Revista Boliviana de Física **10**, 71–84 (2004)

9^{NA} OLIMPIADA BOLIVIANA DE FÍSICA

Bustos R., Velarde A., Paz J.

Carrera de Física - Universidad Mayor de San Andrés (UMSA)
Academia Nacional de Ciencias de Bolivia (ANCB)
Sociedad Boliviana de Física (SOBOFI)
La Paz—Bolivia

Guaygua T., Jemio C., Mamani N.

Facultad Nacional de Ingeniería (FNI)
Universidad Técnica de Oruro (UTO)
Oruro—Bolivia

Choqueticlla T.

Dirección Distrital de Educación
RBG Minera Huanuni S.A.
Sindicato de Trabajadores Mineros de Huanuni
Huanuni—Bolivia

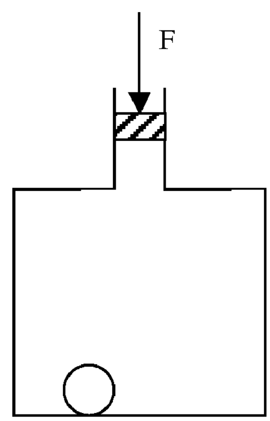
RESUMEN

Se presentan los exámenes de la 9^{na} Olimpiada Boliviana de Física. Éstos corresponden a los niveles de Tercero y Cuarto de Secundaria y fueron tomados en fechas 27, 28 y 29 de Julio de 2004 en el Distrito Minero de Huanuni, Oruro.

9na OLIMPIADA BOLIVIANA DE FISICA
Distrito Minero de Huanuni, Oruro. Julio del 2004
TERCERO DE SECUNDARIA

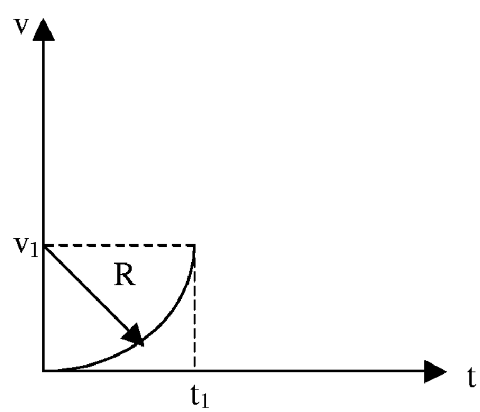
PARTE CONCEPTUAL

1. ¿Qué sucede cuando dos ondas iguales y simétricas con desplazamientos opuestos se cruzan?
2. En un recipiente cerrado con un émbolo que contiene agua, se introduce una esfera de plástico deformable. Si se incrementa la fuerza sobre el émbolo. ¿Se deforma la esfera?, de ser así ¿qué forma toma?

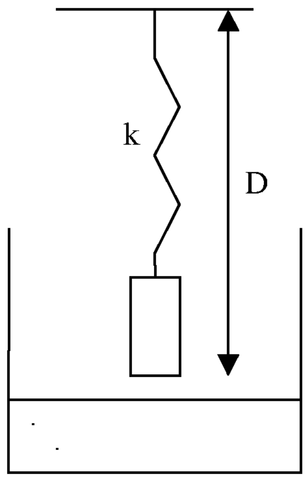


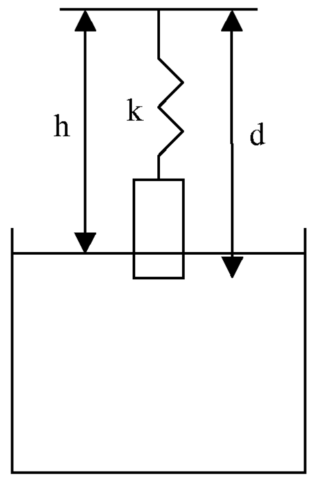
PARTE PRACTICA

1. El diagrama velocidad – tiempo de un móvil es el cuadrante de circunferencia representado en la figura. Otro móvil se mueve sobre la misma recta del anterior, pero con movimiento uniformemente acelerado, y partiendo en el mismo instante desde la misma posición inicial con una velocidad $v_0 = 0.5\ v_1$ alcanza al primer móvil en el tiempo t_1. Determinar la aceleración del segundo móvil.

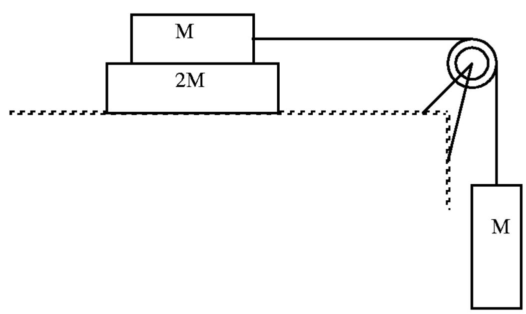


2. En un experimento de laboratorio, un bloque de madera con área de sección transversal A, se suspende por encima de un recipiente de agua mediante un resorte lineal de constante elástica k.
La parte inferior del bloque se encuentra a una distancia D por debajo del nivel del punto donde se sostiene el resorte. Cuando el nivel del agua del recipiente se eleva y se ubica a una distancia h por debajo de dicho punto, determinar d en función de los parámetros A, D, k, h, y la densidad del agua ρ .





3. En la figura siguiente, el bloque de masa M tiene una aceleración doble que la aceleración del bloque de masa 2M. Existe rozamiento en todas las superficies en contacto. Calcular el valor del coeficiente de rozamiento cinético.



SOLUCIONES PARTE CONCEPTUAL

1. Tomemos como ejemplo a las ondas sonoras, para ellas es válido el principio de superposición. El principio de superposición de ondas significa que cada onda se propaga en un medio independientemente de la existencia de otras ondas.
El fenómeno de la superposición de dos (o más) movimientos ondulatorios en determinadas condiciones se llama interferencia.
Estudiemos la interferencia de dos ondas sonoras dentro de un tubo. Supongamos que en el tubo hay simultáneamente dos ondas de la misma frecuencia que se propagan en sentidos contrarios. Digamos que una onda de desplazamientos se propaga en el sentido positivo del eje x y está determinada así:

$$y_1 = A\cos\omega(t - \frac{x}{c}),$$

mientras que la otra

$$y_2 = B\cos\omega(t+\frac{x}{c}),$$

se propaga al encuentro de la primera.
Es evidente que la desviación de cada punto de su posición de equilibrio para el instante t será

$$y_1 + y_2 = y$$

La segunda onda y_2 puede definirse siempre como la suma de dos ondas progresivas, a saber:

$$y_2 = A\cos\omega(t+\frac{x}{c}) + (B-A)\cos\omega(t+\frac{x}{c})$$

Entonces la oscilación resultante $y(x, t)$ se representa así:

$$y = y_1 + y_2 = A\cos\omega(t-\frac{x}{c}) + A\cos\omega(t+\frac{x}{c}) + (B-A)\cos\omega(t+\frac{x}{c})$$

$$= 2A\cos\frac{\omega x}{c}\cos\omega t + (B-A)\cos\omega(t+\frac{x}{c})$$

El movimiento ondulatorio resultante consta de dos partes:
de la onda estacionaria

$$2A\cos\frac{\omega x}{c}\cos\omega t$$

y de la onda progresiva

$$(B-A)\cos\omega(t+\frac{x}{c})$$

Siendo B = A, es decir cuando dos ondas progresivas en sentidos contrarios tienen amplitudes iguales el movimiento ondulatorio resultante será una onda estacionaria.
La energía no se propaga en una onda estacionaria. Por lo tanto el movimiento de una onda estacionaria, de hecho, ya no es un movimiento ondulatorio, aunque se obtiene como resultado de la interferencia de dos ondas progresivas de igual amplitud.
Si las amplitudes de las ondas que se desplazan al encuentro no son iguales, el movimiento ondulatorio consta de una onda estacionaria y de una onda progresiva, cuya amplitud será igual a la diferencia entre las amplitudes de as ondas progresivas fundamentales.

2. Un cuerpo sólido, cuyo volumen dentro de ciertos límites no depende de la presión, flotará en la superficie de un líquido o descenderá al fondo. Ahora bien, si e peso del cuerpo es exactamente igual al peso del líquido desalojado, el cuerpo se hallará en estado de equilibrio indiferente en cualquier parte del líquido.
Por lo general el volumen de un cuerpo disminuye al aumentar la presión, por lo tanto, el equilibrio de dicho cuerpo en le interior de un líquido de densidad constante es siempre inestable. En realidad, supongamos que a cierta profundidad y a una presión determinada el peso del cuerpo es igual al peso del líquido desalojado; cuando el cuerpo desciende un poco, la presión sobre el mismo aumenta y su volumen disminuye, por consiguiente, también disminuye la fuerza ascensional, por eso, el cuerpo seguirá descendiendo; un cuadro análogo se observará también cuando el cuerpo asciende un poco con respecto a la posición de equilibrio, pero en este caso las variaciones de todas las magnitudes ocurren en sentido contrario: la presión cae, el volumen aumenta, la fuerza ascensional se incrementa y el cuerpo asciende.

SOLUCIONES PARTE PRACTICA

1. El desplazamiento del primer móvil está dado según el gráfico por

$$x_1 = v_1 t_1 - \frac{\pi R}{2}$$

El desplazamiento del segundo móvil será

$$x_2 = \frac{1}{2} v_1 t_1 + \frac{1}{2} a t_1^2$$

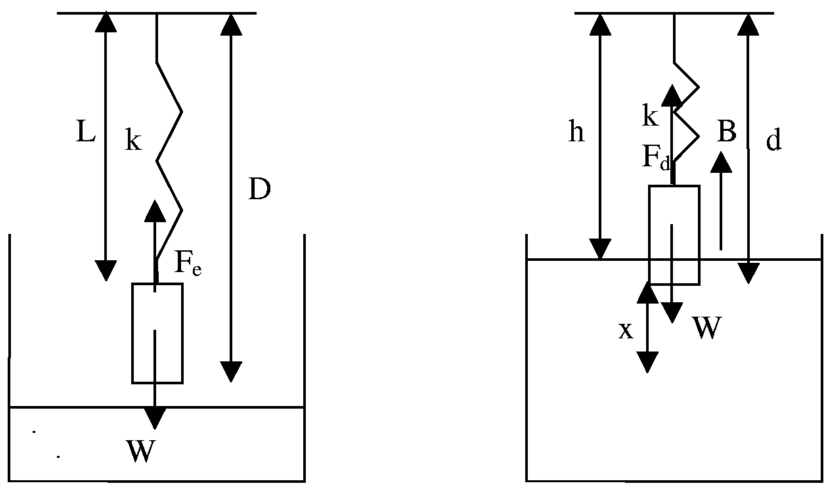
La condición de que uno le alcance al otro en un tiempo t_1 se da por $x_1 = x_2$, es decir

$$\frac{1}{2} v_1 t_1 + \frac{1}{2} a t_1^2 = v_1 t_1 - \frac{\pi R}{2}$$

obteniendo el parámetro requerido

$$a = \frac{v_1}{t_1} - \frac{\pi R}{t_1^2}$$

2. Para este caso nos referimos al gráfico del problema



Del gráfico se observa que la fuerza que ejerce el resorte F_e está en equilibrio con el peso del bloque W

$$kL = W$$

Donde L es la longitud en equilibrio.
Cuando el cuerpo se encuentra en el líquido las condiciones de equilibrio son diferentes, en este caso se debe tomar en cuenta la fuerza de empuje B por parte del fluido sobre el bloque, claro está que la fuerza que ejerce el resorte F_d es diferente al valor de F_e.
Del gráfico cuando el bloque se encuentra en agua, las condiciones de equilibrio serán:

$$B + k(L - x) - W = 0$$

$$B + kL - kx - kL = 0$$

es decir

$$B = kx$$

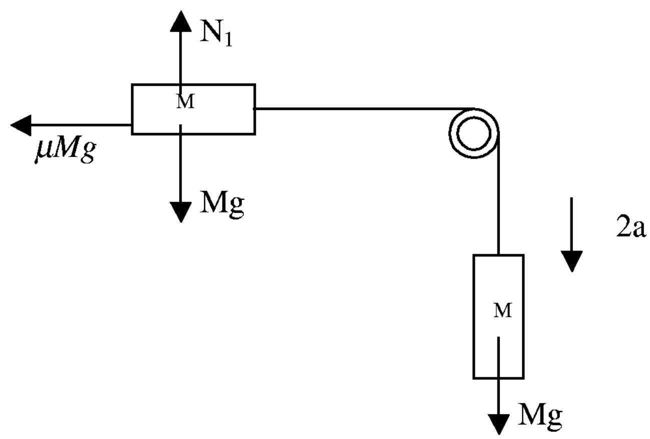
Nuevamente refiriéndonos al gráfico se tiene que

$$\rho g A(d-h) = k(D-d)$$

Realizando operaciones algebraicas se tiene que:

$$d = \frac{kD + \rho g A h}{k + \rho g A}.$$

3. Tomamos al sistema de masas M aparte de la masa 2M:
Realizamos el diagrama de cuerpo libre para este caso



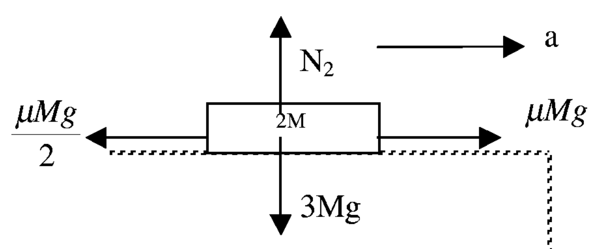
Del gráfico se observa que

$$Mg - \mu Mg = (2M)(2a)$$

$$(1-\mu)g = 4a$$

$$a = \left(\frac{1-\mu}{4}\right)g$$

Para 2M tenemos que



Entonces finalmente

$$\mu Mg - \frac{\mu Mg}{2} = 2Ma$$

$$\frac{1}{2}\mu Mg = 2M\left(\frac{1-\mu}{4}\right)g$$

$$\mu = 0.5$$

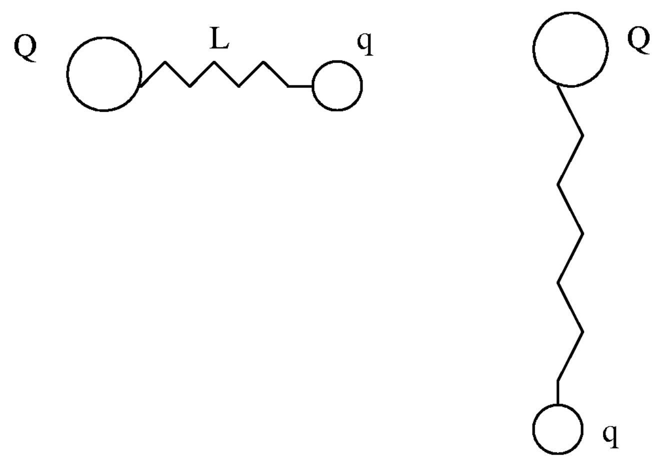
9na OLIMPIADA BOLIVIANA DE FISICA
Distrito Minero de Huanuni, Oruro. Julio del 2004
CUARTO DE SECUNDARIA

PARTE CONCEPTUAL

1. Suponga que exista un campo eléctrico en el cuarto en el que está trabajando y las líneas de fuerza son horizontales, formando ángulos rectos con las paredes. Si camina usted hacia la pare de la que salen las líneas de fuerza, está caminando hacia puntos de potencial: ¿más bajo, más alto, del mismo potencial? Justifique su respuesta.
2. La presión atmosférica a nivel del mar es igual a 760 mm Hg (milímetros de mercurio). En la Villa de Huanuni la presión atmosférica está determinada en 494 mm Hg. Expresar la presión atmosférica en Huanuni, en le sistema internacional de unidades y en metros de columna de agua (m H_2 O).

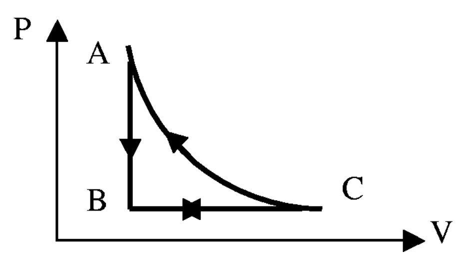
PARTE PRACTICA

1. A una carga $Q = 6\ \mu C$ está unida otra carga $q = 5\ nC$ de masa 10 mg, por medio de un resorte de material aislante. La carga q se suelta, desde la posición horizontal donde la longitud del resorte es de $L = 2$ cm, en medio del campo gravitacional $g = 9.76$ m/s^2. Determinar el valor de la constante del resorte k si éste se estira la mitad de su longitud.



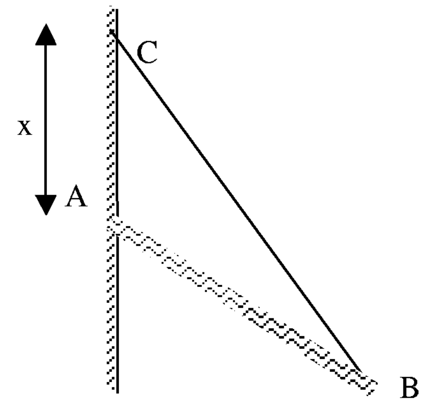
2. El ciclo mostrado en la figura consiste en tres procesos que comienzan en el punto A. Una reducción de presión a volumen constante de A – B, un aumento de volumen a presión constante del proceso B – C, una compresión isotérmica desde C regresando al punto A. El ciclo es realiza sobre 0.75 mol de un gas diatómico ideal. Determinar Q, W, ΔE_{int}.

Datos
$P_A = 3.2 \times 10^3$ Pa.
$P_B = 1.2 \times 10^3$ Pa.
$V_A = 0.21$ m^3.
R = 8.3145 J / (mol K)
$C_V = 20.8$ J / (mol K)
$C_P = 29.1$ J / (mol K)



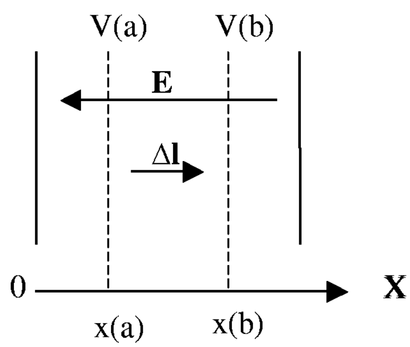
3. Determinar la posición de equilibrio del sistema simple de una barra de peso G y longitud L que se apoya libremente sobre una pared vertical lisa y sujeta por el otro extremo por un cable de longitud a.

Datos
AB = L
BC = a
Peso de la barra = G



SOLUCIONES PARTE CONCEPTUAL

1. Fijemos nuestra atención al siguiente gráfico



Realizamos una analogía con un condensador de placas paralelas que son en sí equipotenciales.
Tomamos dos equipotenciales V(a) y V(b), por definición:

$$\Delta V = - \mathbf{E} \circ \Delta \mathbf{l} = - E \, \Delta x \cos 180^0$$

$$\Delta V \; I_a^b = E \, \Delta x \; I_a^b$$

$$V(b) - V(a) = E \, [\, x(b) - x(a)]$$

ya que $x(b) - x(a) > 0$, entonces

$$V(b) > V(a)$$

Es decir se camina hacia puntos de potencial más alto.
Esto está en pleno acuerdo con la relación entre el campo eléctrico y el potencial para dos placas conductoras paralelas, cada una de ellas a diferentes potenciales. Se sabe que el campo eléctrico entre

placas paralelas es constante, y que va de las partes de mayor potencial a los de menor potencial. El potencial disminuye a lo largo de la dirección en la que apunta el campo eléctrico.

2. Para este caso se tiene que tomar en cuenta el valor del campo gravitacional en la Villa de Huanuni $g = 9.76\ m/s^2$, entonces

$$1\ \text{mm Hg} = (13.6 \times 10^3)(9.76)(1 \times 10^{-3}) = 132.7\ \text{Pa}$$

Por lo tanto

$$494\ \text{mm Hg} \times \frac{132.7\ \text{Pa}}{1\ \text{mm Hg}} = 65.6\ \text{KPa}$$

Ahora

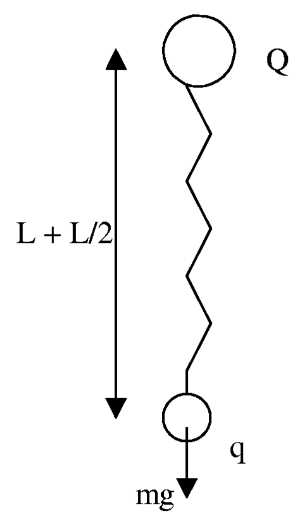
$$1\ \text{m}\ H_2 0 = (1x10^3)(9.76)(1) = 9.76\ \text{KPa}$$

Finalmente

$$65.6\ \text{KPa} \times \frac{1\ \text{m}\ H_2 0}{9.76\ \text{KPa}} = 6.7\ \text{m}\ H_2 0$$

<u>SOLUCIONES PARTE PRACTICA</u>

1. Veamos el gráfico siguiente



Donde L es la longitud de equilibrio, mostrada en los gráficos del enunciado.
Aplicamos el principio de la conservación de la energía

$$\frac{Qq}{4\pi\varepsilon_0 L} = \frac{1}{2}k\left(\frac{L}{2}\right)^2 - mg\left(L + \tfrac{L}{2}\right)$$

$$\frac{1}{2}k\left(\frac{L}{2}\right)^2 = \frac{Qq}{4\pi\varepsilon_0 L} + \frac{3}{2}mgL$$

$$k = \frac{4}{L}\left(\frac{2Qq}{4\pi\varepsilon_0 L^2} + 3mg\right) = 270.06\ \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

2. Para determinar los parámetros requeridos es necesario hallar los valores de P, V y T en cada punto del proceso en general.
Encontramos el valor de la temperatura para el punto A, aplicando la ley del gas ideal

$$T_A = \frac{P_A V_A}{nR} = \frac{(3.2\times10^3)(0.21)}{(0.75)(8.31)} = 108 \text{ K}$$

En el punto B, tomando en cuenta que $V_B = V_A$, tenemos

$$T_B = \frac{P_B V_B}{nR} = \frac{(1.2\times10^3)(0.21)}{(0.75)(8.31)} = 40 \text{ K}$$

Para el punto C, notamos que $P_C = P_B$, además $T_C = T_A$ ya que CA es isotérmico. Entonces

$$V_C = \frac{P_A V_A}{V_C} = \frac{(3.2\times10^3)(0.21)}{1.2\times10^3} = 0.56 \text{ m}^3$$

Con todo lo anterior procedemos a encontrar lo pedido.
Para el proceso AB = 1, tenemos

$$Q_1 = nC_V(T_B - T_A) = (0.75)(20.8)(40-108) = -1060 \text{ J}$$

$$W_1 = 0 \qquad \text{(proceso a volumen constante)}$$

$$\Delta E_{\text{int},1} = Q_1 + W_1 = -1060 \text{ J}$$

Energía es transmitida por el sistema al entorno como calor en el proceso 1, ya que la temperatura disminuye esto se refiere a un cambio negativo en la energía interna.
Para el proceso BC = 2, se tiene

$$Q_2 = nC_P(T_C - T_B) = (0.75)(29.1)(108-40) = 1480 \text{ J}$$

$$W_2 = -P(V_C - V_B) = -(1.2\times10^3)(0.56-0.21) = -420 \text{ J}$$

$$\Delta E_{\text{int},2} = Q_2 + W_2 = 1060 \text{ J}$$

Al gas se le transfiere energía en forma de calor en 2 y dilatándose el gas realiza trabajo sobre su entorno.
Luego para el proceso CA = 3, obtenemos

$$W_3 = -nRT_C \ln\frac{V_A}{V_C} = -(0.75)(8.31)(108)\ln\left(\frac{0.21}{0.56}\right) = 660 \text{ J}$$

$$\Delta E_{\text{int},3} = 0 \qquad \text{(proceso a temperatura constante)}$$

$$Q_3 = \Delta E_{\text{int},3} - W_3 = 0 - 660 = -660 \text{ J}$$

Finalmente para el ciclo, tenemos

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = -1060 + 1480 - 660 = -240 \text{ J}$$

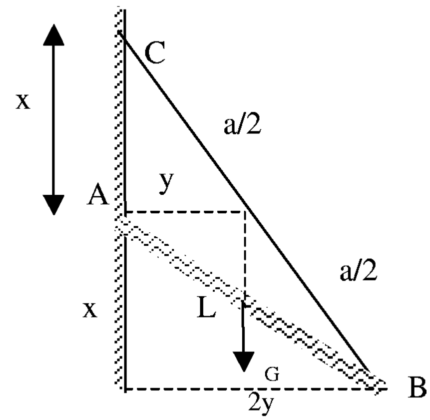
$$W = W_1 + W_2 + W_3 = 0 - 420 + 660 = 240 \text{ J}$$

$$\Delta E_{\text{int}} = \Delta E_{\text{int},1} + \Delta E_{\text{int},2} + \Delta E_{\text{int},3} = -1060 + 1060 + 0 = 0$$

Obsérvese que para el ciclo $\Delta E_{\text{int}} = 0$ y $Q = -W$.

3. Nos referimos a la siguiente figura

Datos
AB = L
BC = a
Peso de la barra = G



Utilizamos propiedades geométricas, para este caso.
De la figura se nota que

$$x^2 + y^2 = \left(\frac{a}{2}\right)^2$$

$$x^2 + (2y)^2 = L^2$$

luego operando el sistema se tiene

$$4x^2 + (2y)^2 = a^2$$

$$x^2 + (2y)^2 = L^2$$

restando la ecuación inferior de la superior se obtiene para x

$$x = \sqrt{\frac{a^2 - L^2}{3}}\,.$$

Esto es cierto siempre y cuando $a^2 - L^2 > 0$.

IX OLIMPIADA BOLIVIANA DE FISICA

27 al 29 de Julio de 2004
Huanuni – Oruro

Prueba Experimental por delegaciones

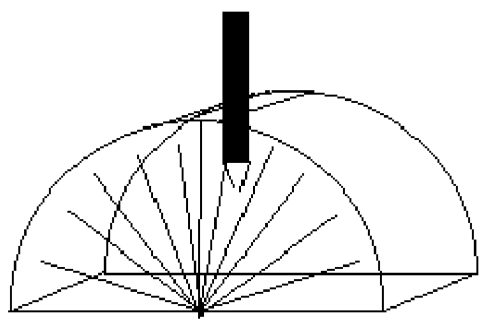
Interferencia

1.- Objetivo.

Observar el fenómeno de interferencia.
Determinar la separación entre surcos en un CD (Disco Compacto).

2.- Equipo.

Un puntero láser, un CD y un dispositivo para leer los ángulos de los máximos de interferencia como se muestra en la figura.



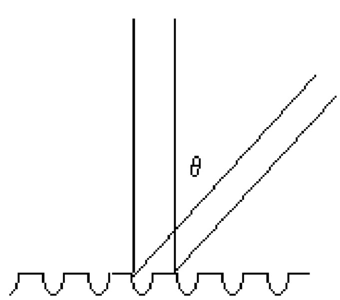
El puntero láser nos permite tener un haz de luz bastante fino y monocromático. En este caso es rojo. La longitud de onda del láser es, según se especifica en el propio puntero, de 630 a 680 nm.

Tomaremos entonces: $\lambda = (655 \pm 25) nm$

3.- Experimento.

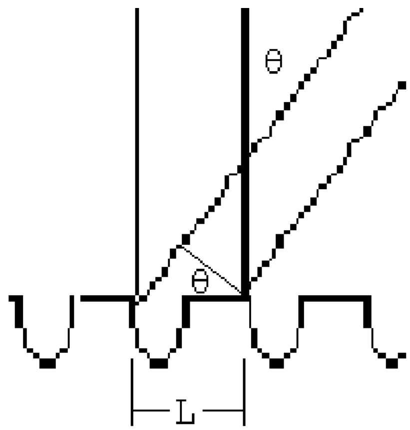
Se coloca el dispositivo que se muestra en la figura sobre el CD y se observan los máximos de interferencia sobre el papel que está pegado al bastidor semicircular. Con el transportador se miden los ángulos correspondientes al primer y segundo máximos de interferencia.

En la siguiente figura mostramos el fenómeno de interferencia.



Dos rayos incidentes que caen perpendicularmente a la superficie con surcos son difractados por éstos. Para que los rayos difractados en dos rendijas consecutivas interfieran positivamente es necesario que en la diferencia de recorrido de ambos quepa un número entero de longitudes de onda $(n\lambda)$.

En la siguiente figura ampliada se ilustra esto.



Si L es la separación entre surcos y θ el ángulo de los rayos difractados, de modo que se produzca una interferencia constructiva que forme un máximo, entonces:

$$L \operatorname{sen} \theta_n = n\lambda$$

$$L = \frac{n\lambda}{\operatorname{sen} \theta_n}$$

donde $n = 0,1,2, ...$ es un número entero. $n=0$ corresponde a un ángulo cero, $n=1,2,...$ corresponden al primer, segundo, etc. máximos.

Se pueden observar claramente los primeros y segundos máximos de interferencia. Se miden los ángulos y de ellos se calcula L que es la separación entre surcos.

Realice varias medidas.

θ_1 [^{0}]	θ_2 [^{0}]

Ojo: Los errores de los ángulos deben estar en radianes.

Al final tomar el promedio de ambos resultados.

IX Olimpiada Boliviana de Física
Huanuni – Oruro
27 al 29 de Julio de 2004

PRUEBA EXPERIMENTAL POR DELEGACIONES.

SOLUCION.

Estos fueron datos obtenidos con el mismo equipo:

θ_1 $[^0]$	θ_2 $[^0]$
26	61.5
26.5	63.5
26	63
25.5	60
27	60
25	65
27	64
25	60
27.5	65
$\overline{\Theta}_1 =$ 25.9±0.3	$\overline{\Theta}_2 =$ 62.7±0.7

$$\overline{\Theta} = \frac{\Sigma \Theta_i}{N}$$

$$Err_{\overline{\Theta}} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum \left(\Theta_i - \overline{\Theta}\right)^2}{N-1}$$

$$L = \frac{n\lambda}{\operatorname{sen} \overline{\Theta}_n}$$

$$Err_L = nL\left(\frac{Err_\lambda}{\lambda} + \frac{Err_{\overline{\Theta}_n}}{\operatorname{tg} \overline{\Theta}_n}\right)$$

$$\lambda = (655 \pm 25)nm$$

$$n = 1: \quad L = 1497 \pm 76$$

$$n = 2: \quad L = 1474 \pm 65$$

$$\overline{L} = (1485 \pm 70)nm$$

$$= (1.48 \pm 0.07)\mu m$$

$$\cong 1.5\mu m$$