Laboratorio de Ondas y Fluidos 201610

**experimento 6: osciladores acoplados por una cuerda**

**Luis Felipe Duarte L.**1 **Sofía Margarita Delgado B.**2

*1Departamento de Geociencias e Ingeniería Civil y Ambiental*

*2Departamento de Geociencias*

*Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia*

**14-03-2016**

**Resumen**

Oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo.

1. **Introducción**

Durante este estudio experimental, se pretende analizar y comprender la dinámica del movimiento oscilatorio en un sistema conformado por dos péndulos unidos por un conjunto de cuerdas que los acoplan, que producen una transferencia de energía mecánica de un péndulo a otro. Para este caso específico, el movimiento viene dado por las fuerzas proporcionales al desplazamiento transmitidas por el medio elástico que acopla los péndulos: la cuerda.

Debido al carácter periódico del movimiento que evidencia este sistema, es posible interpretarlo como un sistema que es forzado a oscilar armónicamente, evidenciado por el impulso que un péndulo le transfiere al otro cuando está estacionario para iniciar su movimiento.

La importancia física de éste tipo de sistemas es debido a la utilidad que muestra en el estudio de otros movimientos oscilatorios en una o más dimensiones, y en el estudio general de la teoría del caos.

Este movimiento presenta, debido a su periodicidad, resonancia con dos modos normales. Para iniciar, en el primer modo los péndulos oscilan con una frecuencia en fase de

**(1.1)**

**(1.2)**

El período de pulsación dado en la resonancia se encuentra dado por:

**(1.3)**

Y ha de tenerse en cuenta el tiempo en el que se transfiere toda la energía está dado por:

**(1.4)**

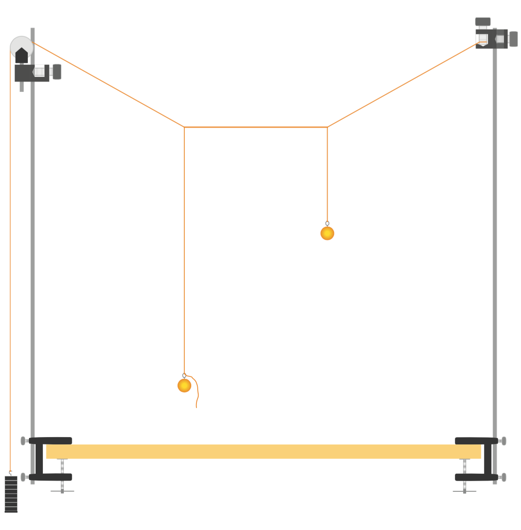
1. **Procedimiento experimental**

Para la práctica experimental se utilizaron soportes universales que implicó un sistema de cuerdas tensionado por la acción de una masa colgada de la cuerda principal que pasaba por una polea en uno de los extremos. Esta cuerda principal se encontraba atada fijamente a un extremo y del otro extremo se encontrabaja la polea con la masa; además, otras dos cuerdas pequeñas se amarraban a cualquier punto, cada una con una esfera de bronce colgando.

Tambien se utilizó un felxómetro para medir la longitud de las cuerdas, una regla para medir distancias entre nudos, un cronómetro para medir los períodos de oscilación, un transportador para medir el ángulo inicial de las esferas, y una balanza electrónica para pesar las esferas de bronce.

* 1. **Primera parte**

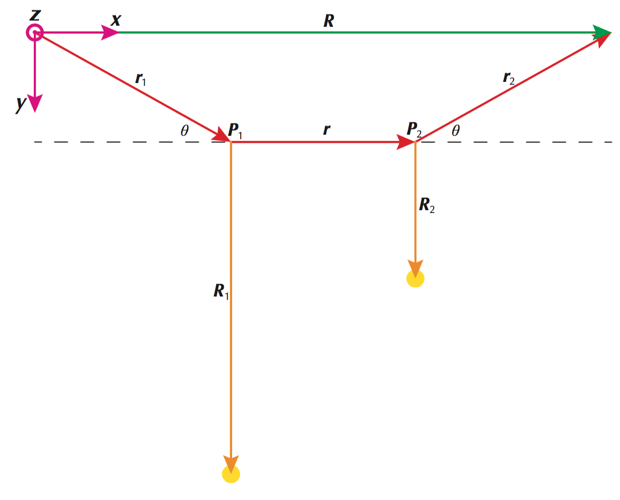
Inicialmente, se deja fija la longitud de un péndulo en 20 cm y el otro se varía en 3 cm en un rango cualquiera de 10 a 50 cm. Para esta parte los péndulos se dejan alejados 20 cm entre la cuerda principal y uno de ellos se desplaza un ángulo < 10º y se mide el período en el cual éste transfiere toda su energía al que inicialmente se encontraba en reposo. Seguidamente, se debe medir el período de pulsación para el péndulo fijo que se obtiene para 15 longitudes de cuerda del rango previamente establecido, incluyendo para cuando ambos péndulos miden 20 cm. La disposición del sistema se muestra acontinuación:



**Figura 1:** Organización del sistema.

* 1. **Segunda parte**

Dejando los péndulos separados 20 cm se deben ajustar en resonancia y medir el período de los modos normales y de la pulsación cuando la cuerda principal está siendo tensionada por la masa de 500g. Luego de esto, se deben separar los péndulos a una distancia de 40 cm y repetir todas mediciones. A continuación se muestra las cantidades vectoriales que participan en l movimiento:



**Figura 2:** Cantidades asociadas al sistema de péndulos.

Para esta parte del procedimiento se deben tomar los datos del ángulo , la longitud de la cuerda y las longitudes que hay de la cuerda a cada péndulo, denominadas y .

1. **Análisis de resultados**

Para iniciar es necesario hallar por separado la frecuencia natural para cada uno de los péndulos, que viene expresada por:

para esto, se consideraron las siguientes longitudes:

|  |  |
| --- | --- |
|  | |
|  |  |
| 0,20 | 0,09 |
| 0,11 |
| 0,14 |
| 0,17 |
| 0,20 |
| 0,23 |
| 0,26 |
| 0,29 |
| 0,32 |
| 0,35 |
| 0,38 |
| 0,41 |
| 0,44 |
| 0,47 |
| 0,50 |

**Tabla 1:** Longitudes escogidas para los péndulos.

Y con estas longitudes y la ecuación anterior se obtuvieron los valores para las frecuencias normales y la razón de estas dada por :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Dato |  |  |  |
| 1 | 10,44 | 7,00 | 1,49 |
| 2 | 9,44 | 1,35 |
| 3 | 8,37 | 1,20 |
| 4 | 7,60 | 1,08 |
| 5 | 7,00 | 1,00 |
| 6 | 6,53 | 0,93 |
| 7 | 6,14 | 0,88 |
| 8 | 5,82 | 0,83 |
| 9 | 5,54 | 0,79 |
| 10 | 5,29 | 0,76 |
| 11 | 5,08 | 0,73 |
| 12 | 4,89 | 0,70 |
| 13 | 4,72 | 0,67 |
| 14 | 4,57 | 0,65 |
| 15 | 4,43 | 0,63 |

**Tabla 2:**Valores de las frecuencias naturales y su razón

Además, se midierons 2 datos para los períodos de pulsación y se promediaron con lo que se obtuvo:

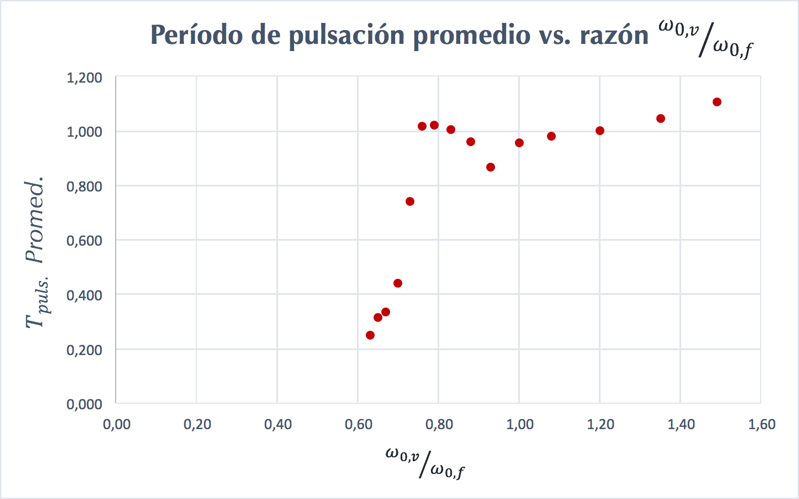
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| 0,09 | 1,090 | 1,105 |
| 1,120 |
| 0,11 | 1,070 | 1,045 |
| 1,020 |
| 0,14 | 1,010 | 1,000 |
| 0,990 |
| 0,17 | 0,990 | 0,980 |
| 0,970 |
| 0,20 | 0,950 | 0,955 |
| 0,960 |
| 0,23 | 0,810 | 0,865 |
| 0,920 |
| 0,26 | 0,940 | 0,960 |
| 0,980 |
| 0,29 | 1,006 | 1,004 |
| 1,001 |
| 0,32 | 1,010 | 1,020 |
| 1,030 |
| 0,35 | 1,060 | 1,015 |
| 0,970 |
| 0,38 | 0,810 | 0,740 |
| 0,670 |
| 0,41 | 0,450 | 0,440 |
| 0,430 |
| 0,44 | 0,330 | 0,335 |
| 0,340 |
| 0,47 | 0,340 | 0,315 |
| 0,290 |
| 0,50 | 0,260 | 0,250 |
| 0,240 |

**Tabla 3:** Datos de los períodos de pulsación medidos.

En cuanto a estos datos es importante decir que a simple vista no ofrecerán resultados muy satisfactorios, puesto que la manera en como se presentan no evidencia ningún tipo de patrón ascendiente, decreciente o de multiplicidad, tal como sucedió con los valores de las frecuencias naturales calculadas. Sino que envés de esto, muestran un comportamiento aleatorio en el que la tendencia de los datos es primero a decrecer, luego crecer, y finalmente volver a decrecer hasta el valor mínimo en 0,50 m.

Esto puede verse atribuido a las fuentes de error correspondientes a los retrasos en la respuesta humana al medir los períodos con el cronómetro; pero particularmente, a la dificultad que ofrecía el sistema en evidenciar el momento justo de la pulsación.

Con estos datos obtenidos, es posible graficar el período de pulsación en función de la razón de las frecuencias naturales de los péndulos obteniendo:



**Figura 3:** Gráfica del vs. razón de .

Según la Figura 3, es posible identificar la resonancia a la que se encuentra el sistema, que para este caso ocurre a los a partir del momento en el que el péndulo que se mueve inicia su movimiento.

Esta gráfica resulta poseer un patrón de comportamiento distinguible de los datos: si fuese posible obtener una distribución ideal de los datos parecería la gráfica de una función trigonométrica modulada por una exponencial descendiente.

Además, es posible observar que pareciera tener una forma similar a la gráfica obtenida cuando se considera un movimiento oscilatorio amortiguado. Y en efecto, este sistema puede pensarse de la siguiente manera: cuando uno de los péndulos empieza a moverse y le cede su energía al que inicialmente se encontraba estático, la transferencia de energía a través del elemento que acopla los péndulos (en este caso la cuerda) se puede interpretar como factor que amortigua el movimiento del primer péndulo, hasta que lo hace detener; y de misma forma sucede cuando el segundo péndulo (estático en el tiempo 0) ha adquirido toda la energía e inicia la transferencia a través de la cuerda hacia el primer péndulo de nuevo. Esto, además de la fricción pueden verse como factores que amortiguan el movimiento del sistema.

SOOOF

1. **Conclusiones**

* Las fuerzas proporcionales al desplazamiento que experimenta la cuerda que acopla los péndulos conectándolos de sus puntos de suspensión, se traducen en energía mecánica que el péndulo en movimiento transfiere gradualmente al estático, haciéndolo aumentar su amplitud.
* La transferencia de energía mecánica mediante el medio acoplante: la cuerda, actúa como amoritugante del movimiento de los péndulos; así como también hace que exista una resonancia específica para el movimiento asociado a los péndulos.

SOOOF

1. **Referencias**
2. [Sears Francis W.](http://www.amazon.com/s/ref=ntt_athr_dp_sr_1?_encoding=UTF8&sort=relevancerank&search-alias=books&field-author=SEARS%20FRANCIS%20W.), [Freedman Roger A.](http://www.amazon.com/s/ref=ntt_athr_dp_sr_2?_encoding=UTF8&sort=relevancerank&search-alias=books&field-author=FREEDMAN%20ROGER%20A.), Young Hugh, [Zemansky Mark W.](http://www.amazon.com/s/ref=ntt_athr_dp_sr_4?_encoding=UTF8&sort=relevancerank&search-alias=books&field-author=ZEMANSKY%20MARK%20W.) *Física Universitaria Volumen 2 (*Pearson Educación, 11 Edición, 2004)
3. [Sears Francis W.](http://www.amazon.com/s/ref=ntt_athr_dp_sr_1?_encoding=UTF8&sort=relevancerank&search-alias=books&field-author=SEARS%20FRANCIS%20W.), [Freedman Roger A.](http://www.amazon.com/s/ref=ntt_athr_dp_sr_2?_encoding=UTF8&sort=relevancerank&search-alias=books&field-author=FREEDMAN%20ROGER%20A.), Young Hugh, [Zemansky Mark W.](http://www.amazon.com/s/ref=ntt_athr_dp_sr_4?_encoding=UTF8&sort=relevancerank&search-alias=books&field-author=ZEMANSKY%20MARK%20W.) *Física Universitaria Volumen 1 (*Pearson Educación, 11 Edición, 2004)
4. Es útil citar la guía de laboratorio y las guías que vienen con el equipo que se este usando.
5. **Apéndice**

Solo si es necesario complementar algún detalle del informe.

La fuente que se ha usado en este formato se llama Optima, consulte en la red como instalar la fuente en su sistema operativo (es muy fácil). Esto le permitirá usarla en su editor de texto.

No se recibirán informes con otro tipo de fuente.

No modifique el formato y sus margenes.

Se recomienda que una vez terminado su informe, lo convierta a formato PDF. De este modo no tendra problemas para realizar su impresión en cualquier computador diferente al personal.