente.

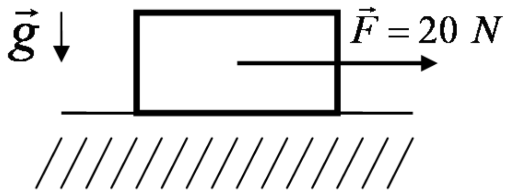
PRUEBA Nº 4

¿Se mueve o no se mueve?

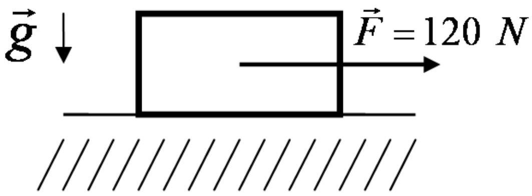
Tenemos cuatro bloques idénticos de masa M = 25 kg sometidos a un campo gravitatorio g = 9,8 m·s^{-2} tal y como se indica en las figuras, en contacto con idénticas superficies y sobre ellos actúa una fuerza $\boldsymbol{F}$ cuyo valor se indica para cada uno de los siguientes casos.

Si el coeficiente de rozamiento entre los bloques y sus superficies es μ = 0,2 calcule el valor de la fuerza de rozamiento $\boldsymbol{F_R}$ y el valor de la aceleración $\boldsymbol{a}$ del bloque para cada caso.

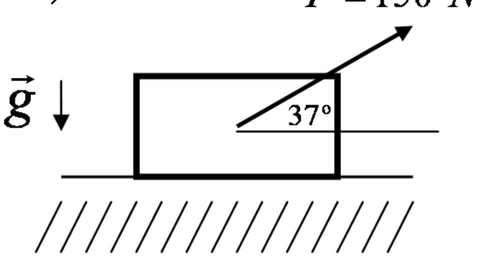
i)



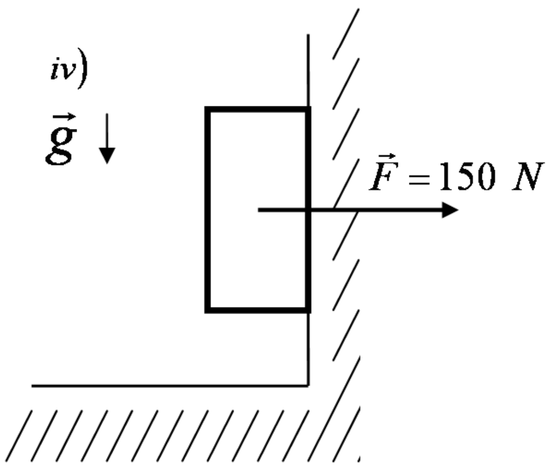
ii)



iii)



iv)



PRUEBA Nº 5

A vueltas con las curvas

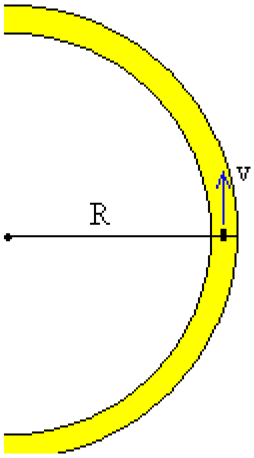
Un vehículo circula por una curva de 750 m de radio.

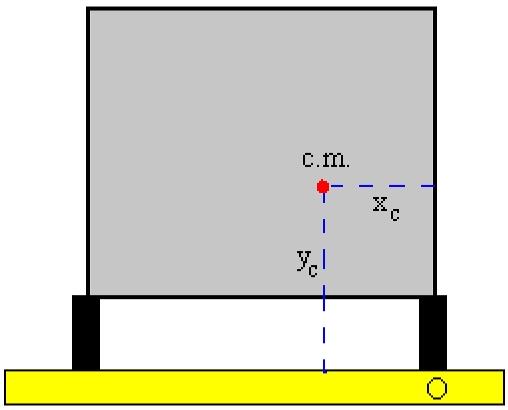
1.- Suponiendo que no hay rozamiento entre el vehículo y el asfalto, y sin tener en cuenta el peligro de vuelco, calcule la máxima velocidad para que pueda describir la curva con seguridad si la carretera tiene un peralte de 10º.

2.- Considere ahora el coche con la masa distribuida, describiendo una curva de radio R, ahora sin peralte, con velocidad constante v. Debido a la distribución de la carga, el centro de masas está situado en la posición x_c = 0,80 m e y_c= 0,50 m, tal como se señala en la figura. El coeficiente de rozamiento entre las ruedas del vehículo y la carretera seca es μ = 0,75. Con estos datos determine:

- La velocidad a partir de la cual desliza hacia fuera, saliéndose de la curva.
- La velocidad a partir de la cual vuelca, girando alrededor de un eje que pasa por las ruedas de la parte derecha, cuando el automóvil describe una curva hacia la izquierda.
- La velocidad máxima para que pueda describir la curva con seguridad.

La velocidad en la curva está limitada a 80 km·h^{-1}. Añada los comentarios que esto le sugiera.





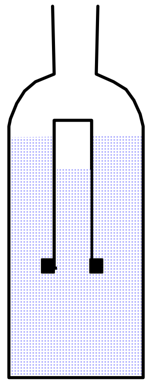
PRUEBA Nº 6

El diablillo de Descartes

El diablillo de Descartes, también llamado originalmente "Ludión" porque su propósito era eminentemente lúdico, consistía en una botella llena de agua en la que se encontraba sumergido un diablillo, el cual descendía o ascendía según se presionase más o menos la botella.

1.- ¿A la vista del "ludión" presentado en el aula y de su comportamiento, podría exponer cuáles son las principales leyes físicas que explican su funcionamiento y justificar porqué asciende y desciende al presionar la botella?

2.- Vamos a realizar un símil del famoso diablillo mediante un tubo de ensayo, de paredes delgadas, al que hemos colocado un pequeño contrapeso para que pueda hundirse casi totalmente al introducirlo invertido en una botella de agua abierta, tal y como muestra la figura. Sabiendo que el tubo de ensayo sobresale del agua 1 cm, determine el volumen de aire en el interior del tubo y su presión.



DATOS: masa del tubo y contrapeso = 22 g
diámetro de tubo de ensayo= 2 cm
densidad del agua = 1000 $kg \cdot m^{-3}$
presión atmosférica = 101,3 kPa

NOTA: desprecie el empuje sobre las paredes del tubo y del contrapeso.

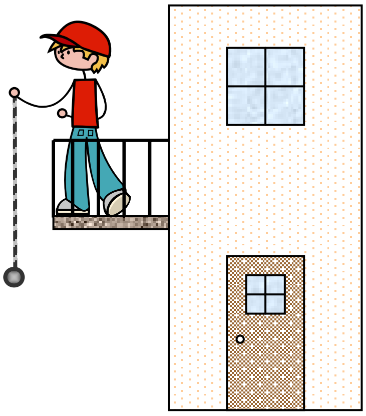
3.- A partir de los resultados obtenidos ¿sería capaz de estimar la longitud del tubo utilizado?

4.- A continuación cerramos la botella y la presionamos, ¿cuál es el mínimo valor de la presión en el interior de la botella para que nuestro "ludión" empiece a sumergirse?

PRUEBA Nº 7

Juguete sin pilas

Alberto, mi hermano pequeño, está muy ilusionado con su nuevo juguete. Funciona “sin pilas” y consiste en una pequeña pelota rellena de perdigones atada a una goma que él sujeta con la mano. Le encanta asomarse al balcón, soltarla y observar como sube y baja. A mí me gustaría conocer algunos datos físicos asociados al movimiento del juguete, ¿podrías ayudarme?



1.- La goma mide 80 cm, pero cuando está en vertical, con la pelota colgando, su longitud es de 90 cm. ¿Podrías decirme la constante elástica de la goma si la pelota pesa 200 g?

2.- Deseo conocer también la distancia vertical que recorrerá la pelota si la suelta desde su mano hasta que comience a subir. (Suponga el tamaño de la pelota despreciable)

3.- En el punto más bajo de la trayectoria ¿cuál será la fuerza que soportará la mano de Alberto?¿Al peso de qué masa sería equivalente dicha fuerza?

4.- Despreciando todo rozamiento, ¿serías capaz de escribir la expresión o expresiones de la aceleración en cualquier instante basándote en la 2ª ley de Newton y representarla en un gráfico? (Pista: considere la caída en dos tramos).

5.- Para acabar, me han comentado que la goma aguanta una tensión máxima de 15 N, ¿cuál sería la máxima velocidad con la que podría lanzar la pelota hacia abajo sin que se rompiese la goma?

Nota: En todos los apartados del problema, desprecie cualquier pérdida energética por rozamiento.