



Manual de Practicas

Código

FGA-73 v.00

Página

1 de 3

Formando líderes para la
construcción de un nuevo
país en paz

**MANUAL LABORATORIO DE
OSICILACIONES Y ONDAS**



DEPARTAMENTO DE FISICA

**FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS
DEPARTAMENTO DE FISICA
VILLA DEL ROSARIO, NORTE DE SANTANDER,
COLOMBIA
2025**

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	2 de 3

INDICE DE CONTENIDO
Introducción
Normas de seguridad
Practica 1: Péndulo Simple
Practica 2: Péndulo compuesto
Practica 3: sistema masa-resorte
Practica 4: Péndulo de torsión
Practica 5: Ley de Reflexión y Refracción de la luz
Practica 6: Aplicaciones a la ley de Snell
Practica 7: Formación de imágenes
Practica 8: Interferencia
Practica 9 Ondas estacionarias en una cuerda
Practica 10: Difracción

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	3 de 3



INTRODUCCION

El laboratorio de Ondas constituye un componente fundamental en la formación académica de los estudiantes del área de ciencias físicas, ya que permite comprender, mediante la experimentación, los principios que rigen los fenómenos ondulatorios en diferentes contextos. Este espacio promueve la integración entre teoría y práctica, el desarrollo de habilidades en la toma de datos, la interpretación de fenómenos físicos y el análisis cuantitativo de resultados. El curso de Ondas aborda conceptos fundamentales como el movimiento armónico simple, la propagación de perturbaciones en medios materiales, la superposición de ondas, la óptica geométrica y la óptica física. Las prácticas diseñadas para este laboratorio están estructuradas de manera progresiva, con el fin de fortalecer el aprendizaje significativo a partir de la observación, la medición, el modelado matemático y la validación experimental de las leyes físicas.

Las primeras prácticas, como el **Péndulo Simple**, el **Péndulo Compuesto**, el **Sistema Masa-Resorte** y el **Péndulo de Torsión**, introducen al estudiante al estudio del **movimiento oscilatorio**, permitiendo explorar variables como el periodo, la frecuencia, la amplitud y la constante de restitución, las cuales son esenciales para la comprensión del movimiento armónico simple y compuesto.

A continuación, el curso se adentra en la **óptica geométrica**, a través de prácticas como la **Ley de Reflexión y Refracción**, y la **Aplicación de la Ley de Snell**, donde se analizan las trayectorias de la luz al pasar por diferentes medios, verificando experimentalmente los principios que rigen estos fenómenos. La **Formación de Imágenes** complementa esta etapa, permitiendo comprender la construcción óptica de imágenes mediante lentes y espejos, y su relación con las ecuaciones que gobiernan estos sistemas.

Finalmente, el laboratorio se enfoca en fenómenos propios de la **óptica física y la teoría ondulatoria**, tales como la **Interferencia**, las **Ondas Estacionarias en una Cuerda**, y la **Difracción**, que permiten estudiar efectos característicos de la superposición de ondas y la naturaleza dual de la luz. Estas prácticas no solo fortalecen el conocimiento conceptual, sino que también ofrecen al estudiante una experiencia directa con fenómenos complejos, que en muchas ocasiones resultan abstractos en el tratamiento puramente teórico.

En conjunto, este laboratorio busca que el estudiante desarrolle una comprensión integral de los fenómenos ondulatorios, desde los movimientos oscilatorios simples hasta la propagación de ondas mecánicas y electromagnéticas. Además, fomenta el pensamiento crítico, la rigurosidad experimental y el análisis cuantitativo, habilidades esenciales para su formación científica y profesional.

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	4 de 3

--

NORMAS DE SEGURIDAD

Con el fin de garantizar un ambiente seguro y propicio para el desarrollo de actividades académicas en el laboratorio de Ondas, los estudiantes deberán cumplir con las siguientes normas de seguridad. Estas normas se ajustan a las prácticas que incluyen sistemas oscilatorios, óptica geométrica y física, y el uso de elementos eléctricos y estructuras suspendidas.

1. Normas generales de ingreso y comportamiento

El ingreso al laboratorio solo está permitido bajo la supervisión de un docente o monitor encargado.

Los estudiantes deben presentarse con vestimenta adecuada: bata de laboratorio (preferiblemente blanca), cabello recogido y calzado cerrado.

Está prohibido ingerir alimentos o bebidas dentro del laboratorio.

Mantenga una conducta seria, responsable y sin juegos o distracciones que pongan en riesgo la integridad propia o de los demás.

2. Prevención ante riesgos eléctricos

Todas las tomas eléctricas **están debidamente señalizadas**; está prohibido conectar dispositivos sin autorización expresa del docente.

No manipular cables o conexiones si se tienen las manos húmedas o mojadas.

Verificar que los **cables colgantes** no interfieran con las zonas de paso ni con las áreas de trabajo. Se debe evitar colgar o enganchar elementos sobre ellos.

En caso de observar daños en cables, enchufes o equipos eléctricos, reportarlo de inmediato y **no intentar repararlos por cuenta propia**.

3. Seguridad durante la ejecución de prácticas

Leer y comprender las instrucciones de cada práctica antes de manipular los materiales.

Manejar con precaución los equipos ópticos, soportes, lentes, espejos y fuentes de luz.

Al trabajar con **luz láser o intensa**, evitar el contacto directo con los ojos; nunca observar una fuente láser directamente.

Asegurar bien los sistemas oscilatorios (como péndulos, resortes y cuerdas) antes de su liberación para evitar movimientos descontrolados o impactos.

Mantener despejadas las áreas alrededor de los **sistemas de oscilación o ondas estacionarias en cuerda** para prevenir accidentes por proyección o caída de objetos.

4. Seguridad óptica y mecánica

Utilizar guantes si se manipulan fuentes de calor o soportes metálicos expuestos a fricción.

No colocar las manos en las trayectorias de péndulos o masas oscilantes durante su movimiento.

En prácticas de difracción o interferencia, cuidar los sistemas de montaje y evitar el contacto innecesario con componentes sensibles (rejillas, ranuras, espejos planos).

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	5 de 3

5. Medidas ante emergencias

Conocer la **ubicación del botiquín de primeros auxilios**, del **extintor**, y de la **ruta de evacuación**, los cuales están señalizados dentro del laboratorio.

En caso de accidente o caída de equipo, mantener la calma y reportarlo inmediatamente al docente responsable.

No intentar mover por cuenta propia ningún equipo dañado o que haya sufrido una descarga.

6. Al finalizar la práctica

Apagar las fuentes de alimentación eléctrica y desconectar cuidadosamente los dispositivos utilizados.

Limpiar el área de trabajo y dejar el material en el lugar asignado.

Verificar que no queden cables sueltos o estructuras inestables antes de abandonar el laboratorio.

No salir del laboratorio sin la revisión final del docente o monitor.

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	6 de 3



Practica 1: Péndulo Simple

1.1 OBJETIVOS

1. Determinar la dependencia del periodo de oscilación del péndulo simple
2. Calcular el periodo de un péndulo simple en función de su longitud, ángulo inicial y su masa.
3. Encontrar de manera experimental el valor de la gravedad en el laboratorio y su error relativo utilizando las mediciones del periodo de oscilación del péndulo simple.
4. Observar los fenómenos físicos que intervienen en el experimento.

1.2 MATERIALES UTILIZADOS

CANTIDAD	EQUIPO REQUERIDO
1	Soporte metálico
1	Cuerda
1	Transportador (180°)
1	Metro
4	Masas de diferente valor
1	Cronometro (Debe traerlo el Estudiante)
2	Hojas de papel milimétrico (Debe traerlas el Estudiante)

1.3 MARCO TEORICO

Uno de los movimientos más observados en la naturaleza es el movimiento oscilatorio, de todos los movimientos oscilatorios el más importante es el movimiento armónico simple (MAS), un ejemplo de MAS es el movimiento de un péndulo simple, el cual consiste en una partícula de masa m , suspendida de un hilo de longitud l y masa despreciable.

PERIODO DE UN PENDULO SIMPLE

Si se desplaza el péndulo de su posición de equilibrio y se suelta, este realizara oscilaciones alrededor de la vertical, con un periodo de oscilación T , que se determina a partir de la dinámica de la partícula.



La partícula oscila sin fricción entre el punto de suspensión. Cuando el hilo forma un ángulo θ , con la vertical la fuerza restauradora está determinada por:

$$F_R = -mg \sin \theta = ma_T = m \frac{d^2 s}{dt^2} = ml \frac{d^2 \theta}{dt^2} \quad (1.1)$$

$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} = -\frac{g}{l} \sin \theta \quad (1.2)$$

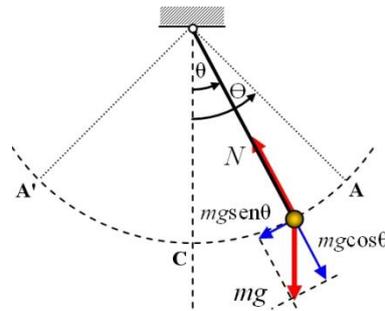


Figura 1.1: Esquema del péndulo simple

La ecuación diferencial de la partícula es:

$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} + \frac{g}{l} \sin \theta = 0 \quad (1.3)$$

Si consideramos que el ángulo θ es pequeño se puede realizar la aproximación $\sin \theta \cong \theta$, con esto la ecuación 1.3 se convierte en:

$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} + \frac{g}{l} \theta = 0 \quad (1.4)$$

Comparamos la ecuación 1.4 con la ecuación diferencial del MAS y podemos concluir que la frecuencia de oscilación es:

$$w = \sqrt{g/l} \quad (1.5)$$

Con este resultado el periodo de oscilación es:

$$T = 2\pi\sqrt{l/g} \quad (1.6)$$

Esta última ecuación relaciona el periodo de oscilación de un péndulo con la longitud del mismo

1.4 CUESTIONARIO:



1. Consultar más sobre el péndulo simple
2. Realizar con detalle el desarrollo de las ecuaciones 1.1-1.6

1.5 PROCEDIMIENTO

1. Realice el montaje del péndulo como se ilustra en la Figura 1.2 o Figura 1.3.

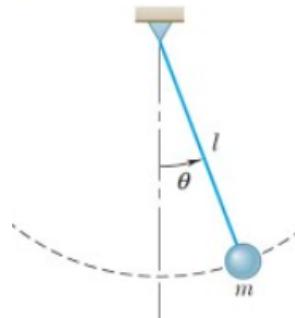


Figura 1.2: Montaje para la determinación del periodo de un péndulo simple

2. Saque el péndulo del equilibrio para cuatro valores de ángulos diferentes entre 0 y 5 grados, regístrelos en la Tabla 1.1
3. Tome la medición del tiempo que tarda el péndulo en realizar 5 oscilaciones completas
4. Repita la medición anterior cuatro veces más para cada uno de los ángulos
5. Determine su periodo y registre en la Tabla 1.1
6. Calcule el periodo teórico con la ecuación 1.6
7. Calcule el promedio del periodo calculado y el porcentaje de error entre el periodo calculado y el teórico

θ	$l =$ $m =$							Periodo Teórico:			
	t_1	T_1	t_2	T_2	t_3	T_3	t_4	T_4	Promedio T (s)	T (Promedio Experimental)	% error

Tabla 1.1: Influencia del ángulo en el periodo del péndulo simple

8. Saque el péndulo del equilibrio un ángulo de 5° y repita el procedimiento del paso 3,4,5,6,7, pero en lugar de variar el ángulo del péndulo, varié la masa y la longitud del

péndulo según se indica en la Tabla 1.2 y 1.3



Figura 1.2: Diagrama del péndulo simple

m	$l =$ $\theta = 5^\circ$							Periodo Teórico:				
	t_1	T_1	t_2	T_2	t_3	T_3	t_4	T_4	Promedio T (s)	periodo Experimental	% error	

Tabla 1.2: Influencia de la masa en el periodo del péndulo simple

l	$m =$ $\theta = 5^\circ$							Periodo Teórico:				
	t_1	T_1	t_2	T_2	t_3	T_3	t_4	T_4	Promedio T (s)	periodo Experimental	% error	

Tabla 1.3: Influencia de la longitud en el periodo del péndulo simple

PARTE 2: Restricciones para considerar el movimiento del péndulo simple un MAS

- Saque el péndulo del equilibrio un ángulo de 60° con la masa y longitud utilizada en la tabla 1.1 y tome la medición del tiempo que tarda el péndulo en realizar 5 oscilaciones completas. Complete la tabla

MEDICION:	TIEMPO (5 OSC)	PERIODO
$L =$		
$\theta = 60^\circ$		
$m =$		
1.		
2.		
3.		

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	10 de 3

4.				
5.			Periodo calculado	%error
PROMEDIO				

10. Saque el péndulo del equilibrio un ángulo de 5° y tome la medición del tiempo que tarda el péndulo en realizar 40 oscilaciones con la masa y longitud utilizada en la tabla 1.1

MEDICION: L= $\theta = 5^\circ$ m=	TIEMPO (40 OSC)	PERIODO		
1.				
2.				
3.				
4.				
5.			Periodo calculado	%error
PROMEDIO				

Gravedad experimental	% error

1.6 PREGUNTAS DE CONTROL

1. Con los datos de la tabla 1.1, determine el periodo de oscilación del péndulo para cada dato usando la fórmula: $T = \text{tiempo} / \# \text{ de oscilaciones}$ y registre sus resultados en la tabla 1.1, y proceda a sacar el promedio de los periodos.

2. Calcule el periodo calculado a partir de la ecuación:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

3. calcule el porcentaje de error entre los dos valores obtenidos.

$$\%E = \left| \frac{V_{exp} - V_{teo}}{V_{teo}} \right| \times 100\%$$

4. Repita el análisis anterior para los datos de la tabla 1.2, y 1.3

5. Con los datos de la Tabla 1.3, utilice el método de regresión lineal y determine el valor de la aceleración de la gravedad en el laboratorio.

6. ¿Qué concluye sobre la dependencia del periodo de oscilación del péndulo con la masa del cuerpo oscilante y la longitud de la cuerda?

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	11 de 3

7. A partir de los datos obtenidos en la segunda parte, analice que aproximación se está violando o que condición física deja de cumplirse según el modelo de pequeñas oscilaciones.
8. Enuncie las fuentes de error presentes en el montaje del péndulo simple del laboratorio y como desde una perspectiva física e ingenieril las disminuiría o eliminaría totalmente.

1.7 BIBLIOGRAFIA

- Alonso, M. y Finn, E. J., Física, vol. I y II, Edición Revisada y Aumentada, Mecánica, Fondo Educativo Interamericano, 1967, Reimpresión 1998 (Texto Guía).
- Serway, Raymond Calibri (Cuerpo). A., Física, Tomo 1, 5ª ed. McGraw-Hill, Bogotá, 1999.
- Sears, F., Zemansky., Young G. y Freedman, R. Física Universitaria, vol. I 9ª Ed. Addison-Weslet Longman, México, 1999.



Practica 2 Péndulo Físico o Compuesto

2.1 OBJETIVOS

Estudio experimental del péndulo compuesto o físico y determinación mediante éste la aceleración de la gravedad. Estudiando el concepto de momento de inercia y su relación con los conceptos dinámicos.

2.2 MATERIALES UTILIZADOS

CANTIDAD	EQUIPO REQUERIDO
1	Péndulo compuesto
1	Cinta métrica
1	Masa ajustable
1	Cronometro (Debe traerlo el Estudiante)
2	Hojas de papel milimétrico (Debe traerlas el Estudiante)

2.3 MARCO TEORICO

Un péndulo compuesto o físico es cualquier cuerpo rígido que puede oscilar libremente alrededor de un eje horizontal. En consecuencia, la posición de este cuerpo está determinada, en cualquier instante de tiempo, por el ángulo θ que dicho cuerpo forma con la vertical, tal como se indica en la Figura 2.1. Cuando el cuerpo se separa de la posición de equilibrio y se suelta, presentará un movimiento oscilatorio. Empleando la ecuación de la dinámica rotacional:

$$\tau = I\alpha \quad (2.1)$$

Donde τ es el torque aplicado, I es el momento de inercia del péndulo físico y α es la aceleración angular del péndulo.

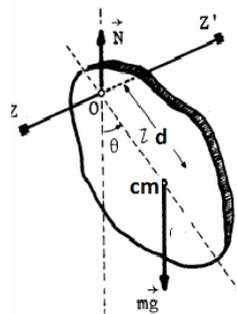


Figura 2.1: Péndulo Compuesto

La componente del peso del centro de masa, que es perpendicular al eje del péndulo compuesto produce un torque, con respecto al punto de giro O del péndulo, este torque es

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	13 de 3

$$\tau = -mgd \sin \theta \quad (2.2)$$

Donde el signo negativo debe entenderse como que este momento es opuesto a la rotación, es decir es un momento recuperador.

Tomando la ecuación 2.2 y la definición de la aceleración angular $\alpha = \frac{d^2\theta}{dt^2}$, la ecuación 2.1 se convierte en

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{mgd}{I} \sin \theta = 0 \quad (2.3)$$

Si consideramos que el ángulo θ es pequeño se puede realizar la aproximación $\sin \theta \cong \theta$, llegando a la ecuación de onda para pequeñas oscilaciones del péndulo compuesto.

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{mgd}{I} \theta = 0 \quad (2.4)$$

De esta ecuación se puede observar que el periodo de oscilación es:

$$T = 2\pi\sqrt{I/mgd} \quad (2.5)$$

2.4 CUESTIONARIO

1. Consultar el momento de inercia de diferentes cuerpos (varilla y masa puntual)
2. Consultar el teorema de Steiner de los ejes paralelos
3. Consultar la posición centro de masa de un péndulo compuesto

2.5 PROCEDIMIENTO

1. Realice el montaje del péndulo compuesto como se ilustra en la Figura 2.2



Figura 2.2: Montaje para la determinación del periodo de un péndulo compuesto

2. Tome la medición del tiempo que tarda el péndulo en realizar 5 oscilaciones completas
3. Repita la medición anterior cuatro veces más para el ángulo inicial
4. Determine su periodo y registre en la Tabla 2.1
5. Repita los pasos anteriores y calcule el periodo para diferentes distancias de la masa



m y regístrelos en la Tabla 2.1

6. Calcule el periodo teórico con la ecuación 2.5
7. Calcule el promedio del periodo calculado y el porcentaje de error entre el periodo calculado y el teórico

Distancia de la masa l(mm)	<i>Longitud de la varilla 50cm</i>										
	<i>Masa de la varilla M=420g</i>										
	<i>Masa de la pesa m=500g</i>										
	t ₁	T ₁	t ₂	T ₂	t ₃	T ₃	t ₄	T ₄	periodo experimental	Periodo teórico	% error

Tabla 2.1: Influencia de la longitud en el periodo del péndulo compuesto

8. Utilice la masa de la varilla, la longitud de la varilla y la masa de la pesa para calcular el momento de inercia del péndulo compuesto, para cada una de las distancias de la Tabla 2.1 y registre en la Tabla 2.2. La distancia del punto de giro al extremo superior de la varilla es 0.5cm debe tenerlo en cuenta en cada procedimiento.
9. Con los mismos datos utilizados en el numeral anterior calcule el centro de masa del péndulo compuesto, para cada una de las distancias de la Tabla 2.1 y registre en la Tabla 2.2.
10. Realice una gráfica de T Vs l/d
11. ¿Qué tipo de grafica obtuvo? En caso de no ser lineal que sustitución le permite linealizar la curva.
12. Después de linealizar la curva, calcule la pendiente de la misma.
13. Calcule la gravedad para cada uno de los valores utilizando la ecuación 2.5 y regístrelos en la Tabla 2.2.
14. Repetir el numeral anterior pero esta vez utilizando regresión lineal

Distancia l(mm)	Momento de Inercia I(Kgm²)	Centro de masa d(mm)	Gravedad g(m/s²)	Gravedad promedio teórica

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	15 de 3

Tabla 2.2: Cálculos a Realizar

Gravedad experimental	% error

2.6 PREGUNTAS DE CONTROL

1. ¿Cómo afecta el valor de la distancia de la masa el valor del centro de masa?
2. ¿Cómo afecta el valor de la distancia de la masa el valor del centro del momento de inercia?
3. ¿Cómo afecta el valor de la distancia de la masa el valor del centro de la gravedad?
4. ¿Qué factores cree que influyeron en las mediciones realizadas?
5. ¿Qué significado físico tiene la pendiente del numeral 12?

2.7 BIBLIOGRAFIA

- Alonso, M. y Finn, E. J., Física, vol. I y II, Edición Revisada y Aumentada, Mecánica, Fondo Educativo Interamericano, 1967, Reimpresión 1998 (Texto Guía).
- Serway, Raymond Calibri (Cuerpo). A., Física, Tomo 1, 5ª ed. McGraw-Hill, Bogotá, 1999.
- Sears, F., Zemansky., Young G. y Freedman, R. Física Universitaria, vol. I 9ª Ed. Addison-Weslet Longman, México, 1999.



Practica 3:

Sistema masa Resorte

3.1 OBJETIVOS

1. Estudiar la dinámica del movimiento armónico simple (MAS).
2. Determinar la dependencia del periodo de oscilación del sistema masa resorte con los parámetros físicos del sistema.
3. Estudiar las condiciones bajo las cuales el movimiento del sistema masa resorte puede modelarse como un MAS.

3.2 MATERIALES UTILIZADOS

CANTIDAD	EQUIPO REQUERIDO
4	Resortes con diferentes constantes elásticas
1	Cinta métrica
1	Conjunto de masas cilíndricas
1	Cronometro (Debe traerlo el Estudiante)

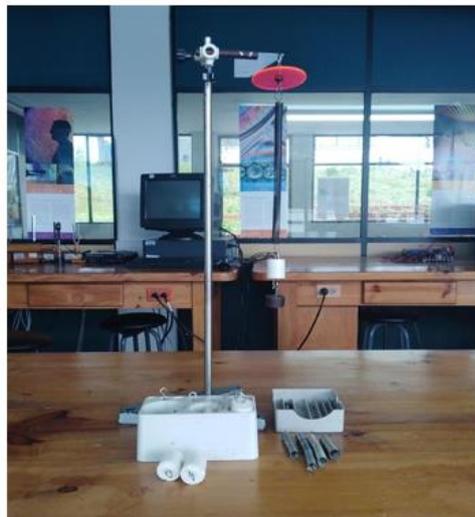


Figura 3.1: Montaje sistema resorte

3.3 MARCO TEORICO

En esta práctica se analizan las oscilaciones del sistema masa resorte. Este sistema consiste de un resorte considerado en su régimen elástico, esto es, el régimen donde las deformaciones producidas en un cuerpo son tales que después de retirada la tensión que las produjo permite que el cuerpo recupere su forma inicial, donde la tensión es producida por el peso de una masa suspendida en uno de sus extremos.

La teoría de deformaciones de los cuerpos es estudiada por la mecánica de los medios continuos, donde se establecen tres regímenes para un cuerpo deformado, el régimen de



elasticidad lineal donde las deformaciones son proporcionales a las tensiones aplicadas, el régimen de deformación elástica no lineal, el régimen de plasticidad donde el cuerpo ya no recupera su forma inicial y finalmente el régimen de fractura donde el cuerpo no soporta la tensión aplicada (ver Figura 3.1).

El sistema masa-resorte es un modelo muy apropiado para la observación de la elasticidad lineal de los cuerpos. El resorte está caracterizado por una constante elástica conocida como constante de restitución del resorte, k , o módulo de Hooke, en honor al físico que describió la fuerza restauradora del resorte en la forma $F = -kx$. Una fuerza restauradora proporcional y en dirección opuesta al desplazamiento genera oscilaciones, las cuales serán armónicas simples si la masa del resorte se puede despreciar en relación a la masa m que produce la tensión, y si el resorte no es deformado fuera de su régimen de elasticidad lineal.

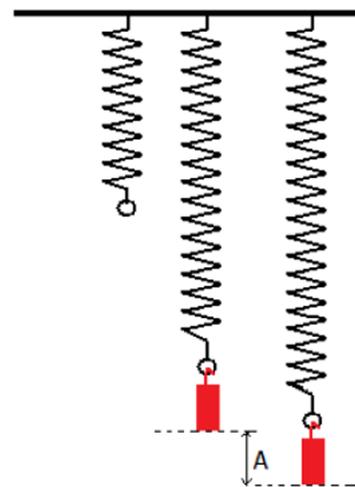
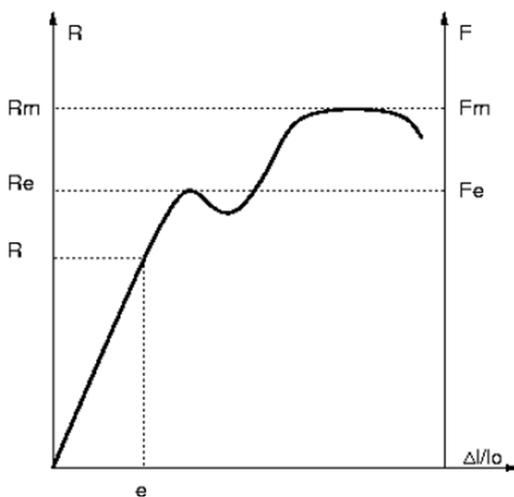
Bajo estas consideraciones podemos determinar el comportamiento de las oscilaciones aplicando la segunda ley de Newton al movimiento de la masa m . Tomando la dirección y como la dirección de las deformaciones tenemos

$$F = ma = m \frac{d^2y}{dt^2} = -ky \tag{3.1}$$

De donde se deduce la ecuación diferencial:

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -\frac{k}{m}y = \omega^2 y \tag{3.2}$$

Ecuación diferencial que corresponde con la ecuación de un MAS.



	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	18 de 3

Figura 3.1. Curva de Tensión - deformación para un acero de baja fluencia (izquierda). Sistema oscilante masa-resorte (derecha).

3.4 CUESTIONARIO:

Estas preguntas deben desarrollarse antes de la realización de la práctica y debe entregarse en el pre-informe según indicaciones del docente.

1. ¿Qué consideraciones son necesarias para considerar el sistema masa resorte como un sistema que realiza oscilaciones armónicas simples?
2. ¿Por qué una fuerza directamente proporcional y en dirección opuesta al desplazamiento produce un MAS?
3. Construya las curvas de energía cinética y energía potencial como función del desplazamiento para la masa oscilante.
4. Enuncie la ley de Hooke y las características de un cuerpo elástico

3.5 PROCEDIMIENTO

Primera parte: Dependencia de la frecuencia angular de los parámetros físicos del sistema.

Seleccione una masa y un resorte, suspenda la masa en un extremo del resorte y registre la deformación producida " Δx ", utilice esta información y la ley de Hooke para determinar la constante de elasticidad del resorte; repita este procedimiento para otros dos resortes. (Nota: seleccione los mejores resortes de acuerdo a la teoría)

1. Realice el montaje del sistema masa-resorte para generar las oscilaciones, Figura 3.1. Seleccionando una masa " m_1 " (no tan pequeña) y un resorte de constante " K_1 " registre estos datos en la tabla 1.
2. Mida la longitud desde el extremo superior del resorte hasta el extremo final de la masa que colgó, este valor es llamado la posición de equilibrio del sistema masa-resorte.
3. Determine el 5% de la longitud calculada anteriormente, este valor lo denominamos amplitud de oscilación.
4. Estire la masa de la posición de equilibrio hasta el valor de la amplitud de oscilación; con el uso del cronometro mida el tiempo de 5 oscilaciones, registre el valor obtenido en la tabla 1.
5. Repita el experimento 5 veces y registre los datos en la tabla 1.



Medición $m_1 [Kg] =$ $K_1 [N/m] =$	Tiempo de 5 oscilaciones [s]	Periodo [s]		
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
			Periodo Calculado	% Error
Promedio				

Tabla 1.

6. Realice nuevamente los pasos del 1 al 5, dejando el mismo resorte pero escoja ahora dos masas oscilantes diferentes " m_2 " y " m_3 ", registre los datos obtenidos en las tablas 2 y 3 respectivamente; se sugiere que las masas que escoja aumenten en valor progresivamente.

Medición $m_2 [Kg] =$ $k_1 [N/m] =$	Tiempo de 5 oscilaciones [s]	Periodo [s]		
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
			Periodo Calculado	% Error
Promedio				

Tabla 2.

Medición $m_3 [Kg] =$ $K_1 [N/m] =$	Tiempo de 5 oscilaciones [s]	Periodo [s]		
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
			Periodo Calculado	% Error
Promedio				

Tabla 3.

7. Utilizando la masa m_3 , realice el mismo experimento descrito en los pasos del 1 al 5, pero ahora seleccione dos resortes diferentes " K_2 " y " K_3 " a los cuales ya les calculo la constante de elasticidad. Registre sus resultados en la tabla 4 y 5.

Medición m_3 [Kg] = K_2 [N/m] =	Tiempo de 5 oscilaciones [s]	Periodo [s]		
1.				
2.				
3.				
4.				
5.			Periodo Calculado	% Error
Promedio				

Tabla 4.

Medición m_3 [Kg] = K_3 [N/m] =	Tiempo de 5 oscilaciones [s]	Periodo [s]		
1.				
2.				
3.				
4.				
5.			Periodo Calculado	% Error
Promedio				

Tabla 5.

Segunda parte: Restricciones para considerar el movimiento del sistema masa-resorte un M.A.S

Para la masa y longitud utilizada en el paso 1 de la primera parte:

1. Seleccione el sistema masa-resorte que utilizo en la tabla 3, es decir el de masa m_3 y constante K_1 .
2. Ahora saque la masa anteriormente seleccionada de su posición de equilibrio una distancia igual al 30% de la longitud del resorte en equilibrio, registre el tiempo de 5 oscilaciones.
3. Repita la medición anterior por lo menos cinco veces, registre estas mediciones en la tabla 6.
4. Saque la masa de su posición de equilibrio una distancia igual al 5% de la longitud de equilibrio, tome la medición del tiempo que tarda el sistema masa resorte en realizar 40 oscilaciones completas.
5. Repita la medición anterior por lo menos cinco veces, registre estos datos en la tabla 7.

Medición m [Kg] = K [N/m] =	Tiempo de 5 oscilaciones [s]	Periodo [s]		
1.				
2.				
3.				
4.				
5.			Periodo Calculado	% Error
Promedio				

Tabla 6.

Medición m [Kg] = K [N/m] =	Tiempo de 40 oscilaciones [s]	Periodo [s]		
1.				
2.				
3.				
4.				
5.			Periodo Calculado	% Error
Promedio				

Tabla 7.

3.6 ANALISIS DE DATOS

- Con los datos de la tabla 1, determine el periodo de oscilación del péndulo para cada dato usando la fórmula: $T = \text{tiempo} / \# \text{ de oscilaciones}$, registre sus resultados en la tabla 1 y proceda a sacar el promedio de los periodos.
- Calcule el periodo calculado a partir de la ecuación $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ y el porcentaje de error entre los dos valores obtenidos.

$$\%E = \left| \frac{V_{exp} - V_{teo}}{V_{teo}} \right| \times 100\%$$

- Repita el análisis anterior para los datos de la tabla 2, 3, 4, 5, 6 y 7.
- Realice una gráfica del cuadrado del periodo vs masa oscilante, para ello tome los periodos promedio y las masas de la tabla 1, tabla 2 y tabla 3.
- Realice una gráfica del cuadrado del periodo vs el inverso de las constantes del resorte " T^2 vs k^{-1} ", para ello tome los periodos promedio y las constantes de elasticidad de la tabla 3, tabla 4 y tabla 5.

3.7 PREGUNTAS DE CONTROL

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	22 de 3

1. ¿Qué concluye sobre la dependencia del periodo de oscilación del sistema con la masa del cuerpo oscilante y la constante elástica del resorte?
2. A partir de los datos obtenidos en la segunda parte, analice que aproximación se está violando o que condición física deja de cumplirse según el modelo de pequeñas oscilaciones.
3. Enuncie las fuentes de error presentes en el montaje del péndulo simple del laboratorio y como desde una perspectiva física e ingenieril las disminuiría o eliminaría totalmente.
4. De las gráficas obtenidas en el inciso 4 y 5 del análisis de datos, encuentre la ecuación de regresión lineal y describa su interpretación física de la pendiente obtenida para ambos casos.

3.8 BIBLIOGRAFIA

- Alonso, M. y Finn, E. J., Física, vol. I y II, Edición Revisada y Aumentada, Mecánica, Fondo Educativo Interamericano, 1967, Reimpresión 1998 (Texto Guía).
- Gettys, Killer, Skove, Física para ciencias e ingeniería, tomo I y II. Editorial McGraw-Hill.
- Sears, F., Zemansky., Young G. y Freedman, R. Física Universitaria, vol. I 9ª Ed. Addison-Wesley Longman, México, 1999.
- Halliday, R., Resnick, D. y Krane, K. S. Física, vol. I 5ª ed., Compañía Editorial Continental, S.A. México, 1994.
- Serway, Raymond. A., Física, Tomo 1, 5ª ed. McGraw-Hill, Bogotá, 1999



Practica 4: Péndulo de torsión

4.1 OBJETIVOS

1. Comprobar la relación que existe entre el momento de inercia de un cuerpo y el periodo de oscilación cuando este se pone a oscilar.
2. Determinar el momento de inercia de los cuerpos calculando el periodo de los mismos.

4.2 MATERIALES UTILIZADOS

CANTIDAD	EQUIPO REQUERIDO
1	Fotocelda
1	Base de Rotación
1	Esfera, Cilindro Solido, Cilindro Hueco, Disco, Varilla con 2 masas móviles
1	Dinamómetro
1	Metro

4.3 MARCO TEORICO

La relación que existe entre el torque o momento sobre un cuerpo rígido y el momentum angular de este se define como:

$$\vec{\tau} = \frac{d\vec{L}}{dt} \quad (4.1)$$

Donde $\vec{\tau}$ es el torque aplicado al cuerpo rígido, \vec{L} es el momentum angular y t es el tiempo, pero el momentum angular se puede expresar en función de la velocidad angular como

$$\vec{L} = I\vec{\omega} \quad (4.2)$$

Si reemplazamos esta última ecuación en 4.1 obtenemos:

$$\tau = I \frac{d\omega}{dt} = I \frac{d^2\varphi}{dt^2} \quad (4.3)$$

El torque que realiza la espiral, se puede obtener por la ley de Hooke, es decir el torque es proporcional al ángulo de giro φ :

$$\tau = -k\varphi \quad (4.4)$$

Donde k es la constante de torsión de la espiral, si reemplazamos la ecuación 4.4 en 4.3 se obtiene la ecuación de onda para el ángulo de giro



$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \frac{k}{I}\varphi = 0 \tag{4.5}$$

Luego el periodo de oscilación se puede calcular como:

$$T = 2\pi\sqrt{I/k} \tag{4.6}$$

4.4 CUESTIONARIO

1. Consultar acerca de la dinámica de un cuerpo Rígido
2. Deducir la ecuación 4.1
3. Consultar sobre el momento de inercia (Esfera, Cilindro Solido, Cilindro Hueco, Disco, varilla y masa puntual)

4.5 PROCEDIMIENTO

1. Realice el montaje del péndulo de torsión como se ilustra en la Figura 4.1



Figura 4.1: Montaje para la determinación del periodo de un péndulo de torsión

2. Con la ayuda de un dinamómetro mida la fuerza necesaria para girar la espira un ángulo φ , para tal fin coloque la barra sin masas y siempre utilice la misma distancia del centro de giro al lugar de aplicación de la fuerza, registre sus datos en la Tabla 4.1

Distancia utilizada para la medida de la fuerza L=		
Angulo (°)	Fuerza(N)	Torque(Nm)

Tabla 4.1: Datos para la medida de la constante de torsión

- Gire el péndulo un ángulo de 20° y repita el procedimiento del paso 3,4,5,6,7, pero en lugar de variar el ángulo inicial del péndulo, varíe la masa y la longitud del péndulo según se indica en la Tabla 4.2 y 4.3

Disco $m=244.1g$ $R=11cm$		Esfera $m=798g$ $R=7.5cm$	
Angulo (rad)	Periodo (s)	Angulo (rad)	Periodo (s)

Tabla 4.2: Calculo del periodo del péndulo de Torsión

Cilindro hueco $m=352g$ $R=5cm$ $h=10cm$		Cilindro solido $m=343.9g$ $R=5cm$ $h=10cm$		Barra con dos masas $m=798g$ $r_1=$ $r_2=$	
Angulo (rad)	Periodo (s)	Angulo (rad)	Periodo (s)	Angulo (rad)	Periodo (s)

Tabla 4.3: Calculo del periodo del péndulo de Torsión

4.6 PREGUNTAS DE CONTROL

- Como afecta la friccion los calculos realizados?
- Que signi cado fsico tiene la pendiente del numeral 2?
- En caso de existir diferencia entre los valores de los numerales 3 y 4 explicar las posibles causas.

4.6 BIBLIOGRAFIA

- Alonso, M. y Finn, E. J., Física, vol. I y II, Edición Revisada y Aumentada, Mecánica, Fondo Educativo Interamericano, 1967, Reimpresión 1998 (Texto Guía).
- Serway, Raymond Calibri (Cuerpo). A., Física, Tomo 1, 5ª ed. McGraw-Hill, Bogotá, 1999.
- Sears, F., Zemansky., Young G. y Freedman, R. Física Universitaria, vol. I 9ª Ed. Addison-Weslet Longman, México, 1999.

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	26 de 3

Practica 5

Ley de Reflexión y Refracción de la luz

5.1 OBJETIVOS

1. Comprobar las leyes de reflexión y refracción de la luz.
2. Determinar el índice de refracción de elementos y sustancias

5.2 MATERIALES UTILIZADOS

CANTIDAD	EQUIPO REQUERIDO
1	Laser
½	circunferencia de acrílico y vidrio
3	Alfileres
4	Hojas de papel milimetradas
1	Apuntador (Debe traerlo el estudiante)

5.3 MARCO TEORICO

Los fenómenos de la reflexión y la refracción son de los más conocidos y característicos de las ondas, Estos fenómenos se producen cuando la onda encuentra en su camino una separación entre dos medios diferentes, Casos típicos tenemos en la reflexión y refracción del sonido, de ondas en la superficie del agua, etc. La reflexión se produce cuando una onda encuentra una separación entre dos medios y retrocede hacia el mismo medio del cual provenía. La refracción se produce cuando una onda al encontrar una superficie de separación entre dos medios, la atraviesa y se propaga por el segundo medio. Por lo general estos fenómenos se producen simultáneamente es decir parte de la onda se refleja y parte de la misma se refracta.

Las direcciones de la onda incidente, reflejada y refractada están en un mismo plano, perpendicular a la superficie de separación y en ella se encuentra la normal. Ángulo de incidencia es el formado por la dirección de propagación de la onda incidente (rayo incidente) con la normal a la superficie de separación de los medios, o lo que es lo mismo el ángulo que forma el frente de onda incidente con la superficie de separación de los medios; Ángulo de reflexión es el formado por la dirección de propagación de la onda reflejada (rayo reflejado) con la normal a la superficie de separación de los medios, o lo que es lo mismo el ángulo que forma el frente de onda reflejado con la superficie de separación de los medios..

Ángulo de refracción es el formado por la dirección de propagación de la onda refractada (rayo refractado) con la normal a la superficie de separación de los medios, o lo que es lo mismo el ángulo que forma el frente de onda refractado con la superficie de separación de los medios.

El Índice de refracción de un medio al cociente entre la velocidad de la luz en el vacío (c) y la velocidad que tiene en el medio (v).

$$n = \frac{c}{v}$$

En la ley de Snell tendremos dos índices de refracción uno para cada uno de los medios que el



frente de onda atraviesa.

$$n \sin \theta_i = n' \sin \theta_t$$

ELEMENTOS/SUSTANCIA	CANTIDAD
Agua	1.33
aire	1
Vidrio	1.5 a 1.58
Alcohol	1.36
Diamante	2.42
Cuarzo	1.54
Etanol	1.36
Acetona	1.36

5.1 Tabla de algunos índices de refracción.

5.4 CUESTIONARIO

- Describir el principio de Fermat y deducir las leyes de reflexión y refracción de las ondas de luz
- Consultar cuales son los índices de refracción de los elementos de la tabla 5.1 a diferentes longitudes de ondas
- Explique porque el índice de refracción cambia con la longitud de onda

5.5 PROCEDIMIENTO

- En la hoja milimétrica dibuje un sistema de coordenadas (x,y). como se muestra en la Figura 5.1
- Coloque el semicírculo sobre la hoja de papel de tal manera que coincida con el punto (0,0) del sistema de coordenadas y la cara plana con el eje X.
- Situé el alfiler en el punto (0,0) a este punto llámelo el punto O (sin modificar la posición del semicilindro de acrílico).
- Apunte el láser hacia el punto (0,0), formando un ángulo de 10° con la normal y coloque un alfiler en la dirección del haz de luz; este punto de coordenadas (x,y) llámelo punto A. el eje Y es normal a la cara plana del semicilindro, entonces tómelo como normal a la superficie de incidencia del haz.

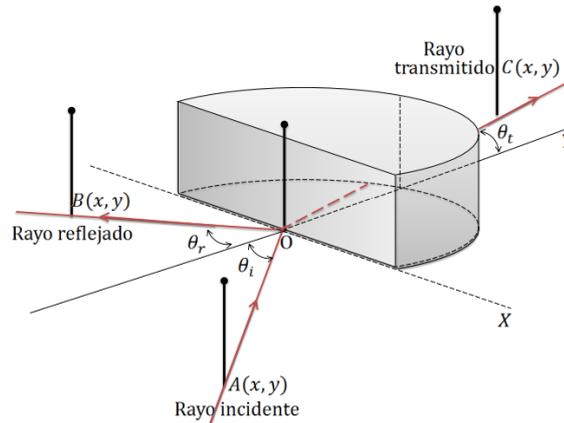


Figura 5.1: Montaje para los ángulos en las ondas de luz

5. El segmento AO es el rayo incidente, que a su vez forma el ángulo de incidencia con la normal; registre este ángulo en la Tabla 5.2
6. El haz del lado contrario al haz incidente es la luz reflejada. En este punto ubique un alfiler, en esa dirección y a este punto de coordenadas (x,y) llámelo B. El segmento OB es el rayo reflejado, el cual forma con la normal el ángulo de reflexión, registre en la Tabla 5.2
7. En la posición por donde sale el rayo en la cara semicircular, ubique otro alfiler. Este punto de coordenadas llámelo C. El segmento OC es el rayo transmitido. Este segmento con la normal forma el ángulo de refracción; registre en la Tabla 5.1.
8. Repita este procedimiento para ángulos 20°, 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 80°.
9. Repita los pasos anteriores pero en lugar de utilizar el acrílico utilice vidrio.

<i>Índice de Refracción del Acrílico</i>		
<i>Ángulo de Incidencia</i>	<i>Ángulo de Refracción</i>	<i>Ángulo de Reflexión</i>
10°		
20°		
30°		
40°		
50°		
60°		
70°		
80°		

5.2 Ley de Snell para el Acrílico

<i>Índice de Refracción del Vidrio</i>		
<i>Ángulo de Incidencia</i>	<i>Ángulo de Refracción</i>	<i>Ángulo de Reflexión</i>
10°		
20°		
30°		

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	29 de 3

40°		
50°		
60°		
70°		
80°		

5.3 Ley de Snell para el Vidrio

10. Grafique $\sin \theta_i$ Vs $\sin \theta_r$, para el acrílico y para el vidrio
11. Grafique $\sin \theta_i$ Vs $\sin \theta_t$ para el acrílico y para el vidrio
12. Calcule las pendientes de las gráficas anteriores y explique el significado físico de las pendientes obtenidas

5.6 PREGUNTAS DE CONTROL

1. ¿Se cumple o no con la ley de Snell? Justifique

5.7 BIBLIOGRAFIA

1. Alonso, M. y Finn, E. J., Física, vol. I y II, Edición Revisada y Aumentada, Mecánica, Fondo Educativo Interamericano, 1967, Reimpresión 1998 (Texto Guía).
2. Serway, Raymond Calibri (Cuerpo). A., Física, Tomo 1, 5ª ed. McGraw-Hill, Bogotá, 1999.
3. Sears, F., Zemansky., Young G. y Freedman, R. Física Universitaria, vol. I 9ª Ed. Addison-Weslet Longman, México, 1999.



Practica 6

Aplicaciones a la ley de Snell

6.1 OBJETIVOS

1. Profundizar en el conocimiento de las leyes de Snell
2. Determinar el índice de refracción de un medio.
3. Aplicar las leyes de Snell

6.2 MATERIALES UTILIZADOS

CANTIDAD	EQUIPO REQUERIDO
2	Soportes metálicos
2	Prensas
1	Prisma acrílico, metro, 5 alfiler
1	Apuntador (debe traerlo el estudiante)
1	Láminas de placas paralelas
2	Hojas milimétricas

6.3 MARCO TEORICO

La refracción supone un cambio en la velocidad de propagación de la onda, cambio asociado al paso de un medio a otro de diferente naturaleza o de diferentes propiedades. Este cambio de velocidad da lugar a un cambio en la dirección del movimiento ondulatorio. Como consecuencia, la onda refractada se desvía un cierto ángulo respecto de la incidente. Cuando una onda alcanza la superficie de separación de dos medios de distinta naturaleza se producen, en general, dos nuevas ondas, una que retrocede hacia el medio de partida y otra que atraviesa la superficie límite y se propaga en el segundo medio. El primer fenómeno se denomina reflexión y el segundo recibe el nombre de refracción.

Con cierta frecuencia debido a que los medios no son perfectamente homogéneos, sino que sus propiedades y, por lo tanto, la velocidad de propagación de las ondas en ellos, cambia de un punto a otro. La propagación del sonido en el aire sufre refracciones, dado que su temperatura no es uniforme. La refracción de la luz se aplica en el Refractómetro de Abbe, que permite conocer el índice de refracción de una sustancia. Y si uno hace muchas diluciones a distintas concentraciones de una misma sustancia y mide sus índices de refracción en el refractómetro, después graficando índice de refracción en función de concentración, puedo averiguar por intrapolacion la concentración incógnita de una muestra con solo medir su índice de refracción.

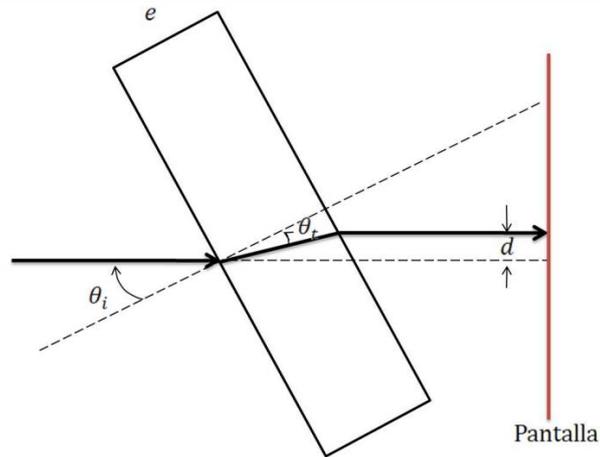


Figura 6.1: Cálculo del índice de refracción utilizando una lámina plana paralela

El índice de refracción se puede calcular mediante la relación:

$$n = \frac{\sin \theta_i \sqrt{e^2 - 2de \times \sin \theta_i + d^2}}{e \times \sin \theta_i - d} \quad (6.1)$$

El índice de refracción del prisma es:

$$n = \frac{\sin(\frac{\delta_{min} + A}{2})}{\sin(\frac{A}{2})} \quad (6.2)$$

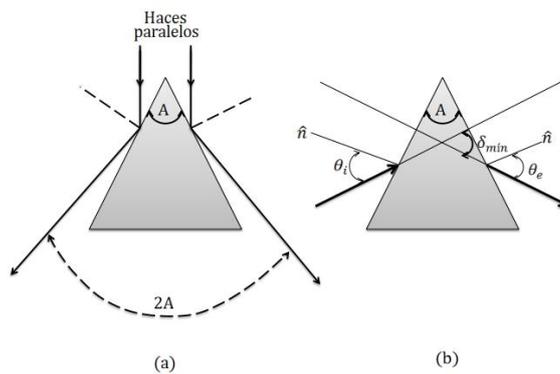


Figura 6.2: Cálculo del índice de refracción utilizando prisma

6.4 CUESTIONARIO

1. Demuestre a partir de la ley de Snell la ecuación (6.1)
2. Demuestre a partir de la ley de Snell la ecuación (6.2)



3. Explique porque y como el prisma produce los colores del arcoíris y que tipo de luz se le debe aplicar

6.5 PROCEDIMIENTO

PARTE A

1. Realice el montaje de la Figura 6.1, donde se deben alinear el láser y la placa plano paralela.
2. Ubique el punto central en la pantalla.
3. Gire un ángulo 10° la placa plano paralela.
4. Mida la distancia d del punto en la pantalla.
5. Repita el procedimiento para ángulos hasta 55° con incrementos de 5° y registre sus datos en la Tabla 6.1.

<i>Índice de Refracción del Acrílico</i>		
<i>Angulo de Incidencia</i>	<i>d</i>	<i>N</i>
10°		
15°		
20°		
25°		
30°		
35°		
40°		
45°		
50°		
55°		

Tabla 6.1: Desviación de un rayo en una placa plano paralela

PARTE B

6. Ubique la hoja de papel milimétrica, dibuje el perfil del prisma a utilizar sobre la hoja, identifique el ángulo principal (refringente) y registre el valor de su medida en la Tabla 6.2
7. Tome dos punteros y haga incidir sus haces en forma paralela sobre las caras del prisma que forman el ángulo refringente, como se muestra en la Figura 6.2.a.
8. En la posición por donde emerge cada rayo, en cada cara del prisma ubique un alfiler y ubique otro a unos 5 cm en la trayectoria de cada rayo. Luego trace los rayos y mida el ángulo que forman, como se muestra en la Figura 6.2.a. Registre las medidas en la Tabla 6.2. Los rayos reflejados en ambas caras del prisma forman un ángulo igual a $2A$, independiente de la orientación del prisma.

<i>Ángulo Refringente</i>		
$\theta_{\text{refringente}}$	2^a	A

Tabla 5.2: Calculo del ángulo del prisma



9. Sobre otra hoja de papel milimetrada dibuje el perfil del prisma a utilizar. Haga coincidir el haz de uno de los punteros en una de las caras del prisma y ubique cuatro alfileres para luego trazar el rayo incidente y el rayo emergente.
10. Realice una construcción geométrica mostrada en la Figura 6.2.b, para determinar δ_{min} . Realice incidencias del haz de luz del puntero con ángulos entre 15° y 65° a incrementos de 5° , para luego determinar un promedio del valor de este ángulo. Registre estos valores en la Tabla 6.3.

θ_i	δ_{min}
5°	
10°	
15°	
20°	
25°	
30°	
35°	
40°	
45°	
50°	
55°	
60°	
65°	

Tabla 6.3: Cálculo del índice de refracción

11. Determine el índice de refracción para cada uno de los valores de la Tabla 6.1 y obtenga el promedio
12. Utilice el método de mínimos cuadrados para obtener el índice de refracción de los datos de la Tabla 6.1
13. Calcule el promedio de δ_{min}
14. Calcule el índice de refracción del prisma para cada uno de los datos de la Tabla 6.3

6.5 PREGUNTAS DE CONTROL

1. Se cumplen las ecuaciones 6.1 y 6.2
2. En estas aplicaciones, cuál de las leyes de Snell se utilizan ¿Se cumplen?

6.6 BIBLIOGRAFIA

1. Alonso, M. y Finn, E. J., Física, vol. I y II, Edición Revisada y Aumentada, Mecánica, Fondo Educativo Interamericano, 1967, Reimpresión 1998 (Texto Guía).
2. Serway, Raymond Calibri (Cuerpo). A., Física, Tomo 1, 5ª ed. McGraw-Hill,

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	34 de 3

Bogotá, 1999.

3. Sears, F., Zemansky., Young G. y Freedman, R. Física Universitaria, vol. I 9ª Ed. Addison-Weslet Longman, México, 1999.



Practica 7

Formación de Imágenes

7.1 OBJETIVOS

1. Observar la formación de imágenes con lentes convergentes
2. Demostrar la validez de las ecuaciones que ligan las distancias objeto, distancia imagen y distancia focal, lo mismo que medir el aumento correspondiente.
3. Determinar la distancia focal de varias lentes.

7.2 MATERIALES UTILIZADOS

CANTIDAD	EQUIPO REQUERIDO
1	Lámpara
1	Transformador
1	Sensor de luz
1	Interface Vernier
1	Metro
2	Hojas de papel milimétrico (Debe traerlas el Estudiante)

7.3 MARCO TEORICO

Una lente es un medio transparente a la radiación utilizada limitada por dos superficies: una plana y una curva o ambas curvas. Consideramos lentes delgadas y suponemos que el medio que se encuentra a ambos lados de la lente es el mismo, con un índice de refracción n . La Figura 7.1 muestra una lente con las distancias objeto p e imagen q , y los radios de curvatura de las dos caras de la lente R_1 y R_2 .

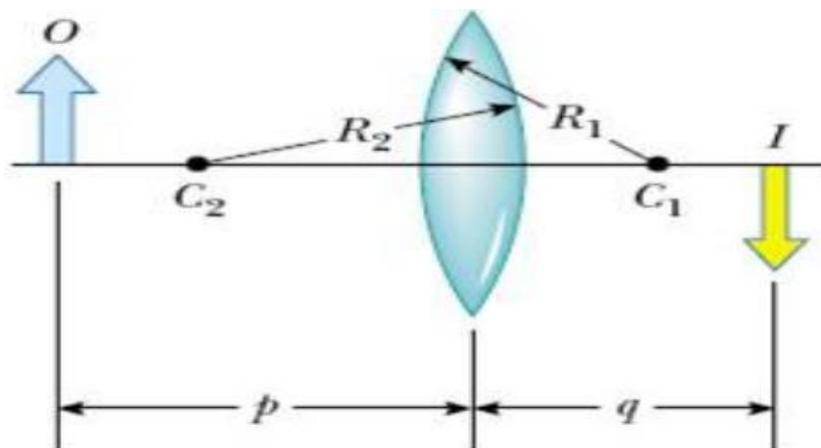


Figura 7.1: Esquema para la ley de la distancia

La fórmula de Descartes para una lente delgada es:



$$1/p - 1/q = (n - 1) * (1/R_2 - 1/R_1). \quad (7.1)$$

La ecuación del constructor de lentes es:

$$1/p - 1/q = 1/f. \quad (7.2)$$

Donde f es la distancia focal de la lente. Todos los rayos provienen de un punto luminoso y llegan, por medio de una lente, a otro punto, dando una imagen de ese punto.

7.4 PROCEDIMIENTO

1. Ubique en un extremo del banco óptico la lámpara que iluminara el objeto.
2. Coloque el objeto (L) en el porta-objetos.
3. Coloque la lente a la cual se le desea medir la distancia focal entre el objeto iluminado y la pantalla.
4. Deslice la lente o la pantalla hasta obtener la imagen más nítida posible de la imagen.
5. Determine las distancias entre el objeto y la lente y entre la imagen y la lente y regístrelas en la Tabla 7.1.
6. Determine el tamaño de la imagen y el tamaño del objeto y regístrelos en la Tabla 7.1.
7. Repita el procedimiento anterior para tres medidas diferentes con la misma lente y regístrelos en la Tabla 7.1.
8. Repita el procedimiento antes descrito para las tres lentes y registre sus datos en la Tabla 7.1.
- 9.

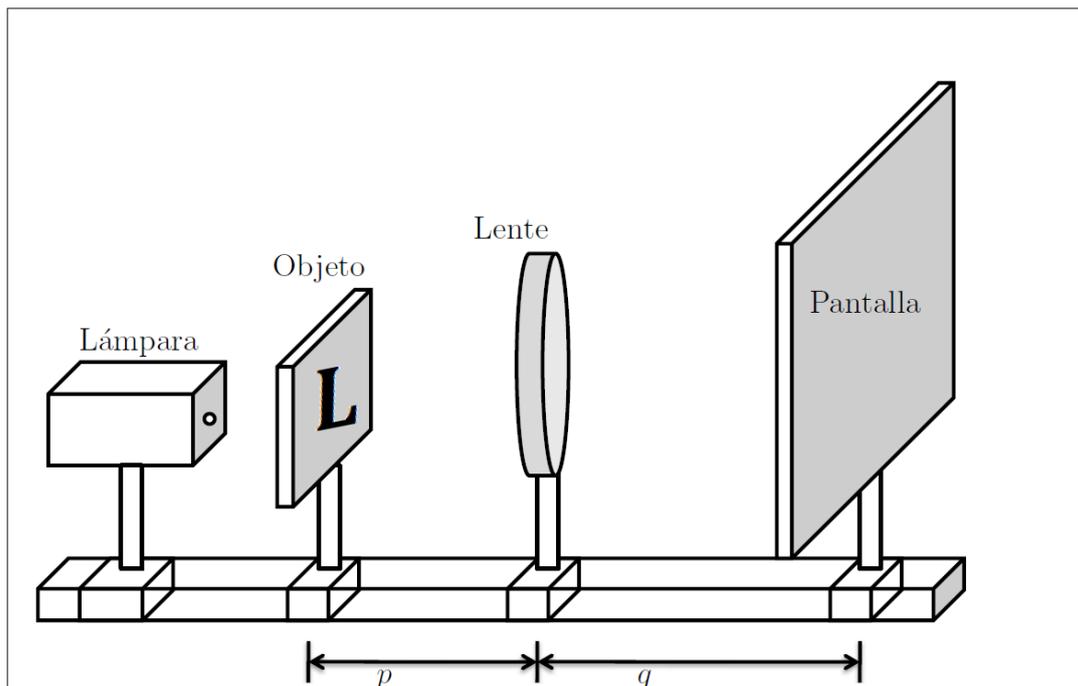


Figura 7.2: Esquema de la formación de imágenes.

7.5 NIVEL DE RIESGO

Nivel 1 (Bajo)

7.6 ANEXOS

Cuestionario

- Consulte la diferencia entre una lente convergente y una lente divergente.
- Como se obtiene el aumento producido por una lente.

Preguntas de control

- Que diferencia existe entre las dos formas de cálculo del aumento.
- Coinciden los valores teóricos y experimentales.

Lente	Medida	p	q	f	Aumento 1	Aumento 2	error(f)
Lente 1	1						
	2						
	3						
Lente 2	1						
	2						
	3						
Lente 3	1						
	2						
	3						

Tabla 7.1: Distancia focal y aumento de una lente convergente.

7.7 BIBLIOGRAFIA

- Alonso, M. y Finn, E. J., Física, vol. I y II, Edición Revisada y Aumentada, Mecánica, Fondo Educativo Interamericano, 1967, Reimpresión 1998 (Texto Guía).
- Serway, Raymond Calibri (Cuerpo). A., Física, Tomo 1, 5ª ed. McGraw-Hill, Bogotá, 1999.
- Sears, F., Zemansky., Young G. y Freedman, R. Física Universitaria, vol. I 9ª Ed. Addison-Weslet Longman, México, 1999.



Practica 8 Interferencia

8.1 OBJETIVOS

Conocer experimentalmente el fenómeno de interferencia experimentado por dos fuentes sincrónicas. Experimentalmente generar la interferencia de fuentes sincrónicas por partición del frente de onda. Generar la interferencia de Young con ondas mecánicas y determinar de qué parámetros físicos dependen los patrones de interferencia generados. Diferenciar claramente el fenómeno de interferencia del fenómeno de difracción.

8.2 MATERIALES UTILIZADOS

CANTIDAD	EQUIPO REQUERIDO
1	Reglilla para generación de ondas planas
14	Fuentes oscilantes puntuales
3	Reglillas metálicas (Young)
1	Pantalla para proyección
6	Hojas de papel milimetrado
1	Cubeta de ondas
1	Calibrador

8.3 MARCO TEÓRICO

La interferencia es el fenómeno que se produce por la superposición constructiva y destructiva de ondas que tienen distintas fases dependiendo del camino que han tomado. Consideraremos en primer lugar la superposición en un detector, de las ondas emitidas por dos fuentes puntuales que tienen igual frecuencia y una relación constante entre sus fases (fuentes sincrónicas o coherentes), específicamente consideraremos ondas en la superficie del agua emitidas por dos tornillos que se mueven de forma armónica con la misma frecuencia en la superficie del recipiente. Esta es la situación más simple de interferencia dado que si cada fuente tiene una frecuencia perfectamente definida, entonces la fase relativa de las dos fuentes no cambia con el tiempo y las fuentes son coherentes. En algunas posiciones del punto P la llegada de una cresta de onda (valle) proveniente de una fuente siempre está acompañada por la llegada simultánea de una cresta (valle) proveniente de la otra fuente, tal posición es denominada de interferencia constructiva o máximo de interferencia, teniendo en otros puntos interferencia destructiva o mínimo de interferencia. Como las dos fuentes mantienen una diferencia de fase constante, una región de interferencia constructiva a un tiempo dado se mantendrá siempre como región de interferencia constructiva, generando lo que se conoce como diagrama de interferencia.

Obsérvese, que aun cuando se trata de ondas progresivas, el diagrama de interferencia es estacionario, en el sentido que se explicó. En la mayor parte de los análisis de interferencia, a fin de hacer aproximaciones geométricas simplificadoras, se considera que el detector (P) está a una distancia grande de las fuentes en relación a la separación de las mismas (d), se dice que el detector está en el campo lejano de las fuentes, ver Figura 8.1.

Se demuestra matemáticamente que las regiones de interferencia constructiva forman

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	39 de 3

hipérbolas cuyos focos coinciden con las posiciones de las fuentes S1 y S2, dichas regiones alternan con las regiones de interferencia destructiva, y satisfacen las ecuaciones:

$$\begin{aligned}
 r_2 - r_1 &= \lambda && \rightarrow \text{interferencia constructiva} \\
 r_2 - r_1 &= (2n + 1) \lambda/2 && \rightarrow \text{interferencia destructiva}
 \end{aligned}
 \tag{8.1}$$

Dado que los patrones de interferencia descritos son generados por dos fuentes coherentes, en física existen varios dispositivos que permiten a partir de una misma fuente generar dos fuentes virtuales coherentes. El experimento de Young fue diseñado de tal forma que una pantalla con dos pequeñas ranuras permitiera la división del frente de onda de una onda generada por una determinada fuente. De esta forma, dado que la fuente tiene una determinada frecuencia, los campos que atravesaban las dos ranuras se comportaban como fuentes secundarias coherentes.

El patrón de interferencia del experimento de Young es observado sobre una segunda pantalla alejada de la pantalla con las dos ranuras, considerando válida de esta forma la aproximación de campo lejano, los puntos de intensidad máxima corresponden a:

$$\pi a x D \lambda = n \pi \quad \text{ó} \quad x = (nD / a) \lambda.
 \tag{8.2}$$

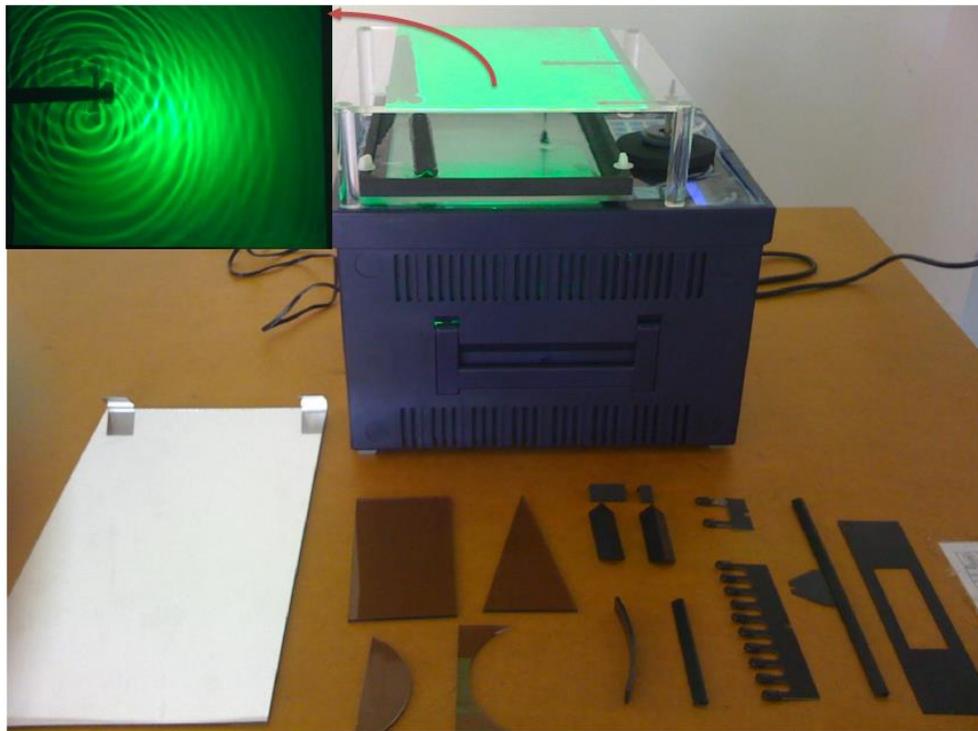


Figura 8.1: Montaje para estudiar la interferencia de ondas.

8.4 PROCEDIMIENTO

Primera parte. Generación del patrón de interferencia de dos fuentes coherentes

1. Monte el sistema de la cubeta de ondas
2. Mida la distancia d entre las fuentes puntuales.
3. Ajuste una diferencia de fase inicial cero entre las fuentes puntuales.
4. Seleccione una frecuencia de oscilación para las dos fuentes.

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	40 de 3

5. Grafique las curvas de interferencia constructiva del patrón de interferencia (regiones con iluminación máxima).
6. Repita el procedimiento anterior para varias frecuencias de oscilación.
7. Utilice una diferencia de fase inicial diferente de cero y grafique nuevamente el patrón de interferencia.

Segunda parte. Generación del patrón de interferencia de varias fuentes coherentes

1. Monte el sistema de la cubeta de ondas.
2. Mida la distancia d entre las fuentes puntuales.
3. Ajuste una diferencia de fase inicial cero entre las fuentes puntuales.
4. Seleccione una frecuencia de oscilación para las fuentes.
5. Grafique las curvas de interferencia constructiva del patrón de interferencia (regiones con iluminación máxima).
6. Repita el procedimiento anterior para varias frecuencias de oscilación.

Tercera parte. Sustituya las fuentes puntuales por una rejilla para generación de ondas planas.

1. Calibre el sistema de forma que genere ondas planas y estas sean claramente proyectadas en la pantalla.
2. Disponga las rejillas metálicas para experimento de Young dejando dos rendijas con una separación d y ancho A .
3. Grafique el patrón de interferencia proyectado.
4. Repita el procedimiento anterior para varias frecuencias de oscilación.

Con los datos obtenidos en la primera parte

- a) Deduzca la expresión para los puntos P con máximo de interferencia para la frecuencia de oscilación seleccionada y la separación d entre las fuentes. Compare con las curvas registradas experimentalmente.
- b) Repita el análisis anterior para el caso en que se varió el valor de la frecuencia.

Con los datos obtenidos en la segunda parte

- a) Deduzca la expresión para los puntos P con máximo de interferencia para la frecuencia de oscilación seleccionada y la separación d entre las fuentes. Compare con las curvas registradas experimentalmente.
- b) Repita el análisis anterior para el caso en que se varió el valor de la frecuencia.

Con los datos obtenidos en la tercera parte

- a) Deduzca las posiciones de los máximos y mínimos de interferencia sobre la pantalla en el experimento de Young.
- b) Compare los valores obtenidos con los registrados experimentalmente.

8.5 NIVEL DE RIESGO

Nivel 1 (Bajo)

ANEXOS

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	41 de 3

Questionario

- a) ¿Coinciden las gráficas experimentales con las que se tienen teóricamente?
- b) ¿Qué diferencia existe entre los puntos de interferencia destructiva para dos y varias fuentes puntuales?



Practica 9 Redes de difracción

9.1 OBJETIVOS

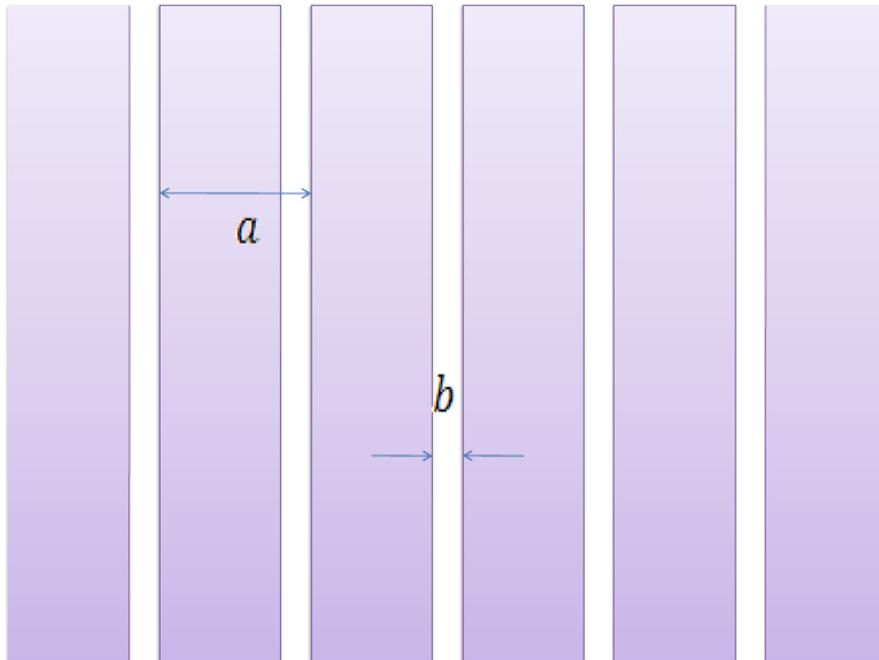
- Observar el efecto de iluminar una red de difracción con luz.
- Calcular los órdenes de difracción.

9.2 MATERIALES UTILIZADOS

Tipo	Cantidad	Descripción
Equipo	1	Laser
Material	4	Redes de difracción
Material	1	Soporte metálico
Material	1	Doble nuez
Material	1	Soporte para red de difracción
Material	1	Soporte para laser
Material	1	Pantalla de proyección

9.3 MARCO TEÓRICO

Consideremos varias rendijas paralelas de igual ancho b , espaciadas regularmente una distancia a . Sea N el número de rendijas.



	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	43 de 3

Figura 9.1: Gráfico de una red de difracción.

El patrón de intensidades para un conjunto de redes como el de la Figura 9.1, se obtiene como:

$$I = I_0 \times [\text{sen}(\pi b \text{sen}(\theta) / \lambda) / (\pi b \text{sen}(\theta) / \lambda)]^2 \times [\text{sen}(N \pi a \text{sen}(\theta) / \lambda) / (N \cdot \pi a \text{sen}(\theta) / \lambda)]^2 \quad (9.1)$$

Para el caso de una red se considera el número N de franjas muy grande, en este caso el diagrama consistirá en una serie de franjas brillantes angostas correspondientes a los máximos principales del diagrama de interferencia, los cuales están dados por

$$a \text{sen}(\theta) = n \lambda. \quad (9.2)$$

Donde n es el orden de difracción como el mostrado en la Figura 9.2.

9.4 PROCEDIMIENTO

1. Realice el montaje de la figura 8.1, el cual se representa en su forma dimensional en la Figura 8.3.
2. Mida para los primeros cinco órdenes las distancias y y L y regístrelas en la Tabla 9.1.
3. Repita el numeral 2 para la misma red de difracción, pero para dos distancias entre la red y la pantalla diferentes.

Repetir los numerales 1-3 para todas las redes de difracción y ubicarlos en las Tablas 9.2, 9.3 y 9.4.

- a) Complete las Tablas 9.1 a 9.4 para θ , utilizando los valores de L y y.
- b) Calcular los valores teóricos de cada uno de los órdenes de difracción



Figura 9.2: Montaje para el cálculo de los órdenes de difracción.

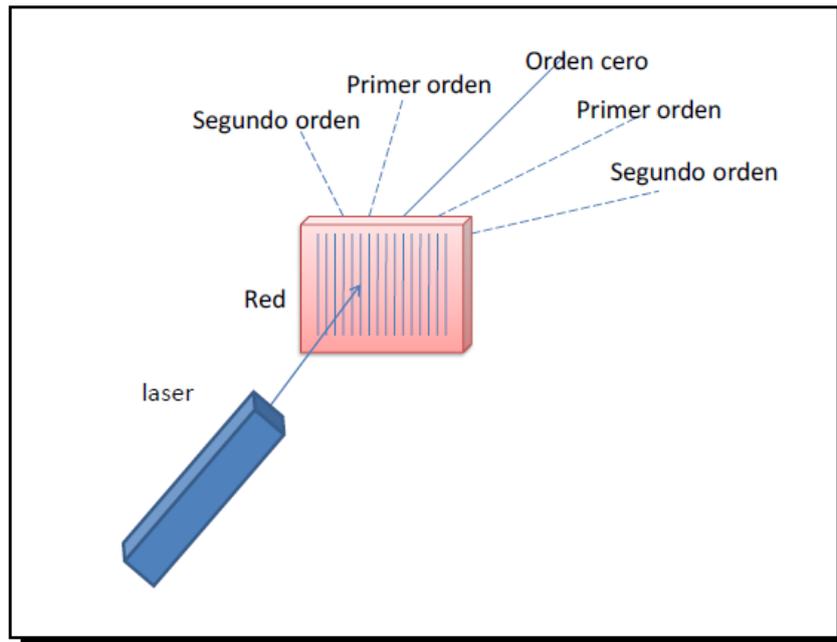


Figura 9.2: Ordenes de difracción.

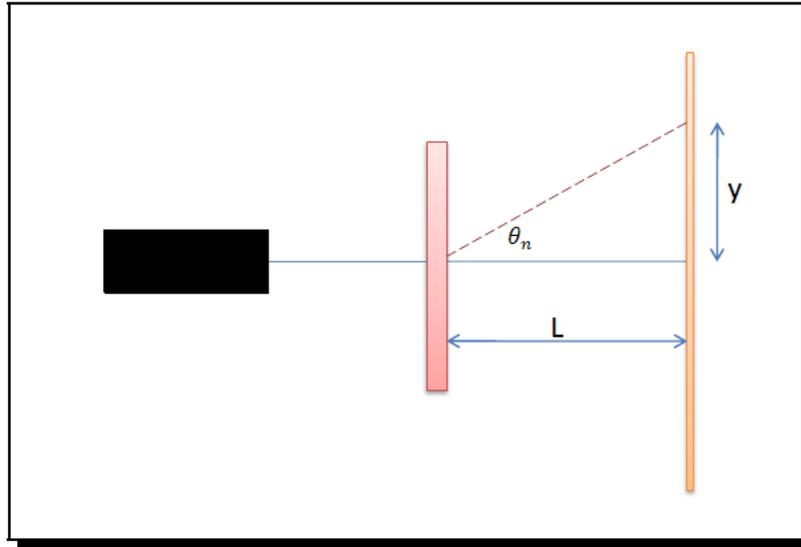


Figura 9.3: Diagrama de los órdenes de difracción.

9.5 NIVEL DE RIEGO

Nivel 1 (Bajo)

9.6 ANEXOS

Cuestionario

- a) Obtener la ecuación (9.1).
- b) Consultar sobre el significado de dispersión de una red de difracción.
- c) Investigar las longitudes de onda del espectro de luz visible.

Número de líneas por centímetro=														
Primer orden			Segundo orden			Tercer orden			Cuarto orden			Quinto orden		
L	y	θ	L	y	θ	L	y	θ	L	y	θ	L	y	θ

Tabla 9.1: Primera red de difracción.

Número de líneas por centímetro=														
Primer orden			Segundo orden			Tercer orden			Cuarto orden			Quinto orden		
L	y	θ	L	y	θ	L	y	θ	L	y	θ	L	y	θ

Tabla 9.2: Segunda red de difracción.

Número de líneas por centímetro=														
----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



Primer orden			Segundo orden			Tercer orden			Cuarto orden			Quinto orden		
L	y	θ	L	y	θ	L	y	θ	L	y	θ	L	y	θ

Tabla 9.3: Tercera red de difracción.

Número de líneas por centímetro=														
Primer orden			Segundo orden			Tercer orden			Cuarto orden			Quinto orden		
L	y	θ	L	y	θ	L	y	θ	L	y	θ	L	y	θ

Tabla 9.4: Cuarta red de difracción.

Preguntas de control

- a) ¿Cómo influye el número de líneas por centímetro en el ángulo de difracción?
- b) ¿Coinciden los valores teóricos con los valores experimentales?



Practica 10

Ondas estacionarias en una cuerda

10.1 OBJETIVOS

- Estudiar y observar experimentalmente los modos de vibración (armónicos) de las ondas estacionarias en una cuerda con sus dos extremos fijos.
- Determinar, a partir de la medición de las frecuencias de los primeros siete modos de vibración, la velocidad de propagación de las ondas transversales en la cuerda y comparar este valor con el calculado a partir de la tensión y la densidad de masa de la cuerda.

10.2 MATERIALES UTILIZADOS

Equipo requerido	Cantidad	Observaciones
Generador de señales	1	
Vibrador mecánico	1	
Soportes universales	2	
Masa cilíndrica	2	
Balanza	1	
Cinta métrica	1	
Polea	2	
Cuerda	1	



Esquema 1.

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	48 de 3

10.3 MARCO TEÓRICO

Ondas Estacionarias en una Cuerda

Al considerar uno de los extremos fijos de la cuerda, se tendrán dos ondas transversales: un incidente y otra reflejada (una propagándose hacia la izquierda y la otra hacia la derecha), representadas por las siguientes ecuaciones:

$$\xi_1(x,t) = \xi_{01} \sin(\omega t + kx), \quad (10.1)$$

$$\xi_2(x,t) = \xi_{02} \sin(\omega t - kx). \quad (10.2)$$

El desplazamiento en cualquier punto de la cuerda es el resultado de la interferencia o superposición de estas dos ondas:

$$\xi_1(x,t) + \xi_2(x,t) = \xi_{01} \sin(\omega t + kx) + \xi_{02} \sin(\omega t - kx). \quad (10.3)$$

Lo que ocurre en el punto fijo $X = 0$ (figura 10.1), es un cambio de fase de la onda incidente igual a π , dando como resultado una onda estacionaria, representada por la ecuación:

$$\xi(x,t) = 2\xi_0 \sin(kx) \cos(\omega t). \quad (10.4)$$

La cual representa un M.A.S. cuya amplitud varía de punto a punto y está dada por:

$$A = 2\xi_0 \sin(kx). \quad (10.5)$$

Donde:

$k = 2\pi/\lambda$ es el número de onda, λ es la longitud de onda, $\omega = 2\pi/T = 2\pi f$ es la frecuencia angular, f es la frecuencia temporal, y T es el periodo.

La resonancia sucede cuando en la onda estacionaria se observan puntos fijos de la cuerda de cero desplazamientos, llamados nodos, y puntos de máximo desplazamiento llamados antinodos. Como la cuerda se supone fija en sus dos extremos, esto limita las frecuencias para las cuales se observan nodos y antinodos. Cada frecuencia posible es una frecuencia resonante y la forma de onda estacionaria correspondiente es un modo de oscilación.

La longitud entre cada nodo es igual a media longitud de onda. Por lo que las longitudes de onda en las que se producen modos estacionarios en una cuerda de longitud L fija en sus extremos está limitada a los valores dados por la ecuación:

$$\lambda = 2L / n, \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (10.6)$$

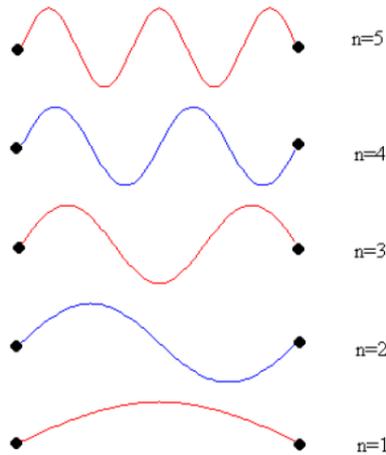


Figura 10.1: Armónicos en una cuerda.

Donde n es el armónico correspondiente y L la longitud de cuerda entre los puntos fijos. Como la velocidad de propagación de cualquier onda en una cuerda está dada por:

$$\vartheta = \lambda f, \tag{10.7}$$

donde f es la frecuencia temporal de la onda. Entonces, las frecuencias resonantes de excitación de la cuerda están limitadas a los valores dados por la siguiente ecuación:

$$f_n = (n / 2L) * \vartheta, \quad n = 1, 2, 3, \dots \tag{10.8}$$

Donde, ϑ es la velocidad de propagación de la onda en la cuerda y f_n es la frecuencia del n-ésimo armónico.

La velocidad de propagación de una onda en una cuerda está dada por la expresión:

$$\vartheta = \sqrt{(T / \mu)}. \tag{10.9}$$

Donde, T es la tensión a la que está sometida la cuerda y μ es su densidad lineal de masa, está dada por:

$$\mu = mc / Lc. \tag{10.10}$$

Donde, mc es la masa de la cuerda y Lc es la longitud de la cuerda.

10.4 PREGUNTAS DE CONTROL Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Preguntas de control

Estas preguntas deben desarrollarse antes de la realización de la práctica y debe entregarse en el preinforme según indicaciones del docente.

1. ¿Consulte los tipos de onda según el medio de propagación y enuncie tres ejemplos para cada caso?

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	50 de 3

2. ¿Consulte los tipos de onda según la dirección de propagación y enuncie tres ejemplos para cada caso?
3. ¿Qué es el efecto estroboscópico?
4. ¿Qué es un armónico?, ¿Qué es un armónico en acústica?, ¿Qué mecanismos existen para generar un armónico?, ¿Enuncie tres aplicaciones de los armónicos?

10.5 PROCEDIMIENTO

Primera parte: Cálculo de los armónicos en una cuerda para diferentes tensiones

1. Mida la masa de la cuerda m_c (en Kg) y la longitud total de la cuerda L_c (en metros) y regístrelos en la tabla 10.1. La puede retirar jalando hacia arriba la barra metálica en el vibrador mecánico, donde está atada la cuerda.
2. Calcule la densidad lineal de masa μ con la ecuación 10.10. Mida ambas masas colgantes y registre los valores como m_1 y m_2 en la tabla 10. 1.
3. Realice el montaje como el del esquema 1, sujete un extremo de la cuerda al vibrador mecánico de tal manera que la cuerda pase por la polea y en el otro extremo cuelgue la masa que registró como m_1 .
4. Mida la longitud desde el vibrador mecánico hasta la polea, que es el segmento de la cuerda sobre el que se va a propagar y regístrelo como L en la tabla 10.1.
5. Encienda el generador de señales y ajuste la frecuencia y la amplitud de la señal a la mínima posible. Conecte los cables del generador de señales al vibrador mecánico y ajuste la amplitud hasta la mitad o más.
6. Mueva la perilla de la frecuencia lentamente hasta que se observe una onda estacionaria con un solo antinodo. Registre el valor de la frecuencia del generador en el número del armónico correspondiente a $n = 1$, en la tabla 10.2.
7. Repita el paso anterior, ajustando la frecuencia del generador para obtener 2, 3, 4, 5, 6 y 7 armónicos y registre el valor de la frecuencia para cada caso en la tabla 10.2.
8. Disminuya la amplitud y la frecuencia del generador de señales al valor más bajo, retire la masa m_1 de la cuerda y cuelgue la otra masa de valor m_2 , es decir del cuerpo que tensiona la cuerda y registre los datos en la tabla 10.3.
9. Repita los pasos del 6 al 7 con la masa m_2 , hasta que complete la tabla 10.3.

Tabla 10.1: Parámetros de la cuerda y de las masas colgantes.

L_c [m]	m_c [Kg]	m_1 [Kg]	m_2 [Kg]	L [m]	



Tabla 10.2: Armónicos y frecuencias para la masa m_1 .

Número del Armónico (n)	Frecuencia f_n [Hz]
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	

Tabla 10.3: Armónicos y frecuencias para la masa m_2 .

Número del Armónico (n)	Frecuencia f_n [Hz]
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	

10.6 ANÁLISIS DE DATOS

1. Para cada una de las dos masas utilizadas, calcule la longitud de onda de cada armónico n con la ecuación 10.6 y registre sus resultados en las tablas 10.4 y 10.5.
2. Calcule la velocidad de propagación de la onda en la cuerda para cada masa colgante con la ecuación 10.7 utilizando la longitud de onda λ_n y la frecuencia f_n correspondiente a cada armónico; anote sus resultados en las tablas 10.6 y 10.7.

Tabla 10.4: Armónicos y longitud de onda para la masa m_1 .

Número del Armónico (n)	Longitud de onda λ_n [m]
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	

Tabla 10.5: Armónicos y longitud de onda para la masa m_2 .

Número del Armónico (n)	Longitud de onda λ_n [m]
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	



3. Promedie los resultados de la velocidad obtenidos en el punto anterior y regístrelos en las tablas 10.6 y 10.7; además regístrelos en la tabla 10.8 como la velocidad experimental promedio para cada masa.

Tabla 10.6: Armónicos y velocidad de propagación para la masa m_1 .

Número del Armónico (n)	Velocidad de propagación v_n [m/s]
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
Velocidad promedio	

Tabla 10.7: Armónicos y velocidad de propagación para la masa m_2 .

Número del Armónico (n)	Velocidad de propagación v_n [m/s]
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
Velocidad promedio	

4. Para cada una de las dos masas utilizadas, realiza una gráfica de f_n (ordenada) contra n (abscisa), calcule la pendiente de la recta obtenida y con ella encuentre la velocidad de propagación de la onda en la cuerda, comparándola con la ecuación 9.8. Este valor de velocidad para cada masa corresponde a la velocidad experimental, registre sus resultados en la tabla 10.8.

Tabla 10.8: Cálculo de la velocidad de propagación de la onda y porcentajes de error para la masa m_1 y m_2

Velocidad teórica m_1 [m/s]	Velocidad experimental promedio m_1 [m/s]	% Error
	Velocidad experimental promedio m_2 [m/s]	% Error
Velocidad teórica m_2 [m/s]	Velocidad experimental m_2 (gráfica) [m/s]	% Error

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	53 de 3

	Velocidad experimental m_2 (gráfica) [m/s]	% Error	

5. Calcule la velocidad de propagación de la onda en la cuerda para cada una de las dos masas con la ecuación 10.9. Este valor corresponde a la velocidad teórica, registre los resultados en la tabla 10.8.
6. Calcule el porcentaje de error de los valores de velocidad experimental promedio respecto a los valores de velocidad teórica (ecuación 10.9) con la ecuación 10.11 y registre sus resultados en la tabla 10.8.
7. Calcule el porcentaje de error de los valores de velocidad experimental (obtenidos por gráfica) respecto a los valores de velocidad teórica (ecuación 10.9) con la ecuación 10.11 y registre sus resultados en la tabla 10.8.

$$\%E = |(V_{\text{exp}} - V_{\text{teo}}) / V_{\text{teo}}| \times 100\% . \quad (10.11)$$

10.7 PREGUNTAS DE PROFUNDIZACIÓN DE LA PRÁCTICA DE LABORATORIO

1. Para cada una de las velocidades calculadas en la tabla 10.8, ¿cuánto se tarda la onda en recorrer toda la longitud de la cuerda, recuerde que $v = x/t$?
2. ¿De qué depende la velocidad de propagación de una onda en una cuerda?
3. Según los datos obtenidos para el cálculo de la velocidad, ¿qué factores influyeron en el porcentaje de error?, ¿se puede considerar este error despreciable?, ¿por qué?
4. Si se modifica el material de la cuerda, pero la masa de esta sigue siendo la misma, ¿qué pasa con los armónicos, se mantienen igual o cambian?
5. Si ambos extremos de la cuerda se conectan a un vibrador mecánico, ¿se podrían generar ondas estacionarias en la cuerda? ¿Qué se debería tener en cuenta?

10.8 CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

Las conclusiones se deben formular de los resultados obtenidos en la práctica.

10.9 BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, M. y Finn, E. J., Física, vol. I y II, Edición Revisada y Aumentada, Mecánica, Fondo Educativo Interamericano, 1967, Reimpresión 1998 (Texto Guía).

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	54 de 3

- Gettys, Killer, Skove, Física para ciencias e ingeniería, tomo I y II. Editorial McGraw-Hill.
- Sears, F., Zemansky, Young G. y Freedman, R. Física Universitaria, Vol I 9ª Ed. Addison-Wesley Longman, México, 1999.
- Halliday, R., Resnick, D. y Krane, K. S. Física, vol. I 5ª ed., Compañía Editorial Continental, S.A. México, 1994.
- Serway, Raymond. A., Física, Tomo 1, 5ª ed. McGraw-Hill, Bogotá, 1999.
- Guerrero, Alicia., Oscilaciones y Ondas. Colección nota de clase, Editorial Universidad Nacional de Colombia, (2005 primera edición, 2008 reimpresión).
- Giancoli, Douglas. Física para ciencias e ingeniería. Cuarta edición. Pearson educación, México, 2008. Vol I. y II.

Nota: Este formato aplica para aquellas asignaturas prácticas o teórico-prácticas