OLIMPÍADA ARGENTINA DE FÍSICA 2003

Instancia Nacional

PRUEBA TEÓRICA
22 de Octubre de 2003

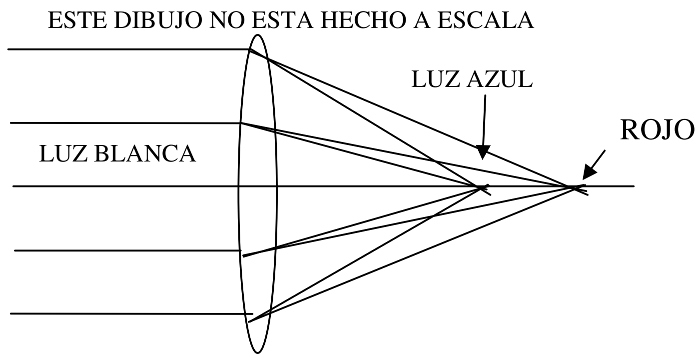
- Escriba su nombre en todas las hojas y enumere las mismas.
- Recuerde que no puede utilizar calculadoras programables ni ningún otro material que no esté incluido en la prueba, aparte de los útiles de escritura.
- Antes de empezar a resolver cada problema lea cuidadosamente TODO el enunciado del mismo.

Nombre:

Número total de hojas entregadas (incluyendo la carátula y los enunciados):

Problema 1: Un doblete acromático

Cuando un haz de luz incide sobre una lente convergente, uno espera que todos los rayos paralelos que inciden converjan en el mismo punto o foco f. Sin embargo, el haz de luz visible consiste de diferentes colores o longitudes de onda λ y se encuentra que los rayos de luz azul se refractan más que los rayos de luz roja. De esta manera nos enfrentamos con un defecto conocido como "aberración cromática".



Teniendo presente que el índice de refracción es función de los colores (o longitud de onda) como se muestra en la tabla para dos tipos de vidrios diferentes

Tabla de índices de refracción

Color (long. de onda)	Azul 488 nm	520 nm	568 nm	632 nm	694 nm	Rojo 890 nm
Vidrio Crown liviano	1.4877	1.4859	1.4836	1.4813	1.4796	1.4758
Vidrio Crown pesado	1.5793	1.5766	1.5735	1.5704	1.5681	1.5634

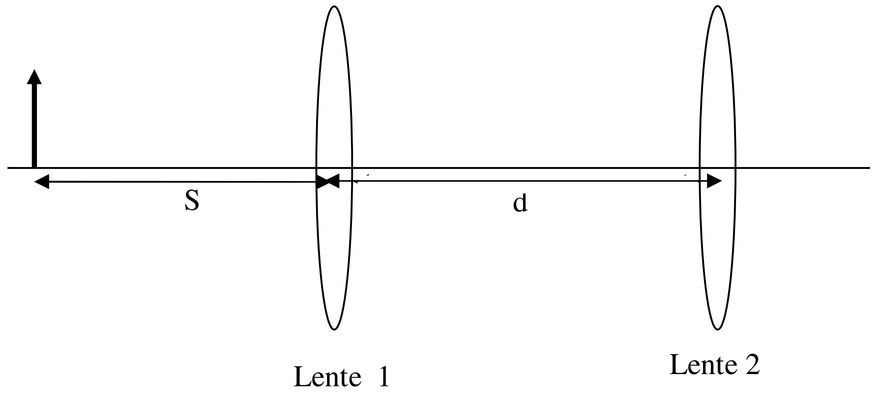
1 nm = 10^{-9}m

a) Calcule, usando la fórmula del constructor para lentes delgadas, la diferencia entre las distancias focales de una lente convergente (en el caso del vidrio Crown liviano) para el rojo y el azul teniendo en cuenta que para el color rojo $f = 10$ cm.

Ayuda: La fórmula del constructor de lentes es: $\frac{1}{f} = (n-1)\cdot\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$ *donde n es el índice de refracción del vidrio empleado y* R_1 *y* R_2 *son los radios de curvatura de las superficies de la lente.*

b) Dadas dos lentes delgadas de distancia focal f_1 y f_2 separadas una distancia d, como se muestra en la figura, encuentre la posición de la imagen, generada por este sistema de dos lentes, de un objeto ubicado a una distancia S de la lente de distancia focal f_1 (lente 1)

Ayuda: Utilice la expresión $\frac{1}{S} + \frac{1}{S'} = \frac{1}{f}$



c) Cuando las dos lentes del sistema descrito en el ítem b) se aproximan hasta tocarse (d = 0 cm), el sistema se comporta como una única lente delgada con una distancia focal equivalente (f_e). Encuentre una expresión para *1/fe* en función de las distancias focales f_1 y f_2.

Con los fundamentos teóricos adquiridos en los ítem anteriores nos podemos abocar a resolver un problema concreto. Un proyector presenta problemas debido a la aberración cromática de la lente que posee. Una forma de minimizar la aberración es reemplazar dicha lente por dos lentes pegadas de diferentes materiales. Suponga que los materiales a usar son los dados en la tabla (el vidrio Crown liviano para la lente 1 y el vidrio Crown pesado para la lente 2). La lente que queremos remplazar tiene una distancia focal de 10 cm.

d) ¿Cuales deberían ser las distancias focales en el rojo de las dos lentes para minimizar la aberración cromática?

Problema 2: Un aparatoso dispositivo

Un inventor ingenioso diseñó un aparatoso dispositivo para usos múltiples, como por ejemplo ser parte de un interruptor.

Este dispositivo consiste de un cilindro que contiene en su interior un émbolo que ajusta perfectamente al cilindro, manteniendo herméticamente aislados las dos zonas en las que lo divide (ver figura) y que puede deslizar, con rozamiento despreciable, dentro del mismo.

El émbolo tiene un espesor $L = 1\ cm$, sección $A = 0{,}001\ m^2$, masa $m = 100\ g$ y un coeficiente de conductividad térmico k = 5 cal/(°C s m). Inicialmente se encuentra en el punto medio del cilindro, dejando, a ambos lados, volúmenes idénticos $V_o = 1\ l$.

El volumen de la izquierda del émbolo se mantiene permanentemente lleno con vapor de agua a 100 °C de temperatura y a presión constante e igual a 1 atm. Esto se logra por medio de una válvula en su extremo, conectada a un reservorio de vapor. El volumen de la derecha está lleno inicialmente con hielo a 0°C y se mantiene cerrado.

Todo el cilindro está térmicamente aislado, es decir, es un sistema adiabático, ó sea **no** hay flujo de calor entre el cilindro y el exterior.

Experimentalmente se encuentra que, en condiciones de régimen (llamado estado estacionario), la cantidad de calor por unidad de tiempo que fluye a través de una pared plana de espesor e, coeficiente de conducción térmica k y área A, está dada por:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = k \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{e}$$

donde ΔT es la diferencia de temperatura entre las caras de la pared de espesor e.

Considerando que las condiciones iniciales en el tubo son:
Vapor a 100 °C y presión *1 atm,* a la izquierda en el volumen V_0 ; hielo a 0 °C en el volumen V_0 a la derecha y condiciones de flujo estacionario de calor a través del émbolo:

a) Calcule la cantidad de calor que fluye, por unidad de tiempo, a través del émbolo.

b) Determine la masa de hielo que se funde en un segundo.

c) Dé una expresión para el volumen del hielo, en función del tiempo, teniendo en cuenta que la densidad del hielo es nueve décimos de la densidad del agua.

d) Dé una expresión para el volumen de agua, en función del tiempo, en equilibrio con el hielo.

e) Calcule el módulo de la velocidad del émbolo y hacia donde se mueve.

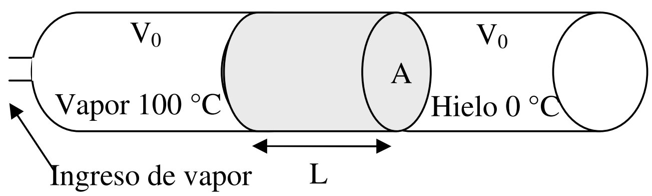
f) Determine cuanto tiempo transcurrirá hasta que el émbolo se detenga.

g) Calcule la cantidad de moles de vapor de agua que han sido suministrados durante todo el proceso (es decir desde que tenemos en el volumen derecho todo hielo hasta que tengamos todo agua).

h) Justifique porqué en todo el desarrollo del ejercicio no se ha tenido en cuenta la energía cinética que adquiere el émbolo.

NOTA:

- El calor latente de vaporización del agua a 100 °C y presión *1 atm* es 540 cal/g.
- El calor latente de fusión del hielo es 80 cal/g.
- Considere despreciables todos los efectos de dilatación.
- Considere que la densidad del agua es constante e igual a 1 g/cm^3.
- La masa molecular del agua es 18 g/mol



Problema 3: Un líquido muy escurridizo

Introducción

El helio superfluido es un líquido transparente muy frío. La razón por la cual a este líquido se lo denomina superfluido es porque cuando fluye no tiene rozamiento viscoso. Esto significa que si una partícula de prueba (una esfera por ejemplo) se desplaza en su seno, lo hace sin sentir una fuerza de roce, es decir se desplaza sin intercambiar ni energía ni impulso. Sin embargo, después de realizar algunos experimentos, se observó que la ausencia de roce entre una partícula de prueba y el superfluido es válida siempre y cuando la velocidad de la partícula de prueba sea menor que una velocidad crítica V_C medida respecto de un referencial en el cual el helio superfluido está en reposo.

Una forma muy elemental, pero útil, de imaginar al superfluido es pensarlo como compuesto de cuasipartículas que tienen energía nula e impulso nulo. En el caso que una esfera de prueba "choque" elásticamente contra alguna de las cuasipartículas del líquido superfluido esta cuasipartícula adquiere un impulso p y una energía $\mathcal{E}$.

Problema.

Un partícula de masa M=6,6 x10^{-22} g se mueve en el seno de helio superfluido a una velocidad V . Suponga que la partícula de prueba de masa M choca elásticamente contra una cuasipartícula del helio superfluido**.** La velocidad de M posterior al choque es V_1 mientras que el impulso y la energía de la cuasipartícula del helio superfluido son p y $\mathcal{E}$ respectivamente.

Considerando que hay un choque elástico entre la partícula de prueba y la cuasipartícula y suponiendo que el impulso de las partículas involucradas en el choque están en la misma dirección:

a) Encuentre una expresión para:

i) $\mathcal{E}$ en término de V_1^2 ,M y V.

ii) V_1^2 en término de M, V y p.

iii) $\mathcal{E}$ en término de V ,M y p.

Experimentalmente se encuentra que la energía de una cuasipartícula es una función del impulso p. Dado el impulso p la energía $\mathcal{E}(p)$ se puede determinar de la curva experimental mostrada en el gráfico 1. Como ejemplo está la cruz indicando que si el impulso es p = 1,1x10^{-19} $g\ cm/s$ entonces la energía ε = 1,9x10^{-15} erg.

b) De acuerdo con los argumentos presentados en la introducción, muestre que efectivamente no existe interacción si V es menor que un valor crítico V_C .

c) Encuentre, gráficamente, dos juegos de valores posibles de p y $\mathcal{E}$ para $V > V_C$.

d) Encuentre el valor o los valores de V correspondientes a esas dos soluciones del punto c).

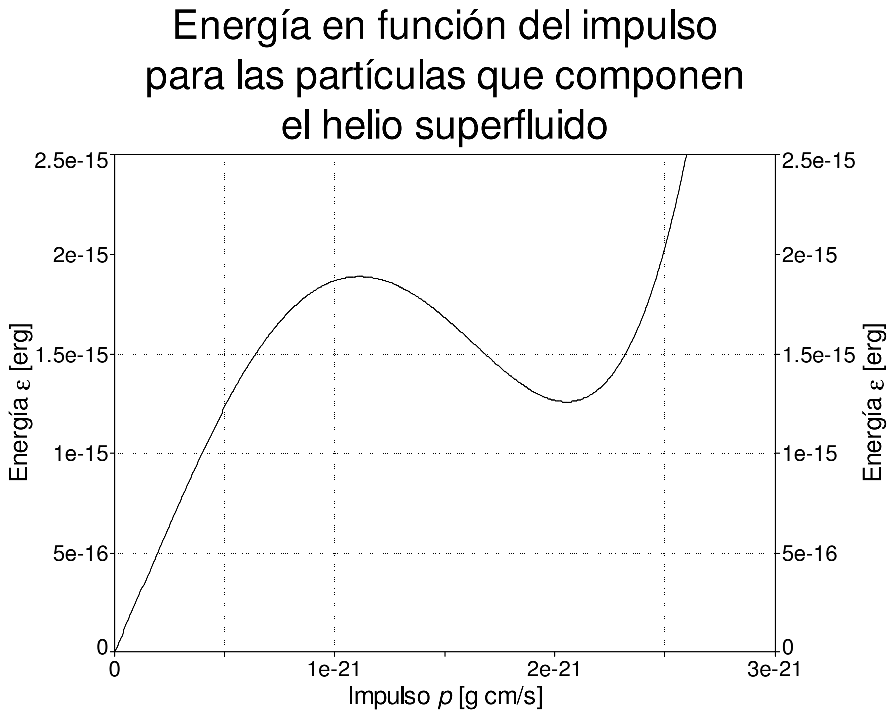


Gráfico 1

Nota: El problema que le hemos planteado es una adecuación del modelo planteado por L. Landau el 21 de mayo de 1941 al Journal of Physics para explicar algunos de los fenómenos observados en superfluidos.

OLIMPÍADA ARGENTINA DE FÍSICA 2003

Instancia Nacional

PRUEBA EXPERIMENTAL
20 de Octubre de 2003

- Escriba su nombre en todas las hojas y enumere las mismas.
- Recuerde que no puede utilizar calculadoras programables ni ningún otro material que no esté incluido en la prueba, aparte de los útiles de escritura.
- Antes de empezar a resolver cada problema lea cuidadosamente TODO el enunciado del mismo.

Nombre:

Número total de hojas entregadas (incluyendo la carátula y los enunciados):

Olimpíada Argentina de Física
2003
Prueba experimental

Plano inclinado

1. Objetivo

El objetivo de esta prueba experimental es la determinación de la aceleración de la gravedad *"g"* del lugar.

2. Teoría

La aceleración a_{CM} del centro de masa de una esfera que rueda sin deslizar por un plano inclinado, habiendo partido con velocidad cero, es:

$$a_{CM} = \frac{2x_0}{t^2} \quad , \qquad [1]$$

donde x_0 es la distancia recorrida por el centro de masa de la esfera, y t el intervalo de tiempo que demora en recorrer esa distancia.
Una manera de tener un plano inclinado es tomar un perfil "U" e inclinarlo un ángulo α respecto a la horizontal, como se muestra en la figura 1(a).

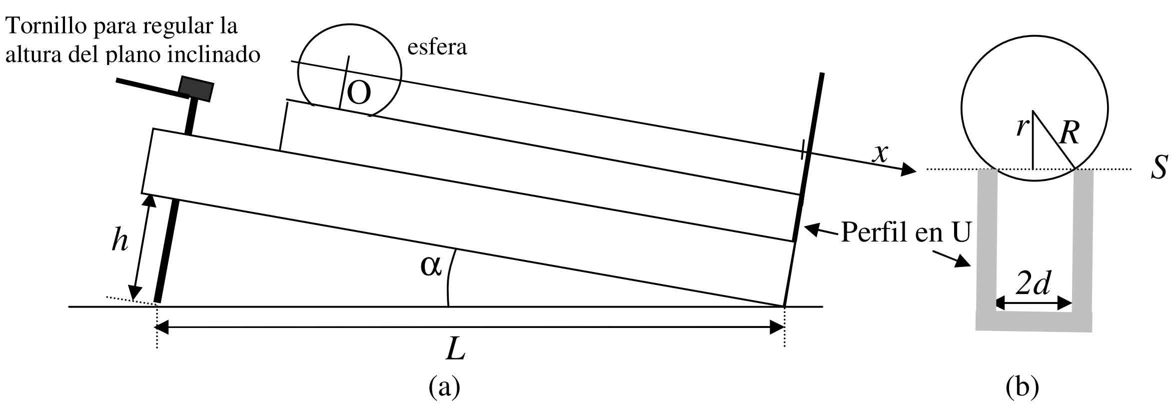


Figura 1: Vista lateral (a) y frontal (b) del dispositivo experimental.

De la figura 1(b) puede obtenerse la relación $r^2 = R^2 - d^2$ donde r es la distancia entre el centro de la esfera y el eje S, definido por la recta que pasa por los puntos del perfil "U" en donde se apoya la esfera, R es el radio de la esfera y d la mitad del ancho interno del perfil.
Teniendo en cuenta la relación anterior y sabiendo que una esfera que rueda sin deslizar tiene energía cinética de traslación y rotación, se encuentra que la aceleración de su centro de masa está dada por:

$$a_{CM} = \frac{g\ sen\alpha}{\left[1+\frac{2}{5}\frac{R^2}{(R^2-d^2)}\right]} \quad , \qquad [2]$$

donde se ve que para un valor de d y una dada inclinación α del plano inclinado, la aceleración del centro de masa (a_{CM}) cambiará si se usan esferas de distintos radios (R).
A partir de [2] y usando que $sen\alpha = h/L$, resulta

$$a_{CM}\left[1+\frac{2}{5}\frac{R^2}{\left(R^2-d^2\right)}\right]L = g\ h \quad ,$$

o equivalentemente

$$w = gh \quad , \qquad [3]$$

donde,

$$w \ = a_{CM}\left[1+\frac{2}{5}\frac{R^2}{\left(R^2-d^2\right)}\right]L\ .$$

2. Lista de materiales

- Un perfil con tornillo para regular el desnivel.
- Tres esferas de acero de radios conocidos.
- Una cinta métrica.
- Un cronómetro. (Ver hoja donde se explica su funcionamiento).
- Trozos de papel adhesivo.
- Un trozo de trapo.
- Una placa de hierro con una muesca cónica.
- Hojas de papel blanco y milimetrado.
- Un guante de látex descartable.

Lea TODAS las instrucciones ANTES de comenzar

3. Procedimiento experimental

1- Mida L [ver figura 1(a)].
2- Acomode el perfil en la mesa de modo que la punta del tornillo asiente sobre la muesca cónica de la placa metálica.
3- Una vez acomodado el perfil en U en la mesa, **NO LO MUEVA (DESPLACE)** durante **TODO** el experimento.

4- Tome la esfera de menor radio, colóquela en las proximidades del extremo más elevado del perfil en U y regule la mínima altura del tornillo de modo que la esfera ruede si usted la suelta.
5- Tome uno de los trozos de papel adhesivo y péguelo en el perfil en el lugar a partir del cual liberará todas las esferas.
6- Determine x_0.
7- Sostenga con un dedo la esfera colocada en el punto que ya marcó con el papel adhesivo; en la otra mano sostenga el cronómetro. En el momento en que "suelta" la esfera para que comience a rodar, dispare el cronómetro y deténgalo cuando la esfera choque contra la chapa que se encuentra al final de perfil. Utilice el guante de látex para manipular la esfera de manera de mantener libre de grasas a la superficie de la misma.
8- Haciendo uso del transportador y la aguja adosada al tornillo puede medir las variaciones Δh. De ese modo resulta $h=h_0+\Delta h$ [ver figura 1(a)], donde h_0 corresponde al valor de mínima altura dada por el tornillo obtenida en el punto 4 (este experimento está diseñado de manera tal que no es necesario medir los valores de h ni h_0 siendo sólo necesario medir Δh).
9- Repita esta operación con todas las esferas y valores Δh que considere necesarios.

4. Requerimientos:

a) Mida L con su error.
b) Construya tablas con todos los datos de x_0, t y Δh medidos.
c) Calcule a_{CM} haciendo uso de la ecuación [1] para las diferentes esferas y distintas Δh.
d) Construya un gráfico de w en función de Δh para cada una de las esferas con los puntos medidos.
e) Determine para cada caso los valores de g y h_0.
f) Compare los valores de h_0 obtenidos del gráfico para la esfera de mayor y menor diámetro. En no más de cinco renglones **explique cualitativamente** la diferencia observada en la comparación realizada.
g) Describa detalladamente los criterios utilizados en la determinación de los errores de todas las cantidades medidas y determinadas.

RECOMENDACIONES:

1- Las esferas y el perfil deben estar limpios para evitar problemas, por lo tanto deberá mantener limpias las esferas y el perfil usando el trapo que se le proporcionó. Use el guante de látex incluido cuando manipule las esferas.

2- "Suelte" las esferas en cada medición evitando darle "empujones" al soltarla.

3- Debido a que el aluminio es un material blando tenga cuidado de apoyar suavemente las esferas sobre el perfil en U y no presionar en exceso sobre el mismo, de manera tal de no producir deformaciones que perturben el desplazamiento de las esferas.

5. Datos

Radios de las esferas:

$R_1 = (1{,}000 \pm 0{,}001)\ cm$
$R_2 = (0{,}750 \pm 0{,}001)\ cm$
$R_3 = (0{,}500 \pm 0{,}001)\ cm$

$D = (0.35 \pm 0{,}05)\ cm$

Avance del tornillo por cada vuelta de 360^0: Δh_v = (0.80±0.02) mm

6. Uso del cronómetro:

Botón A (START/STOP): Activa y detiene el cronómetro.
Botón B (MODE): Selecciona el modo del cronómetro **(NO TOCAR)**
Botón C (LAP/RESET): Vuelve a cero el cronómetro cuando se lo ha detenido. También permite realizar una lectura de un tiempo parcial. Presionándolo una vez, después de haber iniciado la medición con el botón A, permite visualizar el tiempo parcial sin que se detenga el cronómetro, volviendo a presionar, se continúa visualizando la medición del tiempo.