XXIII Olimpiada IBEROAMERICANA de FÍSICA
Puerto Rico 2018

Prueba Experimental

(en castellano)

E-1

Código

EXAMEN EXPERIMENTAL:

ANÁLISIS DE UN SISTEMA OSCILATORIO TUBO-RESORTE

EN ESTE TEXTO SE UTILIZA EL PUNTO COMO SEPARADOR DECIMAL.

EXPRESE SUS RESULTADOS EN UNIDADES DEL SISTEMA INTERNACIONAL

LAS HOJAS CON LA LETRA "E" SON LAS QUE PLANTEAN LAS TAREAS EXPERIMENTALES.

LAS HOJAS CON LA LETRA "W" SON EN LAS QUE ESCRIBIRÁ SUS TABLAS DE MEDICIONES, SUS CÁLCULOS Y SUS GRÁFICOS.

- **EN LA HOJA W-2 SE MUESTRA UN ESQUEMA CON TODOS LOS INSTRUMENTOS QUE SE USARÁN EN EL EXPERIMENTO.**
- **EN LA HOJA W-2a SE MUESTRAN FOTOS DE TODOS LOS INSTRUMENTOS QUE SE USARÁN EN EL EXPERIMENTO.**
- **EN LA HOJA W-3 ANOTARÁ LAS MEDICIONES GENERALES QUE SE INDICAN AHÍ.**
- **EN LA HOJA W-4 ANOTARÁ TODOS LOS RESULTADOS FUNDAMENTALES DE SUS CÁLCULOS, SEGÚN SE VAYA INDICANDO.**

XXIII Olimpiada IBEROAMERICANA de FÍSICA

Puerto Rico 2018

Prueba Experimental

(en castellano)

E-2

INTRODUCCIÓN:

Las oscilaciones de los sólidos (péndulos, resortes, acoplamiento péndulo-resorte) permiten analizar diversas propiedades de los mismos: masa, momentos de inercia, frecuencias propias, modos resonantes y otras.

Las oscilaciones de los resortes se estudian casi siempre modelando resortes sin masa y sin momento de inercia, pero en este experimento, el resorte no es de masa despreciable por lo que aporta inercia a su oscilación, y aporta también momento de inercia al sistema oscilante tubo-resorte que se analizará. Además, se trabajará un resorte cónico compacto que obedece la Ley de Hooke, solo si se le cuelga cierta masa.

En este experimento se medirá, por una parte, la masa equivalente de un resorte que oscila verticalmente. Por otra parte, se medirán los momentos de inercia de un tubo que oscila como péndulo respecto a un eje. Finalmente se medirán el momento de inercia y la constante de amortiguamiento de las oscilaciones del tubo acoplado al resorte.

SI LA HOJA DE CADA TAREA NO LE ES SUFICIENTE PARA REALIZAR TODOS LOS CÁLCULOS INTERMEDIOS, PUEDE USAR TAMBIEN LAS HOJAS MARCADAS COMO “W- ”, AGREGANDO A LA “W- ” LA NUMERACIÓN DE LA TAREA QUE LE CORRESPONDA (SE INDICARÁ EN CADA TAREA).

XXIII Olimpiada IBEROAMERICANA de FÍSICA
Puerto Rico 2018

Prueba Experimental

(en castellano)

E-3

TAREA 1- (2.0 puntos)

El primer objetivo es determinar la constante elástica k de un resorte cónico descompactado por el peso de una masa acoplada de 200 g, (m_{ac} = 200 g), que usted considerará como parte intrínseca del resorte. (El papel de la masa acoplada es estirar el resorte hasta la zona en que satisface la ley de Hooke).

Realice el montaje de la Fig. 2. Note que la parte superior del resorte debe ser la de menor radio. Determine k por un método estático (sin oscilaciones) utilizando las pesas disponibles de masa m_p.

Utilice el valor local de la aceleración gravitatoria g = 9.78 m/s^2.

Utilice la hoja W-5a. Si añade hojas extras, márquelas como W-5b, W5c, etc.

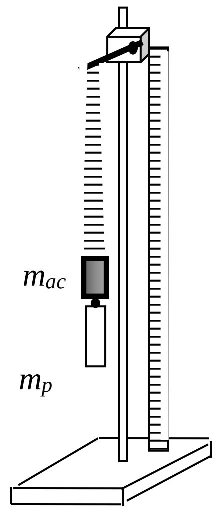

Fig. 2

Indique el valor de k en la hoja W-4.

No determine la incertidumbre de k en esta Tarea.

TAREA 2- (5.5 puntos)

El sistema formado por el resorte cónico y la masa acoplada oscila de manera equivalente a una partícula colgada de un resorte ideal (sin masa) de constante elástica k. La masa de la partícula se denomina *masa equivalente* m_{eq} del sistema.

El objetivo de esta tarea es determinar dicha *masa equivalente*. Para ello emplee el método de oscilaciones verticales.

A partir de las mediciones que realice determine el valor de la *masa equivalente* m_{eq} del resorte descompactado y nuevamente el valor de k. Tenga en cuenta que el periodo T para el sistema masa-resorte es: $T = 2\pi\sqrt{m/k}$, donde $m = m_{eq} + m_p$.

Utilice la hoja W-6a. **Si añade hojas extras, márquelas como W-6b, W-6c, etc**.

Indique los valores de k y m_{eq} con sus incertidumbres en la hoja W-4.

TAREA 3- (3.0 puntos)

El objetivo de esta tarea es medir el momento de inercia principal I_{yy} respecto al eje y que pasa por el centro de masa del tubo (Fig. 3) empleando **métodos oscilatorios**. El tubo puede realizar oscilaciones como péndulo respecto a diferentes ejes. La relación entre el período T del péndulo y su momento de inercia I respecto al eje de suspensión es:

$$2\pi/T = \sqrt{mgh/I}\ ,$$

donde h es la distancia del punto de suspensión al centro de masa.

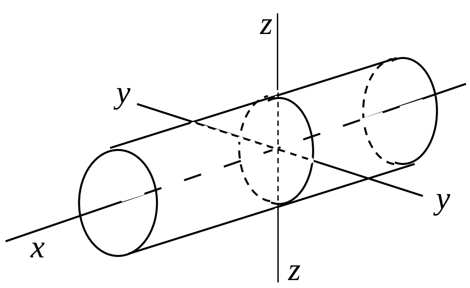

Fig. 3

La Fig. 3 muestra tres ejes principales. Se quiere medir solamente el momento de inercia I_{yy} respecto al eje yy.

Usted dispone de varillas y soportes para poder hacer las mediciones que le permitirán calcular el momento de inercia, aprovechando las oscilaciones del tubo como péndulo colgado del eje $y'y'$, **paralelo** al eje principal yy (Fig. 4).

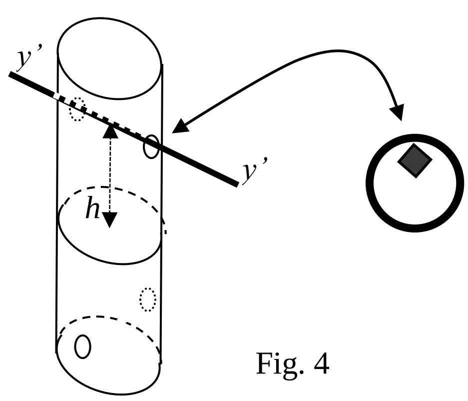

Fig. 4

Después de medir $I_{y'y'}$ calcule el momento principal I_{yy}. La Fig. 4 muestra como colocar el eje $y'y'$.

Utilice la hoja W-7a para realizar sus cálculos. Puede agregar hojas, numerándolas como ya se ha indicado.

En la hoja W-3 indique el radio externo promedio, R_e, el radio interno promedio, R_i y la longitud L del tubo con el estimado de sus incertidumbres.

El tubo tiene dos agujeros $y'y'$ cerca un extremo por donde puede insertarse la varilla horizontal de sección cuadrada como eje de suspensión del péndulo. Sea cuidadoso con el montaje del eje-varilla: su horizontalidad, firmeza de los puntos de suspensión, superficies de contacto mínimas con los ejes, etc. La masa del tubo m_t aparece en una tarjeta ligada al tubo, que usted desprenderá después de anotar su valor con su incertidumbre en la hoja W-3.

Compare su resultado experimental de I_{yy} con el que se obtiene de la teoría:

$$I_{yy\ teor} = (m_t/4)[R_i^2 + R_e^2 + L^2/3].$$

<u>Indique el valor experimental de $I_{y'y'}$ con su incertidumbre, el valor I_{yy} sin su incertidumbre, $I_{yy\ teor}$ sin incertidumbre y el error porcentual entre I_{yy} e $I_{yy\ teor}$ en la hoja W-4.</u>

TAREA 4- (5.0 puntos)

Monte el tubo acoplado al resorte vertical descompactado (resorte + masa acoplada) como muestra la Fig. 5, de modo que el tubo quede horizontal. Para el acople del resorte con el tubo mire la Fig.2 de la página W-2.

El momento de inercia de rotación del sistema montado en la Fig. 5 está afectado ahora tanto por la masa del tubo como por la del resorte, la cual se puede modelar como una partícula acoplada al tubo; el aporte del resorte al momento de inercia del sistema lo llamaremos *momento de inercia equivalente del resorte*, I_{eq}.

El objetivo de esta tarea es calcular este momento de inercia equivalente, I_{eq}, cuando oscila acoplado al tubo, respecto al eje *y'y'* horizontal que pasa cerca de un extremo. A partir del valor que usted determine experimentalmente para el momento de inercia del sistema tubo-resorte, I_{t-r}, debe calcular *el momento de inercia equivalente* I_{eq} del resorte.

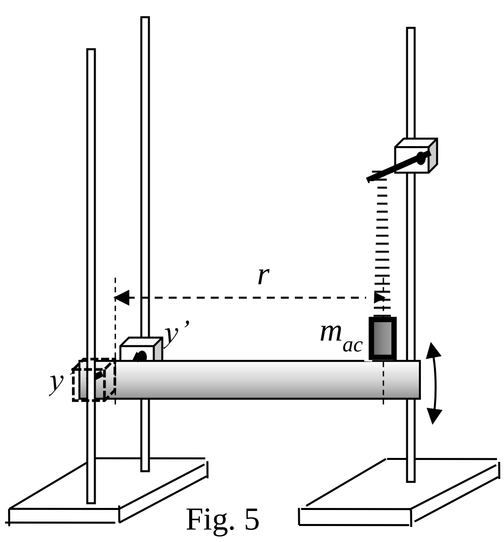

Fig. 5

Mida el período de oscilaciones varias veces y calcule el momento de inercia del sistema, I_{t-r}, respecto al eje *y'y'*.

Para calcular este valor I_{t-r} tenga en cuenta que el período de oscilaciones obedece la relación:

$$2\pi/T = \sqrt{kr^2/I_{t-r}}\ ,$$

donde r es aproximadamente la distancia entre el eje de oscilación y el punto de acoplamiento del resorte.

A partir de esta I_{t-r} calcule la I_{eq} del resorte, teniendo en cuenta el carácter aditivo del momento de inercia: $I_{t-r} = I_{yy'} + I_{eq}$.

Por otra parte, calcule el valor $I' = m_{eq}\, r^2$. Esta I' será el valor teórico del momento de inercia del resorte asumiendo que se comporta como una partícula colocada en el punto de acoplamiento del resorte.

Dentro del margen de los errores experimentales que usted deberá calcular: ¿se puede concluir que $I' = I_{eq}$ para su resorte descompactado, o son parámetros independientes en los modelos teóricos de las oscilaciones cuerpo-resorte y de las oscilaciones de una barra pendular horizontal? Escriba sus respuestas en la hoja W-9a.

Utilice la hoja W-9a para sus mediciones y cálculos (y las que añada, bien numeradas).

<u>Indique el valor de I_{eq} y el de I', con sus incertidumbres (así como su conclusión sobre si pueden considerarse iguales o no) en la hoja W-4.</u>

ATENCIÓN: El radio de los agujeros por donde pasa el eje *y'y'* es tan pequeño comparado con el largo del tubo que, en primera aproximación, puede considerar que el momento de inercia $I_{y'y'}$ es prácticamente el mismo cuando el eje *y'y'* sostenga al tubo por uno u otro punto del borde de los agujeros, como en las Figuras 4 y 5. La diferencia entre uno y otro valor es del orden del 1%.

TAREA 5- (3.5 puntos)

El quinto y último objetivo es calcular el factor de amortiguamiento exponencial de las oscilaciones del sistema tubo-resorte, con un montaje como el de la Fig. 6. (Coloque el “indicador” I en el extremo del tubo usando un pedazo de cinta adhesiva).

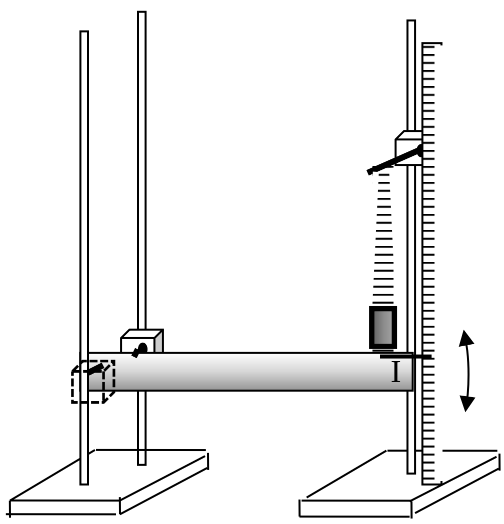

Fig. 6

Con este montaje, haga mediciones de la amplitud de oscilaciones del extremo libre de la barra desde 8.0 cm de amplitud hasta 4.0 cm de amplitud, anotando qué tiempo demora en reducir su amplitud, de 8 cm a 7 cm, de 8 a 6, de 8 a 5, de 8 a 4. Repita varias veces las mediciones de tiempo con los mismos intervalos.

Haga una tabla de amplitudes A y tiempos t, y determine gráficamente el valor de λ , asumiendo que la amplitud decrece aproximadamente por una ley del tipo $A = A_o e^{-\lambda t}$.

No se pide la incertidumbre de λ.

Incluya la tabla de valores y su grafico experimental en la hoja W-10a.

<u>Indique el valor de λ en la hoja W-4.</u>

Lista de valores en la hoja W-3 (1.0 punto)