

**EL COMPORTAMIENTO DE LA LUZ: DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UNA
SECUENCIA DE ENSEÑANZA BASADA EN EL APRENDIZAJE COMO
INVESTIGACIÓN ORIENTADA**

ADRIANA LORENA SERRANO SANCHEZ

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
BOGOTÁ D.C.
2013**


**EL COMPORTAMIENTO DE LA LUZ: DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UNA
SECUENCIA DE ENSEÑANZA BASADA EN EL APRENDIZAJE COMO
INVESTIGACIÓN ORIENTADA**

ADRIANA LORENA SERRANO SANCHEZ

Trabajo de grado para optar el título de Licenciado en Física


**Asesor:
Tufik Zambrano**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
BOGOTÁ D.C.
2013**

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <i>Formación de Profesores</i>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 3 de 81	

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de Grado.
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central.
Título del documento	El comportamiento de la luz: diseño y evaluación de una secuencia de enseñanza basada en el aprendizaje como investigación orientada.
Autor(es)	SERRANO SANCHEZ, Adriana Lorena.
Director	Zambrano Ferez Tufik Eccehomo.
Publicación	Bogotá, 2013, 50 p
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional.
Palabras Claves	Comportamiento de la luz, noción, rayo, onda, principio de mínimo tiempo, superposición, interferencia, experimento, MACIO, investigación.

2. Descripción
<p>Documento en el que se realiza una investigación documental y experimental acerca del comportamiento de la luz desde la perspectiva del modelo de los rayos y el modelo de las ondas, el principal objetivo de este proyecto es realizar un estudio sobre la enseñanza del comportamiento de la luz y su comportamiento dual, para esto se ha desarrollado una serie de actividades orientadas a la caracterización del rayo, como fundamento de la óptica geométrica, dando explicación a la interacción de la luz con la materia.</p> <p>De la misma manera se realiza la caracterización de la noción de onda como fundamento de la óptica física, dando explicación a los fenómenos de propagación, interferencias y difracción.</p> <p>Este trabajo se ve comprometido, en primer lugar, a potenciar el interés de los estudiantes por aprender</p>

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Excellence in Education</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 4 de 81	

las diferentes nociones de luz y, en segundo lugar, a propiciar en los estudiantes una concepción de estas lo más cercana posible a la aceptada científicamente. Se desarrolla bajo la metodología del MACIO el cual considera al aprendizaje como una construcción activa de nuevo conocimiento por el propio estudiante que parte de los conocimientos que ya posee.

3. Fuentes

Beléndez Vázquez, A., Pascual Villalobos, I., & Rosado Barbero, L. (1989). La enseñanza de los modelos sobre la naturaleza de la luz. Enseñanza de las ciencias, 271-275.

Furió, C., Azcona, R., & Guisasola, J. (2006). Enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada. Enseñanza de las ciencias. 43-58. Lucero, I., & Concari, S. (2001). Los problemas cualitativos en las clases prácticas de óptica: una propuesta. Corrientes, Argentina.

Lucero, I., & Concari, S. (2001). Los problemas cualitativos en las clases prácticas de óptica: una propuesta. Corrientes, Argentina.


ESTAS SON LAS FUENTES PRINCIPALES, EL RESTO SE ENCUENTRA EN EL TRABAJO.

4. Contenidos

El trabajo consta de tres capítulos. En el primero se realiza una investigación documental; tanto histórica como matemática, en la cual se recopilará información sobre la luz y las nociones que la subyacen desde las perspectivas de la óptica geométrica y la óptica ondulatoria; en el desarrollo de esta tarea se determinarán los elementos necesarios de un aprendizaje significativo de las nociones de onda y partícula.

En el segundo se realiza una investigación al Modelo de aprendizaje como investigación orientada MACIO, en la cual se describe la filosofía del modelo y sus partes.

En el tercer Capítulo se presenta el diseño, la implementación y el análisis de la secuencia de enseñanza, implementado en el colegio Gimnasio Femenino.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <i>Excellence in Education</i>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 5 de 81	

5. Metodología
<p>Para lograr lo anterior este proyecto hará uso del modelo de aprendizaje por investigación orientada, que se fundamenta en la idea de que el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias pueden desarrollarse como procesos de reconstrucción de conocimientos en un ambiente inspirado en el propio de la investigación científica, donde los estudiantes están invitados a enfrentarse con situaciones problemáticas y prácticas de laboratorio las cuales requieren de análisis y soluciones elaboradas en un proceso de argumentación personal y colectivo, análogo a las estrategias científicas seguidas al hacer ciencia, lo que constituye una forma de aprendizaje profundo.</p>

6. Conclusiones
<p>En el MACIO, se le da gran importancia a la planificación, la planeación y el diseño de las herramientas didácticas, con el fin de relacionar los principios conceptuales de la óptica con los principios didácticos del modelo, en la secuencia desarrollada el estudiante se involucra en la construcción del propio conocimiento a partir de la experiencia que le da la cotidianidad y mediado por los planteamientos que le propone el profesor, siendo el profesor el director de la investigación. En la implementación la mayoría de los estudiantes destacaron el poder del método de predecir e inmediatamente corroborar sus predicciones. Abandonar el campo de las conjeturas sin solución o prueba no les resulta (a los estudiantes) atractivo en la construcción de los conocimientos, por lo que el trabajo experimental en la clase de física no debe limitarse únicamente al tablero.</p>

Elaborado por:	Serrano Sánchez, Adriana Lorena
Revisado por:	Tufik Zambrano

Fecha de elaboración del Resumen:	12	05	2013
--	----	----	------

CONTENIDO

<u>INTRODUCCION</u>	<u>1</u>
<u>CAPITULO 1 “EL COMPORTAMIENTO DE LA LUZ; DESARROLLO HISTORICO- MATEMÁTICO”</u>	<u>5</u>
1.1 TEORÍA CORPUSCULAR: COMPORTAMIENTO DE LA LUZ SEGÚN NEWTON.....	6
1.1.1 EL RAYO DE LUZ COMO BASE TEÓRICA DE LA ÓPTICA GEOMÉTRICA.	7
1.1.2 PRINCIPIO DE FERMAT.	8
1.1.3 LEY DE LA REFLEXIÓN.	9
1.1.4 LEY DE LA REFRACCIÓN.	11
1.1.5 ESPEJOS ESFÉRICOS.	12
1.2 TEORÍA ONDULATORIA: COMPORTAMIENTO DE LA LUZ SEGÚN HUYGENS.....	15
1.2.1 LA ONDA COMO BASE TEÓRICA DE LA ÓPTICA ONDULATORIA.	16
1.2.2 REPRESENTACIÓN COMPLEJA.	18
1.2.3 APLICÁNDOLO AL FENÓMENO DE INTERFERENCIA.	18
<u>CAPITULO 2 “MODELO DE APRENDIZAJE COMO INVESTIGACIÓN ORIENTADA”</u>	<u>23</u>
2.1 LAS ACTIVIDADES PROPUESTAS COMO INVESTIGACIÓN.....	24
<u>CAPITULO 3 “SECUENCIA DE ENSEÑANZA PARA LA PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA DE LA NATURALEZA DE LA LUZ”</u>	<u>28</u>
3.1 INDICADORES DE APRENDIZAJE	28
3.2 ESTRUCTURA DE LA SECUENCIA DE ENSEÑANZA	29
3.2.1 ETAPAS DE LA IMPLEMENTACIÓN	29
3.3 EL APRENDIZAJE INSPIRADO EN ASPECTOS DE LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA.....	32
3.3.1 PRESENTAR SITUACIONES PROBLEMÁTICAS ABIERTAS”	32
3.3.2 REFLEXIÓN SOBRE EL POSIBLE INTERÉS Y RELEVANCIA DE LA SITUACIÓN PROPUESTA	32
3.3.3 EMISIÓN DE HIPÓTESIS FUNDAMENTADAS	33
3.3.4 ANÁLISIS CUALITATIVO DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	33

3.3.5 PARTICIPACIÓN, ELABORACIÓN Y PLANIFICACIÓN.....	34
3.3.6 ANÁLISIS Y COMUNICACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	34
3.3.7 FORMA DE TRABAJO.....	34
3.4 DISEÑO Y DESARROLLO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA SECUENCIA DE ENSEÑANZA.....	35
3.4.1 POBLACIÓN.....	35
3.4.2 DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES EN CLASE.....	36
3.5 ANALISIS DE LAS RESPUESTAS OBTENIDAS.....	40
3.5.1 REACCIONES DE LAS ESTUDIANTES ANTE EL MACIO.....	48
3.6 IMPLEMENTACIÓN DE “AVANCE DE TUS IDEAS”	50
3.6.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE “AVANCE DE TUS IDEAS”	51
<u>CONCLUSIONES</u>	<u>52</u>

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO 1

Figura 1: Reflexión especular y reflexión difusa.....	7
Figura 2: Rayo de luz que se refleja.....	9
Figura 3: Rayo de luz que se refleja, aplicando el principio de Fermat y teorema de Pitágoras.....	9
Figura 4: Rayo de luz que se refleja, demostración grafica de la ley de reflexión, partiendo del principio de Fermat.....	10
Figura 5. Rayo de luz que pasa de un medio a otro.....	11
Figura 6. Rayo de luz que pasa de un medio a otro aplicando el principio de Fermat y teorema de Pitágoras.....	11
Figura 7. Imagen es real, invertida y situada entre el centro y el foco.....	13
Figura 8. Imagen es real, invertida y situada en el mismo punto.....	13
Figura 9. Imagen es real, invertida y situada a la izquierda del centro de curvatura.....	13
Figura 10. Objeto situado en el foco.....	13
Figura 11. Imagen virtual.....	13
Figura 12. Imagen virtual, derecha y más pequeña que el objeto.....	14
Figura 13. Formación de imagen en un espejo cóncavo.....	14
Figura 14. a. Función coseno. b. Función coseno con un desfase ρ	17
Figura 15. Ondas de luz atravesando una doble rendija.....	19
Figura 16. Onda de luz atravesando una doble rendija, en diferentes puntos.....	20
Figura 17. Onda de luz atravesando una doble rendija 2.....	22

CAPITULO 3

Figura 18. Lámpara alumbrando objetos.....	36
Figura 19. Rayo de luz láser.....	37
Figura 20. Experiencias con espejos planos.....	37
Figura 21. Linterna, aplicación de un espejo cóncavo.....	37
Figura 22. Desviación de la luz cuando pasa de un medio a otro.....	38
Figura 23. Luz viajando por aire, aceite y agua.....	38
Figura 24. Montaje “experimento doble rendija”	38
Figura 25. Fenómeno de interferencia.....	39

ANEXOS

Figura 26. Linterna alumbrando 5 objetos.....	55
Figura 27. Luz láser apuntando a 3 objetos.....	57
Figura 28. Relojes reflejados en un espejo.....	59
Figura 29. Montaje experimento refracción.	63
Figura 30. Montaje experimento Young.....	68

INTRODUCCION

Este trabajo trata del diseño y desarrollo de una investigación en el aula sobre la enseñanza del *Comportamiento de la luz* y por ende de los conceptos de *partícula* y *onda*. Las dificultades de aprendizaje en torno al *comportamiento de la luz* han sido puestas de manifiesto de forma reiterada por la investigación didáctica en las últimas décadas (Beléndez Vázquez, Pascual Villalobos, & Rosado Barbero, 1989), llegándose a afirmar que probablemente las estas dificultades presentadas son producto del conocimiento superficial que subyacen al comportamiento de la luz, razón por la cual los conceptos de onda y partícula, son de gran importancia para los estudiantes de primeros cursos que aborden esta temática como lo son electromagnetismo y óptica, y que su comprensión es requisito necesario para intentar comprender el comportamiento de la luz.

Los estudios que tratan sobre las dificultades de enseñanza y aprendizaje del concepto de onda son mucho más numerosos que aquéllos que tratan sobre el concepto de partícula. Sin embargo, es necesario tener presente que aunque aparentemente la teoría ondulatoria había “desplazado” a la teoría corpuscular, esta volvió a estar en auge cuando Max Planck retomó la idea de la luz como partícula para explicar la radiación del cuerpo negro. Einstein, siguiendo los pasos de Planck, en la explicación del efecto fotoeléctrico, también pensó en partículas: el fotón parecía haber resucitado la vieja teoría corpuscular de Newton. La pregunta obligada fue: ¿Es la luz una onda o una partícula? Después de mucha confusión, se llegó a la conclusión de que ambas son necesarias y se renunció a la idea de buscar una reconciliación entre ellas. Luis de Broglie llevó esta ambigüedad un poco más lejos y planteó que si las ondas tenían propiedades de partícula, también las partículas debían tener propiedades de onda. Los experimentos que buscaban propiedades ondulatorias en los electrones y otras partículas fueron exitosos, por lo que se estableció la dualidad onda-partícula. Siempre se había supuesto que ondas y partículas eran dos realidades diferentes, pero no es así. En realidad todas se comportan como ondas-partículas, en donde a veces pueden predominar las propiedades de onda y en otras, las de partícula. Este concepto llevó al desarrollo de la mecánica cuántica.

La plena aceptación, a principios del siglo XX, de la teoría onda-partícula para interpretar la naturaleza de la luz fue la principal razón que llevó a la comunidad científica internacional a hacer la debida distinción entre los 3 diferentes modelos explicativos, pero también a resaltar que estos tres coexisten (Beléndez Vázquez, Pascual Villalobos, & Rosado Barbero, 1989). Algunos de los trabajos que tratan sobre las dificultades de aprendizaje del *comportamiento de Luz* muestran que los estudiantes carecen de una concepción científica de las nociones de *onda* y *partícula*. (Lucero & Concarí, 2001) . En este sentido, la mayoría de los estudiantes tiene la concepción de que la teoría cuántica referente a la luz, ha desplazado a la

teoría corpuscular y a la teoría ondulatoria (Lucero & Concari, Los trabajos prácticos en física en el marco del aprendizaje significativo, 2003)

Del análisis de sus respuestas también se ha podido constatar que, además de las carencias de tipo conceptual que se acaban de señalar, los estudiantes presentaban una serie de dificultades procedimentales que sería necesario abordar desde una enseñanza dirigida a reestructurar las concepciones de los estudiantes. Así pues, un buen conocimiento científico no puede reducirse sólo a tratar aspectos conceptuales, que evidentemente intentarían disminuir las carencias registradas con anterioridad, sino que debe haber, al lado de lo anterior, exigencias procedimentales y ontológicas. Por lo que el aprendizaje de conceptos científicos requiere el desarrollo simultáneo de competencias características de la metodología científica y de una forma de enseñar coherente con este objetivo. (Hodson, 1994)

En el Departamento de Física de la Universidad Pedagógica, no se encuentran monografías comprometidas con la enseñanza y el aprendizaje de las nociones de luz que subyacen a la óptica geométrica y la óptica física, desde el basado en la metodología de aprendizaje como investigación orientada. Sin embargo vale la pena reportar dos trabajos de grado que abordan la enseñanza tanto teórica como práctica de la óptica geométrica y la óptica ondulatoria, como el realizado por la estudiante Diana Carolina Reyes titulado “Construcción de instrumentos ópticos como estrategia didáctica para el aprendizaje de la óptica geométrica”; en el cual se hace un estudio sobre la relevancia que tiene la construcción de instrumentos ópticos caseros y los beneficios que esta actividad muestra respecto al aprendizaje de la óptica geométrica, obteniendo resultados favorables enfatizando el trabajo activo del estudiante en el aula de clase. Otro trabajo es el realizado por Felipe Leonardo Martínez titulado “Montaje experimental para mostrar el comportamiento ondulatorio de la luz”, en el cual se desarrolla un trabajo experimental que muestre al estudiante el comportamiento de la luz, bajo la metodología del aprendizaje significativo, dando protagonismo al trabajo realizado por el estudiante.

Con esta perspectiva, es válido preguntarse ¿cómo hacer para que los estudiantes adquieran sólidos conocimientos en el campo de la óptica? Una posible respuesta sería, propiciando aprendizajes significativos. Y, ¿cómo propiciar el aprendizaje significativo de la óptica? En busca de un aprendizaje significativo que fortalezca la enseñanza y el aprendizaje de las nociones sobre la luz desde diferentes perspectivas este trabajo propone una estrategia de enseñanza, que además de abordar las nociones de luz desde las diferentes perspectivas también muestre que éstas se complementan.

En este orden de ideas, basado en la metodología de aprendizaje como investigación orientada (en adelante MACIO), este proyecto pretende plantear situaciones problemáticas, dado que estas ayudan a los estudiantes a reforzar y aclarar los principios que se aprenden, exigiéndoles poner constantemente sus conocimientos a prueba y en práctica. Esta

metodología conlleva a concebir al aprendizaje como una construcción de significados que realiza el sujeto que aprende y lleva necesariamente a una búsqueda de estrategias didácticas que sean coherentes con ella, es decir, que favorezcan el protagonismo de los estudiantes (Lucero & Concari, Los problemas cualitativos en las clases prácticas de óptica: una propuesta, 2001)

También se le otorga una fuerte importancia a la práctica experimental, ya que esta además de ilustrar la teoría, permite que el estudiante logre desarrollar destrezas básicas y herramientas de la física experimental y del análisis de datos, a manejar conceptos básicos, a entender el papel de la observación directa en Física y distinguir entre las inferencias que se realizan a partir de la teoría y las que se realizan a partir de la práctica. También para destacar el proceso observación del fenómeno, la obtención de datos experimentales y el análisis de los resultados. (Barbosa, 2008)

El objetivo fundamental de este trabajo consiste en presentar el diseño y desarrollo de un modelo de enseñanza que tiene en cuenta los componentes conceptual, epistemológico y experimental del aprendizaje y analizar en qué medida ayuda a superar las dificultades de los estudiantes en la comprensión del *comportamiento de la luz* y por ende en los conceptos de *onda y partícula*. Las estrategias de enseñanza que se utilizan se enmarcan dentro de una orientación constructivista del proceso de enseñanza-aprendizaje, en concreto, del modelo de aprendizaje de las ciencias como investigación orientada (Gil Pérez, Macedo, Martínez Torregrosa, Sifredo , Valdés, & Vilches Peña, 2005). Este modelo ya ha sido experimentado con bastante éxito en la enseñanza de otros conceptos científicos complejos como, por ejemplo, las *reacciones ácido-base* publicado por Bárcenas en el año 2000, el *campo eléctrico* escrito por Furió publicado en el año 2003 o la *conservación de la energía* publicado por Solbes y Tarín en el año 2004.

En la primera parte de este trabajo está concentrado en responder a las preguntas ¿Cuál es el comportamiento de la luz?, ¿Bajo qué circunstancias es válido el modelo de los rayos para explicar el comportamiento de la luz? Y ¿Bajo qué circunstancias es válido el modelo de las ondas para explicar el comportamiento de la luz? De esta forma, la primera parte de este trabajo muestra los resultados de una investigación documental, en la cual se Caracteriza el concepto de rayo en la óptica geométrica y el concepto de onda en la óptica ondulatoria, los cuales constituyen el punto de partida para abordar la luz en cada uno de estos dos modelos. De igual manera se estudian fenómenos tales como la reflexión, refracción e interferencia, con el fin de ejemplificar el comportamiento de la luz en cada uno de estos modelos.

En el segundo capítulo, se elabora un análisis del MACIO, explicando sus características y mostrando algunos ejemplos exitosos de dicho modelo, implementado en el área de las ciencias.

En el tercer capítulo, se encuentran una serie indicadores necesarios para lograr un aprendizaje comprensivo del comportamiento de la luz, La formulación de estos indicadores permite determinar ¿Cuáles son las principales características de un aprendizaje significativo del comportamiento de la luz, desde el modelo de los rayos y el modelo de las ondas?

Seguido a esto se presenta la secuencia de aprendizaje tanto como teórica como experimental del comportamiento de la luz desarrollada bajo los criterios del MACIO, en el desarrollo de esta tarea se determinarán los elementos necesarios de un aprendizaje significativo de las nociones de onda y partícula.

Finalmente se presentan los resultados de la implementación realizada en el Colegio Gimnasio Femenino y se expondrán algunas conclusiones e implicaciones para la enseñanza.

PROBLEMA DE INVESTIGACION EN CONTEXTO

El comportamiento de la luz: diseño y evaluación de estrategias de enseñanza basada en el aprendizaje como investigación orientada.

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una secuencia de enseñanza que permita abordar las nociones de luz que subyacen a la óptica geométrica y la óptica ondulatoria, haciendo uso de la metodología de aprendizaje por investigación orientada.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Caracterizar el concepto de rayo en la óptica geométrica y el concepto de onda en la óptica ondulatoria, los cuales constituyen el punto de partida para abordar la luz en cada uno de estos dos modelos.

Diseñar una serie de experiencias para ilustrar el uso de los conceptos de rayo y onda referidos a la luz.

Evaluar los resultados de la metodología implementada en el contexto de la enseñanza de la óptica.

CAPITULO 1 “EL COMPORTAMIENTO DE LA LUZ; DESARROLLO HISTORICO-MATEMÁTICO”

La mayoría de los currículos de secundaria de los países latinoamericanos contienen temas de óptica y uno de los objetivos básicos y compartidos es comprender la naturaleza y/o comportamiento de la misma. Conseguir este objetivo supone apropiarse funcionalmente de diferentes modelos como lo son; la teoría geométrica de la luz y de la visión que se ha denominado óptica geométrica, la teoría ondulatoria y de la propagación que se ha denominado óptica ondulatoria.

Con el fin de presentar el problema de la naturaleza de la luz, se dedica la primera parte de este capítulo a presentar un recuento histórico sobre el desarrollo del problema de la naturaleza de la luz partiendo de Newton y finalizando en Young.

En la segunda parte del capítulo con el fin de presentar la descripción del comportamiento de la luz en el contexto de la óptica geométrica, se dedica a caracterizar la noción de rayo, para lograr este propósito se expone el análisis del comportamiento que tiene la luz en fenómenos como la reflexión y la refracción, con el objetivo de ilustrar el comportamiento desde el modelo de los rayos.

De la misma manera se dedica a caracterizar de forma general la noción de onda, con el fin de exponer el análisis del comportamiento que tiene la luz en el fenómeno de la interferencia, con el objetivo de ilustrar el comportamiento de la luz desde el modelo de las ondas.

Teniendo en cuentas las características anteriores, se da paso a la enseñanza del comportamiento de la luz, desde la investigación orientada.

La luz es un evento físico que está presente tanto en la vida cotidiana como en el ámbito de los fenómenos de la naturaleza. A lo largo de la historia del desarrollo del pensamiento científico, muchos pensadores se han ocupado en intentar respuestas a la pregunta sobre el comportamiento de la luz. En este aspecto, la física este trabajo estudia y explica los fenómenos de la luz desde dos diferentes perspectivas: la óptica geométrica por medio de la noción de rayo y la óptica ondulatoria mediante la noción de onda.

Hasta el inicio del siglo XIX, la gran mayoría de los físicos aceptó una naturaleza corpuscular para la luz, y la teoría más aceptada era la de Newton. Isaac Newton en su trabajo afirmó que estaba compuesta de pequeñas partículas, *Newton* en el siglo XVIII defendió esta idea, suponía que la luz estaba formada por corpúsculos lanzados a gran velocidad por los cuerpos emisores de luz. Escribió un tratado de Óptica en el que explicó multitud de fenómenos que sufría la luz. Esta teoría fue respaldada por el principio de mínimo tiempo propuesto por

Fermat, este principio fue establece que: El camino que sigue un rayo de luz para ir de un punto a otro (de entre todos los posibles), va a ser aquel en que la luz emplea un tiempo mínimo, es decir de todas las rutas posibles que la luz pudiera tomar para viajar de un punto a otro, toma la ruta que requiere el tiempo más breve.

La experiencia nos muestra que la luz viaja ordinariamente en líneas rectas. Al ir de un lado a otro, la luz tomará la ruta más eficiente y viajará en línea recta. Esto es válido si no hay ningún obstáculo que obstruya el paso de la luz entre los lugares en consideración. Si la luz se refleja en un espejo, una simple fórmula describe la desviación en el trayecto que, de otra manera, hubiera sido en línea recta. Si la luz se refracta, como cuando pasa del aire al agua, otra fórmula describe la desviación de la luz con respecto a la ruta en línea recta.

En esa misma época el holandés Christian Huygens afirmó que la luz se comportaba como onda, *Huygens* defiende un modelo ondulatorio, la luz es una onda. Con este modelo se explicaban fenómenos como la *interferencia* y *difracción* que el modelo corpuscular no era capaz de explicar. Así la luz era una onda longitudinal, pero las ondas longitudinales necesitan un medio para poder propagarse, y surgió el concepto de éter como el "medio" en el que estamos inmersos. Años más tarde el inglés Thomas Young corroboró este modelo mediante su experimento de las dos rendijas, esto dio validez a la teoría ondulatoria y aparentemente desplazó a la teoría corpuscular.

La solución al problema la dio *Maxwell* en 1865, basándose en el trabajo desarrollado por *Faraday*, Maxwell concluyó que la luz es una onda electromagnética que se propaga en el vacío. Quedaba ya por tanto resuelto el problema del éter con la aparición de estas nuevas ondas.

1.1 TEORÍA CORPUSCULAR: COMPORTAMIENTO DE LA LUZ SEGÚN NEWTON

Es conocida como teoría corpuscular o de la emisión, fue el primer modelo exitoso en explicar el comportamiento de la luz. En gran parte se debe a la autoridad de Newton, ya que en esa misma época el modelo ondulatorio trataba de explicar el mismo fenómeno.

Esta teoría es propuesta por Sir. Isaac Newton (1642-1726) y supone que la luz está formada por partículas materiales, que llamó corpúsculos que son lanzados gran velocidad por los cuerpos emisores de luz. “*La luz está compuesta por diminutas partículas materiales emitidas a gran velocidad en línea recta por cuerpos luminosos. La dirección de propagación de estas partículas recibe el nombre de rayo luminoso*” (Serway, 2006).

Mediante la óptica geométrica se explica la formación de imágenes en espejos y lentes, a partir de representaciones geométricas de los cambios de dirección que experimentan los rayos luminosos en los distintos fenómenos de reflexión y refracción. Se fundamenta en tres puntos:

Propagación rectilínea. “La luz se propaga en línea recta porque los corpúsculos que la forman se mueven a gran velocidad” (Serway, 2006) Esto es justificado cuando se observan fenómenos de sombras y penumbras.

Cuando un haz de luz que viaja libremente por un medio se encuentra con otro medio distinto puede: Ser absorbido (total o parcialmente), ser reflejado (total o parcialmente), atravesar el nuevo medio (total o parcialmente), esta investigación se dedicara a la reflexión y a la refracción.

Reflexión es el cambio de dirección dentro del mismo medio, manteniendo la velocidad, que experimenta la luz al incidir sobre una superficie de separación de dos medios. (Serway, 2006)

Newton explicaba este fenómeno diciendo que “las partículas luminosas son perfectamente elásticas y por tanto la reflexión cumple las leyes del choque elástico.”

Primera Ley: El rayo incidente (i), la normal (N) y el rayo reflejado (r) están en un mismo plano.

Segunda Ley: El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión: $\theta_i = \theta_r$

Existen 2 tipos de reflexión, se llama reflexión especular a la reflexión sobre una superficie pulida. Si la superficie es irregular se produce la reflexión difusa en todas las direcciones, lo que hace posible que los objetos se vean en todas las direcciones.

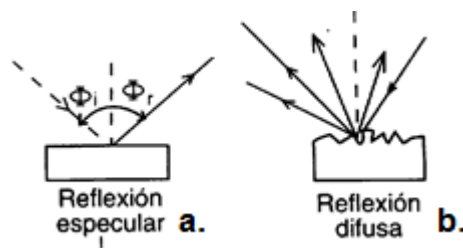


Figura 1. a. reflexión especular, b. reflexión difusa

1.1.1 El rayo de luz como base teórica de la óptica geométrica.

En la óptica geométrica se analizan los fenómenos luminosos y los sistemas ópticos para los cuales pueda considerarse válido el principio de propagación rectilínea de la luz.

Para estos fenómenos y estos sistemas ópticos se reemplazaran las ondas luminosas con los rayos entendiendo como rayos a las direcciones de propagación de los frentes de onda. Los rayos luminosos son emitidos por fuentes de luz y se pueden percibir mediante detectores ópticos.

Un medio óptico se caracteriza por el Índice de Refracción $n \geq 1$ que indica la relación entre la velocidad de la luz en el vacío $c_{vacio} = 3 * 10^8 \text{ m s}^{-1}$ y la velocidad c en ese medio

$$n = \frac{c_{vacio}}{c} \quad (1)$$

Si un medio es homogéneo, su índice de refracción será constante, y el tiempo que necesita la luz para recorrer una distancia d se podrá calcular simplemente como

$$t = \frac{d}{c} = n \frac{d}{c_{vacio}} \quad (2)$$

Que es proporcional a la nd , denominada *Longitud del Camino Óptico (lco)*

$$lco = n * d \quad (3)$$

En el caso donde el medio no sea homogéneo, el índice de refracción será una función del vector de posición de cada uno de los puntos.

$$n = n(r) \quad (4)$$

$$r = xu_x + yu_y + zu_z \quad (5)$$

En este caso, la longitud del camino óptico será el resultado de integrar sus elementos diferenciales:

$$lco = \int_A^B n(r) * ds \quad (6)$$

1.1.2 Principio de Fermat.

Prácticamente todas las leyes que gobiernan la óptica geométrica se derivan de un principio fundamental que es el principio de Fermat:

$$lco = \int_A^B n(r) * ds$$

La longitud del camino óptico seguido por la luz entre dos puntos es un extremo relativo a los caminos vecinos. Dicho extremo puede ser un máximo o un mínimo, pero lo habitual es que sea el mínimo, esto es, la luz sigue el camino del mínimo tiempo. En cualquier caso, se cumple que la derivada de la longitud del camino óptico respecto a los caminos adyacentes es nula. Tratándose de mínimos relativos, lógicamente, pueden darse situaciones en que existen varios caminos posibles entre dos puntos, en cuyo caso, la luz se reparte entre todos ellos. Las leyes de reflexión y refracción de la luz tienen indudables fundamentos experimentales, sin embargo es posible obtenerlas por vía analítica utilizando el principio de Fermat, como se mostrara más adelante.

1.1.3 Ley de la reflexión.

La ley de reflexión establece que el rayo reflejado por una superficie estará contenido en el plano definido por el rayo incidente y la normal a la superficie en el punto de incidencia (plano de incidencia), siendo el ángulo entre el rayo reflejado y la normal, igual al ángulo entre el rayo incidente con dicha normal. Considerando, por ejemplo, un haz de luz que se propaga desde el punto A hacia el punto B reflejándose sobre un espejo plano.

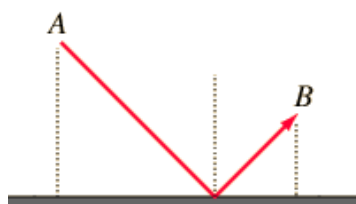


Figura 2. Rayo de luz que se refleja.

Basándose en el principio de Fermat y el teorema de Pitágoras se obtiene,

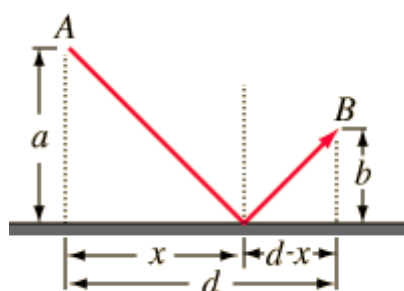


Figura 3. Rayo de luz que se refleja, aplicando el principio de Fermat y teorema de Pitágoras.

La longitud de la trayectoria A-B esta descrita por la siguiente ecuación:

$$L = \frac{\sqrt{a^2 + x^2}}{c} + \frac{\sqrt{b^2 + (d-x)^2}}{c} \quad (7)$$

Multiplicando por c

$$cL = \sqrt{a^2 + x^2} + \sqrt{b^2 + (d-x)^2} \quad (8)$$

Se obtiene

$$L = \sqrt{a^2 + x^2} + \sqrt{b^2 + (d-x)^2} \quad (9)$$

Dado que la velocidad es constante, la trayectoria en el tiempo mínimo se reduce al camino de distancia mínima. Esta distancia es obtenida por medio de la derivada de L respecto a x, e igualándolo a cero.

$$\frac{dL}{dx} = \frac{1}{2} \frac{2x}{\sqrt{a^2 + x^2}} + \frac{1}{2} \frac{2(d-x)(-1)}{2\sqrt{b^2 + (d-x)^2}} = 0 \quad (10)$$

Realizando la derivada.

$$\frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} = \frac{(d-x)}{\sqrt{b^2 + (d-x)^2}} \quad (11)$$

Esta relación es equivalente a

$$\sin \theta_i = \sin \theta_r \quad (12)$$

Y esto es igual a

$$\theta_i = \theta_r \quad (13)$$

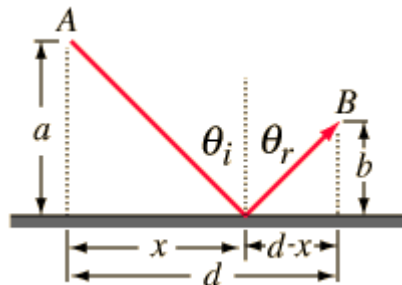


Figura 4. Rayo de luz que se refleja, demostración grafica de la ley de reflexión, partiendo del principio de Fermat.

Es fácil ver que la ley de reflexión se ajusta rigurosamente al principio de Fermat. En efecto, la longitud del camino óptico es mínima, pues la simétrica respecto al plano de reflexión es la línea recta.

1.1.4 Ley de la Refracción.

Cuando un rayo luminoso monocromático incide sobre la superficie de separación entre dos medios transparentes homogéneos e isótropos, una parte del rayo incidente se refleja y se queda en el medio de donde él provino y la otra parte se transmite al otro medio tomando una nueva dirección, es decir, desviándose. Se dice que al pasar de un medio al otro el haz luminoso se refracta.

Considerando, por ejemplo, el caso de un haz de luz que se propaga desde el punto **A** situado en un medio de índice de refracción n_1 hacia un punto **B** situado en un medio de índice de refracción n_2 ; en este caso es posible imaginar infinitas trayectorias las cuales difieren por la posición del punto **P** sobre la interface en la cual incide la luz.

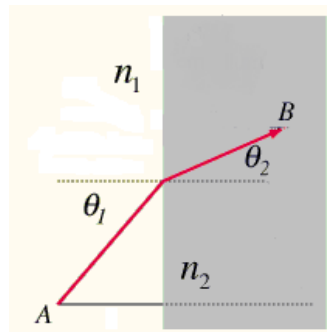


Figura 5. Rayo de luz que pasa de un medio a otro.

Basándose en el principio de Fermat y el teorema de Pitágoras se obtiene,

$$t = \frac{\sqrt{a^2 + x^2}}{c} n_1 + \frac{\sqrt{b^2 + (d - x)^2}}{c} n_2 \quad (14)$$

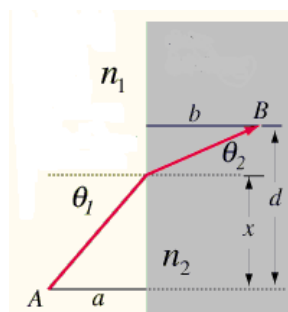


Figura 6. Rayo de luz que pasa de un medio a otro. Aplicando el principio de Fermat y teorema de Pitágoras.

Multiplicando por c

$$ct = \frac{\sqrt{a^2 + x^2}}{c} n_1 + \frac{\sqrt{b^2 + (d - x)^2}}{c} n_2 \quad (15)$$

Se obtiene

$$t = \sqrt{a^2 + x^2} n_1 + \sqrt{b^2 + (d - x)^2} n_2 \quad (16)$$

Realizando la derivada.

$$\frac{dt}{dx} = \frac{n_1 x}{\sqrt{a^2 + x^2}} - \frac{n_2 (d - x)}{\sqrt{b^2 + (d - x)^2}} \quad (17)$$

Esta relación es equivalente a

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (18)$$

Con lo que queda probada de nuevo la ley de Snell a partir del principio de Fermat. Conviene también remarcar que la ley de Snell es bilateral, es decir, si se invierte el sentido de propagación de la luz, la trayectoria del rayo continúa siendo la misma.

1.1.5 Espejos esféricos.

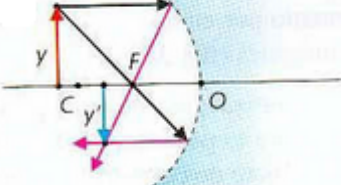
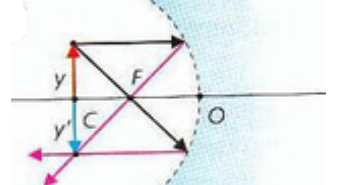
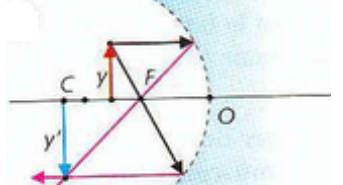
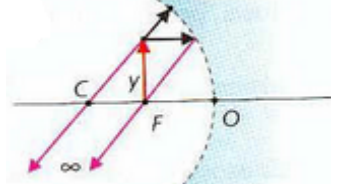
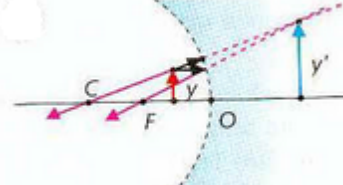
Un espejo esférico es un espejo que puede considerarse como una porción de una esfera reflejante. Los dos tipos de espejos esféricos se ilustran en la figura. Si el interior de la superficie esférica es la superficie reflejante, se dice que el espejo es cóncavo. Si la porción exterior es la superficie reflejante, el espejo es convexo (Serway, 2006). La construcción de imágenes es muy sencilla si se utilizan los rayos principales:

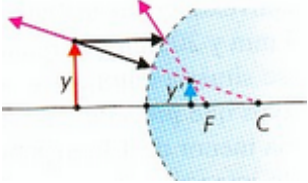
Rayo paralelo: Rayo paralelo al eje óptico que parte de la parte superior del objeto. Después de refractarse pasa por el foco imagen.

Rayo focal: Rayo que parte de la parte superior del objeto y pasa por el foco objeto, con lo cual se refracta de manera que sale paralelo. Después de refractarse pasa por el foco imagen.

Rayo radial: Rayo que parte de la parte superior del objeto y está dirigido hacia el centro de curvatura del dioptrio. Este rayo no se refracta y continúa en la misma dirección ya que el ángulo de incidencia es igual a cero.

Hay que distinguir entre los espejos cóncavos y los convexos:

<p>Espejo cóncavo</p>	<p>Objeto situado a la izquierda del centro de curvatura. La imagen es real, invertida y situada entre el centro y el foco. Su tamaño es menor que el objeto.</p>	 <p>Figura 7. imagen real, invertida y situada entre el centro y el foco</p>
<p>Espejo cóncavo</p>	<p>Objeto situado en el centro de curvatura. La imagen es real, invertida y situada en el mismo punto. Su tamaño igual que el objeto.</p>	 <p>Figura 8. imagen real, invertida y situada en el mismo punto</p>
<p>Espejo cóncavo</p>	<p>Objeto situado entre el centro de curvatura y el foco. La imagen es real, invertida y situada a la izquierda del centro de curvatura. Su tamaño es mayor que el objeto.</p>	 <p>Figura 9. imagen real, invertida y situada a la izquierda del centro de curvatura</p>
<p>Espejo cóncavo</p>	<p>Objeto situado en el foco del espejo. Los rayos reflejados son paralelos y la imagen se forma en el infinito.</p>	 <p>Figura 10. Objeto situado en el foco.</p>
<p>Espejo cóncavo</p>	<p>Objeto situado a la derecha del foco. La imagen es virtual, y conserva su orientación. Su tamaño es mayor que el objeto.</p>	 <p>Figura 11. Imagen virtual.</p>

Espejo convexo	Se produce una situación en la que la imagen es virtual, derecha y más pequeña que el objeto.	 <p data-bbox="1052 432 1511 499">Figura 12. la imagen virtual, derecha y más pequeña que el objeto</p>
----------------	---	--

Sabiendo de las características de las imágenes y de cómo se forman, se realizara un análisis sobre la formación de imágenes en espejos curvos. Considerando ahora la imagen formada por un objeto más extenso OA, como se muestra en la figura. La imagen del punto O se encuentra en I, como antes. Trazando los rayos a partir de la punta de la flecha, somos capaces de dibujar la imagen de A a E. El rayo AM pasa a través del centro de curvatura y se refleja de regreso sobre sí mismo. Un rayo AV que incide en el vértice del espejo forma los ángulos iguales θ_i y θ_r . Los rayos VE y AM cruzan en E, formando una imagen de la punta de la flecha en ese punto. El resto de la imagen IR se puede construir trazando rayos similares para los puntos correspondientes en el objeto OA. Observe que la imagen es real e invertida.

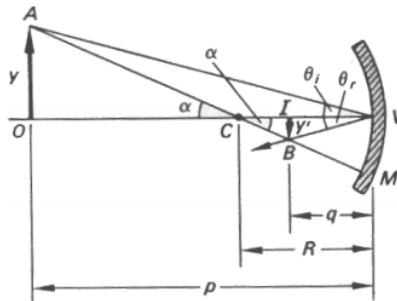


Figura 13. Formación de imagen en un espejo cóncavo

Distancia al objeto = $OV = p$, Distancia a la imagen = $N = q$,

Radio de curvatura = $CV = R$, Tamaño del objeto = $OA = y$

Tamaño de la imagen = $IR = y'$

Ahora intentemos relacionar estas cantidades. A partir de la figura 36, se observa que los ángulos OCA y VCM son iguales. Representando a este ángulo por α , podemos escribir:

$$\tan \alpha = \frac{y}{p - R} = \frac{-y}{R - q} \tag{19}$$

De donde

$$\frac{-y}{y} = \frac{R - q}{p - R} \quad (20)$$

El tamaño de la imagen y' es negativo porque está invertido en la figura. En forma similar, los ángulos θ_i y θ_r , en la figura son iguales, de modo que:

$$\tan \theta_i = \tan \theta_r \frac{y}{p} = \frac{-y}{q} \quad (21)$$

Combinando las ecuaciones anteriores tenemos:

$$\frac{-y}{y} = \frac{q}{p} = \frac{R - q}{p - R} \quad (22)$$

Reordenando los términos, obtenemos esta importante relación:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{2}{R} \quad (23)$$

Esta relación se conoce como ecuación del espejo. A menudo se escribe en términos de la longitud focal f del espejo, en lugar de hacerlo respecto al radio de curvatura. Recordando que $f = R/2$, podemos rescribir la ecuación anterior como:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \quad (24)$$

Se puede hacer una deducción similar en el caso de un espejo convexo, y aplicamos la misma ecuación, siempre que se adopte la convención de signos apropiada. Las distancias al objeto ya la imagen p y q , deben considerarse positivas para objetos reales y negativas para objetos e imágenes virtuales. El radio de curvatura R y la longitud focal f deben considerarse positivos para espejos convergentes (cóncavos) y negativos para espejos divergentes (convexos).

De esta manera queda demostrado porque la noción de rayo de luz propuesta por Fermat, es la base teórica de la óptica geométrica.

1.2 TEORÍA ONDULATORIA: COMPORTAMIENTO DE LA LUZ SEGÚN HUYGENS

Esta teoría es propuesta por Christian Huygens (1596-1687), en esta propuso el modelo ondulatorio, en el que se defendía que la luz no era más que una perturbación ondulatoria, parecida al sonido, y de tipo mecánico pues necesitaba un medio material para propagarse. Supuso tres hipótesis:

1. Todos los puntos de un frente de ondas eran centros emisores de ondas secundarias;
2. De todo centro emisor se propagaban ondas en todas direcciones del espacio con velocidad distinta en cada medio;
3. Como la luz se propagaba en el vacío y necesitaba un material perfecto sin rozamiento, se supuso que todo el espacio estaba ocupado por éter, que hacía de soporte de las ondas.

Como los físicos de la época consideraban que todas las ondas requerían de algún medio que las transportaran en el vacío, para las ondas lumínicas se postula como medio a una materia insustancial e invisible a la cual se le llamó *éter*.

Justamente la presencia del éter fue el principal medio cuestionador de la teoría ondulatoria. En ello, es necesario equiparar las vibraciones luminosas con las elásticas transversales de los sólidos sin que se transmitan, por lo tanto, vibraciones longitudinales. Aquí es donde se presenta la mayor contradicción en cuanto a la presencia del éter como medio de transporte de ondas, ya que se requeriría que éste reuniera alguna característica sólida pero que a su vez no opusiera resistencia al libre tránsito de los cuerpos sólidos. (Las ondas transversales sólo se propagan a través de medios sólidos.)

En aquella época, la teoría de Huygens no fue muy considerada, fundamentalmente, y tal como ya lo mencionamos, dado al prestigio que alcanzó Newton. Pasó más de un siglo para que fuera tomada en cuenta la Teoría Ondulatoria de la luz. Los experimentos del médico inglés Thomas Young sobre los fenómenos de interferencias luminosas, y los del físico francés Auguste Jean Fresnel sobre la difracción fueron decisivos para que ello ocurriera y se colocara en la tabla de estudios de los físicos sobre la luz, la propuesta realizada en el siglo XVII por Huygens.

1.2.1 La onda como base teórica de la óptica ondulatoria.

La teoría ondulatoria, considera la luz como una onda electromagnética, y desprendiéndose de ello explica los diferentes fenómenos y comportamientos de esta como la difracción e interferencia.

Teniendo en cuenta el principio de superposición de las ondas que dice *“cuando las ecuaciones de comportamiento que rigen un problema físico son lineales, entonces el resultado de una medida o la solución de un problema práctico relacionado con una magnitud extensiva asociada al fenómeno, cuando están presentes los conjuntos de factores causantes A y B, puede*

obtenerse como la suma de los efectos de A más los efectos de B”, basados en este principio se hará un estudio analítico sobre el fenómeno de interferencia.

Es un hecho experimental que dos o más ondas pueden atravesar la misma zona del espacio independiente una de la otra, esto significa que la perturbación resultante es en instante determinado la suma de las perturbaciones individuales. Esto ocurre cuando dos o más ondas coinciden en el espacio y en el tiempo.

Considerando 2 dos fuentes φ_1 y φ_2 que oscilan en fase con la misma frecuencia angular y amplitudes A_1 y A_2 , sus ondas esféricas armónicas monocromáticas son:

$$\varphi_1 = A \cos \omega t \quad \varphi_2 = A \cos(\omega t + \rho) \quad (25)$$

A: Amplitud ; ω : Frecuencia angular. $\omega = 2\pi f$; ρ : Desfase.

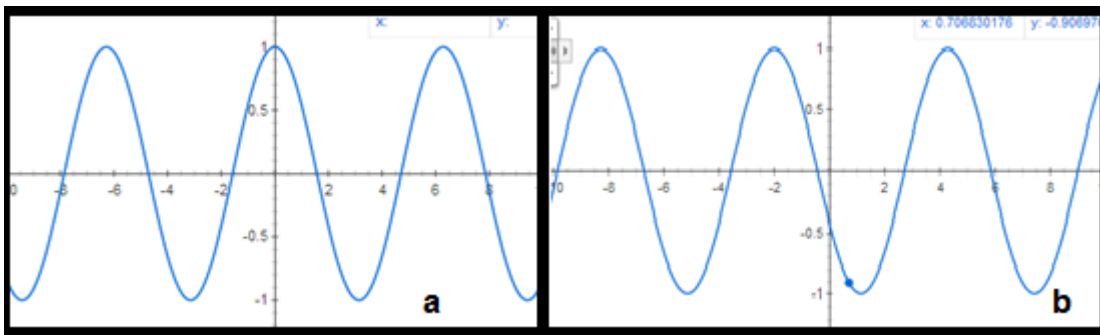


Figura 14. a. Función coseno. b. Función coseno con un desfase ρ

El resultado final, cuando estas dos perturbaciones se encuentren será la suma de $\varphi_1 + \varphi_2$

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 \quad (26)$$

$$\varphi = A \cos \omega t + A \cos(\omega t + \rho) \quad (27)$$

Teniendo en cuenta la identidad trigonométrica

$$\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2} \quad (28)$$

Aplicando esta propiedad al ejercicio se obtiene:

$$\varphi = 2 A \cos \frac{\rho}{2} \cos \left(\omega t + \frac{\rho}{2} \right) \quad (29)$$

Es notable que un término de la ecuación es independiente del tiempo y el otro es oscilante.

La amplitud queda determinada como $\tilde{A} = 2 A \left| \cos \frac{\rho}{2} \right|$, el valor absoluto es porque la amplitud nunca puede ser negativa. Esto significa \tilde{A} puede ser tan grande como $2A$, o puede ser tan pequeño como cero dependiendo del valor que tome la función coseno.

1.2.2 Representación compleja.

En este caso, se tiene la misma situación que se ha trabajado, pero se representa con números complejos.

$$\varphi_1 = A e^{i\omega t} \quad y \quad \varphi_2 = A e^{i\omega t} e^{i\rho} \quad (30)$$

Entonces al hacer la suma se obtiene

$$\varphi_1 + \varphi_2 = A e^{i\omega t} + A e^{i\omega t} e^{i\rho} \quad (31)$$

$$\varphi_1 + \varphi_2 = A e^{i\omega t} (1 + e^{i\rho}) \quad (32)$$

$$\varphi_1 + \varphi_2 = A e^{i\omega t} e^{i\omega t/2} (e^{-i\rho/2} e^{i\rho/2}) \quad (33)$$

Se conoce la siguiente relación $e^{-i\rho/2} e^{i\rho/2} = 2 \cos \frac{\rho}{2}$

Y finalmente se obtiene

$$\varphi_1 + \varphi_2 = 2 A \cos \frac{\rho}{2} e^{i(\omega t + \frac{\rho}{2})} \quad (34)$$

Donde $2 A \cos \frac{\rho}{2}$ es la amplitud y $e^{i(\omega t + \frac{\rho}{2})}$ es la longitud del vector y el ángulo por el cual está girando.

Con esto se demuestra que si se tienen dos ondas con la misma frecuencia ω con un desfase relativo entre ellas, la suma de estas dos oscila a la misma frecuencia que la mitad del desfase entre las dos, con una amplitud de $2 A \cos \frac{\rho}{2}$.

1.2.3 Aplicándolo al fenómeno de interferencia.

El experimento consiste en recoger sobre una pantalla la figura de interferencia producida por dos fuentes puntuales sincronas luminosas. Thomas Young consiguió las dos fuentes haciendo pasar un haz de luz por dos orificios practicados en una pantalla, situados a una distancia d .

Los dos orificios se comportan, de acuerdo con el principio de Huygens, como dos fuentes puntuales síncronas, es decir, oscilan en fase con la misma longitud de onda y frecuencia; tienen también la misma amplitud.

Siempre que se superponen dos ondas se produce el fenómeno de interferencia, pero, para que sea detectable, es necesario que las ondas sean coherentes, es decir, que la diferencia de fase entre ambas sea una constante para cada punto del espacio

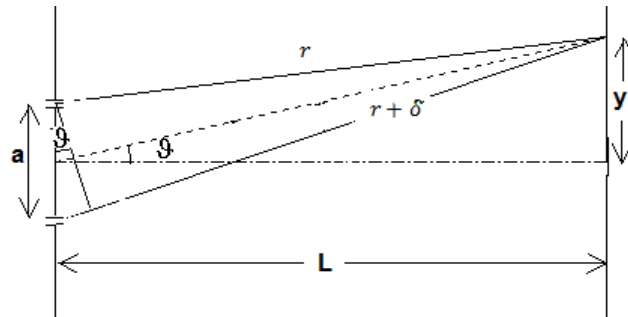


Figura 15. Ondas de luz atravesando una doble rendija.

Esto puede ser representado de la siguiente manera

$$\varphi_1 = A \cos(kr - \omega t) \quad (35)$$

Y

$$\varphi_2 = A \cos\left(kr + \frac{k\delta}{\rho} - \omega t\right) \quad (36)$$

Donde $k = \frac{2\pi}{\lambda}$

$k\delta = \rho$ Representa la diferencia de fase entre las dos ondas.

Y la amplitud $\check{A} = 2A \left| \cos \frac{k\varphi}{2} \right|$

De esto surge la pregunta ¿Cuándo la amplitud es máxima y cuando es mínima? si se va por la mediatriz es posible ver por la simetría que las dos r son iguales, $\delta = 0$ y la amplitud es 2 veces A . Esto se conoce como *interferencia constructiva*. Las amplitudes de ambas ondas se suman: $A_{RES} = A + A = 2A$

$$A_{Resultante} = A + A = 2A \quad (37)$$

Como la intensidad es proporcional al cuadrado de la amplitud, la intensidad de la luz resultante $I_{resultante}$ de la interferencia tendrá una intensidad cuádruple que las luces que interfieren. El resultado de la interferencia constructiva es, por tanto, luz mucho más intensa

$$I_{resultante} = (A_{resultante})^2 = (2A)^2 = 4A^2 = 4I \quad (38)$$

Esto sucederá cuando la diferencia en fase valga:

$$\Delta\rho = 2n\pi \quad (n = 0,1,2 \dots) \quad (39)$$

Como:

$$\Delta\rho = k\Delta x = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta x \quad (40)$$

$$\frac{2\pi}{\lambda} \Delta x = 2n\pi \quad (41)$$

$$\Delta x = n\lambda \quad (42)$$

Dos luces idénticas interferirán constructivamente si llegan a un punto con una "diferencia en marcha" (diferencia en el espacio recorrido) igual a un múltiplo entero de longitudes de onda.

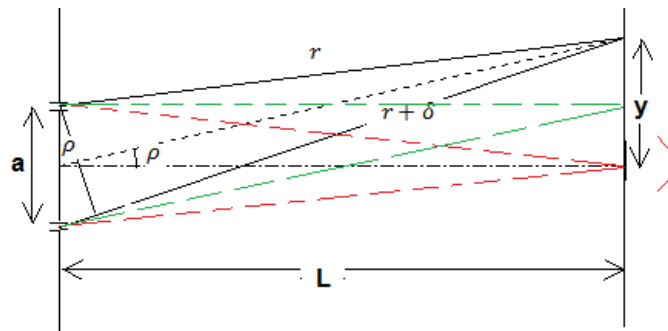


Figura 16. Onda de luz atravesando una doble rendija, en diferentes puntos.

Ahora se va a analizar el lugar donde $\frac{k\delta}{2} = \frac{\pi}{2}$, en términos de amplitud

$$\check{A} = 2A \left| \cos \frac{k\varphi}{2} \right| = 0 \quad (43)$$

La amplitud desaparece y entonces habrá oscuridad.

Con base a esto es posible hallar la siguiente relación $\frac{k\delta}{2}$, pero $k = \frac{2\pi}{\lambda}$

$$\frac{2\pi \delta}{\lambda 2} = \frac{\pi}{2} \quad (44)$$

Cancelando términos se obtiene que

$$\delta = \frac{\lambda}{2} \quad (45)$$

Esto significa que esta segunda onda tiene viaja con la mitad de la longitud de onda de la primera, lo que generara una interferencia destructiva.

En la interferencia destructiva, las amplitudes de ambas ondas se restan

$$A_{Resultante} = A - A = 0 \quad (46)$$

El resultado de la interferencia destructiva es la extinción de la luz, observándose una zona oscura. Esto sucederá cuando la diferencia en fase valga

$$\Delta\rho = (2n + 1)\pi \quad (n = 0,1,2 \dots) \quad (47)$$

$$\Delta\rho = k\Delta x = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta x \quad (48)$$

$$\frac{2\pi}{\lambda} \Delta x = (2n + 1)\pi \quad (49)$$

$$\Delta x = (2n + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (50)$$

Dos luces idénticas interferirán destructivamente si llegan a un punto con una "diferencia en marcha" (diferencia en el espacio recorrido) igual a un número impar de semilongitudes de onda.

De lo dicho anteriormente se deduce que la interferencia de dos luces idénticas (igual longitud de onda y amplitud) debería de producir zonas de elevada intensidad y zonas oscuras.

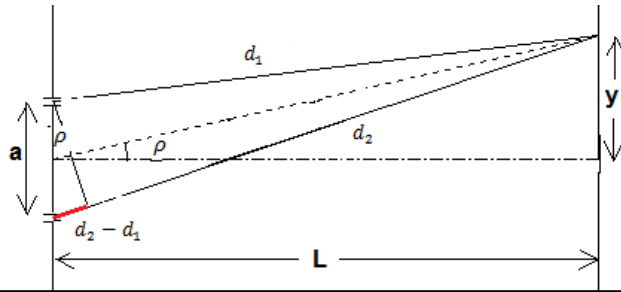


Figura 17. Onda de luz atravesando una doble rendija 2.

La interferencia se produce debido a la diferente distancia recorrida por las ondas procedentes de ambas rendijas. Se obtendrá interferencia constructiva (luz intensa) si la diferencia de caminos de la luz procedente de ambas rendijas es igual a un número entero de longitudes de onda:

$$d_2 - d_1 = A \sin \rho = n\lambda \quad (51)$$

Si suponemos que el ángulo es pequeño (pantalla alejada de las rendijas) se puede considerar que el seno y la tangente son iguales, entonces:

$$d_2 - d_1 = A \sin \rho = A \tan \rho = A \frac{Y}{L} = n\lambda \quad (52)$$

$$Y_{luz} = n \frac{\lambda L}{A} \quad (53)$$

Procediendo de forma análoga se obtiene la situación de las zonas de interferencia destructiva (zonas oscuras) :

$$d_2 - d_1 = A \sin \rho = A \tan \rho = A \frac{Y}{L} = (2n + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (54)$$

$$Y_{osc} = (2n + 1) \frac{\lambda L}{2A} \quad (55)$$

De esta manera queda demostrado porque la noción de onda de luz y el principio de superposición, explican a la perfección el fenómeno de interferencia, fenómeno que se estudia desde la óptica ondulatoria.

CAPITULO 2 “MODELO DE APRENDIZAJE COMO INVESTIGACIÓN ORIENTADA”

En la labor del docente no es suficiente ser experto en un tema específico, pues es necesario contar con el respaldo de modelo pedagógico, siendo este una representación que permite al docente clarificar y presentar de una manera coherente y creativa los procesos de enseñanza y de aprendizaje, teniendo como objetivo realizar una creación intelectual que permita describir, explicar e investigar los problemas actuales de la enseñanza aprendizaje de las Ciencias. De esta manera la educación adquiere fuerza en el campo de la investigación.

El presente trabajo se enmarca en el *modelo de aprendizaje como investigación orientada* MACIO el cual considera al aprendizaje como una construcción activa de nuevo conocimiento por el propio estudiante que parte de los conocimientos que ya posee (Furió, Azcona , & Guisasola , 2006). Para ello se pretende plantear estrategias de enseñanza que vayan más allá de la simple transmisión de conocimientos que unos ya ha logrado construir, e intenten aproximar las comprensiones de los estudiantes a las teorías científicas que hoy se reconocen como correctas.

El MACIO se basa en la idea que el aprendizaje de las ciencias puede desarrollarse como un proceso de reconstrucción de conocimientos en un contexto inspirado en el propio de la investigación científica. Cuando el aprendizaje es adquirido como una investigación orientada, los estudiantes son los protagonistas y juegan el papel de investigadores, recreando las investigaciones ya realizadas, trabajando en equipos colaborativos y dirigidos por el profesor como experto conocedor de las investigaciones. De esta manera, el aprendizaje es percibido como un como un proceso de formación en investigación similar a la formación inicial de futuros investigadores y, por ello, el modelo de aprendizaje se denomina de investigación orientada.

Por otra parte, la estrategia del MACIO sugiere plantear unos indicadores de aprendizaje, estos indicadores de aprendizaje han de terminar concretándose en una planificación de actividades y tareas para trabajar en el aula los contenidos de aprendizaje seleccionados.

Al momento de implementar esta metodología en el aula de clase se propone que los estudiantes (con la ayuda del docente, en este caso el orientador) realicen prácticas similares a los de la metodología científica en ambientes de aprendizaje cercanos a los de la investigación científica: frente a problemas planteados imaginen soluciones en forma de hipótesis, diseñen experimentos de contrastación de sus ideas, socialicen sus resultados y redacten informes. El modelo permite superar una metodología superficial de aprendizaje y, de este modo, evitar los

análisis causales lineales, la experimentación como receta, el reduccionismo y el determinismo. Esta metodología de la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias ha sido incorporada a las nuevas reformas curriculares tratando de que, en todos los niveles, la educación científica se sustente en la metodología de la investigación como forma de favorecer una actividad significativa en torno a problemas susceptibles de interesar a los estudiantes, asociando *explícitamente* la construcción de conocimientos al tratamiento científico de problemas (Furió, Azcona, & Guisasola, 2006).

2.1 LAS ACTIVIDADES PROPUESTAS COMO INVESTIGACIÓN

MACIO otorga una fuerte importancia a la práctica experimental, ya que está además de ilustrar la teoría, permite que el estudiante logre desarrollar destrezas básicas y herramientas de la física experimental y del análisis de datos, a manejar conceptos básicos, a entender el papel de la observación directa en Física y distinguir entre las inferencias que se realizan a partir de la teoría y las que se realizan a partir de la práctica. También para destacar el proceso observación del fenómeno, la obtención de datos experimentales y el análisis de los resultados.

Y proponen algunos ítems deben ser tenidos en cuenta en las prácticas de los docentes para evitar caer en un trabajo meramente experimental, estos ítems revelan la importancia de la actividad investigativa, más allá de las tareas áulicas que se presentan como prácticas aisladas de laboratorio.

La secuencia se divide en 3 grandes partes, las cuales se han denominado *actividades, preguntas y cuestiones*.

Actividades: en esta sección se busca fomentar un ambiente de aprendizaje muy cercano al de la investigación científica. Se proponen actividades que dan sentido al estudio de los fenómenos que se van a abordar, y de este modo se trata de evitar que los estudiantes se vean sumergidos en el tratamiento de una situación sin haber podido hacerse una primera idea motivadora y preliminar de la tarea.

1- Presentar situaciones problemáticas abiertas: debe ser una situación con la que cualquier alumno pueda encontrarse frecuentemente o tener la capacidad de familiarizarse muy rápido, con el fin de despertar el interés por las situaciones propuestas.

Preguntas: en esta sección se busca cuestionar las situaciones mencionadas con anterioridad, sacando al estudiante de una zona de confort e invitándole a reflexionar sobre la situación, ya que se plantean una serie de preguntas con el objetivo que estudiantes *formulen hipótesis y expongan* posibles soluciones a las situaciones planteadas. Este es un buen momento

en la secuencia para que los estudiantes utilicen sus conocimientos previos y los pongan a prueba, de igual manera se proponen actividades donde los estudiantes tienen que *aplicar reiteradamente los nuevos conocimientos* en diferentes contextos

2- Reflexión sobre el posible interés y relevancia de la situación propuesta:

La reflexión sobre el interés de la situación propuesta se plantea con el fin que los estudiantes encuentren el sentido de dar solución a la problemática.

3- Fomentar un análisis cualitativo en el que se entrelazan las consideraciones acerca del posible interés que favorezcan la comprensión y recorte del problema y la formulación de preguntas.

4- Promover la **formulación de hipótesis** como núcleo de la actividad investigativa e insistir en la necesidad de fundamentarlas.

5- Destacar la participación de los estudiantes en la **elaboración de diseños y la planificación** de las actividades propuestas, con el fin de que las estrategias de resolución no deriven de los principios teóricos conocidos por el profesor, por el contrario pretende que sean construcciones tentativas que partan del análisis cualitativo, de la formulación de hipótesis y de los conocimientos que dominan los estudiantes.

Cuestiones: esta sección va dirigida a la reflexión sobre lo aprendido en la sesión, se proponen actividades de síntesis y de autoevaluación sobre los logros de aprendizaje obtenidos en el desarrollo de las clases, con esto se busca incentivar la autoevaluación, estas cuestiones deben tener un proceso de justificación en el que los estudiantes reconozcan y valoren sus avances.

6- Reflexionar sobre el análisis detenido de los resultados en función del cuerpo teórico, las hipótesis formuladas y los antecedentes sobre el tema. Promover la revisión de cada uno de los procesos realizados anteriormente en función de los resultados, favoreciendo el aprendizaje.

7- Elaborar una **memoria científica** con el fin de comunicar el trabajo y destacar la importancia de la difusión de los resultados.

8- Fomentar la discusión **colectiva del trabajo científico**: luego de hacer el pertinente análisis de la situación y llegar a una hipótesis, es importante que exista una retroalimentación conjunta, con esto se busca fortalecer la interacción entre ellos, la discusión de sus resultados, la contrastación con los conocimientos existentes sobre el tema y la perspectiva del profesor. Es decir, se busca poner en práctica la actividad real

de los equipos científicos y destacar que los resultados alcanzados deben formar parte de un cuerpo de conocimientos que constituye el consenso de la comunidad científica en un momento particular.

La estructura de clase que propone el MACIO consiste en el trabajo de pequeños grupos de estudiantes dedicados a obtener resultados sobre una problemática mediante el esfuerzo cooperativo, dirigidos por el profesor quien asume el rol de experto y guía, estos equipos interactúan entre ellos y con la comunidad científica, comunicándose y cuestionándose mutuamente los resultados obtenidos durante el proceso. De este modo, se busca despertar el interés y optimizar las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia, al mismo tiempo que son introducidos en los procedimientos científicos y los modos de percibir la naturaleza para la construcción de nuevos conocimientos.

El aprendizaje constructivista en la base del MACIO, pues parte de los conocimientos previos de los estudiantes, y no busca contradecirlos o cuestionarlos sino pretende que a partir de situaciones problemáticas los estudiantes busquen respuestas a estas, esforzándose por proponer nuevas ideas tentativas, diferentes a las iniciales, para alcanzar la solución deseada.

Este enfoque, por lo tanto, no busca suplantar las ideas de los alumnos por otras consideradas válidas desde el experto, sino que promueve la búsqueda permanente de nuevas respuestas a nuevos interrogantes por parte del propio estudiante, orientado por el docente, en un proceso de creciente profundización (Gil Perez, 1992).

De esta manera, los conocimientos previos de los estudiantes pueden ser transformadas por la propia actividad del estudiante en interacción con sus pares, frente situaciones problemáticas contextualizadas y en un ambiente de trabajo inspirado en el propio de la investigación científica.

Esta metodología ha sido implementada exitosamente en varias ocasiones, como se mencionara a continuación.

En la Universidad de Valencia en España, en el departamento de didácticas de las ciencias experimentales, el profesor Carles Furio, en el Instituto de Enseñanza Secundaria Talaia el profesor Rafael Azcona y en la Universidad del País Vasco en el Departamento de Física Aplicada el profesor Jenaro Guisasola desarrollaron un trabajo sobre la **ENSEÑANZA DE LOS CONCEPTOS DE CANTIDAD DE SUSTANCIA Y DE MOL BASADA EN UN MODELO DE APRENDIZAJE COMO INVESTIGACIÓN ORIENTADA**, donde se trata el diseño y desarrollo de una investigación en el aula sobre la enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y mol.

Se fundamenta en una concepción constructivista del proceso de enseñanza-aprendizaje de la ciencia como investigación orientada. En este proceso se han tenido en cuenta los componentes conceptual, metodológico y actitudinal del aprendizaje y se han analizado las dificultades de los estudiantes al abordar el estudio del tema. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que, en un contexto de enseñanza-aprendizaje como investigación orientada, los estudiantes son capaces de utilizar con comprensión conceptos de alto nivel de dificultad como los tratados (Furió, Azcona , & Guisasola , 2006)

Otro caso exitoso del MACIO esta vez enfocado en el área de la física es el desarrollado por los profesores Jenaro Guisasola, José Almudí y José Zubimendi del Departamento de Física Aplicada I. Euskal Herriko Unibertsitatea, donde se desarrolla el trabajo el **CAMPO MAGNÉTICO: DISEÑO Y EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA BASADAS EN EL APRENDIZAJE COMO INVESTIGACIÓN ORIENTADA**, de acuerdo con esta base teórica, se desarrollada una investigación empírica que se enmarca dentro de la enseñanza del magnetismo en el ámbito universitario. Se ha desarrolla una “secuencia de actividades”, así como un “plan de instrucción” para grupos experimentales. El diseño que realiza permite evaluar el nivel de aprendizaje conseguido por los estudiantes, en lo que se refiere a los contenidos de tipo conceptual, procedimental y actitudinal. Los resultados obtenidos parecen indicar que los materiales desarrollados, así como la forma en que hemos trabajado con ellos, han contribuido a un aprendizaje más significativo y han favorecido que los estudiantes tengan una actitud más positiva hacia el aprendizaje de esta área de la física (Guisasola, Almudí, & Zubimendi, 2005)

De acuerdo con los dos trabajos mencionado con anterioridad, eso posible notar que a pesar que son trabajos en áreas diferentes, ambos trabajos tienen evidentes similitudes en la planificación y el desarrollo del tema propuesto, así como promueven la creación de ambientes de trabajo inspirados en el propio de la investigación científica.

Nuestro propósito es partiendo del problema de la naturaleza de la luz, planificar y desarrollar una secuencia basándonos en el MACIO con el fin de obtener resultados exitosos como los mencionados con anterioridad.

CAPITULO 3 “SECUENCIA DE ENSEÑANZA PARA LA PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA DE LA NATURALEZA DE LA LUZ”

En el campo de la educación los trabajos de investigación orientada tienen la finalidad de conocer que tanto aprenden los estudiantes de un tópico particular bajo la aplicación de una metodología definida.

En este capítulo se esboza una secuencia de enseñanza del problema de la enseñanza de la naturaleza de la luz basada en el desarrollo de cuatro componentes:

1) Un análisis teórico y experimental en el cual se describe el problema de la naturaleza de la luz, basado en el modelo de los rayos y en el modelo de las ondas plasmado en el primer capítulo.

2) Un análisis didáctico desarrollado en el tercer capítulo, que expone los principales planteamientos del modelo de aprendizaje como investigación orientada y su aplicación en la secuencia de enseñanza.

3) La Selección de objetivos que se resumen en el planteamiento de los indicadores de aprendizaje.

4) El conjunto de actividades y preguntas de la secuencia de enseñanza.

A continuación se presentan los indicadores de aprendizaje y la estructura de la secuencia de enseñanza, considerando que un diseño adecuado de la enseñanza requiere la identificación y secuenciación de metas parciales e indicadores de aprendizaje.

3.1 INDICADORES DE APRENDIZAJE

La elaboración de una serie de indicadores de aprendizaje referentes a la *Naturaleza de la luz* ha tenido en cuenta los resultados de la investigación didáctica sobre concepciones alternativas de los estudiantes, el marco teórico actual y, también, las investigaciones sobre la historia de los problemas que tuvieron lugar en la explicación de esta, desde los 3 modelos explicativos (Beléndez Vázquez, Pascual Villalobos, & Rosado Barbero, 1989)

Esto nos lleva a establecer los primeros indicadores:

1. Caracterizar la noción de rayo, como fundamento de la óptica geométrica, dando explicación a la interacción de la luz con la materia.
2. Caracterizar la noción de onda, como fundamento de la óptica física, dando explicación a los fenómenos de propagación, interferencias y difracción.
3. Reconocimiento de la coexistencia de estos 2 modelos explicativos.

Los anteriores indicadores se deben concretar mediante el diseño de una serie de actividades, preguntas y tareas que se presentan a continuación.

3.2 ESTRUCTURA DE LA SECUENCIA DE ENSEÑANZA

En esta sección se presentan las actividades y preguntas que componen la secuencia de enseñanza. La secuencia está dividida en preguntas, experiencias, actividades a realizar, cuestionamientos y ejercicios de imaginación.

3.2.1 ETAPAS DE LA IMPLEMENTACIÓN

En el desarrollo del proyecto se contemplaron etapas definidas cada una por objetivos de estado, de manera que una vez conseguidos el de una etapa, dejaban el proceso de investigación en posibilidad de abordar la siguiente. A continuación se describen las etapas, los tiempos de ejecución y el estado de investigación que se logró en cada caso.

1. Programación de actividades

Definición de los temas y las actividades específicos de la óptica geométrica y de la óptica ondulatoria sobre los cuales se implementaron las herramientas de investigación orientada.

ACTIVIDAD	OBJETIVOS	ETAPAS	MATERIALES
INTRODUCCIÓN A LA ÓPTICA GEOMÉTRICA.	Construir la noción de rayo de luz en la óptica geométrica. Caracterizar el concepto de luz	Experiencias con luz blanca y con láser. Juego con talco y/o humo	Lámpara con luz blanca. Diodo láser. Talco. Objetos de diferentes tamaños.

	monocromática		
--	---------------	--	--

Sesión 1 - Introducción a la óptica geométrica: las actividades de la MACIO programadas tenían, en su conjunto, el propósito de guiar al estudiante para que inicialmente comprendiera, que se puede estudiar la luz proveniente de una fuente puntual a partir de un modelo de rayos. El apuntador láser y su uso constituyeron la fuente de luz real comparable con la idea de rayo. Aunque ver rayos de luz láser dispersos por gases no es una situación ajena a los estudiantes. El diseño de esta primera actividad (ver Anexo 1 y 2) obedece a este interés.

ACTIVIDAD	OBJETIVOS	ETAPAS	MATERIALES
INTERACCION LUZ Y MATERIA I.	Observar y analizar el fenómeno de reflexión, en espejos planos y curvos.	¿Cómo me veo en un espejo? Juego de espejos y monedas.	Espejos planos. Monedas u otro objeto pequeño.
REFLEXION DE LA LUZ	Caracterizar los conceptos de rayo incidente, rayo reflejado y normal. Caracterizar los conceptos de espejos cóncavos y convexos y sus aplicaciones. Determinar experimentalmente las leyes de la reflexión.	¿Cómo me veo en un espejo curvo?	Espejo curvo (cuchara)

Sesión 2 - Leyes de la reflexión: El uso del modelo de rayos para estudiar la interacción entre la luz y los objetos que la desvía marcó el diseño de la segunda actividad. En esta actividad se utilizó la medición como conducta decisoria para establecer relaciones de carácter cualitativo. Por un lado, medir ángulos de incidencia y de reflexión con la precisión que da un rayo de luz láser fácilmente lleva a los estudiantes a establecer su igualdad.

ACTIVIDAD	OBJETIVOS	ETAPAS	MATERIALES
INTERACCION LUZ Y MATERIA II.	Observar y analizar el fenómeno de refracción.	¿Por qué se quiebra el lápiz en el agua?	Vaso transparente. Agua

REFRACCION DE LA LUZ	<p>Caracterizar los conceptos de índice de refracción.</p> <p>Determinar experimentalmente las leyes de la refracción.</p>	<p>Juego con lupas.</p> <p>¿Por qué se quiebra la luz del láser en el agua? y ¿Qué sucede con la luz del láser si se mezcla agua y aceite?</p>	<p>Lupa</p> <p>Aceite.</p> <p>Diodo laser.</p>
----------------------	--	--	--

Sesión 3- Leyes de la refracción: así como la luz se refleja, esta también presenta el fenómeno de refracción. En esta actividad se pretende mostrar, que a pesar de que la luz cambie el medio de propagación, su comportamiento seguirá siendo rectilíneo.

ACTIVIDAD	OBJETIVOS	ETAPAS	MATERIALES
<p>INTERFERENCIA DE LA LUZ</p> <p>EXPERIMENTO DE LA DOBLE RENDIJA</p>	<p>Caracterizar el concepto de onda en un fenómeno luminoso.</p> <p>Estudio del fenómeno de interferencia de ondas electromagnéticas en el región visible del espectro electromagnético.</p> <p>Reconocimiento del patrón de interferencia para diferentes rendijas.</p>	<p>Experiencia con un láser atravesando 1 rendija.</p> <p>Predicción sobre una experiencia con un láser atravesando 2 rendijas.</p> <p>Experiencia con un láser atravesando 2 rendijas.</p> <p>Variación del ancho de las rendijas y el tipo de luz utilizado.</p>	<p>Doble rendija.</p> <p>Diodo laser.</p> <p>Pantalla</p> <p>Luz blanca.</p>

Sesión 4. Interferencia de la luz: al momento de estudiar la propagación de la luz, el uso del modelo de las ondas marcó el diseño de la segunda actividad. En esta actividad se utilizó la medición como conducta decisoria para establecer relaciones de carácter cuantitativo.

3.3 EL APRENDIZAJE INSPIRADO EN ASPECTOS DE LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA

Al momento de planificar y desarrollar una estrategia para enseñar un tema determinado, es preciso tener en cuenta las condiciones previamente mencionadas referentes al modelo escogido, en este caso el MACIO sugiere algunos aspectos que caracterizan un proceso de aprendizaje, teniendo en cuenta que no es un algoritmo, ni una lista de elementos a seguir. De acuerdo con esto se pretende hacer evidente como la investigación orientada se encuentra plasmada en nuestra secuencia de enseñanza-aprendizaje.

3.3.1 Presentar situaciones problemáticas abiertas”

Observe el montaje sobre la mesa: una lamparita y cinco puntos señalados a su alrededor y En el siguiente diagrama se representa un apuntador laser y tres puntos señalados a su alrededor.

Son situaciones problemáticas escogidas para abordar el problema de la naturaleza de la luz, el objetivo es plantear una problemática con el fin de que los estudiantes perciban la trayectoria de la luz desde la lámpara hasta cada punto y observe cómo es la intensidad con respecto a la distancia entre la lámpara y el punto, así como también se pretende que el estudiante observe, si en el caso del láser, la luz llega a todos los puntos. El resultado de la investigación obedece de las decisiones, pensamientos y reflexiones de los grupos de estudiantes y de la manera en que el profesor relaciona estos elementos con los componentes de la secuencia para orientar el trabajo de los alumnos.

Estas problemáticas permiten al estudiante tener un primer acercamiento al concepto de “monocromático”, concepto clave al momento de realizar la experiencia de interferencia. Así como también exige no solo un desarrollo teórico sino que también incluye un aspecto experimental, al momento de dar solución a estas problemáticas.

3.3.2 Reflexión sobre el posible interés y relevancia de la situación propuesta

La reflexión sobre el interés de la situación propuesta se plantea con el fin que los estudiantes encuentren el sentido de dar solución a la problemática, en el caso propuesto el uso del apuntador láser constituyo la fuente de luz real comparable con la idea de rayo y dio punto de partida a las siguientes actividades a realizar.

El propósito de las preguntas que forman la secuencia de enseñanza de este trabajo está diseñado para generar y aumentar la motivación de los estudiantes por realizar las tareas

propuestas. Sin embargo, las preguntas que se enfocan en buscar el interés de la problemática global de la secuencia son P4, P6, P14, P22, P34 y P37.

En primer lugar con **P4**: “*¿Es posible ingeniar algún mecanismo para ver la luz del láser?*” Con esta pregunta se pretende evidenciar la noción de rayo luminoso, noción que es punto de partida en el modelo de los rayos, también se espera que los estudiantes expresen la motivación o desinterés que les genera la problemática construyendo debates entre grupos de trabajo acerca de la justificación que tiene la ciencia para dedicarse a este tipo de estudios, lo que le permite al profesor percibir y trabajar sobre la disposición de los estudiantes.

En la pregunta **P15** “*¿Por qué parece diferente nuestra imagen en una fotografía o en un espejo?*” Se pretende mostrar al estudiante como la reflexión es un fenómeno que experimentamos diariamente, y que solo es posible debido a la interacción de la luz con la materia, lo mismo se pretende evidenciar con la pregunta **P22** “*¿Por qué una varilla sumergida parcialmente en un frasco con agua parece que estuviera quebrada al observarla desde cierta posición?*”, pero en esta ocasión se busca hacer evidente el fenómeno de la refracción.

3.3.3 Emisión de hipótesis fundamentadas

En esta secuencia de enseñanza se ha implementado una actividad denominada “*imagine*”, esta actividad se caracteriza por tener una tendencia a ser un “*experimento mental*”, por lo que se le propone al estudiante una situación (*experimento mental*) y se les pide que hagan una predicción o formulen una hipótesis de lo que puede pasar en un caso particular. Esta actividad se ve contrastada por la experiencia real, y al observar el resultado de la experiencia real se le pide al estudiante que haga una reflexión sobre su hipótesis y el resultado final.

De igual manera las preguntas P2, P3, P10, P18, P26 Y P35 están diseñadas con el fin que los estudiantes focalicen la investigación, utilizando sus conocimientos, pensamientos y creencias para indicar la forma de proceder en cada situación.

3.3.4 Análisis cualitativo de la situación problemática

El MACIO estimula el uso de análisis cualitativos y significativos que ayuden a comprender y acotar las situaciones planteadas a la luz de los conocimientos disponibles y de los objetivos perseguidos y a formular otras preguntas que constituyan el hilo conductor del tema. Se trata de salir al paso de operativismos ciegos sin negar, muy al contrario, el papel esencial de las matemáticas como instrumento de investigación, que interviene en todo el proceso, desde el enunciado mismo de problemas precisos hasta el análisis de los resultados. (Oyuela, 2012)

En la secuencia de enseñanza esto se puede evidenciar en las preguntas P1, P6, P25, P33 y P42 ya que invitan a los estudiantes a utilizar sus conocimientos previos y observaciones para ponerlos en práctica. El profesor debe considerar los análisis cualitativos de los estudiantes como el punto de partida de sus intervenciones.

3.3.5 Participación, elaboración y planificación.

Uno de los objetivos del MACIO es buscar el protagonismo del estudiante y en que el mismo estudiante cree o genere habilidades de resolución, que no procedan de los principios teóricos conocidos por el profesor, fortaleciendo así la formulación de hipótesis y de los conocimientos que dominan los estudiantes. Uno de los objetivos de esta actividad es descartar una investigación limitada al ensayo y error y no pretende imponer un proceso rígido, por el contrario hace que los estudiantes conciban la solución a la situación problemática en un proceso de avances; en el que los estudiantes no están exentos de tener que volver a buscar otro camino que dé solución al problema.

En las preguntas P24, P31, P39 Y P41, esto se pone en manifiesto, pues al estudiante se le propone hacer una variación de la experiencia propuesta por el profesor, con esto buscamos motivar a estudiante a proponer métodos alternativos al propuesto en clase.

3.3.6 Análisis y comunicación de los resultados

El MACIO fomenta la inserción de análisis y comunicación de resultados como un aspecto necesario para el proceso de aprendizaje, de esta forma se busca la retroalimentación entre estudiantes y profesores, y de esta manera poder comentar y comparar el procedimiento que cada grupo realizo. Con esto se busca fomentar una discusión o debate dentro del aula de clase con la finalidad de los estudiantes y el profesor reflexionen sobre el trabajo realizado.

Este aspecto se ve reflejado en el ítem que hemos denominado “cuestionamiento” donde el estudiante tiene la oportunidad de discutir sus resultados con toda la comunidad científica (el aula de clase) en este espacio el estudiante tiene la oportunidad de autoevaluarse y reconocer sus avances.

3.3.7 Forma de trabajo

La estrategia del MULTI-TALLER, logra que los maestros, cuya función consiste en crear situaciones de aprendizaje, re-piensen el papel y la función que cada conocimiento, actividad y proceso ejerce sobre la vida cotidiana de los chicos y chicas. Por tanto, una tarea

imprescindible en la formación es establecer espacios orientadores, generadores de procesos y de conceptos que los integren al mundo de la productividad, creatividad y organización social. (Balazcano, 2006)

Objetivos del multi-taller:

1. Propiciar la aplicación de los aprendizajes de aula en el trabajo cotidiano, a través del planificar en las aulas en forma cooperativa, los conocimientos del programa escolar y los temas de los ejes temáticos del multi-taller.
2. Satisfacer la necesidad de integrar los conocimientos del currículo oficial en procesos reales, útiles y prácticos.
3. Propiciar la incorporación, eficiente, de los aprendices en estudios superiores o en el mundo laboral.

3.4 DISEÑO Y DESARROLLO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA SECUENCIA DE ENSEÑANZA

Cuando se quieren llevar al aula las ideas del Constructivismo es importante considerar que se debe partir de los conocimientos previos del estudiante y de sus experiencias más cercanas con el objeto en estudio. Por esta razón la secuencia de enseñanza “*El comportamiento de la luz: diseño y evaluación de estrategias de enseñanza basada en el aprendizaje como investigación orientada*”, fomenta un conjunto de actividades que proponen al estudiante situaciones problemáticas de la cotidianidad, las cuales tienen como objetivo relacionar los contenidos de la secuencia con su entorno.

A continuación se presentaran varios aspectos referentes a la secuencia de actividades elaboradas para la enseñanza del comportamiento de la luz; desde el modelo de los rayos y el modelo de las ondas, a nivel de bachillerato. Se incluyen los siguientes apartados: descripción de la población, objetivos y actividades del programa, desarrollo en el aula del programa de actividades, implementación del “avance de tus ideas”, análisis del avance de tus ideas y análisis de las respuestas obtenidas en las actividades programadas.

3.4.1 Población

La versión del programa de actividades que aquí presentamos se desarrolló, en el COLEGIO GIMNASIO FEMENINO, este colegio se encuentra ubicado en Cra. 7 No. 128-40, en el barrio Bella Suiza, es un colegio de carácter privado, calendario B, femenino, bilingüe,

católico y se desarrolla bajo el bachillerato internacional (en adelante IB). El **Perfil de la comunidad de aprendizaje IB**, expresa una filosofía profundamente arraigada sobre lo que constituye la educación internacional. El bachillerato internacional tiene Como Meta formar jóvenes solidarios informados, y ávidos de conocimiento, capaces de contribuir a crear un mundo mejor y más pacífico, en el marco del entendimiento mutuo y el respeto intercultural. (Gimnasio Femenino, 2008)


La llegada a este colegio fue gracias al señor Juan Carlos Caicedo y la señora Ana María Gómez, quienes muy amablemente estudiaron la propuesta y la aceptaron, la implementación inicio el 15 de abril de 2013 en 2 grupos de noveno grado, estudiantes de 14-17 años y bajo la supervisión de la profesora María del Mar Yepes. La implementación consto de 4 sesiones (2 sesiones por grupo), cada una de 2 horas. Las sesiones se desarrollaron en la modalidad del multi-taller.

3.4.2 Desarrollo de las actividades en clase.

Para el desarrollo de esta secuencia de enseñanza se propone cambiar el trabajo individual por el trabajo en equipo. Los estudiantes se enfrentan en pequeños grupos de 3 o 4 personas a las actividades propuestas en el programa y el profesor les estimula y orienta a abordar los problemas utilizando aspectos básicos de la metodología científica.

A continuación se hará una descripción de las actividades propuestas en la secuencia de enseñanza (Anexo), donde se explicara la organización del multitaller, los objetivos de cada práctica, materiales y evidencias.

Sesiones 1 y 2

	Objetivos	Materiales de la practica	Evidencia
Estación 1 “Como es la luz de una lámpara”	-Evidenciar el fenómeno de propagación de luz blanca.	-Lámpara con luz blanca. -Objetos de diferentes tamaños.	 <p>Figura 18. Lámpara alumbrando objetos</p>

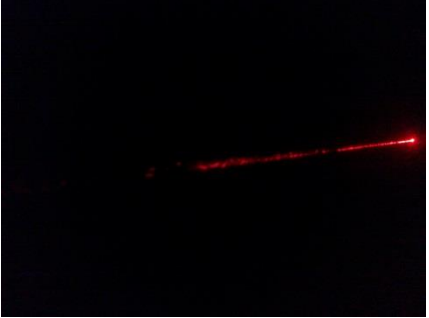





<p>Estación 2 “Como es la luz de un láser”</p>	<p>-Evidenciar el fenómeno de propagación de un láser. -Construir la noción de rayo de luz en la óptica geométrica. -Caracterizar el concepto de luz monocromática.</p>	<p>-Diodo láser. -Talco. -Objetos de diferentes tamaños</p>	
<p>Estación 3 “Jugando con espejos planos”</p>	<p>-Observar y analizar el fenómeno de reflexión, en un espejo plano. -Caracterizar los conceptos de rayo incidente, rayo reflejado y normal.</p>	<p>-Espejos planos. -Objetos pequeños</p>	
<p>Estación 4 “Jugando con espejos curvos”</p>	<p>-Observar y analizar el fenómeno de reflexión, en un espejo curvo. -Caracterizar los conceptos de espejos cóncavos y convexos y sus aplicaciones.</p>	<p>-Cucharas. -Linternas.</p>	


Figura 19. Rayo de luz láser.

Figura 20. Experiencias con espejos planos.

Figura 21. Linterna, aplicación de un espejo cóncavo.

Sesiones 3 y 4

	Objetivos	Materiales de la practica	Evidencia
Estación 5 “Jugando con lupas y agua”	-Observar y analizar el fenómeno de refracción en el aire y en el agua.	-Diodo laser -Lápiz o varilla. -Agua -Vaso -Lupas	 Figura 22. Desviación de la luz cuando pasa de un medio a otro.
Estación 6 “Jugando con agua y aceite”	- Observar y analizar el fenómeno de refracción en el aire, en el agua y en el aceite. -Caracterizar los conceptos de índice de refracción. -Determinar experimentalmente las leyes de la refracción.	-Diodo laser -Lápiz o varilla. -Agua -Vaso -Lupas -Aceite	 Figura 23. Luz viajando por aire, aceite y agua.
Estación 7 “Jugando con la luz de un láser”	-Observar y analizar el fenómeno de interferencia. -Caracterizar el concepto de onda en un fenómeno luminoso.	-Doble rendija -Diodo láser -Pantalla	 Figura 24. Montaje “experimento doble

	-Estudio del fenómeno de interferencia de ondas electromagnéticas en la región visible del espectro electromagnético.		rendija”
Estación 8 “Variaciones al fenómeno de la interferencia”	- Reconocimiento del patrón de interferencia para diferentes rendijas. -Reconocimiento de las condiciones necesarias para lograr el fenómeno de interferencia.	-Doble rendija (0,5 mm y 0,7 mm) -Diodo láser -Pantalla -Luz blanca.	 <p>Figura 25. Fenómeno de interferencia.</p>

3.5 ANALISIS DE LAS RESPUESTAS OBTENIDAS.

Luego de realizar la implementación, se realiza un riguroso estudio a las respuestas obtenidas por las estudiantes y a los archivos de audio, y basándose en las respuestas obtenidas en la secuencia de enseñanza, es posible determinar si los indicadores de aprendizaje, mencionados con anterioridad fueron logrados.

A continuación se presenta un cuadro donde se muestran: los indicadores de aprendizaje; estos son los conocimientos a los que se desea llegar, actividad propuesta y/o relevante; esta corresponde a la actividad más relacionada con el indicador de aprendizaje, estación; sesión y mesa de trabajo, fase del MACIO; como se explicó con anterioridad el MACIO tiene diferentes etapas, cada una con un propósito particular, respuestas obtenidas; respuestas más relevantes obtenidas en las sesiones de trabajo, y observaciones y comentarios; corresponde a una descripción y/o aclaración de la actividad propuesta, de que se busca con esta y si se obtuvieron los resultados esperados.

Indicador de Aprendizaje	Actividad propuesta y/o relevante.	Estación	Fase del MACIO	Respuestas obtenidas	Observaciones y comentarios.
Caracterizar la noción de rayo, como fundamento de la óptica geométrica, dando explicación a la interacción de la luz con la materia.	“¿Por qué el humo o el polvo hace visible la trayectoria de la luz láser?”	2. “Como es la luz de un láser”	Situaciones problemáticas abiertas.	<p>“Porque son <u>partículas en el aire que dejan ver la luz del láser</u>”</p> <p>“Porque <u>la luz del láser alumbra las partículas</u>”</p> <p>“Porque <u>la luz se ve reflejada en las partículas de polvo debido a que son materia sólida en el aire</u>”</p>	<p>Esta pregunta tiene como propósito mostrar a las estudiantes la trayectoria rectilínea de la luz del láser, de igual manera se pretende hacer evidente la interacción de la luz con la materia.</p> <p>Analizando las respuestas obtenidas por las estudiantes, es notable como hacen la relación entre la interacción luz-materia (subrayado), así como también fue clara la</p>

					trayectoria rectilínea de la luz láser. El éxito de esta actividad se le atribuye a que es una situación en la cual las estudiantes se pueden familiarizar rápido.
	<p>“¿Hay alguna diferencia entre ver la luz del láser a través del humo y ver la luz del sol entrando por una ventana?”</p>	<p>2 “Como es la luz de un láser”</p>	<p>Fomentar un análisis cualitativo</p>	<p>“la diferencia es que no se ve la trayectoria de la luz del sol, mientras que la trayectoria del láser si, <u>el sol tiene muchas longitudes de onda.</u>”</p> <p>“Cuando la luz entra por la ventana, se alcanzan a ver rayos muy pequeños y esto ocurre cuando hay polvo en la habitación”</p> <p>“Si es diferente, <u>ya que la luz del láser es “organizada” mientras que la luz del sol van en desorden.</u>”</p>	<p>El propósito de esta pregunta, es hacer la debida distinción entre la luz cromática y monocromática.</p> <p>A pesar que esta pregunta está asociada a las situaciones problemáticas, esta pregunta invita a reflexionar sobre la situación, ya que su objetivo es buscar que las estudiantes <i>formulen hipótesis y expongan</i> posibles soluciones a las situaciones planteadas.</p> <p>Analizando las respuestas, se evidencia una comprensión clara, sobre la diferencia que existe entre la luz cromática y monocromática (subrayado) y la manera de asociarlas a la cotidianidad.</p>

	<p>¿Por qué las ambulancias llevan el letrero escrito al revés?</p>	<p>“Jugando con espejos planos”</p>	<p>Reflexión sobre el posible interés y relevancia de la situación propuesta</p>	<p><i>“Para que en los espejos retrovisores de los carros se vea bien el letrero”</i></p> <p><i>“Siempre que viene una ambulancia detrás del carro, el letrero de ambulancia se ve en el espejo y las letras son claras porque están escritas al revés”</i></p> <p><i>“Porque al mirar el letrero por el espejo retrovisor, el rayo de luz se invierte y se ve derecho en el espejo”</i></p>	<p>El propósito de esta pregunta, es mostrar el fenómeno de la reflexión en la cotidianidad.</p> <p>Analizando las respuestas obtenidas por las estudiantes, se obtuvo una respuesta positiva, breve y clara, se considera que la pregunta fue “fácil” de responder por la cotidianidad con la que viven esta experiencia.</p>
	<p>¿Por qué cree usted que las linternas alcanzan a alumbrar largas distancias, si sus bombillos son tan pequeños?</p>	<p>4 “Jugando con espejos curvos”</p>	<p>Formulación de hipótesis</p>	<p><i>“Porque en su interior <u>hay un espejo curvo y este hace que la luz se intensifique</u>”</i></p> <p><i>“Porque tienen <u>un espejo cóncavo y la luz se refleja en todas las direcciones</u>”</i></p> <p><i>“<u>Cuando la luz rebota con el espejo cóncavo, el rayo luz diverge</u>”</i></p>	<p>El propósito de esta pregunta, es hacer evidente la diferencia entre la reflexión en espejos planos y espejos curvos. Nuevamente la es estudiantes se enfrentan con una situación de la cotidianidad e intentan darle una explicación, desde sus conocimientos previos. Analizando las respuestas obtenidas por las estudiantes, es posible ver como relacionan la interacción entre el rayo de luz y el espejo curvo.</p>

	<p><i>¿Por qué un objeto que está bajo el agua se ve más cerca de la superficie de lo que realmente está?</i></p>	<p>5 “Jugando con lupas y agua”</p>	<p>Presentar situaciones problemáticas abiertas</p>	<p><i>“Porque el agua es muy densa y la luz va a viajar a menor <u>velocidad</u>, entonces crea ese efecto óptico”</i></p> <p><i>“Porque la luz cambia su <u>velocidad</u> en el agua”</i></p> <p><i>“Por la luz, cuando se cambia de medio también cambia la <u>velocidad</u>”</i></p>	<p>El propósito de esta pregunta, es mostrar que la luz al cambiar de medio cambiara también su velocidad.</p> <p>Cuando se analizan las respuestas obtenidas, se observa un común denominador; “la velocidad”, por lo que se puede considerar, que es claro que cuando la luz cambia de medio su velocidad también cambiara.</p>
	<p><i>¿Qué sucede si se agrega agua y aceite en un recipiente y se inserta un lápiz? Haga una predicción sobre eso, realice el montaje y compare los resultados.</i></p>	<p>6 “Jugando con agua y aceite”</p>	<p>Elaboración de diseños y la planificación</p>	<p><i>“En la sección del aceite el lápiz se ve más grueso que en la sección del agua y del aire”</i></p> <p><i>“Hay cambio de medio y el lápiz parece que estuviera cortado en 3 pedazos”</i></p>	<p>De acuerdo con la pregunta anterior, basada en el cambio de velocidad de la luz, al cambiar de medio, en esta pregunta se propone agregar una sustancia más, y así evidenciar un nuevo cambio de velocidad, de esta manera se va construyendo la noción de índice de refracción.</p> <p>En las respuestas obtenidas por las estudiantes, es posible observar como relacionan el cambio de medio, con la variación del lápiz y con el cambio en la velocidad, en esta actividad, vale la pena</p>

					resaltar la importancia y el impacto que tiene la actividad experimental, en la secuencia de enseñanza; ya que las estudiantes se mostraron más interesadas en las actividades prácticas, que en las preguntas, argumentando mayor protagonismo en las actividades prácticas.
Caracterizar la noción de onda, como fundamento de la óptica física, dando explicación a los fenómenos de propagación, interferencias y difracción	Haga pasar el rayo de luz de un láser, por una lámina con una abertura y observe la pantalla.	7 “Jugando con la luz de un láser”	Fomentar un análisis cualitativo	<p><i>“El rayo de luz pasa y se refleja en la pantalla”</i></p> <p><i>“Se observa el punto normal de un rayo láser”</i></p> <p><i>“El rayo de luz láser pasa más pequeño”</i></p>	<p>El propósito de esta actividad, es dar un poco de seguridad al modelo de los rayos; ya que las estudiantes vienen con una concepción corpuscular de la luz.</p> <p>Esta pregunta está asociada a la formulación de análisis cualitativo; donde se propone una actividad experimental y se espera un análisis sobre esta actividad, acompañado de una argumentación en forma de hipótesis exponiendo las posibles soluciones a la experiencia planteada</p>
	Imagine que la luz del rayo láser atraviesa una lámina con dos rendijas		Promover la formulación de hipótesis	<p><i>“Se verán 2 rayitas, como las rendijas”</i></p> <p><i>“la luz se dividirá en 2”</i></p>	El propósito de esta actividad es hacer una variación de la actividad ya realizada y pedirles que hagan una

	(muy cercanas la una a la otra), ¿que se observara en la pantalla?”				predicción de lo que podría pasar. Evidentemente las estudiantes siguen confiadas bajo el modelo de los rayos.
	Realice el ejercicio de Imagine y compare su predicción con el resultado.		Fomentar un análisis cualitativo	<p><i>“No es acorde con mi predicción, porque la luz se difracta, las rendijas son verticales pero en la pantalla se ve una línea horizontal.”</i></p> <p><i>“Se observan 5 puntos, uno grande en la mitad y los otros más pequeños a los lados”</i></p> <p><i>“No coincide con mi predicción; yo esperaba ver 2 puntos y se ven 5”</i></p> <p><i>“No coincide, tal vez porque la luz es una onda electromagnética”</i></p>	<p>El propósito de esta actividad es poner en conflicto a las estudiantes y crear una situación que tiende a ser contra intuitiva, también se pretende mostrar el fenómeno de interferencia; en el cual la luz tiene un comportamiento ondulatorio.</p> <p>Al analizar las respuestas obtenidas por las estudiantes, se puede ver el cambio drástico de modelo, de igual manera se les ve interesadas en conocer el modelo de las ondas.</p>
	Haga variaciones de la experiencia de la doble rendija (distancia entre las rendijas, cambio de fuente de luz)	8 “Variaciones al fenómeno de la	Fomentar un análisis cualitativo	<p><i>“Entre las juntas estén las rendijas, mas punticos se verán”</i></p> <p><i>“Con luz blanca no es posible ver la interferencia,</i></p>	El propósito de esta actividad es hacer variaciones al fenómeno de interferencia, para determinar cuáles son las condiciones necesarias para generar un fenómeno de

		interferencia”		<p><i>pues la luz blanca no es organizada, en cambio la luz láser sí.”</i></p> <p><i>“La luz blanca no se difracta, pues esta se expande y crea una sobra.”</i></p>	<p>interferencia.</p> <p>Cuando se analizan las respuestas obtenidas por las estudiantes, se evidencia un poco más de seguridad en el modelo de las ondas, y esto es notable cuando se arriesgan a hacer variaciones al fenómeno de interferencia y dejando claro que condiciones son necesarias para lograrla.</p>
Reconocimiento de la coexistencia de estos 2 modelos explicativos.	Teniendo en cuenta todo el trabajo realizado, ¿qué puede usted concluir la luz y su comportamiento?	Reflexiones finales sesión 1	<p>Reflexionar sobre el análisis detenido de los resultados en función del cuerpo teórico, las hipótesis formuladas y los antecedentes sobre el tema.</p> <p>Discusión colectiva del trabajo científico.</p>	<p><i>“En esta sesión se puede concluir que la luz tiene una forma de rayo o de pequeñas partículas en forma de rayo”</i></p> <p><i>“La luz puede ser cromática o monocromática”</i></p> <p><i>“Con la luz se presentan fenómenos como la reflexión y la refracción”</i></p>	<p>Esta actividad fue un momento de reflexión que se realizaba cuando se finalizaba cada sesión.</p> <p>Al finalizar la primera sesión las estudiantes comprendían que la luz tiene un comportamiento corpuscular en fenómenos como la reflexión y la refracción.</p> <p>Esta comprensión fue lograda gracias a las estrategias propuestas por el MACIO, donde la estudiantes recrearon las experiencias que llevaron a la formulación de determinadas leyes, también al</p>

					trabajo colectivo, ya que este divide el trabajo y multiplica los resultados
	Teniendo en cuenta todo el trabajo realizado, durante las 2 sesiones ¿qué puede usted concluir la luz y su comportamiento?	Reflexiones finales sesión 2.	Reflexionar sobre el análisis detenido de los resultados en función del cuerpo teórico, las hipótesis formuladas y los antecedentes sobre el tema. Discusión colectiva del trabajo científico.	<p><i>“La luz tiene un comportamiento extraño, en algunos casos se comporta como una partícula en forma de rayo y en otros como onda”</i></p> <p><i>“Cuando vemos fenómenos como reflexión o refracción la luz siempre iba en línea recta, pero cuando pasaba por la doble rendija se comportaba como una onda.”</i></p>	<p>Esta actividad fue un momento de reflexión que se realizaba cuando se finalizaba cada sesión.</p> <p>Al finalizar las 2 sesiones, las estudiantes comprendían que la luz presenta un comportamiento dual y que depende el modelo que deseo observar, la luz tendrá un comportamiento diferente. Teniendo en cuenta que ningún modelo excluye al otro, sino que son complementarios.</p> <p>El buen resultado de esta implementación se debe a las estrategias propuestas por el MACIO al momento de diseñar la secuencia; ya que las situaciones problemáticas que ponen en conflicto los conocimientos de las</p>

					estudiantes, lo que las llevan a realizar un análisis cualitativo de la situación e intentar dar una respuesta o solución en forma de hipótesis, preguntándose también por la relevancia de la pregunta, fomentando la participación de las estudiantes, e invitándolas a reflexionar sobre el análisis detenido de los resultados, y de esta forma fortalecer la discusión colectiva del trabajo científico.
--	--	--	--	--	---

3.5.1 Reacciones de las estudiantes ante el MACIO

Un resultado importante de este trabajo, aunque subjetivo, es la percepción de los estudiantes sobre el “nuevo” modelo didáctico con el que se desarrolló la clase de Física en el tópico de la óptica. Con este propósito se realizó una sesión en la que ellos pudieran expresar su percepción hacia el modelo implementado. Se preparó para esa ocasión tres preguntas que tenían el ánimo de orientar el dialogo más que el de encontrar una respuesta unánime y rigurosa. A continuación se transcriben las preguntas y una redacción sobre las respuestas más significativas y/o frecuentes.

¿Qué le pareció esta forma diferente de desarrollar la clase de física?

“...el método es más didáctico, alegre y activo...”, “...es interesante porque es mejor ver las cosas que imaginarlas...”

“... es bueno que cuando uno hace una predicción puede ver inmediatamente si resulta o no...”, “...hace falta la clase corriente para desarrollar talleres de problemas con ecuaciones...”, “...algunas cosas que se preguntan son muy obvias...”

¿Cree Usted Que el método de evaluación es acorde?

“...es bueno que nos pregunten antes de iniciar, para así saber a qué nos vamos a enfrentar...”, “...es chévere porque podemos ver si avanzamos o no...”, “...me gusto porque habían algunas cosas que no sabía y al finalizar la sesión lo comprendía más y me gustaría saber más del tema...”,

¿Tiene alguna sugerencia para mejorar las actividades?

“...No decir que el pre test no es evaluable porque se pierde interés...”

“...hacer más actividades de predicción y llevar más experimentos al salón...”

“...hacerlas actividades más complejas, que exijan más...”

3.6 Implementación de “avance de tus ideas”

La secuencia de enseñanza “*El comportamiento de la luz: diseño y evaluación de estrategias de enseñanza basada en el aprendizaje como investigación orientada*” propone incorporar la idea de que la valoración del conocimiento de los estudiantes es relevante al iniciar y al finalizar las sesiones propuestas. Este proceso permite identificar el nivel de evolución de los conceptos de física que el estudiante va construyendo (Jimenez, 2003)

El objetivo de este método es cuantificar lo cualitativo, y esto se pretende hacer basado en un código que se ha diseñado.

Antes de iniciar la sesión, se realiza una “actividad de evaluación diagnóstica”, en esta se pretende hacer explícitas los conocimientos previos y las habilidades de los estudiantes. En esta actividad se le hace al estudiante una pregunta relacionada con el tema a ver y él debe contestar con números del 1 al 5.

Avance de tus ideas

Verifica qué sabes sobre las diferentes fuentes de luz. Registra en la columna de **Antes** el número correspondiente, según el siguiente código.

1. No sé.
2. Tengo alguna idea.
3. Si sé, pero aún tengo dudas.
4. Si sé, pero puedo aprender más.
5. Lo domino totalmente.

Mediante este código, es posible determinar las ideas previas con las que llegan los estudiantes a la secuencia y de esta manera poder determinar con que intensidad se debe trabajar en esa actividad. A continuación se presentara el ejercicio de “avance de tus ideas” implementado en el Colegio Gimnasio Femenino.

Esta actividad va precedida de lo que se ha denominado “Actividades de tipo formativo”, con ellas se busca que el estudiante logre identificar su proceso de aprendizaje y el profesor su proceso de enseñanza, su objetivo principal es hacer ajustes y retroalimentar los procesos mencionados con anterioridad.

Y finalmente se realiza una “Actividad de reflexión” en donde se indagan los contenidos y las habilidades más relevantes. En esta parte de la sesión se llena la casilla del después.

3.6.1 Análisis de los resultados obtenidos de “Avance de tus Ideas”

En la actividad de “Introducción a la óptica geométrica”, en la pregunta número 3 “¿Qué diferencia existe entre mirar al sol y mirar a un apuntador láser?” el 5,26% de las estudiantes manifestaron tener conocimiento sobre este tema y estar interesadas en saber más del tema; al finalizar el 52,6% afirmó lo mismo, teniendo así un incremento del 47,3% de la población encuestada.

En la actividad de “Ley de la Reflexión”, en la pregunta número 2 “¿Experimento el fenómeno de la reflexión en mi cotidianidad?” el 21,05% de las estudiantes manifestaron tener conocimiento sobre este tema y estar interesadas en saber más del tema; al finalizar el 84,2% afirmó lo mismo, teniendo así un incremento del 53,3% de la población encuestada.

En la actividad de “Ley de la Refracción”, en la pregunta número 3 “¿Qué es necesario para que exista el fenómeno de refracción?”, el 22,2% de las estudiantes manifestaron tener conocimiento sobre este tema y estar interesadas en saber más del tema; al finalizar el 77,7% afirmó lo mismo, teniendo así un incremento del 55,5% de la población encuestada.

En la actividad de “Interferencia”, en la pregunta número 2 “¿Puedo dar un ejemplo de interferencia?”, el 18,1% de las estudiantes manifestaron tener conocimiento sobre este tema y estar interesadas en saber más del tema; al finalizar el 90,9% afirmó lo mismo, teniendo así un incremento del 81,9% de la población encuestada.

Analizando los resultados obtenidos, es posible afirmar que la secuencia de enseñanza “*El comportamiento de la luz: diseño y evaluación de estrategias de enseñanza basada en el aprendizaje como investigación orientada*” ha tenido un impacto positivo en el área de óptica, más precisamente en fenómenos relacionados con el comportamiento de la luz, tales como; reflexión, refracción, interferencia en las estudiantes del Gimnasio Femenino.

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha desarrollado un estudio con el propósito de abordar la enseñanza del comportamiento de la luz en el contexto de la óptica geométrica y la óptica ondulatoria. El primer objetivo que se logró para diseñar la enseñanza del comportamiento de la luz se desarrolló en un estudio teórico en el cual se alcanzaron diferentes conclusiones que se pueden resumir en los hallazgos más importantes, como por ejemplo, la caracterización de la noción de rayo útil para toda la óptica geométrica, la caracterización de la noción de onda útil para toda la óptica ondulatoria y la comprensión de la existencia de estos dos.

Así, de manera general se puede afirmar que para la óptica geométrica, la noción de rayo está descrito por el principio de mínimo que afirma, *“El trayecto seguido por la luz al propagarse de un punto a otro es tal que el tiempo empleado es mínimo”*, esta noción da explicación a fenómenos de interacción entre la luz y la materia, tales como reflexión y refracción. Paralelamente se puede afirmar que para la óptica ondulatoria, la noción de onda y más precisamente el principio de superposición de las ondas *“es un resultado matemático que permite descomponer un problema lineal en dos o más subproblemas más sencillos, de tal manera que el problema original se obtiene como “superposición” o “suma” de estos subproblemas más sencillos”*, es esencial al momento de comprender el fenómeno de interferencia inmerso en la óptica ondulatoria.

Teniendo en cuenta que la luz tiene un comportamiento corpuscular descrito en forma de rayo gracias al principio de Fermat en fenómenos de interacción con la materia y presenta un comportamiento ondulatorio en fenómenos de propagación, es posible afirmar que la luz presenta un comportamiento dual y depende el fenómeno a observar se escoge el modelo (rayos u ondas) a utilizar.

Otro de los logros obtenidos en el proceso de plantear la enseñanza del concepto del comportamiento de la luz, está establecido en la formulación de los indicadores de aprendizaje, estos ayudan a determinar los principales estadios que es necesario desarrollar al momento de planificar la enseñanza y para especificar los conceptos más significativos y las formas de razonamiento que constituyen los objetivos del aprendizaje del comportamiento de la luz.

En el MACIO, se le otorga una fuerte importancia a la planificación, la planeación y el diseño de las herramientas didácticas, con el fin de relacionar los principios conceptuales de la óptica con los principios didácticos del modelo, en la secuencia desarrollada el estudiante se involucra en la construcción del propio conocimiento a partir de la experiencia que le da la cotidianidad y mediado por los planteamientos que le propone el profesor, siendo el profesor el director de la investigación.

La planificación, la planeación y el diseño de la secuencia de enseñanza no se resume en un conjunto de tareas a realizar, por el contrario es un proyecto de enseñanza diseñado con el fin de lograr el cumplimiento de los indicadores de aprendizaje y el cumplimiento de los objetivos que proponen los planteamientos del MACIO.

En la implementación la mayoría de los estudiantes destacaron el poder del método de predecir e inmediatamente corroborar sus predicciones. Abandonar el campo de las conjeturas sin solución o prueba no les resulta (a los estudiantes) atractivo en la construcción de los conocimientos, por lo que el trabajo experimental en la clase de física no debe limitarse únicamente al tablero. Que los estudiantes vean una relación directa y clara entre los conceptos trabajados en clase y aquellos por los que se indaga en el “avance de tus ideas”, es gratificante. Es decir, que a criterio de los estudiantes, la evaluación no resultó ser una conducta final ajena al proceso que se siguió en la clase.

Finalmente la elaboración, implementación y análisis de esa implementación, me deja a mí como docente en formación, la comprensión de la importancia que tiene el trabajo de investigación en el aula de clase, siendo este una oportunidad para conocer los modelos de pensamiento desde donde aprenden los estudiantes, reorientar el proceso de enseñanza – aprendizaje del tema a enseñar y evaluar con herramientas concretas los objetivos alcanzados en la instrucción.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Balazcano, J. (2006). *Manual para Capacitaciones en Multitalleres*. Quito, Ecuador: Fe y Alegria.
- Barbosa, L. (2008). Los experimentos discrepantes en el aprendizaje activo de la física. *Latin American Journal of Physics Education*, 246-252.
- Beléndez Vázquez, A., Pascual Villalobos, I., & Rosado Barbero, L. (1989). La enseñanza de los modelos sobre la naturaleza de la luz. *Enseñanza de las ciencias*, 271-275.
- Furió, C., Azcona, R., & Guisasola, J. (2006). Enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada. *Enseñanza de las ciencias*, 43-58.
- Gil Perez, D. (1992). Contribución de la historia y filosofía de la ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las ciencias*, 197-202.
- Gil Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo, B., Valdés, P., & Vilches Peña, A. (2005). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica?. Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago, Chile.
- Gimnasio femenino, *Bachillerato internacional* (2008), <http://www.gimnasiofemenino.edu.co/ib/> [Consulta: martes, 9 de abril de 2013]
- Guisasola, J., Almuñí, J., & Zubimendi, J. (2005). Campo magnético: diseño y evaluación de estrategias de enseñanza basadas en el aprendizaje como investigación orientada. *Enseñanza de las ciencias*, 303-320.
- Hodson, R. (1994). Investigación y experiencias didácticas; Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las ciencias*, 229-313.
- Jimenez, E. (2003). *Actividades para el apoyo para la enseñanza y la evaluación de física II*. Mexico: Noriega Editores.
- Lucero, I., & Concari, S. (2001). *Los problemas cualitativos en las clases prácticas de óptica: una propuesta*. Corrientes, Argentina.
- Lucero, I., & Concari, S. (2003). *Los trabajos prácticos en física en el marco del aprendizaje significativo*. Recuperado el 15 de Julio de 2011, de Universidad Nacional del Nordeste: <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2002/09-Educacion/D-026.pdf>
- Oyuela, D. (2012). *La enseñanza del concepto de FEM en el contexto de la inducción electromagnética*. Bogotá.
- Serway, R. (2006). *Física para Ciencia e ingenierías*.

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

INTRODUCCIÓN A LA ÓPTICA GEOMÉTRICA

El propósito de esta actividad es indagar qué sabe, cómo lo sabe y de qué manera Ud. percibe la luz.

Actividad 1

Observe el montaje sobre la mesa:
una linterna y cinco puntos
señalados a su alrededor.

Pregunta 1:

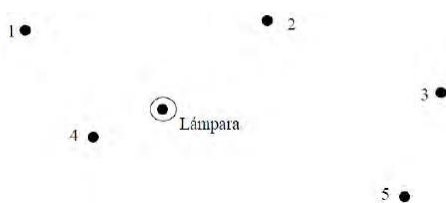


Figura 26. Linterna alumbrando 5 objetos

Preguntas

1. ¿Cómo representaría Ud. luz que sale del filamento de la lámpara y pasa por los puntos indicados del 1 al 5?

2. ¿De qué manera describiría la trayectoria de esta luz desde la lámpara hasta cada punto y cómo se comporta la intensidad con respecto a la distancia entre la lámpara y el punto?

-
-
3. ¿De qué manera describiría la trayectoria de esta luz desde la lámpara hasta cada punto y cómo se comporta la intensidad con respecto a la distancia entre la lámpara y el punto?
-
-

Actividad 2

Señale con la luz del láser un punto sobre cualquier pared del salón.

Preguntas.

4. ¿Es posible ingeniar algún mecanismo para ver la luz del láser?
-
-
5. ¿Qué ocurre si espolvoreo talco sobre la trayectoria de la luz láser?
-
-
6. ¿Por qué el humo o polvo hace visible la trayectoria de la luz láser?
-
-
7. ¿Hay alguna diferencia entre ver la luz del láser a través del humo y ver la luz del sol entrando por una ventana?
-
-

Actividad 3.

En el siguiente diagrama se representa un apuntador laser y tres puntos señalados a su alrededor.

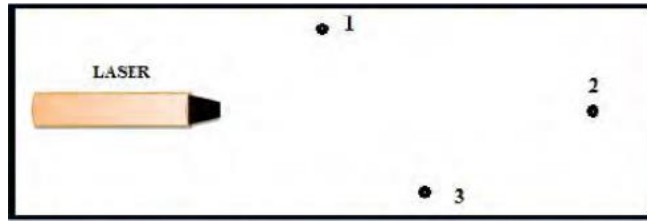


Figura 27. Luz láser apuntando a 3 objetos.

Preguntas

8. ¿Es posible que la luz del láser en la posición indicada pase por los puntos 1, 2 y/o 3?

9. ¿En qué se diferencian lo que dibujó para la lamparita de la actividad 1 de lo que dibujó con esta experiencia?

10. Imagine que en un día soleado se forma sobre el piso un círculo de 10 cm de diámetro de luz del Sol, ¿la luz que llega al círculo es como la de la lamparita o como la del apuntador laser?

Cuestiones.

1. ¿Logré construir una hipótesis sobre cómo es la luz?

2. ¿Comprendo la diferencia que existe entre la luz emitida por una lámpara de luz blanca, una linterna, un dispositivo láser, el Sol o una vela?

3. ¿Qué ventaja existe cuando se utiliza un puntero láser como elemento para llamar la atención, indicar y marcar imágenes proyectadas, objetos etc. en clases y conferencias?

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

LEY DE LA REFLEXIÓN

El propósito de esta actividad es indagar qué sabe sobre el comportamiento que presenta la luz cuando interactúa con la materia y con base en sus conocimientos poder explicar algunos fenómenos que se observan a diario.

Pregunta.

11. ¿Qué pasa con la luz cuando interactúa con distintos materiales?

12. ¿Qué ocurre si la luz interactúa con un espejo?

Actividad 4

Mire su imagen en un espejo.

13. Guiñe el ojo derecho ¿Cuál ojo guiña la imagen?

14. Si se toca la oreja izquierda ¿Cuál oreja se toca en la imagen?

15. ¿Por qué parece diferente nuestra imagen en una fotografía o en un espejo?

16. ¿Por qué parece diferente nuestra imagen en una fotografía o en un espejo?

17. ¿Por qué las ambulancias llevan el letrero escrito al revés?

18. Los siguientes relojes muestran la hora tal y como se aprecian en un espejo plano. ¿Qué hora es realmente en cada caso?

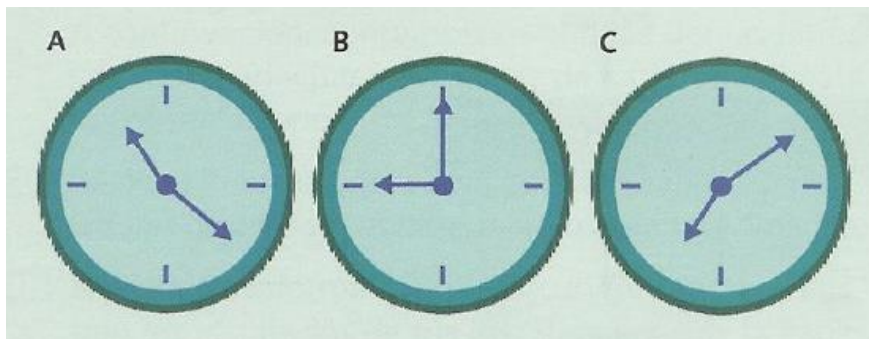


Figura 28. Relojes reflejados en un espejo.

A _____
B _____
C _____

Actividad 5

Coloque verticalmente dos espejos de bolsillo con sus extremos tocándose y formando un ángulo recto. Coloque ahora una moneda entre los dos espejos

Preguntas.

19. ¿Cuántas monedas aparecen en la imagen?

20. ¿Qué ocurre si se varía en ángulo entre los espejos? Prediga y luego realice la experiencia.

Predicción	Resultado

21. Ponga un tercer espejo de manera que se cierre un triángulo ¿qué ocurre ahora con la moneda? Prediga y luego realice la experiencia.

Predicción	Resultado

Actividad 6

Observe su cara por ambos lados de una cuchara

22. ¿Qué se ve en cada caso?

23. ¿Por qué ocurre esto?

24. ¿Cuál cree que es la función de los espejos convexos en los automóviles?

25. ¿Por qué cree Ud. que las linternas alcanzan a alumbrar largas distancias, si sus bombillos son tan pequeños?

Cuestionamiento

1. ¿Qué concluyen acerca de la relación entre el ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión?

2. ¿Comprendo la diferencia que existe entre la reflexión en espejos planos y la reflexión en espejos curvos?

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

LEY DE SNELL REFRACCIÓN

Con base en sus conocimientos sobre el comportamiento de la luz al momento de interactuar con la materia Ud. podrá explicar algunos fenómenos que se observan a diario.

Preguntas

26. ¿Por qué una varilla sumergida parcialmente en un frasco con agua parece que estuviera quebrada al observarla desde cierta posición?

27. ¿Por qué un objeto que está bajo el agua se ve más cerca de la superficie de lo que realmente está?

28. ¿Cómo funciona una lupa? ¿Por qué los objetos parecen más grandes cuando se los mira con una lupa? El aumento que produce una lente ¿depende de la forma, del material o de otra cosa?

29. ¿Por qué los rayos del Sol que atraviesan una lupa pueden quemar un papel?

30. ¿Qué sucede cuando se mira a través de una lupa debajo del agua?

Actividad 7

Considere un recipiente con una mezcla de agua y unas gotas de leche, hasta aproximadamente 5 cm del borde. Coloque el dispositivo láser en el pie universal, en la posición que se ilustra en la figura.

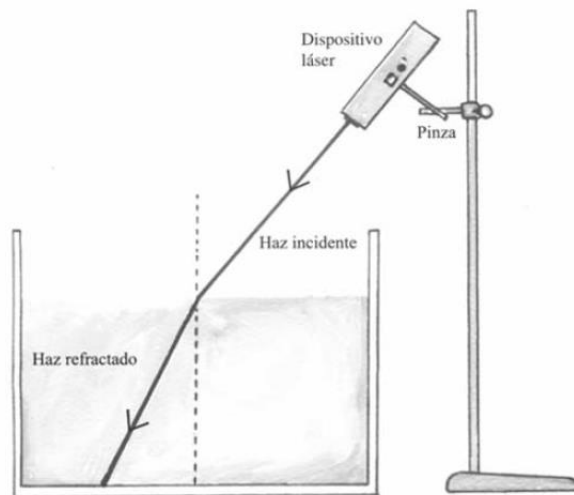


Figura 29. Montaje experimento refracción.

Preguntas.

31. ¿Qué ocurre con la dirección del haz cuando pasa del aire al agua?

32. Describa con un dibujo lo que se observa.

33. ¿Cómo será la intensidad del rayo transmitido y del reflejado en comparación con la intensidad del rayo incidente?

34. ¿Qué pasaría si varía el ángulo de incidencia? El haz ¿siempre se "quebra" para el mismo lado?

Repita el mismo procedimiento desde diferentes ángulos de incidencia.

35. ¿Qué sucede si se agrega aceite a la mezcla? Haga una predicción sobre eso. Realice la variación en el montaje y compare los resultados con la predicción.

La desviación de los rayos de luz cuando pasan de un medio transparente (ejemplo aire) a otro (ejemplo agua) se conoce como refracción.

Cuestionamiento

4. ¿Comprendo qué le ocurre a la luz cuando pasa de un medio a otro en el que se propaga a menor velocidad? ¿Y en el caso contrario?

5. Redacten en grupos de trabajo las dos grandes conclusiones que se obtuvieron acerca del fenómeno de refracción de un rayo de luz.

6. ¿Logro hacer una comparación entre los fenómenos de reflexión y refracción?
- a. ¿Qué tienen en común?
 - b. ¿En qué se diferencian?

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

INTERFERENCIA DE LA LUZ

El propósito de esta actividad es indagar qué sabe sobre el comportamiento que presenta la luz al propagarse y con base en sus conocimientos poder explicar algunos fenómenos que se observan a diario.

Experiencia 9

Haga pasar el rayo de luz de un láser, por una lámina con una rendija y observe la pantalla.

Preguntas

36. ¿Qué sucede?

37. ¿Qué puede afirmar sobre el comportamiento de la luz?

Imagine 3

Basándose en la experiencia 9, ahora imagine que la luz del rayo láser pasa por una lámina con dos rendijas (muy cercanas la una de la otra).

Preguntas

38. ¿Qué sucede?, ¿Hay algún cambio?

Si su respuesta es sí, diga cuál es el cambio, si su respuesta es no, diga por qué no hubo ningún cambio.

39. ¿Qué puede afirmar sobre el comportamiento de la luz?

Experiencia 10

Realice el ejercicio que propone el "imagine 3"

El esquema que utilizaremos para la experiencia 10 es el de una rejilla doble, que se muestra en la Figura. Un haz paralelo de la fuente láser (1) ilumina la pantalla (2) que posee dos rejillas angostas (3 y 4), cuyas longitudes son mayores que la sección transversal del haz incidente. El ancho a para cada rejilla es igual. La distancia entre rejillas vecinas es d .

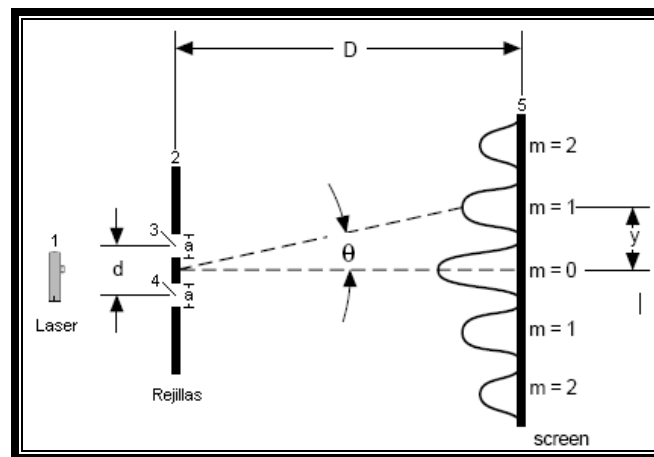


Figura 30. Montaje experimento Young.

Preguntas.

40. ¿Qué sucede?

41. ¿El resultado es conforme al de su predicción? Justifique su respuesta.

42. ¿Qué puede afirmar sobre el comportamiento de la luz?

Para ondas electromagnéticas luminosas, así como para todas las ondas de cualquier naturaleza se cumple el principio de superposición. Esto significa que: las ondas luminosas al coincidir (sumarse) en un punto P del espacio pueden amplificarse ($Luz + Luz = Luz$) o anularse ($Luz + Luz = oscuridad$) de acuerdo con los principios conocidos de la suma de oscilaciones armónicas en la misma dirección. En física este fenómeno es conocido como *INTERFERENCIA*.

Preguntas

43. ¿Qué ocurriría si se varía la distancia entre las rendijas? Haga una predicción sobre eso. Realice la variación en el montaje y compare los resultados con la predicción.

44. ¿La distancia entre los máximos aumenta, disminuye, o es la misma cuando la distancia entre rejillas se incrementa?

Experiencia 12

Recree la experiencia 10, pero en esta ocasión utilice luz blanca, en lugar del diodo laser.

45. ¿Qué ocurriría si en lugar de un diodo laser, se utiliza luz blanca? Realice la variación en el montaje y compare los resultados con la predicción.

46. ¿Si la fuente de luz láser se cambia por una fuente de luz blanca? ¿Podrá usted observar un patrón de interferencia para este caso? Justifique su respuesta.

Cuestionamiento

7. ¿Comprendo que la luz, en fenómenos de propagación, tiene un comportamiento ondulatorio?

8. Redacten en grupos de trabajo las dos grandes conclusiones que se obtuvieron acerca del fenómeno de la interferencia de la luz.

INTRODUCCIÓN A LA ÓPTICA GEOMÉTRICA

Avance de tus ideas

Verifica qué sabes sobre las diferentes fuentes de luz. Registra en la columna de **Antes** el número correspondiente, según el siguiente código.

1. No sé.
2. Tengo alguna idea.
3. Si sé, pero aún tengo dudas.
4. Si sé, pero puedo aprender más.
5. Lo domino totalmente.

Ideas	Antes	Después
1. ¿Sé la explicación científica del por qué puedo ver?		
2. ¿Conozco las diferentes fuentes de luz?		
3. ¿Qué diferencia existe entre mirar al sol y mirar a un apuntador láser?		

LEY DE LA REFLEXIÓN

Avance de tus ideas

Verifica qué sabes sobre lo que sucede cuando la luz interactúa con la materia. Registra en la columna de **Antes** el número correspondiente, según el siguiente código.

1. No sé.
2. Tengo alguna idea.
3. Si sé, pero aún tengo dudas.
4. Si sé, pero puedo aprender más.
5. Lo domino totalmente.

Ideas	Antes	Después
1. ¿Sé qué es la reflexión?		
2. ¿Experimento el fenómeno de la reflexión en mi cotidianidad?		
3. ¿Sé qué es un espejo cóncavo y un espejo convexo? ¿Puedo dar algún ejemplo?		
4. ¿Qué aplicaciones prácticas tienen los espejos curvos?		

LEY DE LA REFRACCIÓN

Avance de tus ideas

Verifica qué sabes sobre lo que sucede cuando la luz interactúa con la materia. Registra en la columna de **Antes** el número correspondiente, según el siguiente código.

1. No sé.
2. Tengo alguna idea.
3. Si sé, pero aún tengo dudas.
4. Si sé, pero puedo aprender más.
5. Lo domino totalmente.

Ideas	Antes	Después
1. ¿Sé qué es la refracción?		
2. ¿Experimento el fenómeno de la refracción en mi cotidianidad?		
3. ¿Qué es necesario para que exista el fenómeno de refracción?		
4. ¿Cómo es la desviación de un rayo luminoso al pasar de un medio más denso a uno menos denso?		
5. ¿Cuál es la diferencia entre reflexión y refracción?		

INTERFERENCIA

Avance de tus ideas

Verifica qué sabes sobre lo que sucede cuando la luz se propaga por el espacio. Registra en la columna de **Antes** el número correspondiente, según el siguiente código.

1. No sé.
2. Tengo alguna idea.
3. Si sé, pero aún tengo dudas.
4. Si sé, pero puedo aprender más.
5. Lo domino totalmente.

Ideas	Antes	Después
1. ¿Sé qué es la interferencia?		
2. ¿Puedo dar un ejemplo de interferencia?		
3. ¿Qué es necesario para que exista el fenómeno de interferencia?		
4. ¿Qué elementos producirían una variación en el fenómeno de interferencia?		