



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**Propuesta didáctica para la enseñanza de la óptica geométrica a
través de actividades experimentales mediadas con las TIC:
estudio de caso**

Alejandra Paola Montoya Restrepo

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Medellín, Colombia

2018

**Propuesta didáctica para la enseñanza de la óptica geométrica a
través de actividades experimentales mediadas con las TIC:
estudio de caso**

Alejandra Paola Montoya Restrepo

Trabajo final de maestría presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director

M.SC. Diego Luis Aristizábal Ramírez

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Medellín, Colombia

2018

Agradecimientos

Agradezco de manera especial al profesor Diego Luis Aristizábal Ramírez por estar siempre presente en los diversos procesos desarrollados, quien con su sabiduría me guío para poder realizar el presente trabajo y alcanzar los objetivos propuestos.

A Daniela Ramírez Sánchez por ayudarme, confrontarme y estar pendiente de que las actividades realizadas fueran de la mejor manera posible.

A mi familia un abrazo eterno de gratitud por apoyarme en cada uno de mis proyectos, por compartir momentos de alegría y de tristeza, pero sobre todo por perdonar mis ausencias.

A la Institución Educativa las Nieves por brindarme el espacio para implementar la propuesta y a los estudiantes del grado once por haber participado a pesar de sus dificultades, fueron en esencia los actores principales.

A la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional sede Medellín y a la Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales por ofrecer la posibilidad de contar con tan excelentes maestros que han marcado mi labor docente de una manera muy significativa.

Resumen

Es muy común que la enseñanza de la física se asuma como la sola presentación de leyes o conceptos y por lo general, se carece de la realización de actividades experimentales que motiven a los estudiantes en la adquisición de nuevos conocimientos. En este trabajo se implementó una propuesta didáctica para la enseñanza de la óptica geométrica a través de actividades experimentales mediadas con las TIC, la cual se aplicó en la Institución Educativa las Nieves con estudiantes del grado once. Como referente pedagógico se tomó la teoría de aprendizaje significativo crítico de Ausbel y Moreira. El desarrollo de la propuesta constó de ocho sesiones en donde se utilizaron simulaciones a través de dispositivos móviles (celular y tabletas) y luego se implementaron éstas en forma experimental. Los temas tratados fueron: el concepto de rayo, las leyes de reflexión y refracción, y los sistemas formadores de imágenes. El análisis cuantitativo del resultado de la aplicación de la propuesta se realizó usando el denominado factor de Hake, el cual mostró que los estudiantes lograron una ganancia de aprendizaje entre media y alta. Algo muy importante es el agrado con el que los estudiantes abordaron los temas en todas las sesiones.

Palabras claves: Óptica geométrica, actividades experimentales, TIC, aprendizaje significativo.

Abstract

It is very common that the teaching of physics to be considered like the introduction of laws and concepts and usually lacks the implementation of lab experiment activities that get to motivate students in the acquisition of new knowledge. In this paper a didactic proposal was implemented for the teaching of geometrical optics through different lab experiments measure by use of ICT which was held in Institución Educativa Las Nieves with eleventh grade students. Meaningfull learning theory by David Ausbel and Moreira was used as an

educational referent. This proposal was developed in eight sessions, where students used simulations by using mobile phones and tablets, then these were done in an experimental way. The topics used were: concept of ray, laws of reflection and refraction, and image production systems. The quantitative analysis of the results of the development of the proposal was done by using the Hake factor, which showed that the students achieved results between average and superior. It is important to remark that the students were really eager to study the topics during all sessions.

Keywords: Geometrical optics, experimental activities, ICT, meaningful learning.

Contenido

Agradecimientos	V
Resumen	VI
Contenido	VIII
Lista de figuras.....	X
Lista de tablas.....	XI
Introducción	13
1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS	15
1.1 Descripción del problema	15
1.2 Formulación de la pregunta	16
1.3 Justificación.....	16
1.4 El contexto.....	17
1.5 Objetivos	17
1.5.1 Objetivo General	17
1.5.2 Objetivos Específicos	18
2 MARCO TEÓRICO	19
2.1 Referente pedagógico	19
2.2 Referente disciplinar	21
2.3 Antecedentes	23
3 METODOLOGÍA	26
3.1 Selección y preparación del material	26
3.1.1 El software	26
3.1.2 Guías y material de laboratorio	27
3.2 Selección de la población muestra	28
3.3 Aplicación de test para evaluar el estado inicial.....	29
3.4 Aplicación de las actividades experimentales	29
3.4.1 Sesión 1	29
3.4.2 Sesión 2.....	31
3.4.3 Sesión 3.....	32
3.4.4 Sesión 4.....	33

3.4.5 Sesión 5	34
3.4.6 Sesión 6	35
3.4.7 Sesión 7	36
3.4.8 Sesión 8	37
3.5 Aplicación de test para evaluar el estado final	38
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1 Encuesta de caracterización	39
4.2 Ganancia de aprendizaje	40
4.3 Encuesta de satisfacción	43
4.4 Entrevistas	45
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
5.1 Conclusiones	46
5.2 Recomendaciones	47
Referencias	50
A. Anexo: Encuesta de caracterización	54
B. Anexo: Pre test	57
C. Anexo: Leyes de la óptica geométrica.....	63
D. Anexo: Lámina de caras paralelas	70
E. Anexo: Prisma.....	74
F. Anexo: Propiedades focales de los sistemas formadores de imágenes - Espejos esféricos.....	77
G. Anexo: Propiedades focales de los sistemas formadores de imágenes- Lentes esféricas.....	85
H. Anexo: Sistemas formadores de imágenes – Imágenes con espejos esféricos-	91
I. Anexo: Sistemas formadores de imágenes –Imágenes con lentes esféricas-.....	104
J. Anexo: Sistemas formadores de imágenes – El microscopio y el ojo humano-	119
K. Anexo: Taller 1.....	124
L. Anexo: Taller 2.....	127
M. Anexo: Taller 3.....	130
N. Anexo: Encuesta de satisfacción.....	132
O. Anexo: Entrevista.....	134

Lista de figuras

<i>Figura 1 Interfaces gráficas de SimulPhysics</i>	<i>27</i>
<i>Figura 2 Experimentos demostrativos de la reflexión y la refracción de la luz</i>	<i>30</i>
<i>Figura 3 Experimento de medición con el semicírculo de acrílico.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 4 Experimento de medición lámina de caras paralelas.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 5 Experimento de medición prisma óptico.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 6 Experimentos demostrativos con espejos cóncavos y convexos.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 7 Actividades realizadas en la sesión 5.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 8 Experimentos demostrativos con espejos esféricos</i>	<i>36</i>
<i>Figura 9 Formación de imágenes a partir de lentes</i>	<i>37</i>
<i>Figura 10 Realización del taller sobre el ojo y el microscopio.....</i>	<i>38</i>

Lista de tablas

<i>Tabla 1 Agrupación de las preguntas de acuerdo a la categoría</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 2 Análisis del pretest y postest con el factor Hake</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 3 Ganancia en los niveles de aprendizaje de acuerdo a las categorías</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 4 Clasificación de los niveles de ganancia de aprendizaje de acuerdo a cada categoría</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 5 Porcentaje de respuestas a la encuesta de satisfacción</i>	<i>44</i>

Introducción

Es muy común que en la enseñanza de la física, se oriente hacia la memorización de fórmulas y no en la comprensión e interiorización de conceptos y del establecimiento de un significado a cada una de las variables que hacen parte de ellas. Esto hace que los estudiantes aborden las situaciones problema de una forma muy mecánica y con muy poco análisis.

Por lo tanto, es necesario considerar la enseñanza de las ciencias y en específico de la física, a partir de la construcción de conocimientos mediante un aprendizaje significativo, en el que los estudiantes realicen experimentos desde el contexto en el que se desempeñan y se permita fortalecer el pensamiento crítico y científico.

Al concientizar esta problemática y con el objetivo de fortalecer el pensamiento crítico surge la siguiente pregunta orientadora de la propuesta realizada en este trabajo: ¿Cómo enseñar los conceptos básicos de la óptica geométrica a través de actividades experimentales apoyados en la NTIC (Nuevas Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) para que el aprendizaje de los estudiantes sea significativo y asuman posiciones críticas en el proceso?

La propuesta se implementa a través de una intervención de aula en un grupo de estudiantes del grado once de la Institución Educativa Las Nieves en jornada extracurricular. El referente pedagógico de la propuesta es el aprendizaje significativo crítico de Ausbel y Moreira.

Se inicia seleccionando un grupo de estudiantes bajo los siguientes criterios: motivación por la propuesta, disponibilidad de tiempo los días lunes y martes en el horario de 1:30 pm a 3:00 pm y tener el respectivo permiso de los acudientes ya que era una actividad extra clase. En total fueron seleccionados 10 estudiantes, quienes cumplieron con los criterios establecidos.

Una vez elegidos los estudiantes participantes se aplica un pretest para determinar el estado de conocimiento sobre el tema a tratar. Este cuestionario se utiliza de nuevo al final de la intervención para medir la ganancia de aprendizaje empleando el denominado factor de Hake. Es necesario indicar que los estudiantes no son advertidos que dicha prueba se repetiría.

Se procede a continuación a realizar las sesiones correspondientes a la intervención. En éstas los estudiantes proceden a ejecutar simulaciones sobre conceptos de la óptica geométrica y luego realizan montajes experimentales para corroborar lo observado en las simulaciones. Para las simulaciones usan el software SimulPhysics para dispositivos móviles el cual es de uso libre. El material usado para realizar los experimentos es de fácil adquisición y/o construcción. Lo aprendido lo socializan en grupo mediante discusiones debidamente moderadas. Todas las actividades son orientadas a través de guías ya diseñadas.

El resultado obtenido llena las expectativas creadas. El factor de Hake muestra una ganancia de aprendizaje entre media y alta. Adicionalmente, que es lo fundamental para la metodología propuesta, es el agrado con el cual enfrentan los estudiantes todas las actividades, al punto, que les generó gran tristeza la finalización de la intervención y proponen seguir con otros temas.

El presente informe se distribuye en cinco capítulos y quince anexos. El capítulo 1 aborda la descripción de la intervención didáctica que se realiza para probar las estrategias de la propuesta y sus objetivos. El capítulo 2 aborda el marco teórico explicando los elementos básicos de los referentes pedagógicos y disciplinar, y se analizan algunos antecedentes que sirvieron también como base para el desarrollo del trabajo. En el capítulo 3 se detalla el procedimiento seguido en la aplicación de la propuesta. En el capítulo 4 se analizan los resultados y se hacen discusiones al respecto. En el capítulo 5 se expresan las conclusiones y se realizan algunas recomendaciones para trabajos futuros.

1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS

1.1 Descripción del problema

Es muy común que la enseñanza de la física en su nivel básico sea a partir de protocolos muy mecánicos y memorísticos. En ocasiones, cuando se presentan actividades de laboratorio, estas se encuentran ya establecidas por un resultado cuantitativo determinado el cual no exige interpretación alguna de experiencias donde se tenga en cuenta el contexto del estudiante.

Entonces, surge la desmotivación en el aprendizaje de la física, una ciencia que ha sido trascendental en la historia del ser humano, pues hace parte de la fundamentación que permite entender cómo funciona el universo aportando grandes avances científicos y que se ha construido a partir de un contraste entre teoría y práctica.

Ante ello, la enseñanza de la física no se debe basar en un aprendizaje memorístico que implica una acumulación de conocimientos sin sentido. García, Barragán y Cerpa (2013) aseveran: “En lenguaje contemporáneo, saber muchas cosas es condición necesaria pero no suficiente para desarrollar la habilidad de pensar” (p. 68).

Asimismo, es importante tener en cuenta que en muchas ocasiones en las diferentes instituciones educativas no se logra abordar la óptica geométrica durante la enseñanza de la física, esto debido a que aparece como una de las últimas temáticas de los planes de área y el tiempo llega a ser insuficiente para abordarla. Por esto, los estudiantes desconocen la importancia de esta temática que ha enmarcado la ciencia y la tecnología, y que hace parte de la cotidianidad en diversos campos como la seguridad, la medicina, la industria, etc.

Todas estas inquietudes animan al desarrollo de la presente propuesta, en donde se aborda la enseñanza de la óptica geométrica a partir de la construcción de conocimientos mediante un aprendizaje significativo, en el que los estudiantes realicen experimentos desde el contexto en el que se desempeñan y se permita fortalecer el pensamiento crítico y científico.

1.2 Formulación de la pregunta

De acuerdo a lo anterior surge la pregunta:

¿Cómo enseñar los conceptos básicos de la óptica geométrica a través de actividades experimentales apoyadas en las NTIC para que el aprendizaje de los estudiantes sea significativo y asuman posiciones críticas en el proceso?

1.3 Justificación

A partir de la realización de este trabajo se pretende que los estudiantes adquieran unos conocimientos contextualizados, que reconozcan la importancia de la óptica geométrica en tanto que relaciona saberes matemáticos, geométricos y físicos mediante la utilización de diferentes estrategias tales como discusiones en clase, actividades experimentales e implementación de las TIC.

Según el MEN, una de las propuestas fundamentales de la formación en ciencias es acercar el estudiante al conocimiento científico teniendo en cuenta sus conocimientos previos dentro de su contexto, permitiéndole dar respuesta de forma analítica y reflexiva a un cuestionamiento científico basado en la realidad para construir nuevos conocimientos y búsqueda de soluciones.

Adicionalmente, siguiendo a Castiblanco y Vízcaíno (2008), se hace necesario reconocer que la interacción con las TIC permite desarrollar los procesos de pensamiento tales como la creatividad, el análisis, la indagación, la exploración, entre otros (p.22).

Esta propuesta ejemplifica como desde la búsqueda de espacios de discusión en el aula los estudiantes analizan fenómenos científicos con argumentos sólidos incrementando su

capacidad de reflexión en el ámbito formativo del aprendizaje de la física, y específicamente en el aprendizaje de la óptica geométrica.

1.4 El contexto

Esta propuesta se desarrolla en la Institución Educativa Las Nieves, la cual se encuentra ubicada en la calle 82 N° 39 - 69, barrio Manrique Santa Inés, ofrece sus servicios educativos en los niveles: preescolar, básica primaria, básica secundaria, media académica y media técnica con un total de 730 estudiantes. La población se caracteriza por ser empleados y pequeños comerciantes, predominando la clase baja. Las familias de la mayoría de los estudiantes son de estrato socioeconómico bajo-bajo, presentado carencias tanto afectivas como económicas.

La filosofía de la institución está orientada en la autonomía, la responsabilidad y la solidaridad con el objetivo de formar mejores ciudadanos para Medellín y el mundo. Su modelo pedagógico es el desarrollista social el cual tiene en cuenta la formación en valores humanos universales, la educación ciudadana y los derechos humanos; además se encuentra orientado con un enfoque constructivista, en el que, se concibe el aprendizaje significativo como un proceso interactivo, dinámico, reflexivo, potencializador de procesos metacognitivos optándose por la comprensión en lugar de la mecanización del aprendizaje.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Diseñar una propuesta de enseñanza-aprendizaje de la óptica geométrica a través de actividades experimentales apoyadas en las NTIC en la que el aprendizaje de los estudiantes del grado once de la Institución Educativa Las Nieves sea significativo y asuman posiciones críticas en el proceso.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Identificar antecedentes y referentes teóricos relacionados con la enseñanza de la óptica geométrica.
- Establecer el estado inicial (es decir, pre-instrucción), que poseen los estudiantes sobre los conceptos básicos de la óptica geométrica.
- Recopilar y/o desarrollar material didáctico que sea potencialmente significativo para los estudiantes, que permita la apropiación de los conceptos básicos de la óptica geométrica a través de actividades experimentales apoyadas en las NTIC.
- Aplicar el material didáctico mediante actividades constructivistas que faciliten la apropiación de los conceptos básicos de la óptica geométrica a través de actividades experimentales apoyadas en las NTIC.
- Establecer el estado final (es decir, post-instrucción) que poseen los estudiantes sobre los conceptos básicos de la óptica geométrica.
- Estimar la ganancia de aprendizaje en los estudiantes sobre los conceptos básicos de la óptica geométrica.
- Medir el estado de satisfacción logrado en los estudiantes después de realizada la intervención.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Referente pedagógico

El referente pedagógico con el cual se sustenta este trabajo es desde el Aprendizaje Significativo Crítico de Ausbel y Moreira.

En la actualidad ningún conocimiento es indestructible y menos en ciencias, particularmente en la física donde constantemente se están realizando experimentos y construyendo diversas teorías, por ello el aprendizaje significativo crítico es una estrategia indispensable para emplear con los presentes educandos, los cuales se desenvuelven en una sociedad enmarcada por permanentes cambios.

De acuerdo con la teoría del aprendizaje significativo, es el conocimiento previo el que señala el camino a seguir por parte del docente, pues es la variable que más influye en el proceso de aprendizaje. Por lo tanto, el educando no se limita a memorizar, sus conocimientos son importantes en cuanto a los significados que ha adquirido a través de sus diversas experiencias para otorgarle sentido a sus nuevos saberes.

Por ello, es a partir del aprendizaje significativo crítico que el estudiante puede ingresar a una cultura de una forma más analítica en cuanto a que no se dejará llevar simplemente por la información o por las diversas ideologías; podrá tomar una postura crítica y constructiva.

Moreira (2000 pag. 6) establece una serie de principios facilitadores del aprendizaje significativo crítico y toma como referentes a Postman y Weingartner, estos principios son en total nueve: el de la interacción social, el de la no centralidad del libro de texto, el del aprendiz como perceptor/representador, el del conocimiento como lenguaje, el de la

conciencia semántica, el del aprendizaje por el error, el del desaprendizaje, el de la incertidumbre del conocimiento y el de la no utilización de la pizarra.

En este trabajo se sigue la teoría del aprendizaje significativo crítico porque es indispensable en el contexto escolar actual que los estudiantes adquieran conocimientos a través de los cuales puedan establecer relaciones con su vida cotidiana; además de que sean sujetos críticos, autónomos y creativos para que puedan enfrentarse a diversas situaciones. Flórez (2010) establece que, el fortalecimiento del pensamiento crítico permite desarrollar habilidades para la vida no solamente escolar, promueve un aprendizaje autónomo, fomenta la investigación, suscita la argumentación y contribuye al futuro desempeño como profesional.

De acuerdo con Halpern (2006 p.1) "(...) hay un pensamiento no-crítico, o más apropiadamente etiquetado, memoria memorización o pensamiento de nivel inferior que se enseña y se prueba en muchas aulas en todos los niveles de la educación a expensas del de orden superior, o pensamiento crítico". Es el mismo sistema escolar el que impone un aprendizaje a corto plazo, ello reflejado en cómo se evalúa, donde es la memorización quien juega un papel importante y el pensamiento crítico es olvidado.

Si bien, el conocimiento es esencial, pero ese desarrollo intelectual no posibilita un pensamiento crítico, siguiendo a López (2012 p.1) "la misión de la escuela no es tanto enseñar al alumno una multitud de conocimientos que pertenecen a campos muy especializados, sino ante todo, aprender a aprender, procurar que el alumno llegue a adquirir una autonomía intelectual".

Desde Gilbert (2007 p. 40) el pensamiento crítico radica en la "autonomía para pensar y diseñar soluciones, capacidad para enfrentar problemas nuevos, versatilidad para obtener y evaluar fuentes de información". A partir de un punto de vista psicológico, el pensamiento crítico se ubica en un nivel alto, como habilidad del pensamiento complejo. Además, este pensamiento puede describirse de acuerdo con Halpern, Kurfiss, Quellmalz, Swartz y Perkins, citados por López (2013, p. 45) por medio de habilidades, tales como: conocimiento, inferencia, evaluación y metacognición.

Según Perkins "el conocimiento se utiliza para resolver diversos problemas; nos ayuda porque facilita la organización de la información que nos llega" (citado en López 2013, p.45). La inferencia, es el establecimiento de conexiones entre diferentes fenómenos, lo

que propicia una comprensión significativa, en el aula puede realizarse a partir de la emisión de juicios donde los estudiantes los defiendan a través de criterios y elijan los mejores. Esta inferencia puede ser deductiva (se parte de lo general a lo particular) e inductiva (se parte de lo particular a lo general).

En las ciencias, los estudiantes podrán desarrollar capacidades relacionadas con la autonomía para aprender, indagar constantemente, ser creativos en la solución de problemas y ser investigadores activos. Estas actitudes se encuentran inmersas en los científicos. Por ello, la formación impartida será a partir del contexto, que sean conscientes del mundo que los rodea para que contribuyan a solucionar problemáticas cotidianas en el mundo actual. De esta forma, el fortalecimiento del pensamiento crítico contribuye al fortalecimiento del pensamiento científico.

2.2 Referente disciplinar

A continuación se presentan los diversos conceptos y leyes, que son el pilar y la guía fundamental a partir de los cuales se aborda esta propuesta.

Las leyes básicas de la óptica geométrica (la óptica de rayos) son las siguientes: la primera ley, hace referencia a que, el rayo incidente, el rayo reflejado y el rayo refractado pertenecen al mismo plano. La segunda ley es la de reflexión, la cual expresa que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión, y la tercera ley o ley de refracción (ley de Snell), hace alusión a que el ángulo de incidencia θ_1 y el ángulo de refracción θ_2 se relacionan a partir de la expresión: $n_2 \text{ sen } \theta_2 = n_1 \text{ sen } \theta_1$, en donde n_1 es el índice de refracción del medio desde donde incide la luz, n_2 es el índice de refracción hacia dónde se refracta, siendo el índice de refracción la relación entre la velocidad de la luz en el vacío c y la velocidad de propagación de la luz dentro del material v , es decir $n = \frac{c}{v}$.

En cuanto a los sistemas formadores de imágenes en espejos esféricos, se puede establecer los siguientes elementos: centro de curvatura, foco, vértice, distancia objeto, distancia imagen, altura del objeto, altura de la imagen. Estos espejos pueden ser cóncavos (convergentes) y convexos (divergentes); los espejos planos no son ni convergentes ni divergentes ya que se consideran espejos de radio muy grande. Además,

este sistema formador de imágenes tiene dos espacios; el espacio objeto y el espacio imagen, los cuales se encuentran en el mismo lado. De acuerdo a lo anterior, se puede decir si un objeto o una imagen es virtual o real; si están en su espacio son reales de lo contrario son virtuales.

Por otro lado, en los sistemas formadores de imágenes con lentes esféricas, los espacios se encuentran en lados opuestos. Es decir, si la luz viaja de izquierda a derecha, el espacio objeto estará al lado izquierdo de la lente y el espacio imagen estará a la derecha de la lente.

Es importante tener en cuenta que las lentes poseen dos focos, el foco imagen y el foco objeto, para las lentes convergentes son reales y para las lentes divergentes son virtuales. La distancia focal va a depender del radio de curvatura, de los índices de refracción de la lente y del índice de refracción del medio en el que se encuentra. Además, la convergencia o divergencia de una lente depende del índice de refracción del medio en el cual esté sumergida, es decir; una lente que es convergente cuando está en el aire, se vuelve divergente al ser sumergida en un medio cuyo índice de refracción es mayor que el material de la lente. Una situación similar ocurre con una lente divergente. Por lo tanto, la convergencia o divergencia de una lente depende de su geometría y de los índices de refracción.

Los denominados tres rayos notables para las lentes son:

- Rayo 1: Es el rayo que incide paralelamente al eje óptico, se refracta real o virtualmente por el foco imagen F_2 .
- Rayo 2: Rayo que incide real o virtualmente por el foco objeto F_1 se refracta de tal forma que continúa paralelo al eje óptico.
- Rayo 3: Rayo que incide por el centro de la lente no cambia de dirección al refractarse.

Para los espejos son:

- Rayo 1: Rayo que incide paralelamente al eje óptico, se refleja real o virtualmente por el foco F .
- Rayo 2: Rayo que incide real o virtualmente por el foco se refleja en el espejo y continúa paralelo al eje óptico.

- Rayo 3: Rayo que incide por el centro de curvatura del espejo, no cambia de dirección al reflejarse.

Para la formación de una imagen de un objeto es suficiente con trazar la trayectoria que siguen dos rayos, y donde se corten real o virtualmente quedará ubicada la imagen correspondiente.

2.3 Antecedentes

En cuanto al aprendizaje de la óptica geométrica se han realizado diversas investigaciones que han puesto en evidencia algunas dificultades que presentan los estudiantes. A continuación se describen algunas de las investigaciones llevadas a cabo en esta área:

- Salinas y Sandoval (1999), establecen algunas de las dificultades que tienen los estudiantes al no diferenciar imágenes virtuales, objetos virtuales e imagen real en situaciones experimentales y de trazado de diagramas de rayos. En el trabajo que desarrolla realiza una serie de actividades teórico-experimentales para que se adquiera una mejor comprensión de estos conceptos.
- Bravo, Pesa y Rocha (2012) a través del estudio que realizan con estudiantes que ingresan a la educación secundaria y que están próximos a egresar ponen de manifiesto que los estudiantes se dejan llevar por saberes intuitivos en los fenómenos de formación y visión de una imagen óptica, por lo cual resultan incorrectas con los conceptos científicos.
- González (2013) en su trabajo de maestría muestra la importancia de la óptica, como una de las ciencias estructurales que ha permitido el desarrollo de la biología, la astronomía y las comunicaciones; además de que ha establecido conexiones con los campos del saber de ciencias exactas, ciencias naturales, ingenierías, el arte, la filosofía y la literatura.
- De acuerdo con Sandra Ansise Chirino, Nélida Palma Rodríguez, Gabriel Alfredo Rodríguez (2015) diversas Investigaciones han demostrado que los estudiantes tienen falencias en cuanto a la comprensión de fenómenos de la óptica geométrica, y entre sus causas se encuentra “la poca conceptualización de los términos de esta parte de la física y la dificultad de relacionar los conceptos con las estructuras formales” (p. 38).

Entorno a la enseñanza de la física, siguiendo a Michel Picquart (2007) en el artículo ¿Qué podemos hacer para lograr un aprendizaje significativo en física? Se menciona que es indispensable partir de los saberes previos de los estudiantes, ya que las clases magistrales han considerado a los alumnos como vacíos de conocimientos, lo cual ha reflejado a nivel mundial que esta enseñanza ha fallado. Según Michel Picquart, (2007 p. 30) “Uno de los problemas que detecta Wieman es que los alumnos, aun los que no siguen una carrera científica, necesitan y pueden pensar más como expertos”. Por tanto, los conceptos que se enseñan de una forma repetitiva se convierten en un obstáculo en la adquisición de un aprendizaje significativo.

De igual modo, en la “XI Conferencia Interamericana sobre Enseñanza de la Física” en Guayaquil, Ecuador del 1 al 5 de julio de 2013 realizada por Marco Antonio Moreira, se considera que el enfoque skinneriano, no tiene en cuenta lo que le sucede al sujeto durante al proceso de aprendizaje. De acuerdo con Moreira:

“En la práctica, estimula un aprendizaje netamente memorístico, sin significados, de corto plazo, que sirve para reproducir respuestas predeterminadas. Ese tipo de aprendizaje, conocido como aprendizaje mecánico, es muy común en la escuela y un resultado muy común de la enseñanza de la Física. Los alumnos simplemente memorizan fórmulas, definiciones y respuestas correctas para reproducirlas mecánicamente en las pruebas” (Moreira, 2013, p.46).

Por lo tanto, siguiendo a David Ausbel, se debe partir de lo que el estudiante ya sabe y enseñar a partir de esos conocimientos previos que posee; cuando no se tienen los conocimientos adecuados y no hay una predisposición para aprender, los nuevos conocimientos serán adquiridos de forma memorística, sin embargo, es lo que predomina en las escuelas.

Cabe resaltar que hace más de cuarenta años se enseñaban verdades, elementos fijos, respuestas correctas, desestimulando el cuestionamiento y a pesar de que ha transcurrido el tiempo hoy por hoy se continúa con lo mismo.

Por lo tanto, es necesario que se implemente un aprendizaje centrado en el estudiante, de una forma activa, es decir:

“Supone poner al estudiante en la solución de un conjunto de tareas o problemas que son desafiantes pero factibles y que involucran explícitamente la práctica del pensamiento y del desempeño científico (...) la idea es que el desarrollo de habilidades complejas no es una cuestión de llenar un cerebro, sino de desarrollar un cerebro” (Wieman, 2013, p.294).

En consecuencia, en el artículo de investigación “Desarrollo del pensamiento crítico en el área de ciencias naturales de una escuela de secundaria” por Causado, Santos, Calderón (2015) se muestran beneficios del pensamiento crítico en el área de ciencias naturales, entre ellos, la autonomía del estudiante al aprender por sí mismo, el ser curioso, el ser creativo, el ser investigador e innovador. De esta forma, las estructuras mentales de los estudiantes son más abiertas, siendo perfeccionadas a partir de cuestionamientos, solución de problemas, razonamientos, entre otros. Por lo tanto:

“Se trata de promover el hábito de cuestionarse y de proponer alternativas diferentes, de construir, y no tanto de destruir, de tal modo que al pensamiento crítico se le asocia indisolublemente con la capacidad creativa... pues para ser creativo se debe hacer uso de la intuición, la imaginación y el pensamiento divergente” (Patiño, 2010, p. 91-92)

El pensamiento crítico se centra entonces en un discurso científico en la medida en que permite que los sujetos se cuestionen y puedan buscar alternativas de solución a las problemáticas cotidianas que se presentan en la sociedad. Siguiendo a Elder & Paul (2002) el principal objetivo de la enseñanza de la ciencia debe ser enseñar a pensar a partir de la experimentación, las evidencias, el conocimiento; y a partir de allí poder plantear argumentaciones. Para lo cual, es esencial identificar las hipótesis, las evidencias y los razonamientos y posteriormente utilizar este tipo de información científica para comunicar, argumentar y llegar a conclusiones. La importancia de este trabajo, radica en que se muestra el pensamiento crítico como componente fundamental para el desempeño de los sujetos en diversos campos de su vida, no solamente escolar.

3 METODOLOGÍA

Esta propuesta se realizó en la maestría de la enseñanza de las ciencias exactas y naturales cuya línea es profundización y se aplicó mediante un estudio de caso consistente en una intervención de aula en un grupo 10 de estudiantes del grado once de la Institución Educativa Las Nieves. El referente pedagógico tomado fue el aprendizaje significativo crítico de Ausubel-Moreira.

El procedimiento de la intervención fue el siguiente:

- ✓ Selección y preparación del material.
- ✓ Selección de la población muestra.
- ✓ Aplicación de test para evaluar el estado inicial.
- ✓ Aplicación de las actividades experimentales
- ✓ Aplicación de test para evaluar el estado final.

3.1 Selección y preparación del material

La intervención consistió en la enseñanza de los conceptos básicos de la óptica geométrica a través de actividades experimentales mediadas por la NTIC. Con base en esto se seleccionó y preparó el material que se consideró adecuado para esta metodología, el cual se describe a continuación.

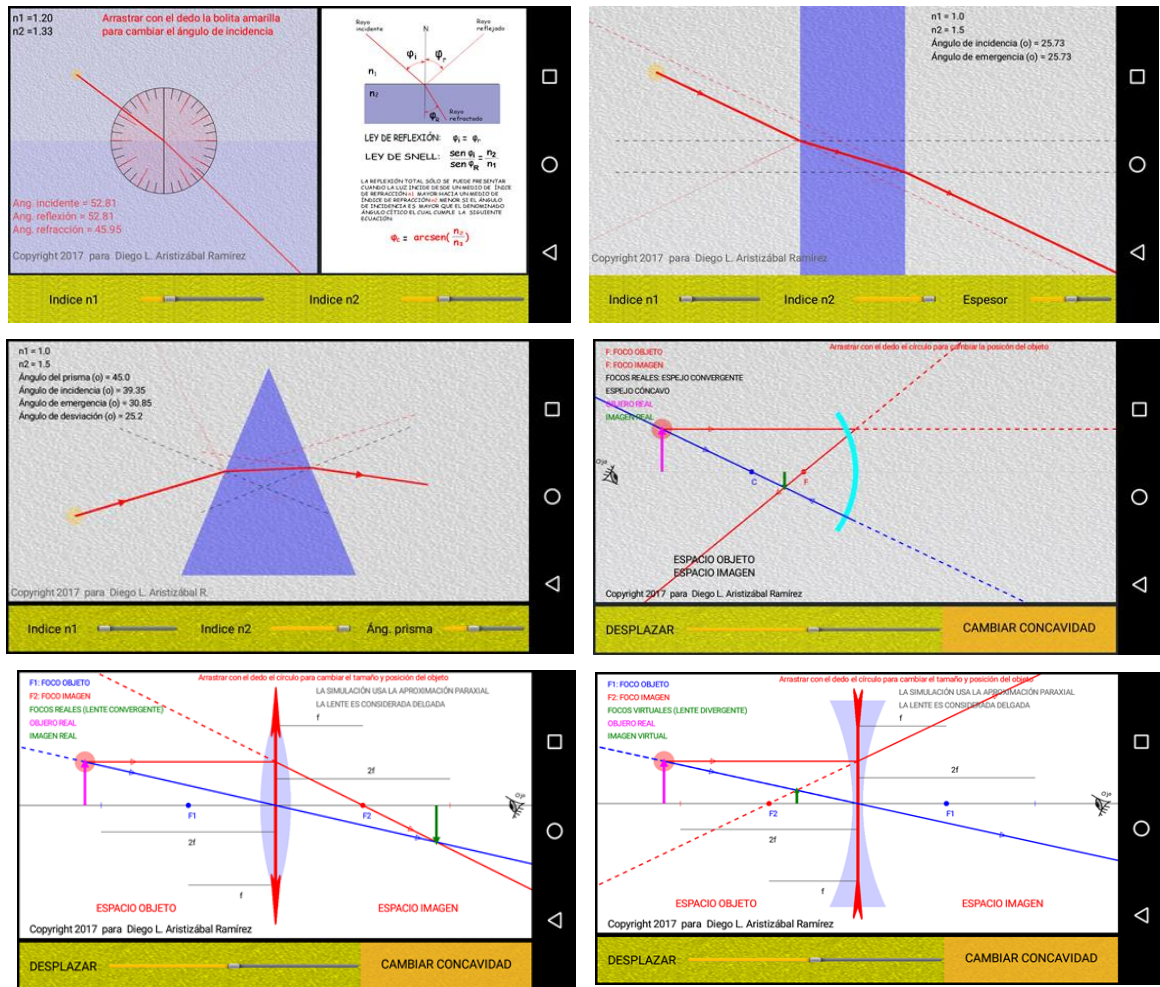
3.1.1 El software

Para realizar las simulaciones se empleó el software SimulPhysics Mobile Edition¹ para dispositivos móviles (tabletas o celulares) ANDROID el cual es de libre uso. Este tiene una

¹ Se puede obtener de este link:
http://ludifisica.medellin.unal.edu.co/recursos/simulphysics_mobile_edition/versiones.html

sección sobre óptica geométrica en donde hay numerosas simulaciones que comprenden los siguiente temas: ley de Snell, prismas, láminas y sistemas formadores de imágenes (superficies refractoras, espejos y lentes). En la Figura 1 se ilustra las interfaces gráficas de algunas de éstas.

Figura 1 Interfaces gráficas de SimulPhysics



3.1.2 Guías y material de laboratorio

Se utilizaron 8 guías para realizar las actividades, las cuales se llevaron a cabo también en 8 sesiones:

- ✓ Leyes de la óptica geométrica (anexo C).
- ✓ Lámina de caras paralelas (anexo D).

- ✓ Prisma (anexo E).
- ✓ Propiedades focales de los sistemas formadores de imágenes –Espejos esféricos- (anexo F).
- ✓ Propiedades focales de los sistema formadores de imágenes –Lentes esféricas- (anexo G)
- ✓ Sistemas formadores de imágenes: imágenes con espejos esféricos (anexo H).
- ✓ Sistemas formadores de imágenes: imágenes con lentes esféricas (anexo I).
- ✓ Sistemas formadores de imágenes: el microscopio y el ojo humano (anexo J).

Estas guías fueron diseñadas por el profesor Diego Luis Aristizábal Ramírez, docente de la Escuela de Física de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín y fueron puestas a prueba por primera vez para su enseñanza a nivel básico en esta intervención.

El material de laboratorio usado es de fácil adquisición y/o construcción además de ser muy económico. En cada una de las guías se suministra la información de estos materiales.

Adicionalmente se proporcionaron tres talleres:

- ✓ Taller 1 sobre análisis de simulaciones: formación de imágenes con espejos (anexo K).
- ✓ Taller 2 sobre análisis de simulaciones: formación de imágenes con lentes (anexo L).
- ✓ Taller 3: el microscopio y el ojo humano (anexo M).

3.2 Selección de la población muestra

La selección se realizó a partir de la motivación que sentían los estudiantes por aprender física, especialmente la óptica geométrica de una forma más participativa, experimental y usando artefactos tecnológicos. También se les informó que el espacio en el cual se desarrollaría sería extra clase, por lo que además debían contar con el tiempo estipulado para asistir.

Los criterios bajo los cuales fueron seleccionados los estudiantes son los siguientes: 1. Motivación por la propuesta que se implementaría, 2. Disponibilidad de tiempo los días lunes y martes en el horario de 1:30 pm a 3:00 pm, 3. Tener el respectivo permiso de los

acudientes, ya que era una actividad extra clase. En total fueron seleccionados 10 estudiantes, quienes cumplieron con los criterios establecidos.

3.3 Aplicación de test para evaluar el estado inicial

Para estimar el estado inicial en el que se encuentran los estudiantes respecto al tema a tratar y la familiarización del uso de las NTIC, se aplicó primero una encuesta de caracterización y luego un pre test.

- ✓ **Encuesta de caracterización (Anexo A):** Se encuentra conformada por una serie de preguntas relacionadas con el contexto, la enseñanza de la física, los gustos respecto al uso de las TIC y a la realización de actividades experimentales para el aprendizaje de la física.
- ✓ **Pre test (Anexo B):** Es una evaluación conceptual que contiene 20 preguntas con selección múltiple. Se presentan situaciones relacionadas con conceptos de la óptica geométrica distribuidas de la siguiente forma: 10 corresponden al comportamiento de la luz cuando ésta se propaga en medios cuyos índices de refracción son diferentes, 8 corresponden a la formación de imágenes en lentes y espejos, 2 son de aplicación sobre la formación de imágenes. La evaluación se realizó en 40 minutos.

3.4 Aplicación de las actividades experimentales

El desarrollo del tema en esta intervención se realizó en el espacio de la biblioteca de la institución educativa debido a que no había salones disponibles. A continuación se describen las 8 sesiones que se abordaron.

3.4.1 Sesión 1

Asumiendo el modelo de rayo de luz se verificaron la ley de reflexión y la ley de refracción. Se comenzó haciendo el análisis de éstas leyes mediante el uso de un simulador del paquete SimulPhysics Mobile Edition para dispositivos móviles para luego hacer la

verificación de éstas mediante actividades experimentales. La guía que se usó se encuentra en el Anexo C.

Figura 2 Experimentos demostrativos de la reflexión y la refracción de la luz

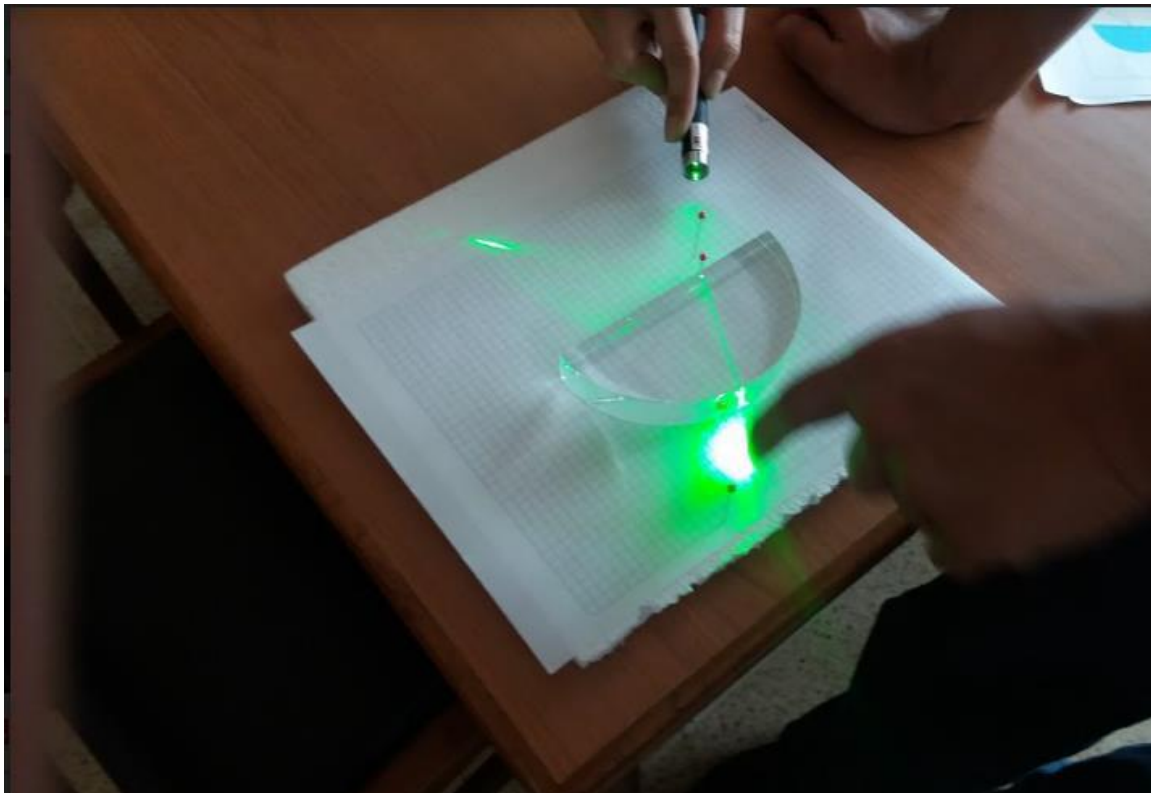


Esta sesión se desarrolló en tres momentos. Inicialmente se buscó indagar los conocimientos previos y mostrar actividades experimentales para generar motivación en los estudiantes. Las actividades que se presentaron en forma demostrativa hacían referencia a la reflexión y refracción de la luz, tal como se muestra en la Figura 2, donde se puede ver experiencias de: reflexión total, fibra óptica, concepto de invisibilidad, reflexión y refracción. A partir de esto, los estudiantes intentaban explicar lo que sucedía en cada situación, compartieron sus ideas y establecieron conclusiones. Con los elementos teóricos pudieron verificar las ideas expuestas.

En un segundo momento, se organizaron en grupos de tres personas teniendo en cuenta que uno de ellos debía tener la aplicación SimulPhysics instalada en el celular. A partir de las actividades establecidas en la guía y con el uso del celular, los estudiantes debían responder una serie de preguntas que hacían referencia a la ley de reflexión y refracción.

En un tercer momento, los estudiantes trabajaron en parejas con el semicírculo de acrílico, figura 3, para comprobar experimentalmente la ley de refracción mediante mediciones de los ángulos de incidencia y refracción.

Figura 3 Experimento de medición con el semicírculo de acrílico



3.4.2 Sesión 2

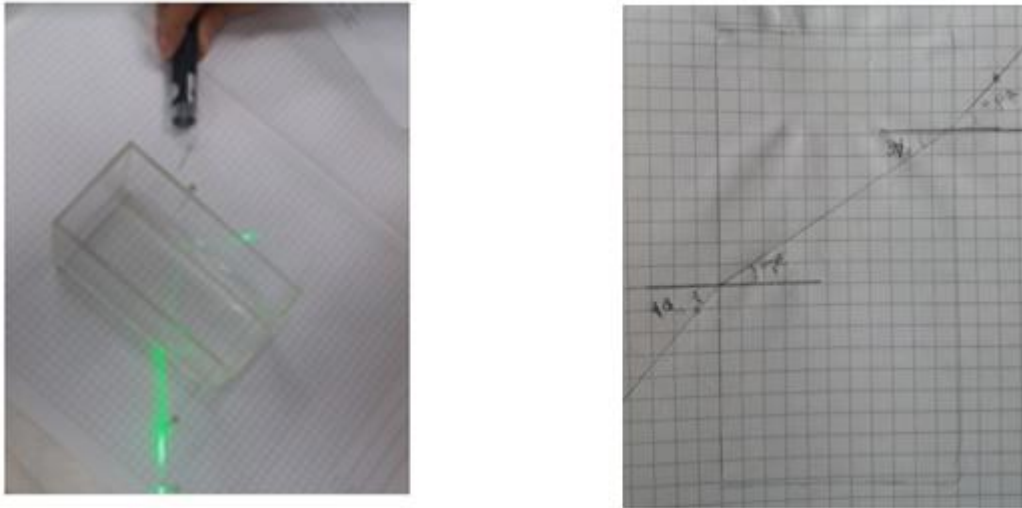
Asumiendo el modelo de rayo de la luz se verificaron las propiedades de refracción de una lámina de caras paralelas. Se comenzó haciendo el análisis mediante el uso de un simulador del paquete SimulPhysics para dispositivos móviles y luego se hicieron las verificaciones mediante actividades experimentales. La guía que se usó se encuentra en el Anexo D.

En esta sesión inicialmente se les pidió a los estudiantes que se hicieran en parejas teniendo en cuenta que uno de ellos debía tener la aplicación instalada en el celular. Luego se les explicó los elementos teóricos sobre la lámina de caras paralelas. A partir de las

actividades establecidas en la guía y con el uso del celular debían responder una serie de preguntas que hacían referencia al desplazamiento de la luz al incidir en este sistema.

Finalmente, se propuso el experimento de medición sobre la lámina de caras paralelas, la cual los estudiantes realizaron a partir de la alineación visual de 4 alfileres al observar a través de la lámina y luego se contrastó con la luz del láser para verificar con mediciones la ley de Snell, como se muestra en la Figura 4.

Figura 4 Experimento de medición lámina de caras paralelas



3.4.3 Sesión 3

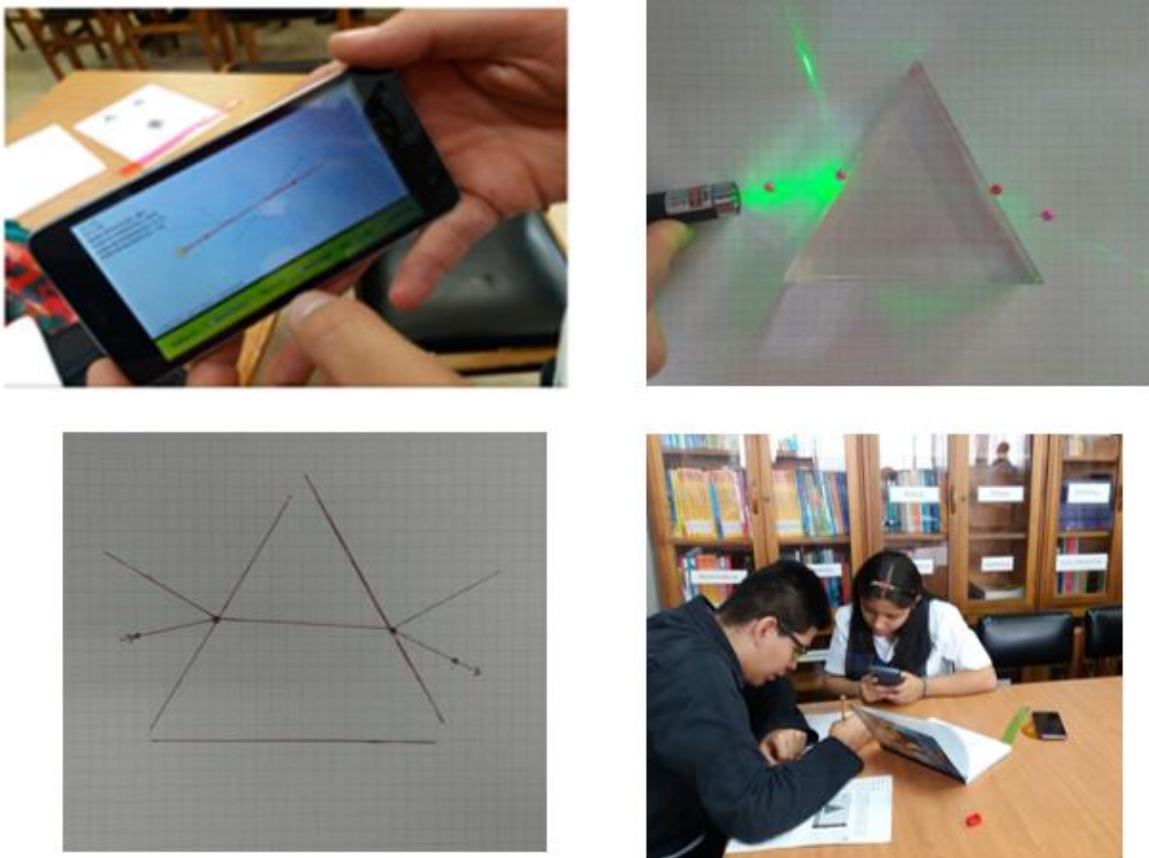
Assuming the ray model of light, the properties of refraction of a prism were verified from the analysis of the simulation SimulPhysics and of experimental activities. Initially, it is investigated about previous knowledge with various questions related to the indices of refraction and the trajectory of a light ray when it enters a parallel-sided plate and in an optical prism.

Then, from SimulPhysics and of the activities established in the guide (Anexo E), they answered a series of questions that referred to the displacement of light when it enters an optical prism.

Finally, each pair performed the experiment of measurement on the optical prism, which they did by aligning 4 pins to observe through it and then they

contrasto con la luz del láser para verificar con mediciones la ley de Snell y la trayectoria seguida por un rayo de luz al incidir en el prisma, como se muestra en la figura 5.

Figura 5 Experimento de medición prisma óptico



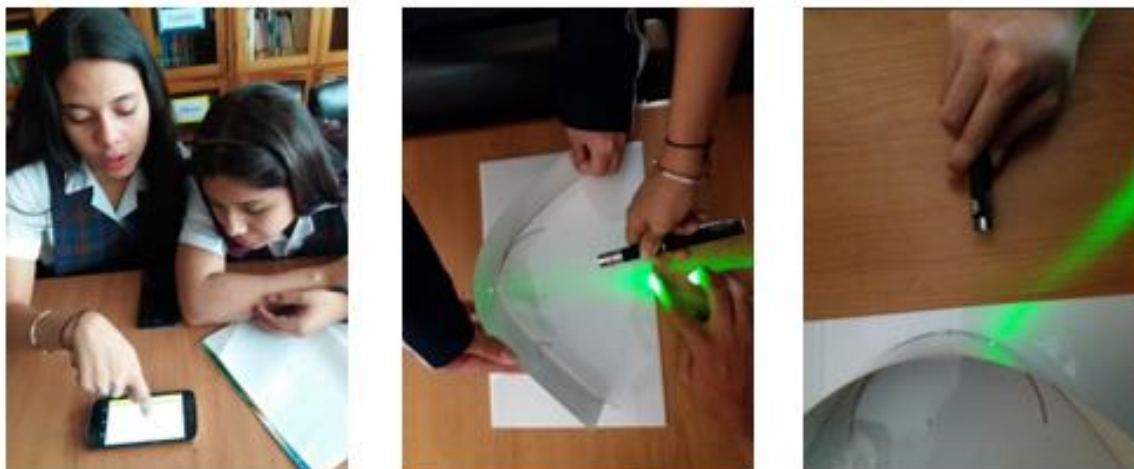
3.4.4 Sesión 4

En esta parte, se verificaron las propiedades focales de los espejos esféricos bajo aproximación paraxial mediante el análisis del simulador SimulPhysics para luego hacer las verificaciones mediante actividades experimentales (Anexo F).

Inicialmente se presentaron los elementos teóricos de las trayectorias seguidas por los rayos de luz al incidir en espejos cóncavos y convexos, además se presentan los diferentes componentes (foco, vértice, radio de curvatura). Se mostró que el espacio objeto y el espacio imagen se encuentran en el mismo lado. Luego, con el uso de la simulación y las actividades de la guía contrastaron estos elementos teóricos.

También, se realizaron experimentos demostrativos con espejos cóncavos y convexos para mostrar las trayectorias seguidas por los rayos de luz al incidir en estos, Figura 6.

Figura 6 Experimentos demostrativos con espejos cóncavos y convexos



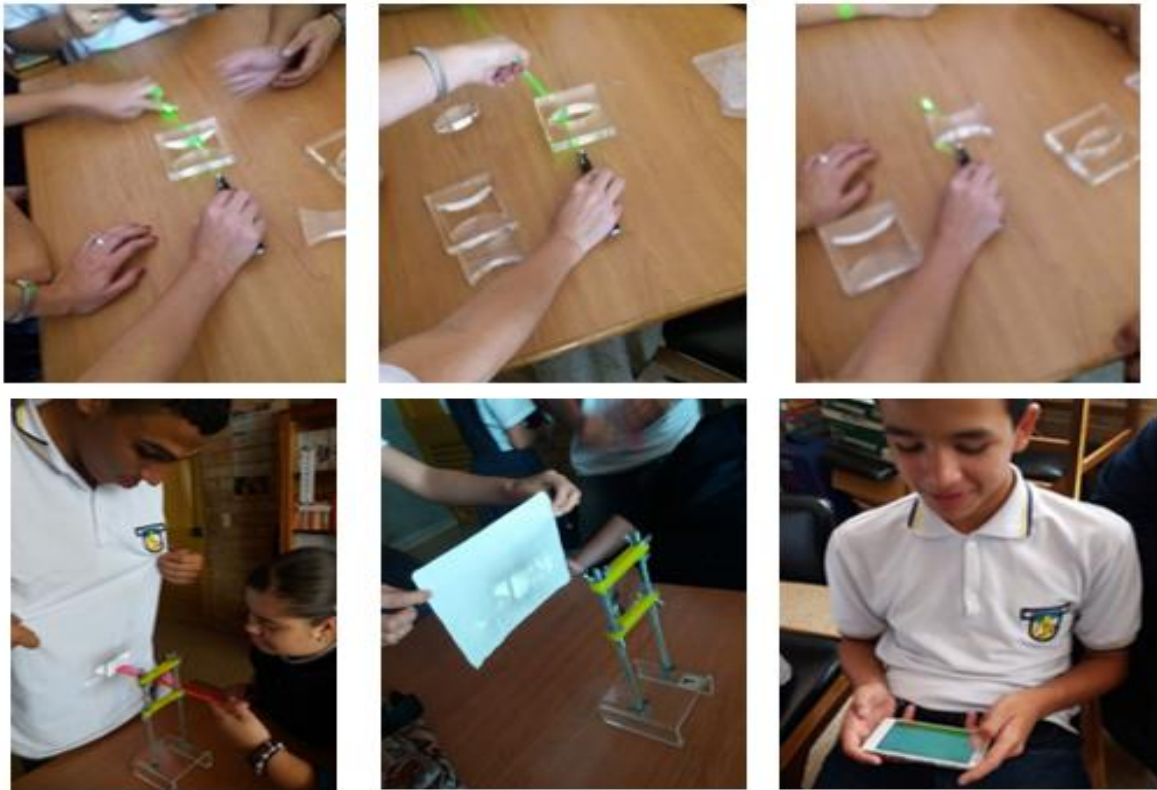
3.4.5 Sesión 5

En esta sesión se verificaron las propiedades focales de las lentes esféricas delgadas bajo aproximación paraxial a partir del uso de SimulPhysics y luego se realizaron las respectivas verificaciones mediante actividades experimentales (Anexo G).

Inicialmente se presentaron los elementos teóricos de las trayectorias seguidas por los rayos de luz al incidir en lentes convergentes y divergentes, además se mostraron los diferentes tipos de lentes y se establecen condiciones para que una lente sea convergente o divergente. Se mostró que a diferencia de los espejos, las lentes tienen los dos espacios a lados contrarios.

A continuación con los modelos de lente, se expuso experimentalmente la convergencia o divergencia de este sistema, Figura 6 (arriba).

Finalmente, se propuso medir la distancia focal de una lente convergente obteniendo una imagen real de un objeto real ubicado en el infinito óptico, en lo cual los estudiantes fueron muy creativos al usar como pantalla las camisetas blancas del uniforme, Figura 7 (abajo).

Figura 7 Actividades realizadas en la sesión 5

3.4.6 Sesión 6

Se estudió la formación de imágenes con espejos esféricos bajo aproximación paraxial a través del uso de SimulPhysics y se realizan verificaciones a partir de actividades experimentales (Anexo H). Adicionalmente se solucionó el Taller 1 (Anexo K).

Se inició recordando los principios básicos de la óptica geométrica, los componentes de los espejos, la trayectoria de los rayos dependiendo del tipo de espejo (cóncavo o convexo) y se explican elementos teóricos acerca de la formación de imágenes y la ecuación básica en espejos esféricos, finalmente, se presentó como caso particular el espejo plano.

Luego, se propuso a los estudiantes realizar en las mismas parejas que han trabajado, el Taller 1 sobre la formación de imágenes utilizando SimulPhysics. Cuando se finalizó, se socializaron las respuestas y se aclararon las dudas que surgían.

Seguidamente, se les entregó el mirascope con una moneda y se les pidió que explicaran la formación de la imagen ante lo cual los estudiantes se mostraron sorprendidos, según expresaban ellos, era “demasiado real”, Figura 8 (izquierda).

Figura 8 Experimentos demostrativos con espejos esféricos



También, se les entregó espejos cóncavos y convexos para que los estudiantes observaran en detalle las diferencias, esta parte fue demostrativa y se discutió sobre los diversos usos de cada espejo, Figura 8 (centro y derecha).

3.4.7 Sesión 7

En esta sesión, se estudia la formación de imágenes con lentes esféricas delgadas bajo aproximación paraxial a través del uso de SimulPhysics y se realizaron verificaciones a partir de actividades experimentales (Anexo I). Adicionalmente se solucionó el Taller 2 (Anexo L).

Inicialmente se recordaron los principios básicos de la óptica geométrica, se estableció la diferencia entre espacio objeto y espacio imagen, se aclararon las diferencias entre focos virtuales (lente divergente) y focos reales (lente convergente), además se mostraron las diversas formaciones de imágenes y la ecuación básica de lentes esféricas.

Luego, se propuso realizar el Taller 2 en las mismas parejas que se había trabajado, sobre la formación de imágenes usando SimulPhysics. Cuando se finalizó, se socializaron las respuestas y se aclararon las dudas que surgían.

A continuación, en los mismos subgrupos, hallaron el foco imagen de una lente convergente. Y finalmente, a partir del montaje experimental demostraron cada una de las

situaciones de formación de imágenes, en lo cual los estudiantes debieron ser muy cuidadosos con la vela debido a que nos encontrábamos en el espacio de la biblioteca, Figura 9.

Figura 9 Formación de imágenes a partir de lentes



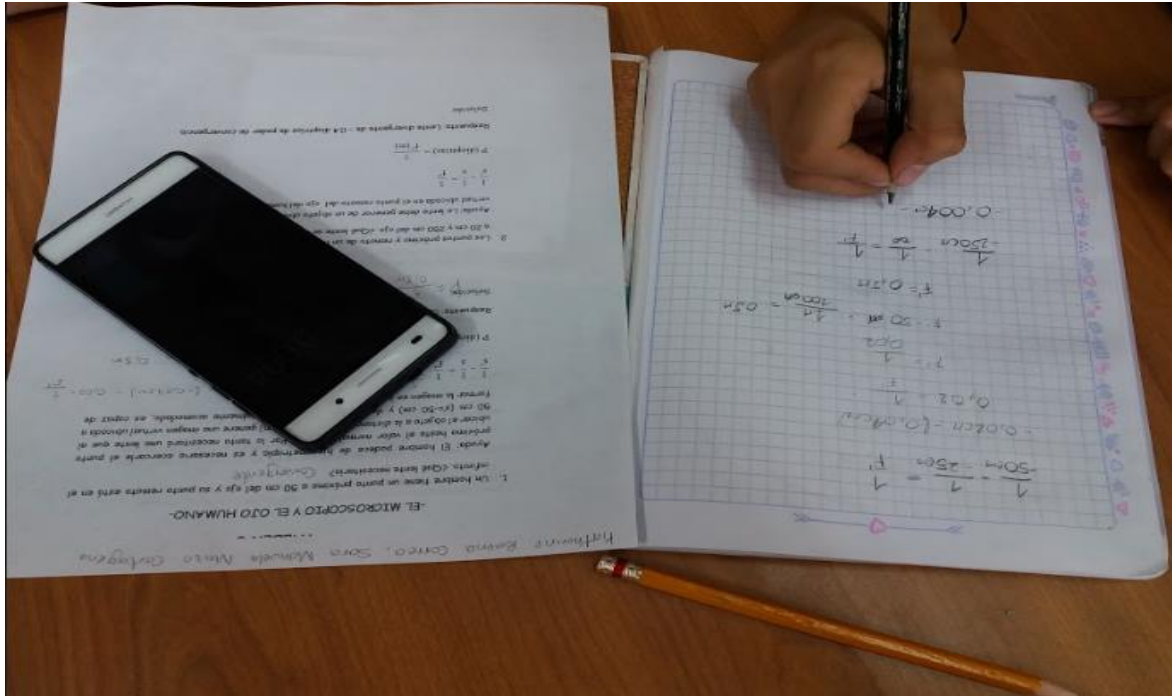
3.4.8 Sesión 8

En esta sesión, se analizó el funcionamiento de un microscopio compuesto y el ojo humano a partir de la formación de imágenes utilizando los conceptos de la óptica geométrica (Anexo J). También solucionó el Taller 3 (Anexo M) que consta de una serie de enunciados aplicativos relacionados con la formación de imágenes.

Inicialmente se realizaron preguntas relacionadas con las personas que usan lentes y su problema de visión. Además, se mostraron las partes de un microscopio compuesto, el ojo humano, los defectos en la visión y el tipo de lente que corrige esto.

Como actividad de finalización, se solucionó el Taller 3 sobre el ojo y el microscopio en los mismos subgrupos. Terminado esto, se socializó y se discutieron las respuestas correctas, Figura 10. Cabe resaltar que en esta actividad también estuvo la bibliotecaria participando, pues le llamó la atención debido a que ella usaba gafas.

Figura 10 Realización del taller sobre el ojo y el microscopio



3.5 Aplicación de test para evaluar el estado final

Al final de la intervención se aplicó primero el cuestionario que se empleó en el pre test con el mismo tiempo de duración (40 minutos). Esto permitió comparar los resultados para lograr medir la denominada ganancia de aprendizaje a través del factor de Hake. Luego se aplicó una encuesta de satisfacción (Anexo N) la cual, mediante la denominada escala de Likert, aporta información sobre la estimulación que se obtuvo en los estudiantes en la intervención.

Los detalles de cómo se realizó el análisis de resultados mediante el uso de estos parámetros (factor de Hake y escala de Likert) se realizará en el siguiente capítulo.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para analizar los resultados de la intervención se utilizaron cuatro herramientas:

- ✓ Encuesta de caracterización (Anexo A).
- ✓ Ganancia de aprendizaje usando cuestionario de conceptos sobre óptica geométrica (Anexo B).
- ✓ Encuesta de satisfacción (Anexo N).
- ✓ Entrevistas (Anexo O).

4.1 Encuesta de caracterización

De acuerdo a la encuesta de caracterización realizada a los estudiantes, se puede establecer que la edad de estos oscila entre 15 y 19 años, la mayoría pertenecen a un estrato socioeconómico bajo, en su colectividad conviven con sus madres y muy pocos con sus padres. En el tiempo libre les gusta realizar actividades como dormir y navegar en internet, de ahí que en su totalidad tienen acceso a internet desde sus casas. Además, manifiestan que algunas veces han utilizado las TIC en el aprendizaje de la física, lo cual ha sido para ellos una experiencia interesante y divertida. Por lo anterior, se puede evidenciar que los estudiantes encuentran diversas ventajas en el uso de las TIC, ya que estas hacen más práctico el trabajo, permiten que se motiven más en las clases, posibilitan que adquieran un mayor aprendizaje de forma diferente, establecen conexiones con otras partes del mundo y son una buena herramienta para llegar más preparados a clase.

Sin embargo, al mencionar las desventajas del uso de las TIC son conscientes que en ocasiones no se utilizan adecuadamente, ya que ellos tienden a distraerse mucho con las redes sociales, lo cual, en ocasiones interrumpe el trabajo de clase. Adicionalmente, establecen que los elementos presentados en aplicaciones no son tangibles, lo que limita una mayor interacción.

Por otro lado, en su totalidad muestran entusiasmo en la realización de actividades experimentales cuando aprenden conceptos de física, sin embargo, se confronta con que solo algunas veces son ejecutadas este tipo de actividades en la enseñanza.

4.2 Ganancia de aprendizaje

Para medir la denominada ganancia normalizada de aprendizaje se empleó el factor de Hake que “cuantifica el efecto de la instrucción y permite encontrar qué tanto mejoró el desempeño de los alumnos en el tema desarrollado con respecto a lo que podía mejorarse” (Hake, 1998).

Para esto se utiliza el cuestionario sobre conceptos de la óptica geométrica que se aplicó antes y después de la intervención. Como se mencionó anteriormente, este constaba de 20 preguntas las cuales se clasificaron según la tabla 1.

Tabla 1 Agrupación de las preguntas de acuerdo a la categoría

CATEGORÍA	PREGUNTA
Ley de Snell	1 y 2
Refracción en láminas	7 y 8
Refracción en prismas	9
Imágenes con espejos esféricos	3, 4 y 17
Imágenes con lentes	5, 6, ,10,11 y 12
Trayectoria de rayos en lentes	13, 14, 15 y 16
Sistemas formadores de imágenes	18
Funcionamiento de las gafas recetadas	19
Funcionamiento del ojo humano	20

La ganancia de aprendizaje (factor de Hake) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$g = \frac{(\% \text{ postest}) - (\% \text{ pretest})}{100 - (\% \text{ pretest})}$$

en donde:

% postest: corresponde al porcentaje de respuestas correctas por estudiante o por grupo de estudiantes después de la instrucción.

% pretest: corresponde al porcentaje de respuestas correctas por estudiante o por grupo de estudiantes antes de la instrucción.

g: Ganancia de aprendizaje.

Los resultados oscilan entre 0 y 1, el 0 significa que no hubo mejoras en el aprendizaje, mientras que 1 establece las máximas ganancias. De acuerdo a los resultados el factor Hake se establece niveles de aprendizaje:

- ✓ Si $g \leq 0,3$ la ganancia es de nivel bajo
- ✓ Si $0,3 < g \leq 0,7$ la ganancia es de nivel medio
- ✓ Si $0,7 < g \leq 1$ la ganancia es de nivel alto

A continuación se presenta una tabla comparativa entre el pretest y el postest y la clasificación de acuerdo al nivel de ganancia de aprendizaje por estudiante.

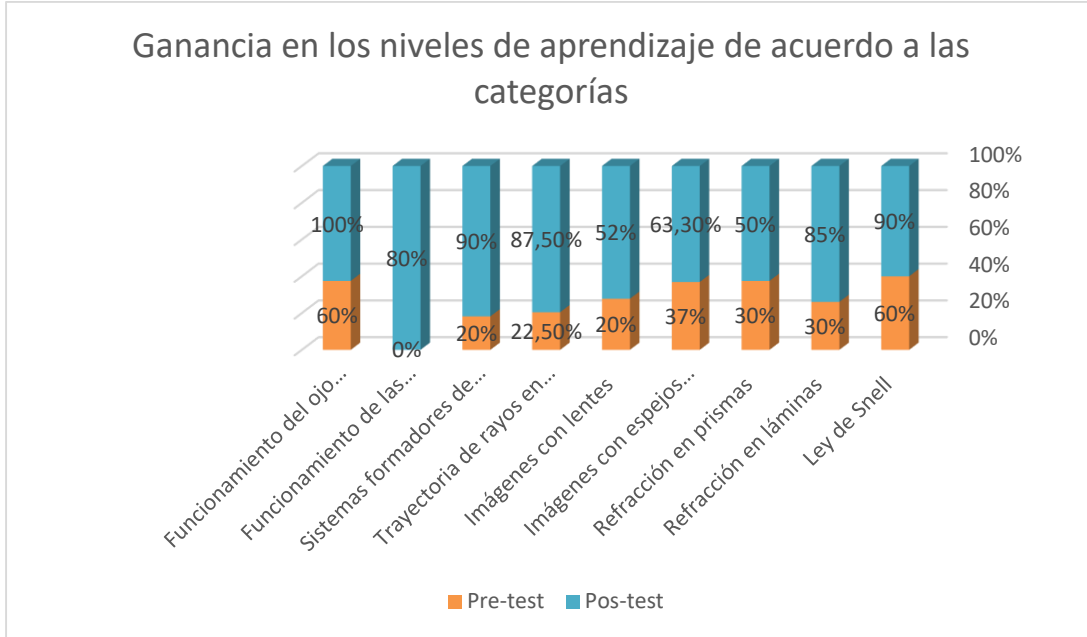
Tabla 2 Análisis del pretest y postest con el factor Hake

ESTUDIANTE	FACTOR HAKE			
	PRE- TEST	POS- TEST	GANANCIA	NIVEL
1	15%	70%	0,65	Medio
2	25%	80%	0,73	Alto
3	30%	80%	0,71	Alto
4	30%	60%	0,42	Medio
5	35%	80%	0,69	Medio
6	15%	60%	0,53	Medio
7	45%	80%	0,63	Medio
8	25%	75%	0,67	Medio
9	35%	60%	0,38	Medio
10	35%	90%	0,84	Alto

Promediando el grupo se obtiene: 0,625 lo cual corresponde a un nivel de ganancia medio en el aprendizaje.

A continuación se ilustran las gráficas de la ganancia de aprendizaje por grupo de preguntas para todos los estudiantes.

Tabla 3 Ganancia en los niveles de aprendizaje de acuerdo a las categorías



Al aplicar el factor Hake al gráfico anterior para cada categoría, se obtienen los siguientes niveles de ganancia:

Tabla 4 Clasificación de los niveles de ganancia de aprendizaje de acuerdo a cada categoría

CATEGORÍA	FACTOR HAKE			
	PRE- TEST	POS- TEST	GANANCIA	NIVEL
Ley de Snell	60%	90%	0,75	Alto
Refracción en láminas	30%	85%	0,78	Alto
Refracción en prismas	30%	50%	0,28	Bajo
Imágenes con espejos esféricos	37%	63,30%	0,42	Medio
Imágenes con lentes	20%	52%	0,4	Medio
Trayectoria de rayos en lentes	22,50%	87,50%	0,83	Alto
Sistemas formadores de imágenes	20%	90%	0,87	Alto
Funcionamiento de las gafas recetadas	0%	80%	0,8	Alto
Funcionamiento del ojo humano	60%	100%	1	Alto

De acuerdo al resultado obtenido en la tabla general, el promedio del grupo y el resultado obtenido en cada categoría, se puede aseverar que los estudiantes adquirieron un nivel de ganancia de aprendizaje medio, lo cual representa resultados satisfactorios con la implementación de la propuesta. Siendo en las categorías: ley de Snell, refracción en láminas, trayectoria de rayos en lentes, sistemas formadores de imágenes, funcionamiento de las gafas recetadas y funcionamiento del ojo humano donde obtuvieron un nivel de ganancia alto. En esto intervinieron factores como la utilización de SimulPhysics y la realización de actividades experimentales, además de las diversas discusiones generadas durante las sesiones.

En cuanto a las categorías de imágenes en espejos esféricos e imágenes con lentes, se obtuvo un nivel de ganancia de aprendizaje medio. Mientras que en la categoría de refracción en prismas se obtuvo un nivel de ganancia de aprendizaje bajo, esto pudo deberse a la cantidad de preguntas establecidas para dicha categoría y a la falta de interacción con la aplicación para la visualización de las trayectorias seguidas por los rayos.

4.3 Encuesta de satisfacción

Para analizar la encuesta de satisfacción se utilizó la escala Likert, donde 1 es la mínima calificación y 5 es la máxima, como se presenta a continuación:

Tabla 5 Porcentaje de respuestas a la encuesta de satisfacción

#	PREGUNTAS	% de los estudiantes que contestaron cada respuesta en cada pregunta						
		OPCIÓN						
		1	2	3	4	5	SI	NO
1	¿El material didáctico usado en la intervención fue de fácil adquisición y bajo costo?					100		
2	¿En la intervención se usaron adecuadamente las denominadas nuevas tecnologías de la información y la comunicación NTIC (computador, internet, celulares, tablets)?				30	70		
3	¿En la intervención las actividades realizadas fueron muy interesantes y agradables. Realmente disfruté este proceso de enseñanza - aprendizaje?				10	90		
4	¿Las condiciones ambientales (espacios, recursos utilizados, guías) han sido adecuadas para facilitar el proceso formativo?				30	70		
5	¿Los temas tratados en la intervención fueron interesantes?				10	90		
6	¿La metodología empleada en la intervención (experimentos, relación con la vida cotidiana, discusiones en grupos, actividades en general) fue apropiada?			10	30	60		
7	¿El docente guio la intervención educativa adecuadamente?					100		
8	¿La intervención te dejó gran interés en los temas tratados?				10	90		
9	¿Crees que la enseñanza de las ciencias naturales debe ser orientada con actividades experimentales?					100		
10	¿Crees que la enseñanza de las ciencias naturales debe ser orientada con actividades experimentales y sobre todo éstas usando las nuevas tecnologías de la información y la comunicación				30	70		
11	¿Después de haber participado en esta intervención educativa quisiera repetir la misma experiencia con otros temas relacionados con las ciencias naturales?						100	
12	¿Recomendaría a otros compañeros participar de una intervención didáctica que usara una metodología similar?						100	

Teniendo en cuenta los porcentajes obtenidos en la encuesta de satisfacción, se puede decir que los estudiantes prefieren la enseñanza de las ciencias orientada con actividades experimentales, además de que disfrutaron el proceso de enseñanza- aprendizaje, ya que para ellos los temas abordados fueron interesantes. En su totalidad estuvieron de acuerdo con que el material utilizado fue de bajo costo y de fácil adquisición, adicionalmente el 70% manifestó el buen uso que se les dio a las NTIC (computador, internet, celulares, tablets) en la realización de actividades experimentales; aunque el espacio utilizado fue la biblioteca y en ocasiones se presentaron interrupciones, el 70% estuvo de acuerdo con que las condiciones ambientales fueron adecuadas.

Hubo un 60% de estudiantes que mostraron un alto grado de satisfacción en cuanto a la metodología implementada en la intervención a partir de las actividades en general, además en su totalidad expresan que la docente guió adecuadamente el proceso, por lo que les quedó un gran interés por los temas abordados.

Lo más interesante es que manifiestan que quisieran repetir la misma experiencia con otras temáticas concernientes a las ciencias naturales y que invitarían a otras personas a participar de una intervención con una metodología similar a la utilizada en la propuesta.

4.4 Entrevistas

A partir de las entrevistas realizadas a los estudiantes acerca de cómo les pareció la propuesta implementada, expresaron que las diversas sesiones estuvieron interesantes, importantes, divertidas, novedosas e innovadoras y lo más significativo, que adquirieron nuevos conocimientos. También manifestaron que nunca habían estado participando de este tipo de actividades a partir de experimentos, lo cual los motivó demasiado y fue mucho más fácil para ellos aprender diversos conceptos, en este caso los abordados en la enseñanza de la óptica geométrica.

Asimismo, mencionaron que pudieron resolver dudas respecto a las lentes que utilizaban, por lo que el tema se abordó desde la cotidianidad, igualmente les sirvió para establecer relaciones con conceptos del área de matemáticas, en el caso de la parábola y el foco.

Finalmente, expresan que les gustó el método a partir del cual se les explicaba y enseñaba, tanto así que les gustaría volver a estas sesiones y están dispuestos a participar en una propuesta igual o similar a la abordada.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

A partir de la propuesta didáctica para la enseñanza de la óptica geométrica a través de actividades experimentales mediadas con las TIC, se puede concluir que:

- El aprendizaje significativo crítico sucede en la medida en que se permiten crear diversos espacios en el aula que involucren al estudiante en una participación activa, donde pueda dar a conocer los conocimientos que posee e ir construyéndolos o reconstruyéndolos a partir del diálogo permanente y el intercambio de puntos de vista, se trata ante todo de ser seres críticos, conscientes de que el conocimiento se encuentra en constante transformación y por lo tanto, no es definitivo.
- Las TIC son una herramienta muy importante en el aula ya que permiten establecer conexiones con aspectos experimentales para aumentar los niveles de aprendizaje, sin embargo, saber integrarlas al proceso de enseñanza es algo fundamental en la práctica docente.
- Los conceptos de la física se deben enseñar a partir de los diversos contextos en los cuales se aplica, para mostrar su justificación desde lo cotidiano.
- Mediante las actividades experimentales se propician espacios de motivación en los cuales los estudiantes se expresan de forma espontánea, sin temor a equivocarse y se fortalece el pensamiento crítico, ya que constantemente se cuestionan y buscan alternativas de solución. Se trata ante todo de motivar al estudiante a transitar por el sendero de la ciencia y cautivarlo por el trabajo científico.
- Los estudiantes han logrado un aprendizaje significativo crítico de la óptica geométrica, además se apropiaron de los conceptos articuladores; rayo, reflexión y refracción y

formación de imágenes a través de actividades experimentales y la integración de las TIC.

- Si los estudiantes disfrutaron el aprendizaje a partir de la realización de actividades experimentales, tal como lo muestra la encuesta de satisfacción, es indispensable que los docentes las implementen en sus prácticas educativas. Se trata ante todo de que se enfrenten a diversos fenómenos y puedan desarrollar a partir de ahí un pensamiento crítico y científico.
- A partir de las entrevistas realizadas se puede concluir que, es muy importante en el proceso de enseñanza aprendizaje generar motivación en los estudiantes para que se interesen en los temas que se abordan o se cause interés por aprender diversas temáticas.

5.2 Recomendaciones

Para posteriores trabajos, se recomienda que cada uno de los estudiantes pueda contar con un dispositivo móvil, ya que, en ocasiones quien más se apropia de su uso es la persona propietaria; esto permitirá que todos puedan interactuar con las aplicaciones que se les ofrezcan y explorar la diversidad de opciones que este dispositivo presenta. Adicionalmente, se debe tener en cuenta que esta propuesta se realizó con estudiantes de un estrato socioeconómico bajo, y que en ocasiones no se contaba con la cantidad de dispositivos móviles suficientes, por lo cual se recurría a utilizar el de la docente.

Dado que una de las mayores dificultades para el aprendizaje de la física radica en la falta de actividades experimentales y del uso de diversas estrategias a través de las cuales los estudiantes puedan visualizar los diversos fenómenos que se presentan, se sugiere que los docentes establezcan actividades pertinentes que les permita a los estudiantes interactuar y aprender de una manera más experimental.

También, se recomienda que este tipo de trabajos sea implementado con grupos pequeños, ya que se facilita la organización de los materiales para las actividades experimentales y el proceso será orientado eficientemente de tal forma que se puedan aclarar las dudas que surjan durante cada sesión.

Asimismo, se hace una invitación para que en las instituciones educativas se conformen grupos y se realicen actividades extracurriculares en busca del fortalecimiento de la física

para que los estudiantes adquieran un mayor compromiso alrededor de la realización de un trabajo científico.

Referencias

Aristizábal, D. (2008). Notas de Clase sobre Fundamentos de Óptica Geométrica. En: Colombia, finalidad: Notas de clase para estudiantes de ingeniería.

Castiblanco, O. L., & Viscaíno, D. F. (2008). El uso de las TICs en la enseñanza de la Física. Bogotá: Ingenio libre.

Causado, E. R., Santos Carrasco, B., & Calderón Salas, I. (julio-diciembre, 2015). Desarrollo del pensamiento crítico en el área de ciencias naturales en una escuela de secundaria. Revista Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, 4(2), 17- 42.

Elder, L., & Paul, R. (2005). Estándares de competencia para el pensamiento crítico. Estados Unidos: Fundación para el pensamiento crítico.

Elder, L., & Paul, R. (2002). El Arte de Formular Preguntas Esenciales. Bolsilibro, 58. Recuperado de <http://cmaps.cmappers.net/rid=1GMS8T95L-2BMLLD0-RN5/preguntas%20esenciales.pdf>

Hake, R. (January, 1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. American Journal Physics, 66(1).

Halpern, D. (2017). The Nature and Nurture of Critical Thinking. Critical Thinking in Psychology. doi: 978-0-521-60834-3(978-0-521-60834-3), 10. Recuperado de http://www.beck-shop.de/fachbuch/leseprobe/9780521608343_Excerpt_001.pdf

Haudemand, R., Haudemand, N., & Echazarreta, D. (2014). Las TIC en la enseñanza de la Física; conexiones con otras ciencias. En Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación (pp. 1-17) ISBN: 978-84-7666-210-6

Izquierdo Mercè, C. J. A. (Enero, 2017). Evaluación de las competencias de pensamiento científico. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales, Enseñanza de las ciencias: perspectivas iberoamericanas*, (51), 9-19.

Lara-Barragán Gómez, A., & Cerpa Cortés, G. (2014). Enseñanza de la Física y desarrollo del Pensamiento Crítico. *Educación en física*, 8(1), 52-59. Recuperado de http://www.lajpe.org/march14/06_LAJPE_874_Antonio_Lara.pdf

Constitución Política de Colombia. (1991).

Congreso de la República. (08, febrero, 1994). Ley 115. General de Educación. Diario oficial

López Aymes, G. (2012). Pensamiento crítico en el aula. *Docencia e investigación*, 22(22), 41-60. Recuperado de http://educacion.to.uclm.es/pdf/revistaDI/3_22_2012.pdf

Ministerio de Educación Nacional. (2009). Decreto 1290. Evaluación de los aprendizajes de los estudiantes y la promoción escolar.

Molina, C. (2016). Competencia transversal pensamiento crítico: Su caracterización en estudiantes de una secundaria de México. *Revista electrónica educare*, 20(1), 26. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5280056.pdf>

Moreira, M. A. (2014). Enseñanza de la física: aprendizaje significativo, aprendizaje mecánico y criticidad. *Revista de la enseñanza de la física*, 26(1), 45-52. Recuperado de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/viewFile/9515/10290>

Montoya Ramírez, P. A. (2017). El desarrollo del pensamiento científico a través de la integración de ambientes de aprendizaje mediados por las Tecnologías de la Información y la Comunicación en la enseñanza de la física con estudiantes de grado undécimo del colegio

Ministerio de Educación Nacional [MEN]. (2004). Estándares básicos de competencias en ciencias sociales y ciencias naturales. Bogotá: Espantapájaros Taller.

Rodríguez, S., Herráiz, N., Prieto, M., Martínez, M., Picazo, M., Castro, I., & Bernal, S. (2010-2011). Investigación-Acción. [Trabajo presentado en el marco del curso Métodos de investigación en Educación Especial]. Universidad Autónoma de Madrid, Madrid. Recuperado de

http://www.uam.es/personal_pdi/stmaria/jmurillo/InvestigacionEE/Presentaciones/Curso_10/Inv_accion_trabajo.pdf

Salinas, M. (2000). El diario pedagógico. Revista la gaceta didáctica, 3(15).

Sampieri. (2006). Sustento del uso justo de materiales protegidos derechos de autor para fines educativos. Universidad Para La Cooperación Internacional. Recuperado de <http://www.ucipfg.com/Repositorio/MATI/MATI-12/Unidad-01/lecturas/1.pdf>

Torres Mesías, Á., Mora Guerrero, E., Garzón Velásquez, F., & Ceballos Botina, N. E. (Enero-Junio, 2013). Desarrollo de competencias científicas a través de la aplicación de estrategias didácticas alternativas. Un enfoque a través de la enseñanza de las ciencias naturales. Revista de la Facultad de Ciencias Económicas.

A. Anexo: Encuesta de caracterización

Encuesta de caracterización

En esta encuesta se realizan preguntas relacionadas con tu entorno cotidiano y con el acceso y uso a la tecnología, para identificar gustos y recolectar información para el proyecto de investigación.

Cédula de Ciudadanía C.C o Tarjeta de Identidad:_____

Edad:_____ Sexo: Masculino:_____ Femenino:_____

Lugar de residencia:_____ Estrato:_____

¿Con quiénes vives?

Papá___ Mamá___ Hermanos___ Abuelos___ Tíos___ Otros___

¿En cuál o cuáles actividades empleas tu tiempo libre?

Estudiar ___ Dormir___ Ver televisión___ Deporte___ Navegar en internet___ Otro___

¿En qué lugares tienes acceso a internet?

Casa___ Colegio___ Café internet___ Otro___

¿Te gusta utilizar el computador?

Nada___ Poco___ Bastante___ Mucho___

¿Para qué utilizas el computador?

Buscar información en internet___ Visitar redes sociales___ Escuchar música___ Enviar y recibir mensajes___ Visitar páginas educativas___ Otros:_____

¿Qué programas utilizas?

Procesadores de textos___ Editores de imágenes___ Software educativo___ Hojas de cálculo___ Programas para realizar presentaciones___ Otros___

¿Con qué frecuencia usas internet?

Todos los días___ Algunos días ___ Esporádicamente___ Nunca___

¿Cómo consideras el internet?

Aburrido___ Interesante___ Divertido___ Una pérdida de tiempo___

¿Para qué te conectas a internet?

Chatear___ Jugar___ Buscar información___ Hacer tareas individualmente___ Hacer tareas con tus compañeros___ Ver vídeos___

¿Conoces recursos de las TIC o Tecnologías de la Información y la Comunicación para el área de física?

Si___ No___

¿Has utilizado las TIC para el aprendizaje en el área de física?

Si___ No___

¿Con qué frecuencia utilizas las TIC en el área de física?

Frecuentemente___ Algunas veces___ Casi nunca___ Nunca___

¿Cómo consideras las clases con TIC?

Aburridoras___ Interesantes___ Divertidas___ Una pérdida de tiempo___

¿Qué ventajas consideras que tiene el uso de las TIC en clases de física?

¿Qué desventajas consideras que tiene el uso de las TIC en clases de física?

¿Te gusta realizar actividades experimentales cuando aprendes conceptos de física?

Si___ No___

¿Con qué frecuencia se realizan actividades experimentales en las clases de física?

Frecuentemente___ Algunas veces___ Casi nunca___ Nunca___

¿Cómo consideras las clases de física en las que se realizan actividades experimentales?

Aburridoras___ Interesantes___ Divertidas___ Una pérdida de tiempo___

B. Anexo: Pre test

ÓPTICA GEOMETRICA -EVALUACIÓN CONCEPTUAL-

Copyright 2018 para Diego Aristizábal R y Alejandra Montoya R

DURACIÓN: 40 MINUTOS

Objetivo

La presente evaluación tiene como objetivo indagar por los conocimientos que tienen los estudiantes sobre la óptica geométrica.

1. Cuando un rayo de luz viniendo del agua entra al aire formando un determinado ángulo con la normal
 - a. el rayo transmitido sigue sin cambiar su dirección.
 - b. el rayo refractado se aleja de la normal.
 - c. el rayo refractado se acerca a la normal.
 - d. hay siempre un rayo refractado.
2. Cuando un rayo de luz viniendo del aire entra al vidrio formando un determinado ángulo con la normal
 - a. hay siempre un rayo refractado.
 - b. el rayo refractado se aleja de la normal.
 - c. el rayo refractado se acerca a la normal.
 - d. a y c son correctas.
3. Si un objeto se encuentra a 15 cm delante de un espejo cóncavo cuyo radio de curvatura es de 10 cm, su imagen será
 - a. de menor tamaño.
 - b. de igual tamaño.
 - c. derecha.
 - d. Virtual.
4. Con un espejo convexo es posible obtener imágenes
 - a. reales de mayor tamaño de un objeto real.
 - b. reales de mayor tamaño de un objeto virtual.
 - c. reales de menor tamaño de un objeto real.
 - d. virtuales de mayor tamaño de un objeto real.
5. Un objeto de 3 cm de longitud se encuentra a 8 cm delante de una lente convergente de 10 cm de distancia focal. Su imagen será

- a. invertida.
 - b. mayor de 3 cm.
 - c. menor de 3 cm
 - d. real.
6. Una lente de índice de refracción n' está sumergida en un medio de índice de refracción n en donde $n' < n$. Es cierto que
- a. sus focos objeto e imagen son reales si esta es más gruesa en su centro.
 - b. sus focos objeto e imagen son reales si esta es más delgada en su centro.
 - c. el foco objeto es real y el foco imagen es virtual.
 - d. El foco objeto es virtual y el foco imagen es real.

Las preguntas 7 y 8 se refieren a un haz de luz muy angosto (por ejemplo, un haz de laser) que puede ser representado por un solo rayo. La luz viaja desde un medio de índice de refracción n hacia uno de índice de refracción n' , Figura 1.

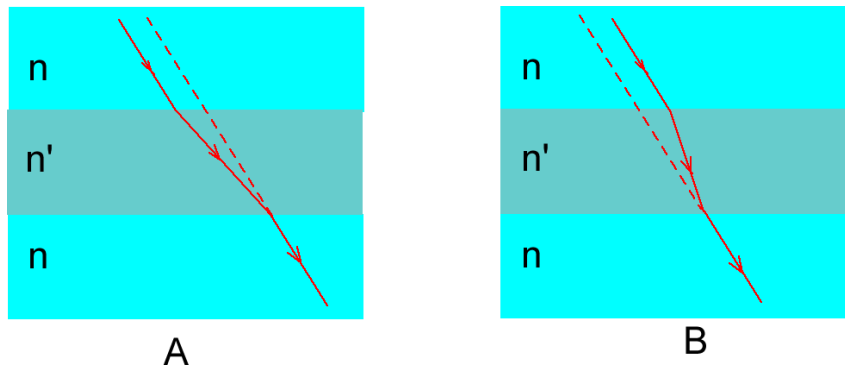


Figura 1

7. La situación A sólo es posible si:
- a. $n' > n$.
 - b. $n' < n$.
 - c. $n' = n$, pero la densidad del medio del centro es la mayor.
 - d. Nunca es posible.
8. La situación B sólo es posible si:
- a. $n' > n$.
 - b. $n' < n$.
 - c. $n' = n$, pero la densidad del medio del centro es la mayor.
 - d. Nunca es posible.
9. En la Figura 2 se ilustra un haz de luz muy angosto (por ejemplo, un haz de laser) que puede ser representado por un solo rayo. La luz viaja desde un medio de índice de refracción n hacia uno de índice de refracción n' . Es cierto que si $n' > n$
- a. siempre se da la situación A.

- b. siempre se da la situación B.
- c. siempre se da la situación D.
- d. a veces se da la situación C.

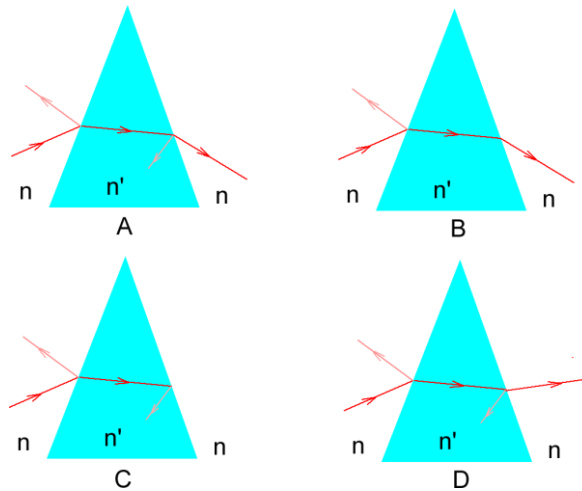


Figura 2

Las preguntas 10 a 12 se refieren al esquema de la Figura 3: un objeto se coloca a la izquierda de la lente convergente, y su imagen, se forma en la pantalla a la derecha de la lente. Elija la respuesta correcta para cada pregunta.

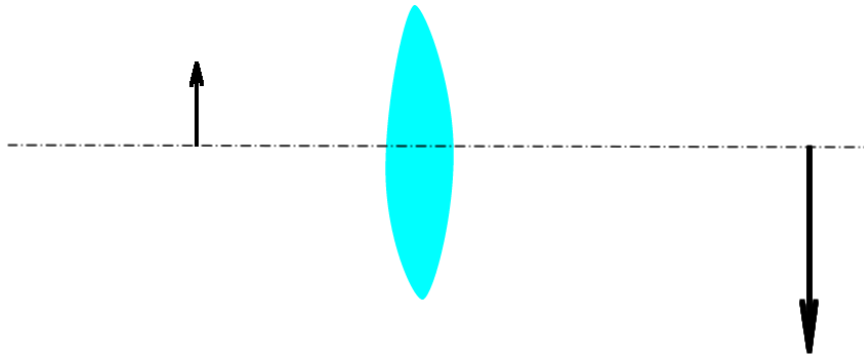


Figura 3

10. Suponga que la lente se reemplaza por una divergente (solo para esta pregunta). La pantalla se mueve hasta encontrar la imagen más nítida posible. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?
- a. La imagen es más grande que antes.
 - b. La imagen es del mismo tamaño
 - c. La imagen es más pequeña.
 - d. No es posible encontrar una imagen en la pantalla.

11. Suponga que se retira la lente. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?
- La imagen se sigue formando, pero es borrosa
 - La imagen es completa, pero más pequeña
 - La imagen desaparece.
 - La imagen es más tenue.
12. Supongamos que la mitad superior de la lente se cubre con un pedazo de papel (solo para esta pregunta) de manera que la luz no puede pasar por esta parte. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?
- La mitad de la imagen desaparece.
 - La imagen es completa, pero la mitad de grande.
 - La imagen desaparece.
 - La imagen es más tenue.

Las preguntas 13 a 16 se refieren a un haz de luz muy angosto (por ejemplo, un haz de laser) que puede ser representado por un solo rayo. La luz viaja de izquierda a derecha en un medio transparente de índice de refracción n , e incide sobre una lente de índice de refracción n' . La trayectoria del rayo es mostrada en el diagrama que sigue. Responda las preguntas que siguen con alguna de las siguientes opciones, de la **A** a la **F**.

- Solo si $n' > n$,
- Solo si $n' = n$,
- Solo si $n' < n$,
- Puede ocurrir con **A** o **C**.
- Nunca es posible.
- Siempre es posible, sin importar los valores relativos de los índices de refracción

13. ¿Para cuál de las condiciones **A** a **F** podría el rayo seguir la trayectoria como se muestra en la Figura 4?

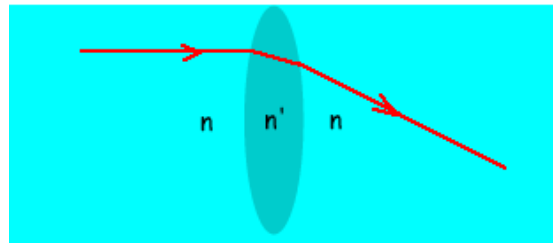


Figura 4

14. ¿Para cuál de las condiciones **A** a **F** podría el rayo seguir la trayectoria como se muestra en la Figura 5?

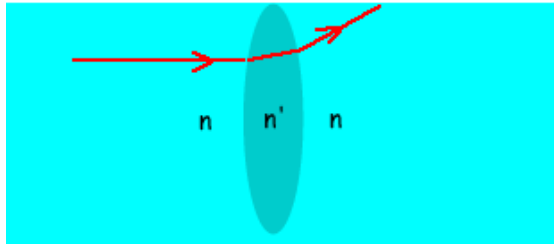


Figura 5

15. ¿Para cuál de las condiciones **A** a **F** podría el rayo seguir la trayectoria como se muestra en la Figura 6?

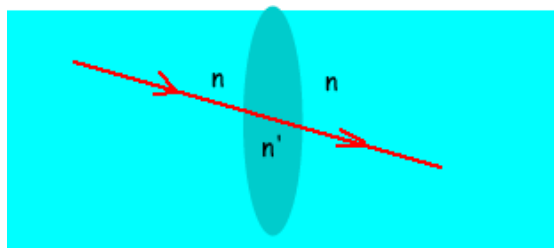


Figura 6

16. ¿Para cuál de las condiciones **A** a **F** podría el rayo seguir la trayectoria como se muestra en la Figura 7?

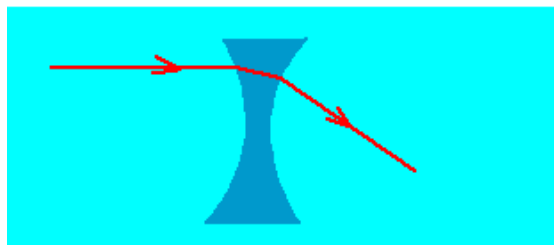


Figura 7

17. Con un espejo convexo es posible obtener,
- Imágenes virtuales invertidas de objetos virtuales.
 - Imágenes virtuales derechas de objetos reales.
 - Imágenes reales derechas de objetos virtuales.
 - Son todas correctas.
18. Es cierto para sistemas formadores de imágenes:
- Los focos de los sistemas convergentes siempre son reales.
 - No es posible con sistemas divergentes obtener imágenes reales de objetos reales.

- c. No es posible obtener con sistemas convergentes imágenes virtuales de objetos virtuales.
- d. Todas son correctas.

19. Las imágenes generadas por las gafas para compensar la miopía o la hipermetropía son:

- a. Reales.
- b. Virtuales.
- c. Reales para los miopes.
- d. Virtuales para los miopes.

20. El ojo humano es un sistema óptico formador de imágenes que puede ser considerado como una lente convergente. Respecto a las imágenes que generan y las cuales se proyectan en la retina se puede decir que son:

- a. virtuales y derechas.
- b. reales y derechas.
- c. reales e invertidas.
- d. virtuales e invertidas.

C. Anexo: Leyes de la óptica geométrica

SESIÓN I

LEYES DE LA ÓPTICA GEOMÉTRICA

Copyright 2018 para Diego Aristizábal R, profesor con tenencia de cargo de la Escuela de Física de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín

Introducción

Asumiendo el modelo de rayo de la luz, se verifica la ley de reflexión y la ley de refracción. Se comienza haciendo el análisis de éstas leyes mediante el uso de un simulador del paquete **SimulPhysics** para dispositivos móviles para luego hacer la verificación de éstas mediante actividades experimentales.

Objetivo general

Verificar las leyes de reflexión y refracción de la óptica geométrica.

Objetivos específicos

- Hacer un análisis de las leyes de reflexión y refracción usando un simulador.
- Verificar experimentalmente la ley de reflexión.
- Verificar experimentalmente la ley de refracción.
- Analizar la reflexión total.

Fundamentación

Índice de refracción

Índice de refracción absoluto (o simplemente índice de refracción), n , de una sustancia o un medio transparente, es la relación entre la velocidad de la luz en el vacío, $c = 300000 \text{ km/s}$, y la velocidad de la luz en la sustancia o el medio transparente, v :

$$n = \frac{c}{v} \quad [1]$$

Este número, para un material, es mayor que la unidad y sin unidades, es una constante característica de cada medio y representa el número de veces que es mayor la velocidad de la luz en el vacío que en ese medio.

Leyes de la óptica geométrica

Un haz de luz incide en la superficie de separación entre dos medios de índices de refracción n y n' . En la mayoría de los casos una parte de la luz que llega se refleja al medio de incidencia y otra se propaga al medio de transmisión. Hay tres tipos de rayos: rayo incidente, rayo reflejado y rayo transmitido (o refractado), Figura 1.

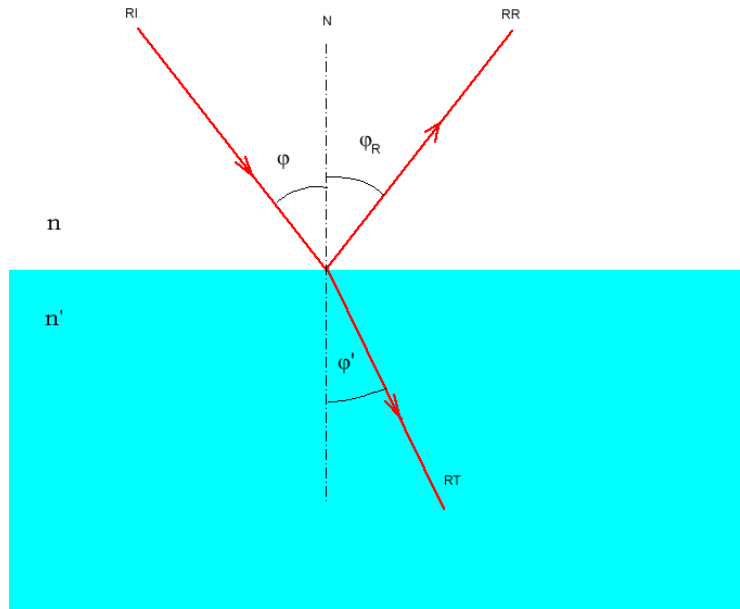


Figura 1

Se definen los siguientes elementos:

- La normal (N): línea ortogonal a la superficie de separación entre los medios.
- Rayo incidente (RI): rayo de luz que llega a la superficie de separación.
- Rayo reflejado (RR): rayo que es devuelto al medio de incidencia (medio de índice de refracción n).
- Rayo refractado o transmitido (RT): rayo que atraviesa la superficie de separación y sigue propagándose en el medio de índice de refracción n' .
- Ángulo de incidencia (φ): ángulo que forman RI y N.
- Ángulo de reflexión (φ_R): ángulo que forman R.R y N.
- Ángulo de refracción (φ'): ángulo que forman R.T y N.

Las tres leyes básicas de la óptica geométrica (es decir, la óptica de rayos) son las siguientes:

- Ley 1: Los rayos incidente, reflejado y transmitido pertenecen al mismo plano (plano de incidencia).

- **Ley 2 (ley de reflexión):** El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión,

$$\varphi = \varphi_R \quad [2]$$

- **Ley 3 (ley de refracción):** El ángulo incidencia y el de refracción se relacionan mediante la ley de Snell,

$$n \operatorname{sen}\varphi = n' \operatorname{sen}\varphi' \quad [3]$$

o equivalentemente,

$$\frac{\operatorname{sen}\varphi}{\operatorname{sen}\varphi'} = \frac{n'}{n} \quad [4]$$

Dirección del rayo refractado

- Cuando un haz de luz pasa de un medio menos denso ópticamente a uno más denso ($n < n'$), el rayo refractado se acerca a la normal, Figura 2.
- Cuando un haz de luz pasa de un medio más denso ópticamente a uno menos denso ($n > n'$), el rayo refractado se aleja de la normal, Figura 2.

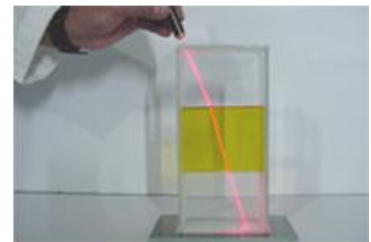
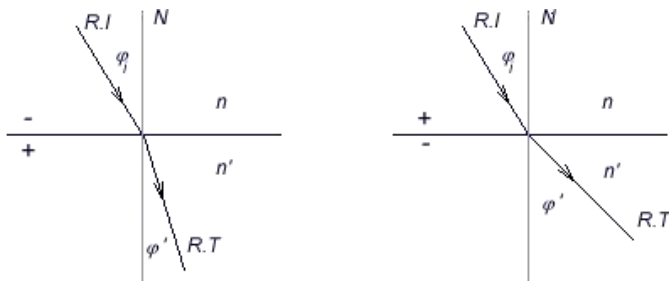


Figura 2

Estas dos afirmaciones se demuestran a continuación.

Partiendo de la ley de Snell,

$$\frac{\operatorname{sen}\varphi}{\operatorname{sen}\varphi'} = \frac{n'}{n}$$

- Si $n' > n$ entonces $\text{sen } \varphi' < \text{sen } \varphi$ y por lo tanto, $\varphi' < \varphi$, es decir el rayo refractado se acerca a la normal.
- Si $n' < n$ entonces $\text{sen } \varphi' > \text{sen } \varphi$ y por lo tanto, $\varphi' > \varphi$, es decir el rayo refractado se aleja de la normal.

Reflexión total

Cuando la luz incide desde un medio de mayor índice de refracción ($n > n'$), existe un ángulo denominado *ángulo de incidencia crítica*, φ_c , por encima del cual la luz toda se refleja (no hay rayo refractado), Figura 3.

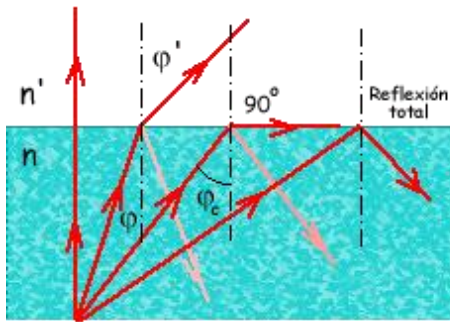


Figura 3

En el rayo 3 de la Figura se presenta el ángulo crítico y ya no hay refracción, $\varphi' = 90^\circ$, por lo que según la ley de Snell,

$$\frac{\text{sen } \varphi_c}{\text{sen } \frac{\pi}{2}} = \frac{n'}{n}$$

$$\varphi_c = \text{sen}^{-1} \left[\frac{n'}{n} \right] \quad [6]$$

En este fenómeno se fundamenta la fibra óptica.

Materiales

- **SimulPhysics** Mobile Edition.
- Recipiente de acrílico prismático (1).
- Recipiente de acrílico prismático muy alargado y con base angosta (1).
- Tubo de ensayo (1).

- Aceite mineral (1 botella).
- Paquete de bolitas higroscópicas.
- Botella plástica con agujero cerca del fondo y tapa (1).
- Fibra óptica (1).
- Espejo plano (1).
- Semicírculo de acrílico (1).
- Apuntador láser (1).
- Alfileres (4).
- Base de icopor (1).
- Transportador (1).

Procedimiento

Momento 1: Experimentos demostrativos

Realizar varios experimentos demostrativos (transparencia, acercamiento y alejamiento de rayo, reflexión total) y documentar la evidencia.

Momento 2: Simulaciones

Actividad 1: Simulación

Usando la simulación sobre la ley de Snell de **SimulPhysics**, Figura 4, hacer incidir un rayo de luz desde el aire ($n_1 \approx 1.0$) hacia el vidrio ($n_2 = 1.50$) con un ángulo de 30° . Anotar el ángulo con el cual se refleja la luz y el ángulo con el cual se refracta. Verificar si se están cumpliendo la ley de reflexión y la de refracción. El rayo refractado se acerca a la normal o se aleja.

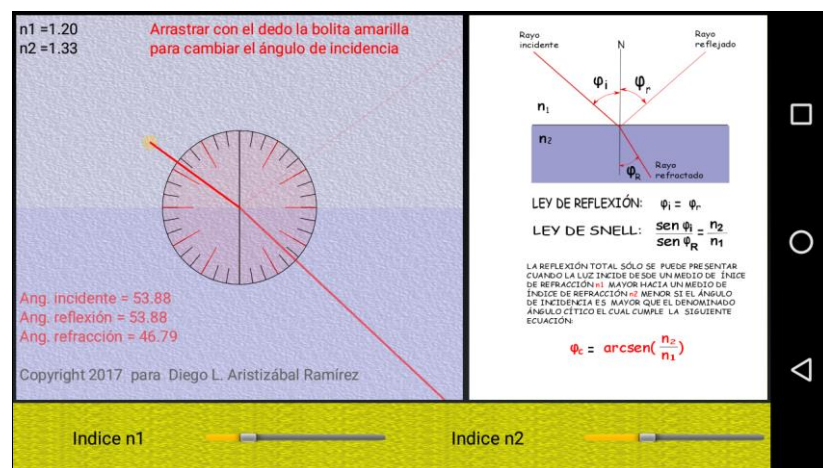


Figura 4

Actividad 2: Simulación

Usando la simulación sobre la ley de Snell de **SimulPhysics**, Figura 4, hacer incidir un rayo de luz desde el vidrio ($n_1=1.50$) hacia el aire ($n_2\approx 1.0$) con un ángulo de 30° . Anotar el ángulo con el cual se refleja la luz y el ángulo con el cual se refracta. Verificar si se están cumpliendo la ley de reflexión y la de refracción. El rayo refractado se acerca a la normal o se aleja.

Actividad 3: Simulación

Usando la simulación sobre la ley de Snell de **SimulPhysics**, Figura 4, hacer incidir un rayo de luz desde el agua ($n_1=1.33$) hacia el aire ($n_2\approx 1.0$) con un ángulo de 50° . Anotar el ángulo con el cual se refleja la luz y el ángulo con el cual se refracta. Verificar si se están cumpliendo la ley de reflexión y la de refracción. El rayo refractado se acerca a la normal o se aleja.

Momento 3: Experimento de medición

Actividad 4: Experimento

Hacer el montaje de la Figura 5A. Colocados alfileres en las posiciones A y B ubicar alfileres en posiciones C y D de tal forma que al observar con un ojo se vean éstos alineados con A' y B' (imágenes de A y B). Verificar esto con la luz de un láser (esto con ayuda y vigilancia del del profesor para evitar accidentes), Figura 5B. Verificar que se cumple la ley de reflexión.

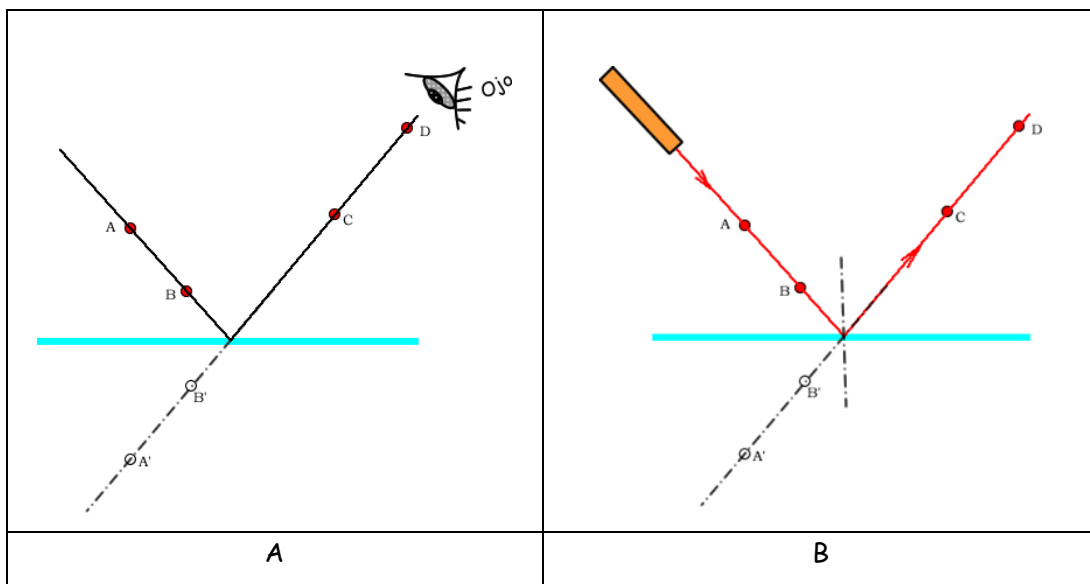


Figura 5

Actividad 5: Experimento

Hacer el montaje de la Figura 6A (el índice de refracción del material semicircular es igual a 1.5). Colocados alfileres en las posiciones A y B ubicar alfileres en posiciones C y D de tal forma que al observar con un ojo se vean éstos alineados con B y A' (imagen de A). Verificar esto con la luz de un láser (esto con ayuda y vigilancia del profesor para evitar accidentes), Figura 6B. Verificar que se cumple la ley de refracción (ley de Snell).

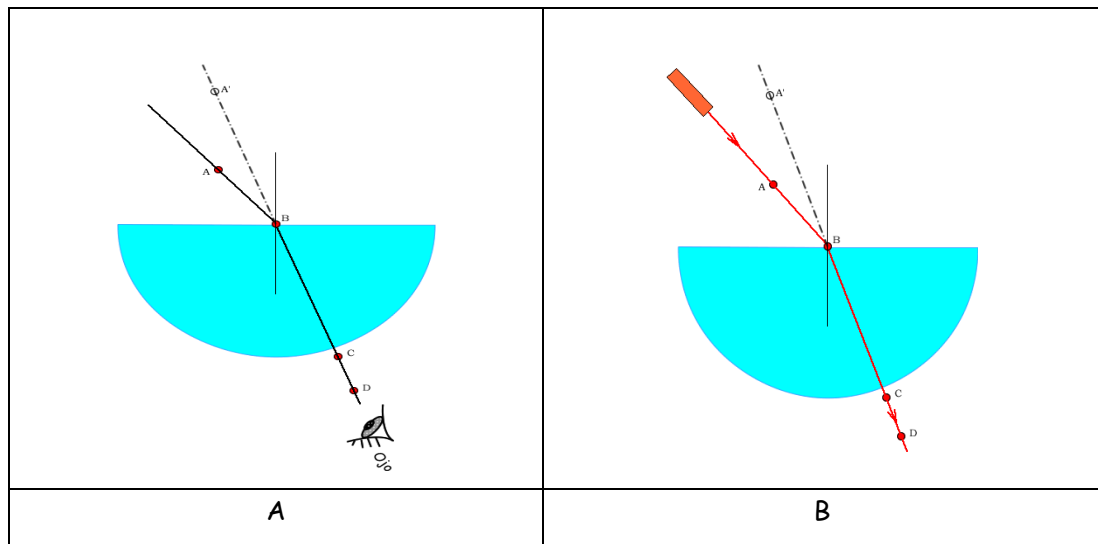


Figura 6

FIN

D. Anexo: Lámina de caras paralelas

SESIÓN II

LÁMINA DE CARAS PARALELAS

Copyright 2018 para Diego Aristizábal R, profesor con tenencia de cargo de la Escuela de Física de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín

Introducción

Asumiendo el modelo de rayo de la luz, se verifican las propiedades de refracción de una lámina de caras paralelas. Se comienza haciendo el análisis mediante el uso de un simulador del paquete **SimulPhysics** para dispositivos móviles para luego hacer verificaciones mediante actividades experimentales.

Objetivo general

Verificar las propiedades de refracción de una lámina de caras paralelas.

Objetivos específicos

- Hacer un análisis de las propiedades de refracción de una lámina de caras paralelas usando un simulador.
- Verificar experimentalmente las propiedades de refracción de una lámina de caras paralelas.

Fundamentación

A un medio diáfano donde las superficies de entrada y de salida de la luz son paralelas, se le conoce en la óptica con el nombre de *lámina de caras plano paralelas*, Figura 1 (en ésta n^on). La luz al atravesar este dispositivo se desplaza lateralmente (no rota, es decir, emerge paralelamente a la dirección de entrada).

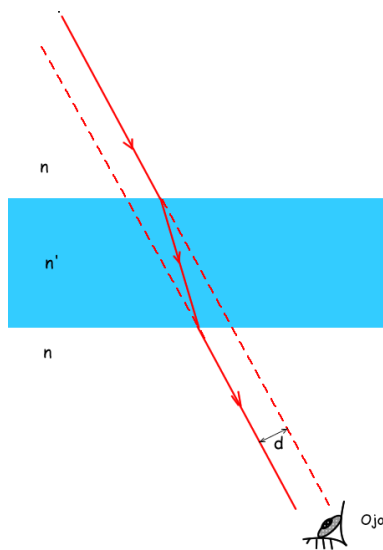


Figura 1

Materiales

- **SimulPhysics** Mobile Edition.
- Lámina de caras paralelas de acrílico (1).
- Apuntador láser (1).
- Alfileres (4).
- Base de icopor (1).
- Transportador (1)

Procedimiento

Momento 1: Simulaciones

Actividad 1: Simulación

Usando la simulación sobre lámina de caras paralelas de **SimulPhysics**, Figura 2, hacer incidir un rayo de luz desde el aire ($n_1 \approx 1.0$) hacia la lámina de caras paralelas de vidrio ($n_2 = 1.50$) con un ángulo cualquiera. Anotar el ángulo con el cual emerge la luz. Observar que el rayo emergente es paralelo al incidente. Observar detalladamente el camino que sigue la luz desde que incide hasta que emerge y explicar por qué sigue esa trayectoria. Variar el espesor de la lámina y observar si el rayo emergente se desplaza lateralmente más o menos.

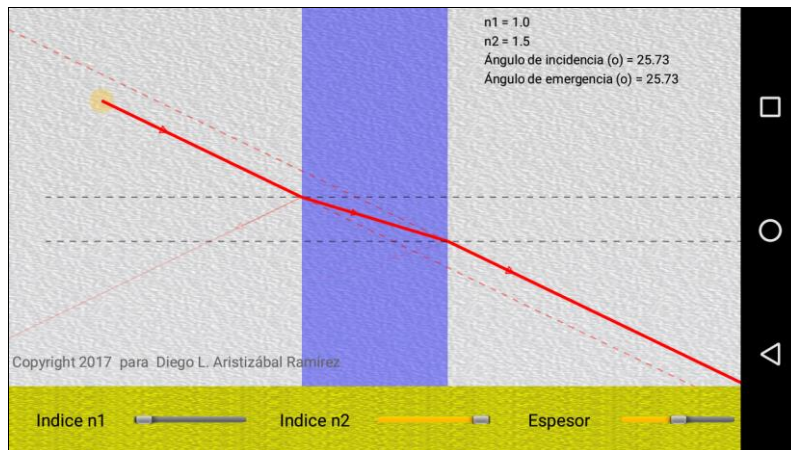


Figura 2

Actividad 2: Simulación

Usando la simulación sobre lámina de caras paralelas de **SimulPhysics**, Figura 2, hacer incidir un rayo de luz desde el vidrio ($n_1=1.50$) hacia la lámina de caras paralelas de aire ($n_2\approx 1.0$) con un ángulo cualquiera. Anotar el ángulo con el cual emerge la luz. Observar que el rayo emergente es paralelo al incidente. Observar detalladamente el camino que sigue la luz desde que incide hasta que emerge y explicar por qué sigue esa trayectoria. Variar el espesor de la lámina y observar si el rayo emergente se desplaza lateralmente más o menos.

Momento 2: Experimento de medición

Actividad 3: Experimento de medición

Hacer el montaje de la Figura 3A (el material de la lámina tiene un índice de refracción igual a 1.5). Colocados alfileres en las posiciones A y B, ubicar alfileres en posiciones C y D de tal forma que al observar con un ojo se vean éstos alineados con A' y B' (imágenes en A y B). Verificar esto con la luz de un láser (esto con ayuda y vigilancia del profesor para evitar accidentes), Figura 3B. Verificar que se cumple la ley de refracción (ley de Snell) a la entrada de la lámina y también a la salida de ésta.

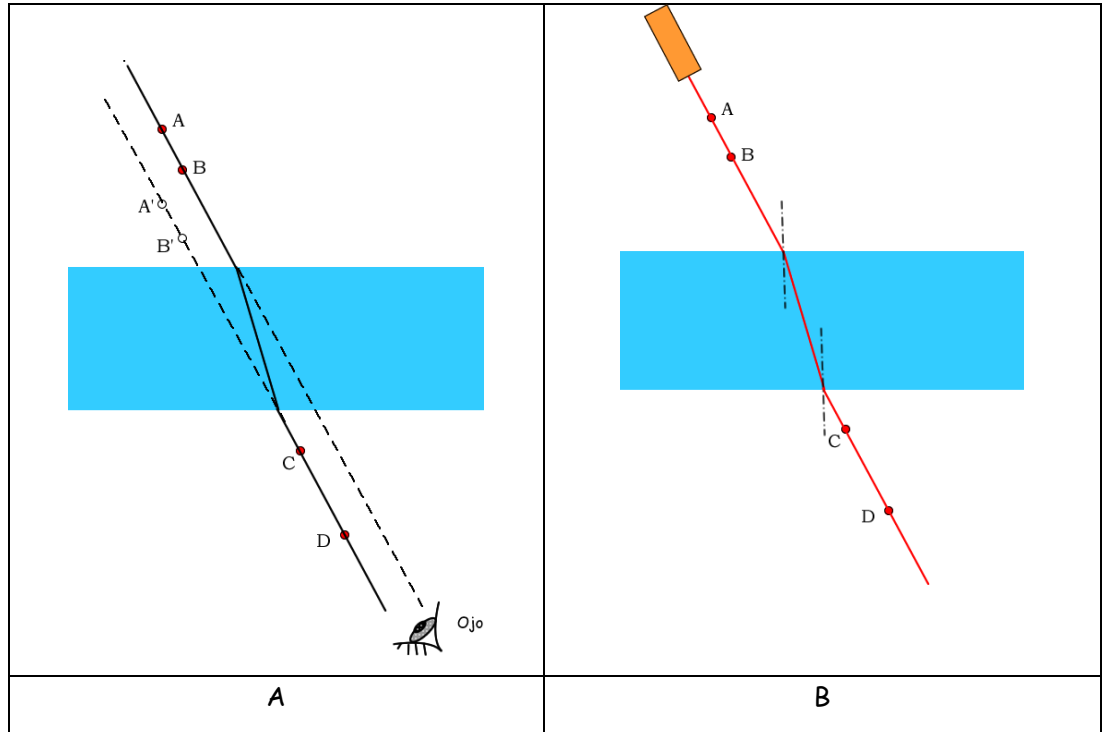


Figura 3

FIN

E. Anexo: Prisma

SESIÓN III EL PRISMA

Copyright 2018 para Diego Aristizábal R, profesor con tenencia de cargo de la Escuela de Física de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín

Introducción

Asumiendo el modelo de rayo de la luz se verifican las propiedades de refracción de un prisma. Se comienza haciendo el análisis mediante el uso de un simulador del paquete **SimulPhysics** para dispositivos móviles para luego hacer verificaciones mediante actividades experimentales.

Objetivo general

Verificar las propiedades de refracción de un prisma.

Objetivos específicos

- Hacer un análisis de las propiedades de refracción de un prisma usando un simulador.
- Verificar experimentalmente las propiedades de refracción de un prisma.

Fundamentación

A un medio diáfano donde las superficies de entrada y de salida de la luz no son paralelas se le conoce en la óptica con el nombre de *prisma óptico*. La luz al atravesar este dispositivo rota un ángulo δ .

En la Figura 1 se ilustra la trayectoria seguida por un rayo al atravesar un prisma de ángulo A e índice de refracción $n' > n$.

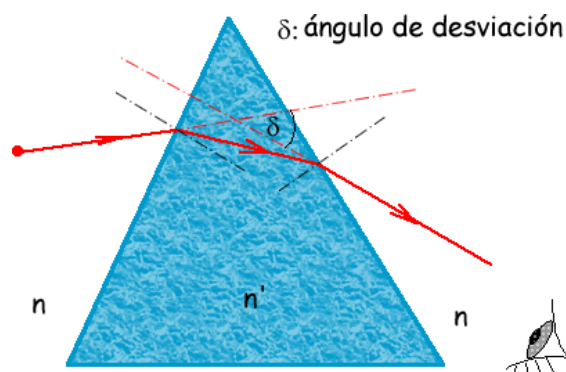


Figura 1

Materiales

- **SimulPhysics** Mobile Edition.
- Prisma de acrílico (1).
- Apuntador láser (1).
- Alfileres (4).
- Base de icopor (1).
- Transportador (1)

Procedimiento

Momento 1: Simulaciones

Actividad 1: Simulación

Usando la simulación sobre prisma de **SimulPhysics**, Figura 2, hacer incidir un rayo de luz desde el aire ($n_1 \approx 1.0$) hacia el prisma de vidrio ($n_2 = 1.50$) con un ángulo cualquiera. Anotar el ángulo de desviación de la luz (ángulo entre el rayo incidente y el rayo emergente). Observar detalladamente el camino que sigue la luz desde que incide hasta que emerge y explicar por qué sigue esa trayectoria. Variar el ángulo del prisma y observar si el rayo emergente se desvía más o menos.

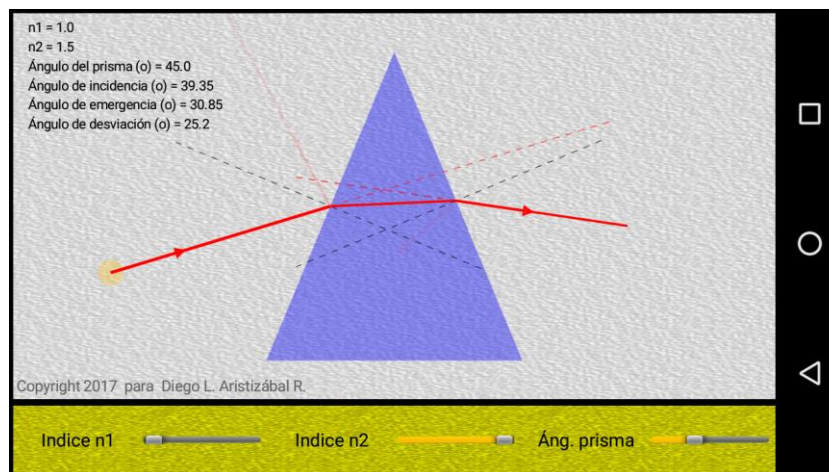


Figura 2

Actividad 2: Simulación

Usando la simulación sobre prisma de **SimulPhysics**, Figura 2, hacer incidir un rayo de luz desde el vidrio ($n_2=1.50$) hacia el prisma de aire ($n_1\approx 1.0$) con un ángulo cualquiera. Anotar el ángulo de desviación de la luz (ángulo entre el rayo incidente y el rayo emergente). Observar detalladamente el camino que sigue la luz desde que incide hasta que emerge y explicar por qué sigue esa trayectoria. Variar el ángulo del prisma y observar si el rayo emergente se desvía más o menos.

Momento 2: Experimento de medición

Actividad 3: Experimento

Hacer el montaje de la Figura 3A (el material del prisma tiene un índice de refracción igual a 1.5). Colocados alfileres en las posiciones A y B, ubicar alfileres en posiciones C y D de tal forma que al observar con un ojo se vean éstos alineados con A' y B' (imágenes en A y B). Verificar esto con la luz de un láser (esto con ayuda y vigilancia del profesor para evitar accidentes), Figura 3B. Verificar que se cumple la ley de refracción (ley de Snell) a la entrada del prisma y a su salida.

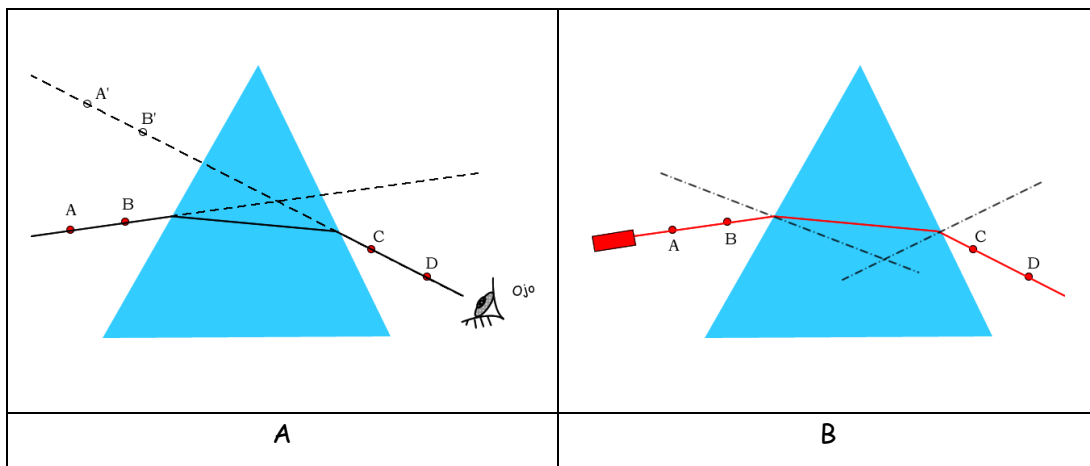


Figura 3

FIN

F. Anexo: Propiedades focales de los sistemas formadores de imágenes - Espejos esféricos

SESIÓN IV

PROPIEDADES FOCALES DE LOS SISTEMAS

FORMADORES DE IMÁGENES

-ESPEJOS ESFÉRICOS-

Copyright 2018 para Diego Aristizábal R, profesor con tenencia de cargo de la Escuela de Física de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín

Introducción

Asumiendo el modelo de rayo de la luz se verifican las propiedades focales de los espejos esféricos bajo aproximación paraxial. Se comienza haciendo el análisis mediante el uso de un simulador del paquete **SimulPhysics** para dispositivos móviles para luego hacer verificaciones mediante actividades experimentales.

Objetivo general

Verificar las propiedades focales de los espejos esféricos bajo aproximación paraxial.

Objetivos específicos

- Hacer un análisis de las propiedades focales de los espejos esféricos bajo aproximación paraxial usando un simulador.
- Verificar experimentalmente las propiedades focales de los espejos esféricos bajo aproximación paraxial.

Fundamentación

- ✓ Bajo aproximación paraxial todos los rayos que inciden paralelamente al eje óptico de un espejo esférico cóncavo se reflejan de tal forma que pasan por un punto denominado foco F. A la distancia de ese punto hasta el espejo se le denomina distancia focal f . Ver Figura 1.

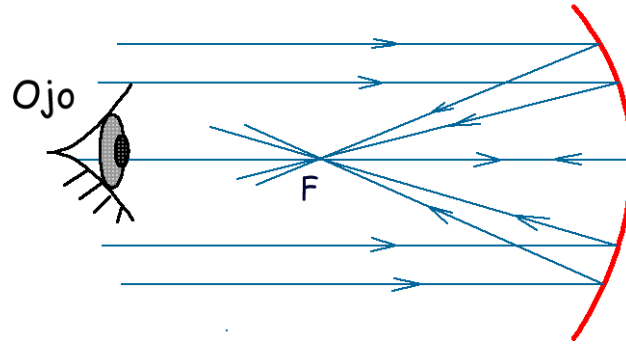


Figura 1

- ✓ Bajo aproximación paraxial todos los rayos que inciden pasando por el foco F de un espejo esférico cóncavo se reflejan paralelamente al eje óptico. Ver Figura 2.

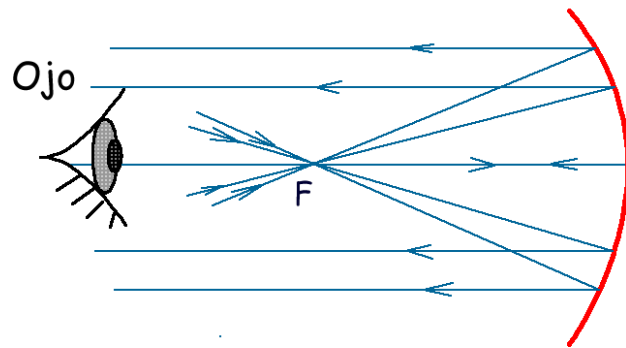


Figura 2

- ✓ Bajo aproximación paraxial todos los rayos que inciden paralelamente al eje óptico de un espejo esférico convexo se reflejan de tal forma que sus prolongaciones pasan por un punto denominado foco F . A la distancia de ese punto hasta el espejo se le denomina distancia focal f . Ver Figura 3.

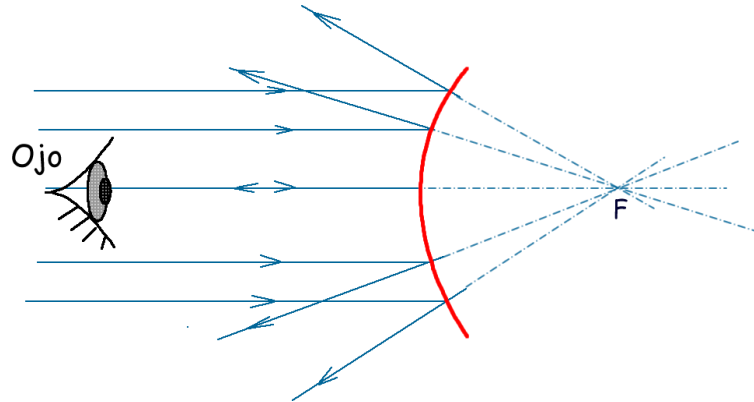


Figura 3

- ✓ Bajo aproximación paraxial todos los rayos que inciden de tal forma que sus prolongaciones pasan por el foco F de un espejo esférico convexo se reflejan paralelamente al eje óptico. Ver Figura 4.

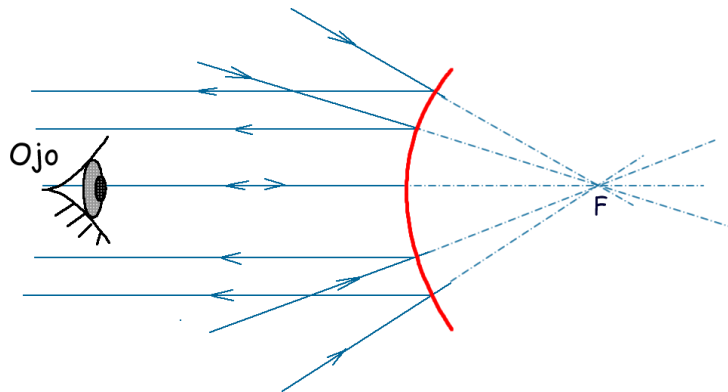


Figura 4

Los espejos cóncavos son un sistema formador de imágenes **convergente** y su foco es **REAL**. Los espejos convexos son un sistema formador de imágenes **divergente** y su foco es **VIRTUAL**.

Nota: Si un objeto real se ubica en el infinito óptico respecto a un espejo cóncavo su imagen queda ubicada en el foco del este espejo.

Materiales

- SimulPhysics Mobile Edition.
- Espejo esférico convexo (1).
- Espejo esférico cóncavo (1)

- Modelo de espejo parabólico (1)
- Apuntador láser (1).
- Cinta métrica (1).
- Regla de madera (1).
- Vela (1).
- Encendedor (1).
- Pantalla de vidrio esmerilado o de papel mantequilla (1).

Procedimiento

Momento 1: Simulaciones

Actividad 1: Simulación

Usando la simulación sobre propiedad focal imagen de los espejos esféricos de **SimulPhysics**, Figura 5, hacer incidir un rayo paralelo al eje óptico del espejo cóncavo y observar su trayectoria después de reflejarse. Cambiar la altura de incidencia del rayo para concluir que éste al reflejarse sigue una trayectoria tal que pasa por el foco imagen (o simplemente foco del espejo y el cual es real). Cambiar la concavidad del espejo a convexo y observar que ya es la prolongación del rayo reflejado el que atraviesa virtualmente el foco (que es virtual).

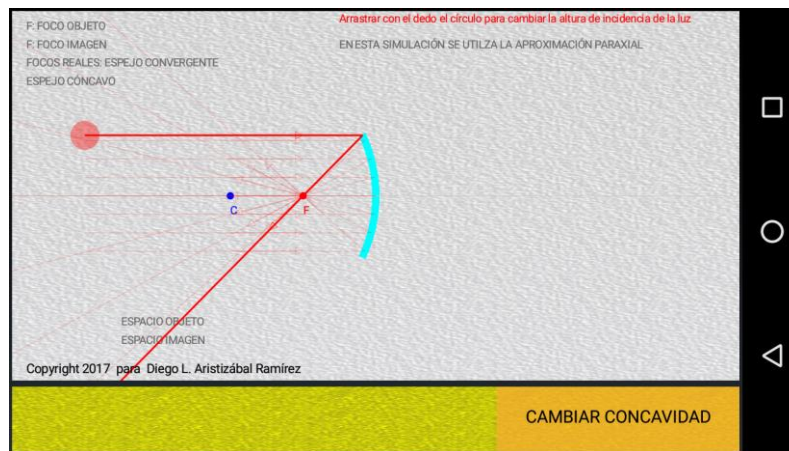


Figura 5

Actividad 2: Simulación

Usando la simulación sobre propiedad focal objeto de los espejos esféricos de **SimulPhysics**, Figura 6, hacer incidir un rayo por el foco objeto del espejo cóncavo (o simplemente foco

del espejo y el cual es real) y observar su trayectoria después de reflejarse. Cambiar la inclinación de incidencia del rayo para concluir que éste al pasar por el foco siempre se refleja en el espejo paralelamente al eje óptico. Cambiar la concavidad del espejo a convexo y observar que en este caso si la prolongación del rayo incidente pasa por el foco (que es virtual) del espejo, el rayo se refleja paralelamente al eje óptico.

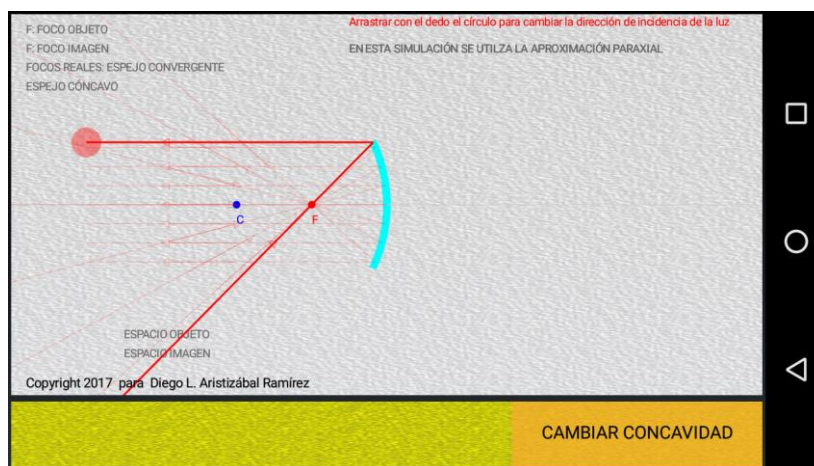


Figura 6

Momento 2: Experimentos demostrativos

Actividad 3: Experimento

Hacer el montaje de la Figura 7. Se trata de un **espejo parabólico cóncavo**. Hacer incidir la luz de un láser paralelamente al eje óptico del espejo por su parte cóncava (esto se debe hacer con la supervisión del profesor para evitar accidentes) y observar que al reflejarse se dirige hacia el foco imagen del espejo (que es un foco real). Cambiar la altura de incidencia y seguir observando que el rayo reflejado continúa dirigiéndose hacia este foco.

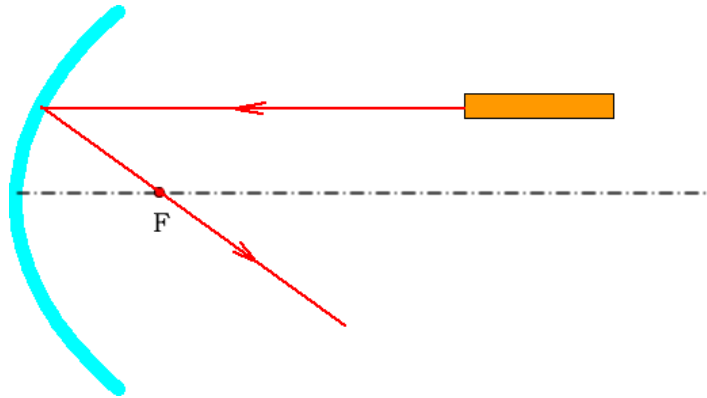


Figura 7

Ahora hacer incidir la luz del láser por el foco (que es real), Figura 8, y observar que al reflejarse lo hace paralelamente al eje óptico. Cambiar la inclinación de esta incidencia y se concluirá que siempre que este incida por el foco se reflejará paralelamente al eje óptico.

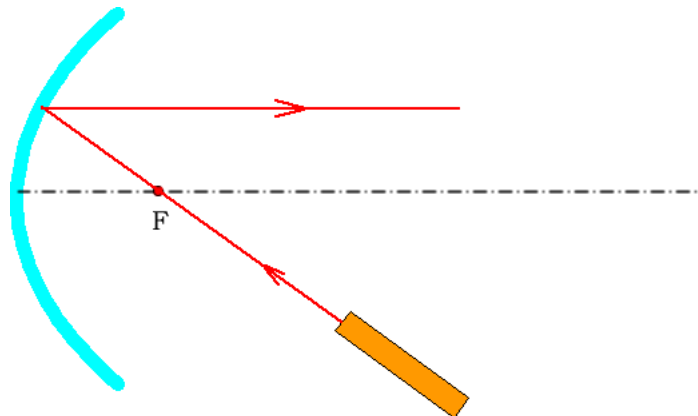


Figura 8

Actividad 4: Experimento

Hacer el montaje de la Figura 9. Se trata de un espejo parabólico convexo. Hacer incidir la luz de un láser paralelamente al eje óptico del espejo por su parte convexa (esto se debe hacer con la supervisión del profesor para evitar accidentes) y observar que al reflejarse

su prolongación se dirige hacia el foco imagen del espejo (que es virtual). Cambiar la altura de incidencia y seguir observando que la prolongación del rayo reflejado continúa dirigiéndose hacia este foco.

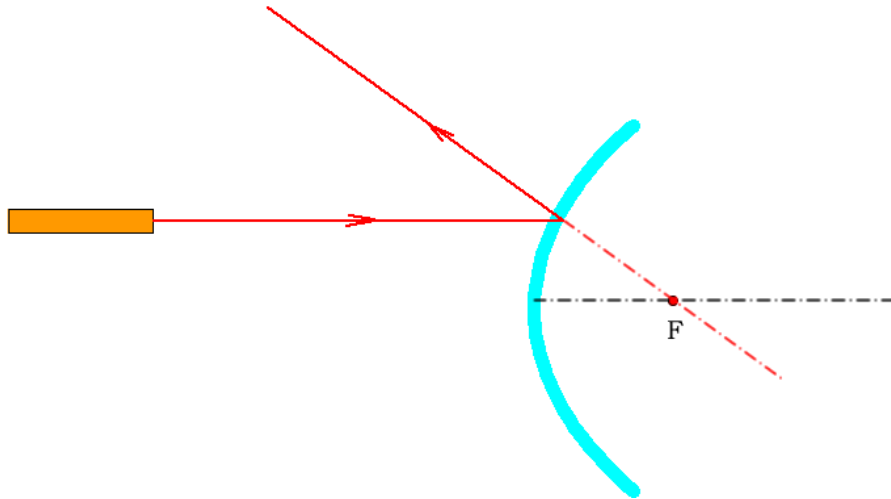


Figura 9

Ahora hacer incidir la luz del láser en dirección del foco (que es virtual), Figura 10, y observar que al reflejarse lo hace paralelamente al eje óptico. Cambiar la inclinación de esta incidencia y se concluirá que siempre que este incida con una dirección apuntando al foco se reflejará paralelamente al eje óptico.

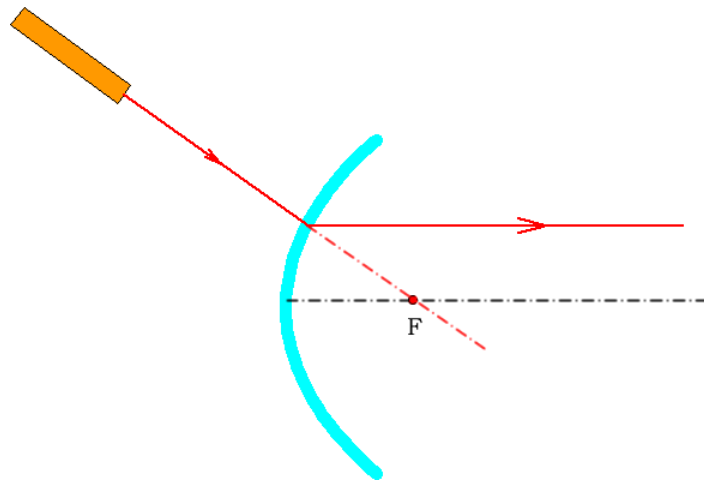


Figura 10

El espejo parabólico **no** necesita aproximación paraxial para que enfoque bien.

Momento 3: Experimento de medición

Actividad 5: Experimento

Medir la distancia focal de un espejo esférico cóncavo obteniendo la imagen real de un objeto real ubicado en el infinito óptico.

FIN

G. Anexo: Propiedades focales de los sistemas formadores de imágenes- Lentes esféricas

SESIÓN V

PROPIEDADES FOCALES DE LOS SISTEMAS

FORMADORES DE IMÁGENES

-LENTEES ESFÉRICAS-

Copyright 2018 para Diego Aristizábal R, profesor con tenencia de cargo de la Escuela de Física de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín

Introducción

Asumiendo el modelo de rayo de la luz se verifican las propiedades focales de las lentes esféricas bajo aproximación paraxial. Se comienza haciendo el análisis mediante el uso de un simulador del paquete **SimulPhysics** para dispositivos móviles para luego hacer verificaciones mediante actividades experimentales.

Objetivo general

Verificar las propiedades focales de las lentes esféricas bajo aproximación paraxial.

Objetivos específicos

- Hacer un análisis de las propiedades focales de las lentes esféricas bajo aproximación paraxial usando un simulador.
- Verificar experimentalmente las propiedades focales de las lentes esféricas bajo aproximación paraxial.

Fundamentación

- ✓ Bajo aproximación paraxial todos los rayos que inciden paralelamente al eje óptico de una lente convergente delgada se refractan de tal forma que pasan por un punto denominado foco imagen F_2 (que es real). A la distancia de ese punto hasta la lente se le denomina distancia focal f imagen. Ver Figura 1.

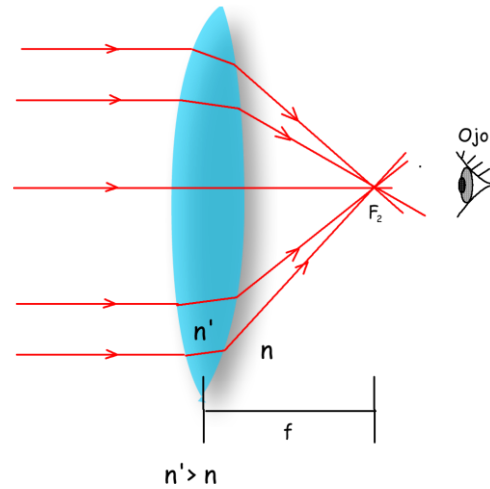


Figura 1

- ✓ Bajo aproximación paraxial todos los rayos que inciden pasando por el foco objeto F_1 (que es real) de una lente convergente delgada se refractan paralelamente al eje óptico. A la distancia de ese punto hasta la lente se le denomina distancia focal f objeto. Ver Figura 2.

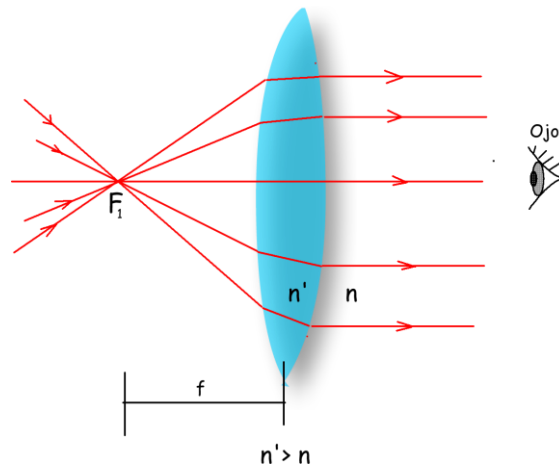


Figura 2

- ✓ Bajo aproximación paraxial todos los rayos que inciden paralelamente al eje óptico de una lente divergente delgada se refractan de tal forma que sus prolongaciones pasan por un punto denominado foco imagen F_2 (que es virtual). A la distancia de ese punto hasta la lente se le denomina distancia focal imagen f . Ver Figura 3.

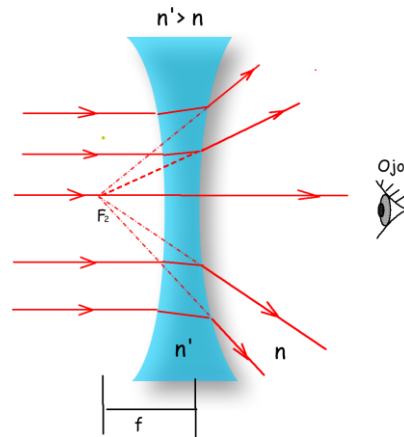


Figura 3

- ✓ Bajo aproximación paraxial todos los rayos que inciden de tal forma que sus prolongaciones pasan por el foco objeto F_1 (que es virtual) de una lente divergente, se refractan paralelamente al eje óptico. Ver Figura 4.

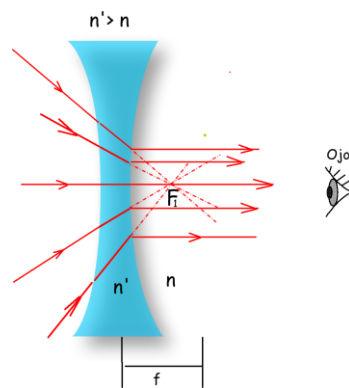


Figura 4

Sea n el índice de refracción del medio donde está sumergida la lente y n' el índice de refracción de la lente. Si $n' > n$ la lente es **convergente** si es más delgada en su centro que en sus extremos y **divergente** en el caso contrario. Si $n' < n$ la lente es **convergente** si es más delgada en su centro que en sus extremos y **divergente** en el caso contrario. Los dos focos de las lentes convergentes son **REALES**. Los dos focos de las lentes divergentes son **VIRTUALES**. **Es decir la convergencia o divergencia de una lente depende tanto de la geometría de ésta como de los índices de refracción n y n' .** En la Figura 5 se ilustran diferentes tipos de lentes.

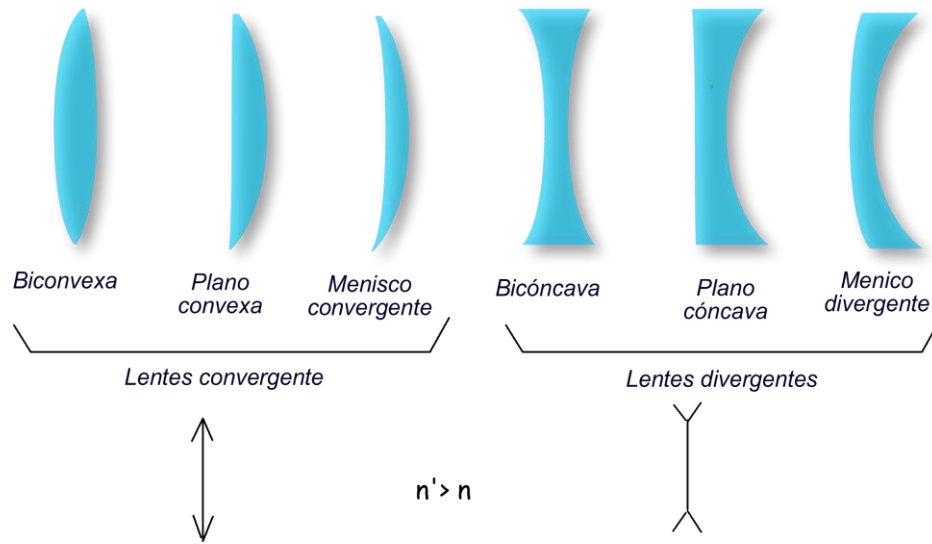


Figura 5

Para lentes delgadas la distancia focal objeto y la distancia focal imagen son iguales. Es decir sólo se habla de una distancia focal.

El poder de convergencia de una lente se calcula usando la siguiente expresión,

$$P = \frac{1}{f \text{ (m)}} \text{ (dioptrías)} \quad [1]$$

En donde f es la distancia focal imagen (positiva para lentes convergentes y negativa para lentes divergentes). Ejemplo, si una lente es convergente y $f = 20$ cm su poder de convergencia es igual a $+5$ dioptrías. Si fuera divergente, $f = -20$ cm y su poder de convergencia sería igual a -5 dioptrías.

Nota: Si un objeto real se ubica en el infinito óptico respecto a una lente convergente su imagen queda ubicada en el foco imagen de la lente.

Materiales

- **SimulPhysics** Mobile Edition.
- Apuntador láser (1).
- Modelo de lentes bicóncavas (2).
- Modelo de lentes biconvexas (2).
- Lente convergente (1).

- Lente divergente (2)
- Cinta métrica (1).
- Regla de madera (1).
- Portales (2).
- Vela (1).
- Encendedor (1).
- Pantalla de vidrio esmerilado o de papel mantequilla (1).

Procedimiento

Momento 1: Simulaciones

Actividad 1: Simulación

Usando la simulación sobre propiedad focal imagen de las lentes esféricas de **SimulPhysics**, Figura 6, hacer incidir un rayo paralelo al eje óptico de la lente convergente y observar su trayectoria después de refractarse. Cambiar la altura de incidencia del rayo para concluir que éste al refractarse sigue una trayectoria tal que pasa por el foco imagen (que es real). Cambiar la lente a divergente y observar que ya es la prolongación del rayo refractado el que atraviesa virtualmente el foco imagen (que es virtual).

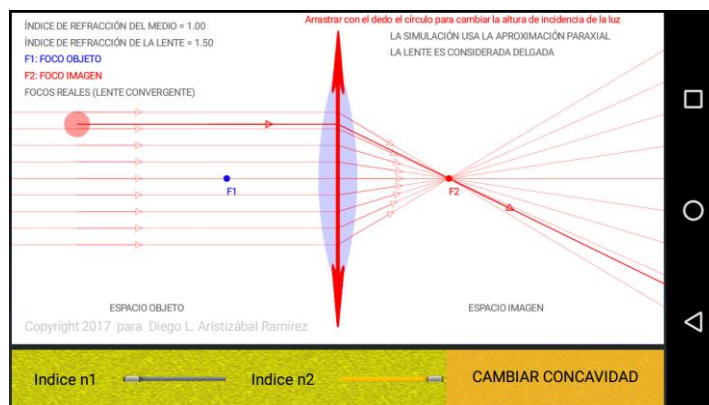


Figura 6

Momento 2: Experimentos demostrativos

Actividad 2: Experimento

Usando los modelos de lente de la Figura 7 y haciendo incidir la luz de un láser paralelamente al eje óptico (esto se debe hacer con la supervisión del profesor para evitar accidentes)

comprobar que la convergencia de una lente depende tanto de su geometría (gruesa o delgada en su centro) y de los índices de refracción de ella y del medio donde se encuentra sumergida.

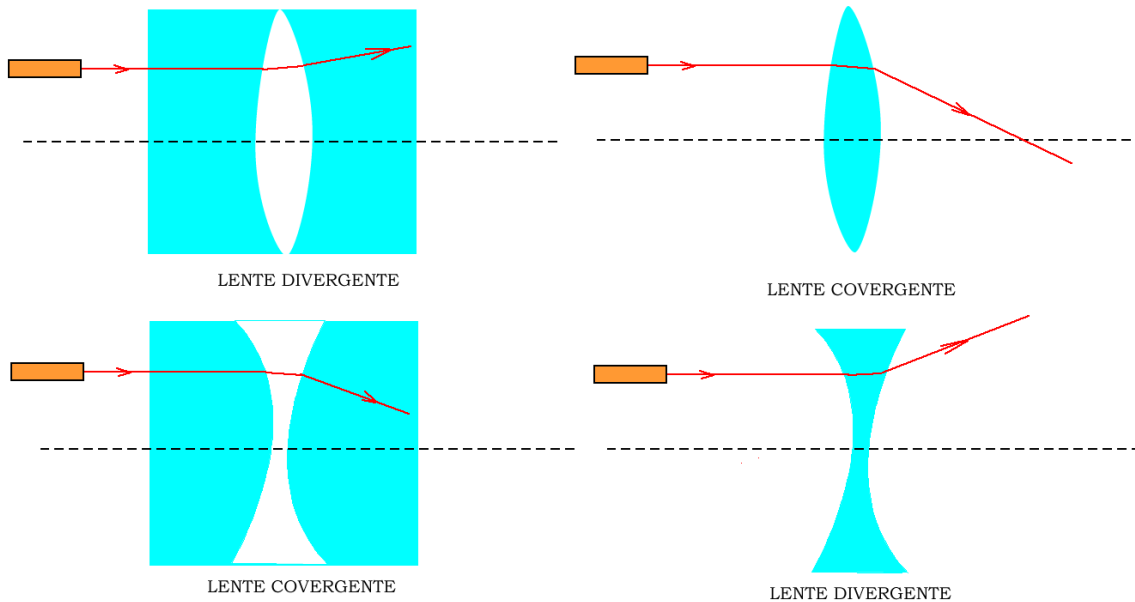


Figura 7

El rayo refractado (o su prolongación en el caso de la lente divergente) debe cortar el eje óptico en el foco imagen de la lente.

Repetir la actividad pero haciendo incidir el rayo de luz apuntando al foco objeto de la respectiva lente. En este caso el rayo debe emerger paralelo al eje óptico.

Momento 3: Experimento de medición

Actividad 3: Experimento

Medir la distancia focal de una lente convergente obteniendo la imagen real de un objeto real ubicado en el infinito óptico.

FIN

H. Anexo: Sistemas formadores de imágenes – Imágenes con espejos esféricos-

SESIÓN VI

SISTEMAS FORMADORES DE IMÁGENES -IMÁGENES CON ESPEJOS ESFÉRICOS-

Copyright 2018 para Diego Aristizábal R, profesor con tenencia de cargo de la Escuela de Física de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín

Introducción

Asumiendo el modelo de rayo de la luz se estudia la formación de imágenes con espejos esféricos (incluyendo el espejo plano que se puede interpretar como uno esférico de radio tendiendo a ∞) bajo aproximación paraxial. Se comienza haciendo el análisis mediante el uso de un simulador del paquete **SimulPhysics** para dispositivos móviles para luego hacer verificaciones mediante actividades experimentales.

Objetivo general

Verificar la formación de imágenes con espejos esféricos bajo aproximación paraxial.

Objetivos específicos

- Estudiar la formación de imágenes con espejos esféricos bajo aproximación paraxial usando un simulador.
- Verificar experimentalmente la formación de imágenes con espejos esféricos bajo aproximación paraxial.

Fundamentación

Principios básicos de la óptica geométrica

Se deben recordar los principios de la óptica geométrica:

- Trayectorias rectilíneas en medios homogéneos e isótropos.
- Se cumple la ley de la reflexión y la ley de la refracción.
- Rayo incidente, refractado y reflejado están en un mismo plano.

- Independencia de los rayos luminosos. La acción de cada rayo es independiente de la de los demás².
- Las trayectorias de la luz son reversibles. Este es el principio de reversibilidad óptica.

Espacio objeto y espacio imagen

Los espejos esféricos se clasifican en **cóncavos (convergentes)** y **convexos (divergentes)**. Los espejos planos se consideran espejos esféricos de radio muy grande (no son ni convergentes ni divergentes). Ver Figura 1.

Todo sistema formador de imágenes posee dos espacios: espacio objeto y espacio imagen. En los espejos, que es un sistema formador de imágenes que funciona por reflexión, estos espacios están del mismo lado, es decir, si se supone que la luz está viajando de izquierda a derecha (como será nuestro convenio), estos espacios estarán al lado izquierdo del espejo. Esto es necesario tenerlo muy claro ya que con base en esto será muy fácil decidir si un objeto o una imagen son reales o virtuales, lo mismo para el foco: estos (objeto, imagen, foco) **serán reales si están en su espacio, de lo contrario son virtuales.**

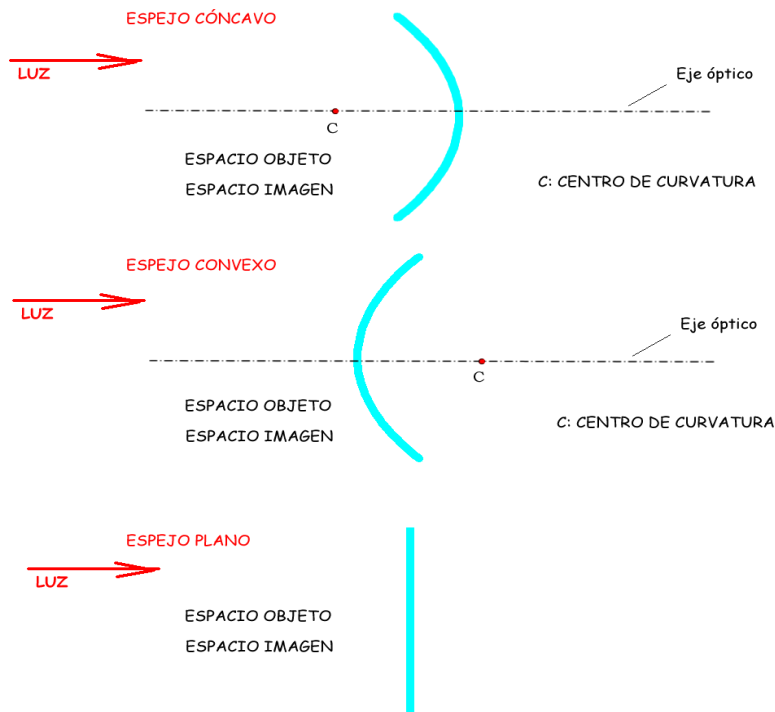


Figura 1

² Imaginar que se toma una foto de una escena que contiene un objeto con un paisaje de fondo; a continuación, se tapa el objeto y se vuelve a fotografiar; esta segunda foto permite comprobar que, al tapar el objeto, sólo se han bloqueado los rayos que proceden de él, sin que se vea afectado el resto, por lo que los demás rayos volverán a formar la imagen del paisaje tal y como se apreciaba en la primera fotografía.

Foco y centro de curvatura

En la sesión 4 se estudiaron las propiedades focales de los espejos esféricos bajo aproximación paraxial. Puede demostrarse que bajo esta aproximación la distancia focal f del espejo esférico es aproximadamente la mitad de su radio de curvatura R , es decir el foco F se encuentra aproximadamente en la mitad entre el centro de curvatura C del espejo y el vértice V de éste. Ver Figura 2

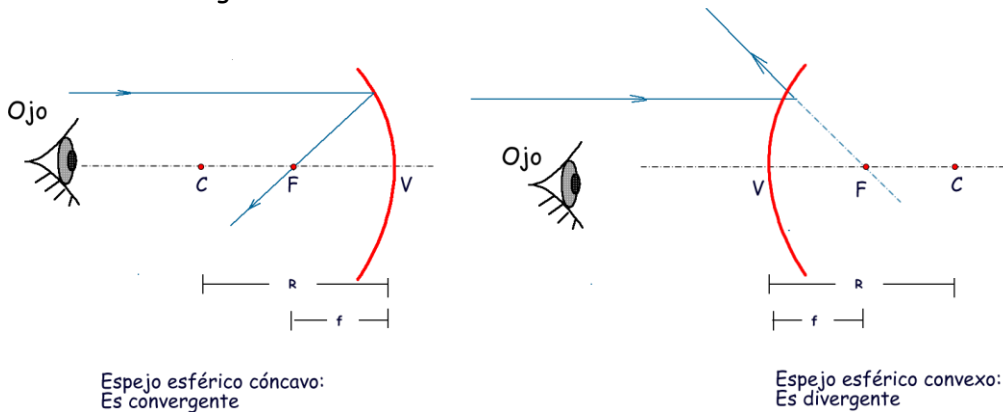


Figura 2

$$f = \frac{R}{2} \quad [1]$$

Para aplicar esta ecuación se usará la convención de signos de las normas DIN como se verá más adelante en esta sesión.

Como puede observarse, según el párrafo anterior, se deduce que el foco de un espejo cóncavo es REAL y el de un espejo convexo es VIRTUAL.

Tipos de objetos e imágenes

(Este párrafo es tomado en forma textual de: D. Aristizábal, R. Restrepo y T. Muñoz, MÓDULO # 13: ÓPTICA GEOMÉTRICA-SFI (SUPERFICIES REFRACTORAS)-, Universidad Nacional de Colombia, Medellín).

Las imágenes y los objetos se pueden clasificar en **reales** y **virtuales**. Se pueden distinguir observando la divergencia o convergencia de los rayos. Para comprender esto se asumirán objetos (O) e imágenes (O') puntuales: en los objetos reales los rayos divergen desde O ; en los objetos virtuales los rayos convergen en sus prolongaciones hacia O ; en las imágenes reales los rayos convergen hacia O' y luego divergen de ésta (es decir los rayos atraviesan la imagen); en las imágenes virtuales los rayos divergen en sus prolongaciones desde la imagen O' , Figuras 3-A, 3-B, 3-C y 3-D. **Como se puede concluir, las imágenes reales se pueden proyectar en una pantalla debido a que allí hay convergencia de energía.** En cambio esto no es posible con las imágenes virtuales. También se debe observar que las imágenes y los objetos reales están en su espacio (espacio imagen y objeto respectivamente) mientras que los virtuales no.

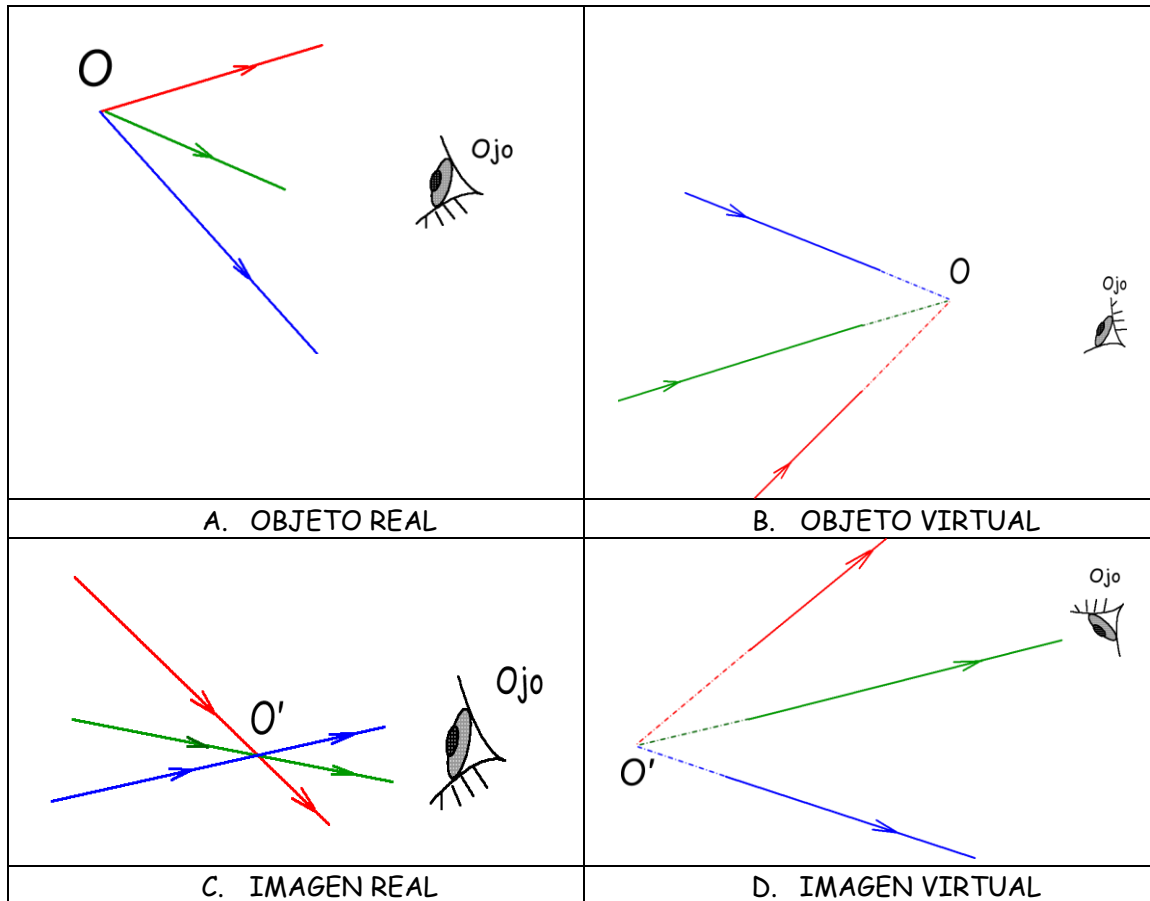


Figura 3

Debe quedar claro que la distinción entre objetos e imágenes reales y virtuales proviene del mecanismo de formación (convergencia o divergencia de rayos luminosos a la entrada y a la salida del sistema óptico) y no del mecanismo de su percepción visual, que es idéntico, por ejemplo, para ambos tipos de imágenes. En este sentido, se puede afirmar que tanto las imágenes virtuales como las reales son visibles para un observador, siempre que se coloque en la posición adecuada, es decir aquella en la que los rayos "procedentes" de la imagen antes de llegar al ojo estén divergiendo. Habitualmente se observa nuestra imagen virtual en un espejo, pero se está menos acostumbrados a ver directamente imágenes reales (se suele verlas proyectadas sobre un soporte o pantalla); de aquí que nos parezca "magia física" la visión directa de la imagen real de un objeto (por ejemplo, al observar la imagen real generada con el acople de dos espejos parabólicos del famoso MIRASCOPE, Figura 4).

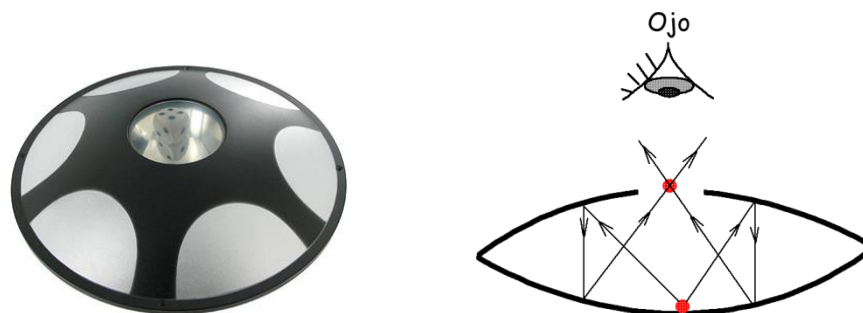


Figura 4: El mirascope (izquierda); trazado de rayos (derecha)

En general para todos los SFI se cumplen las posibilidades de combinaciones entre objetos e imágenes dadas por la Tabla 1.

Tabla 1

OBJETO	IMAGEN	SISTEMA CONVERGENTE	SISTEMA DIVERGENTE	SISTEMA PLANO
REAL	REAL	ES POSIBLE	ES IMPOSIBLE	ES IMPOSIBLE
REAL	VIRTUAL	ES POSIBLE	ES POSIBLE	ES POSIBLE
VIRTUAL	REAL	ES POSIBLE	ES POSIBLE	ES POSIBLE
VIRTUAL	VIRTUAL	ES IMPOSIBLE	ES POSIBLE	ES IMPOSIBLE

Método gráfico de construcción de imágenes -rayos notables-

Los tres rayos notables para un espejo esférico son,

- **Rayo 1:** Rayo que incide paralelamente al eje óptico se refleja real o virtualmente por el foco F.
- **Rayo 2:** Rayo que incide real o virtualmente por el foco se refleja en el espejo y continúa paralelo al eje óptico.
- **Rayo 3:** Rayo que incide por el centro de curvatura del espejo, no cambia de dirección al reflejarse.

Formación de imágenes

Para formar la imagen de un objeto puntual basta con trazar la trayectoria seguida por sólo dos rayos, y donde se corten REAL o VIRTUALMENTE queda ubicada la imagen puntual correspondiente. Es útil emplear dos de los tres rayos notables. En la Figura 5 se ilustran la formación de imágenes de objetos REALES con los espejos esféricos. Se observa que en el caso

de los espejos cóncavos (convergentes) es posible obtener de objetos REALES imágenes REALES mayores (Figura 5-c), iguales (Figura 5-D) y menores (Figura 5-E) al objeto; imágenes VIRTUALES mayores que el objeto (Figura 5-A)) y si el objeto se ubica en el foco no se forma la imagen (es decir, se forma en el infinito, Figura 5-B). Para el caso de espejos convexos (divergentes) sólo es posible obtener de objetos REALES imágenes VIRTUALES de menor tamaño que el objeto (Figura 5-F). En la Figura 5 no se ilustra la formación de imágenes de objetos virtuales, tarea que se realizará más adelante usando el simulador de **SimulPhysics**.

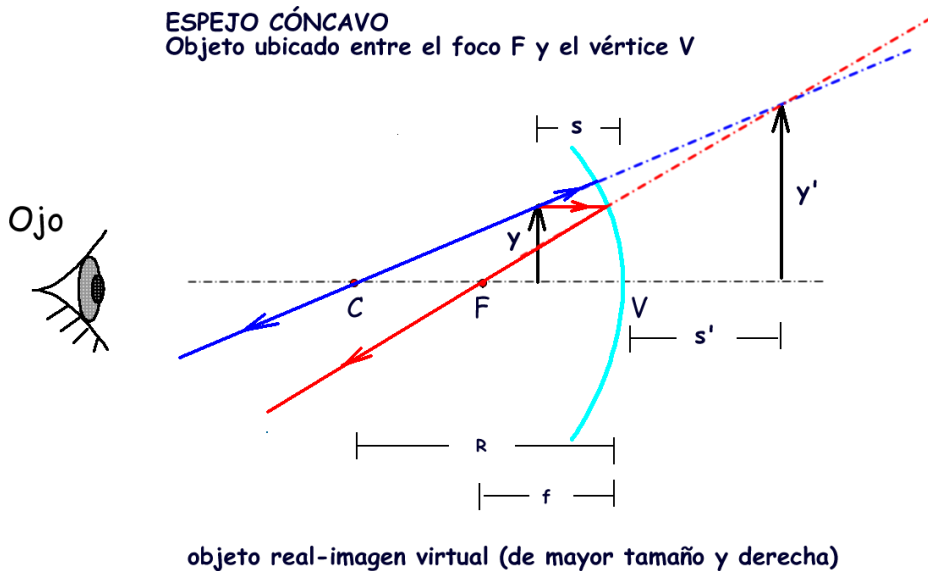
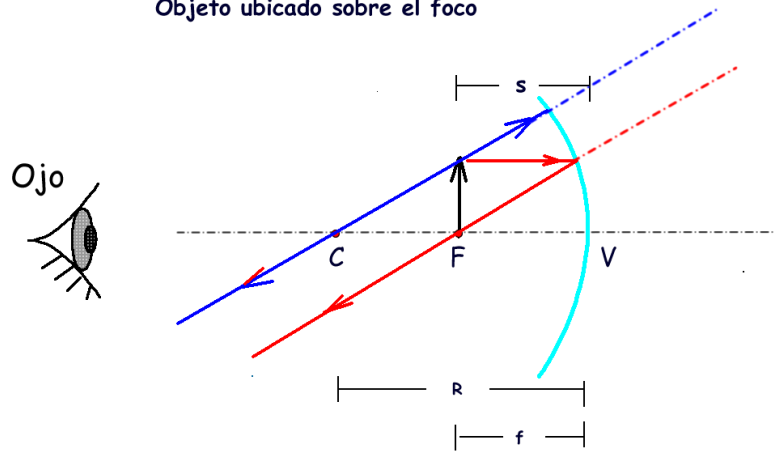


Figura 5-A

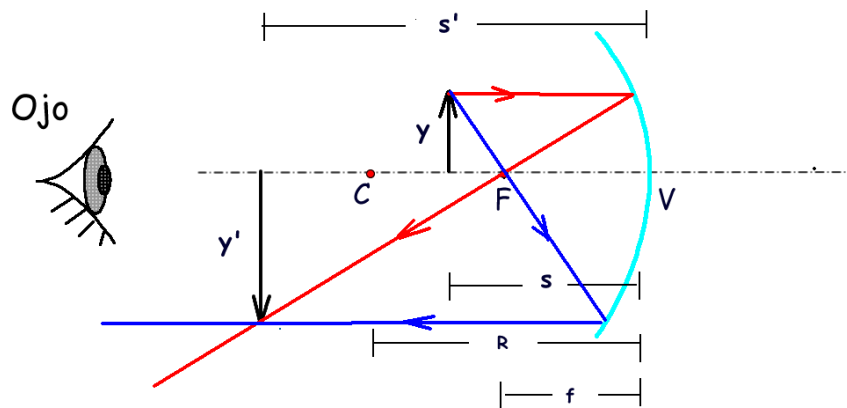
ESPEJO CÓNCAVO
Objeto ubicado sobre el foco



objeto real-NO hay imagen (o equivalentemente la imagen está en el infinito)

Figura 5-B

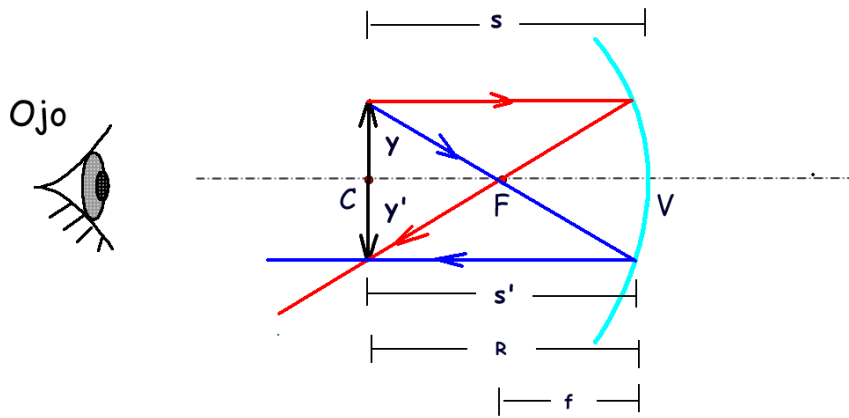
ESPEJO CÓNCAVO
Objeto ubicado entre el centro de curvatura C y el vértice V



objeto real-imagen real (de imayor tamaño e invertida)

Figura 5-C

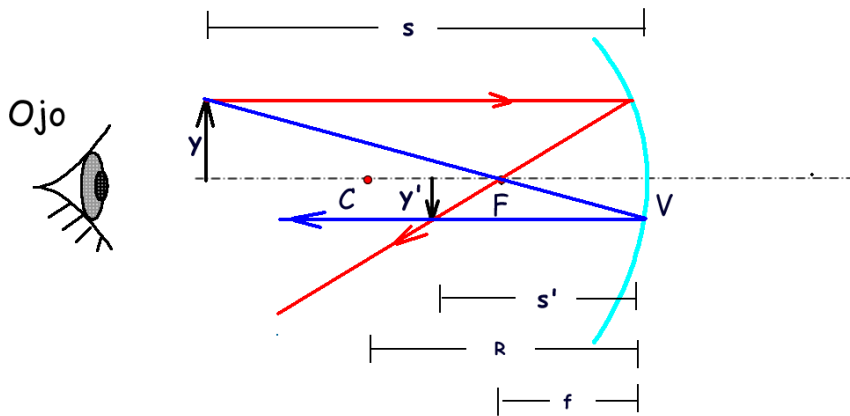
ESPEJO CÓNCAVO
Objeto sobre el centro de curvatura C



objeto real-imagen real (de igual tamaño e invertida)

Figura 5-D

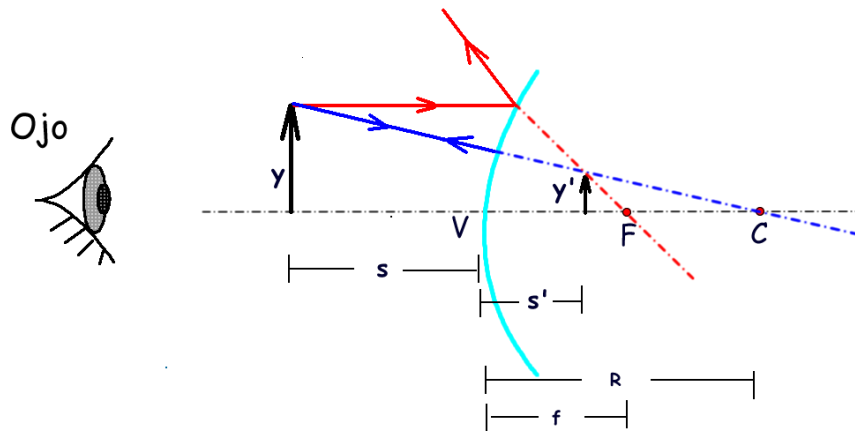
ESPEJO CÓNCAVO
Objeto entre el centro de curvatura C y el infinito



objeto real-imagen real (de menor tamaño e invertida)

Figura 5-E

ESPEJO CONVEXO



objeto real-imagen virtual (de menor tamaño y derecha)

Figura 5-F

Ecuación básica en los espejos esféricos (convención DIN)

Para hacer el análisis algebraico de los sistemas formadores de imágenes se elegirá las denominadas normas DIN (Deutscher Industrie Normen -Normas de la Industria Alemana-) 1335 en donde:

- Las magnitudes lineales se consideran negativas hacia la izquierda del vértice del sistema óptico (punto CERO) y positivas a la derecha; es decir, como si el vértice estuviera situado en el origen de coordenadas. Por lo tanto para los espejos, s (**distancia objeto**) es negativa para objetos reales y positiva para objetos virtuales, s' (**distancia imagen**) es negativa para imágenes reales y positiva para imágenes virtuales, R (**radio de curvatura**) es negativa para espejos cóncavos y positiva para espejos convexos, f (**distancia focal**) es negativa para espejos cóncavos y positiva para espejos convexos. Ver Figura 6.
- Las distancias al eje óptico se cuentan a partir de él y son positivas si están por encima del eje y negativas si están por debajo. Por lo tanto y (**tamaño del objeto**) es positiva para objetos "derechos" (por encima del eje óptico) y negativa para objetos "invertidos" (por debajo del eje óptico), y' (**tamaño de la imagen**) es positiva para imágenes "derechas" (por encima del eje óptico) y negativa para imágenes "invertidos" (por debajo del eje óptico). Ver Figura 6.

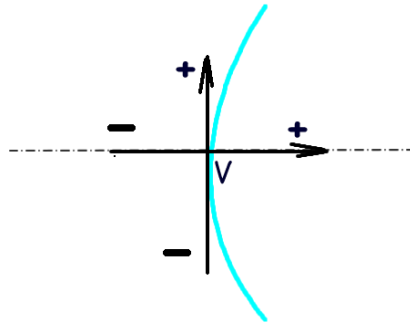


Figura 6

Para espejos esféricos bajo la aproximación paraxial se cumplen las siguientes ecuaciones,

$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{1}{f} \quad [2]$$

$$M = \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s} \quad [3]$$

Un aumento positiva significa que la imagen es derecha y un aumento negativo que la imagen es invertida.

La ecuación [2] permite realizar la gráfica de la Figura 7. La cual corrobora la información correspondiente a la Tabla 1.

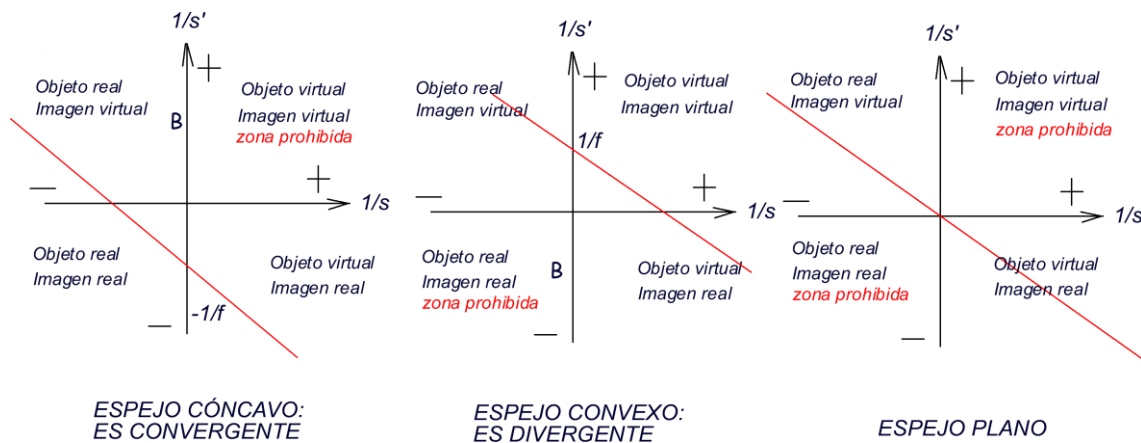


Figura 7

El espejo plano

Los espejos planos son espejos esféricos de radio de curvatura infinito ($R \rightarrow \infty$). Con base en esto se pueden encontrar sus fórmulas con base en la de los espejos esféricos,

$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{2}{R}$$

Reemplazando $R \rightarrow \infty$ se obtiene para espejos planos,

$$s' = -s$$

Es decir, para espejos planos la imagen de un objeto REAL es virtual y se encuentra a la misma distancia del espejo que el objeto pero atrás de éste.

En cuanto al aumento, como $s' = -s$ se obtiene,

$$M = -\frac{s'}{s} = +1$$

Es decir la imagen del objeto REAL formada por un espejo plano es VIRTUAL, DERECHA y de igual tamaño que el objeto. Ver Figura 8.

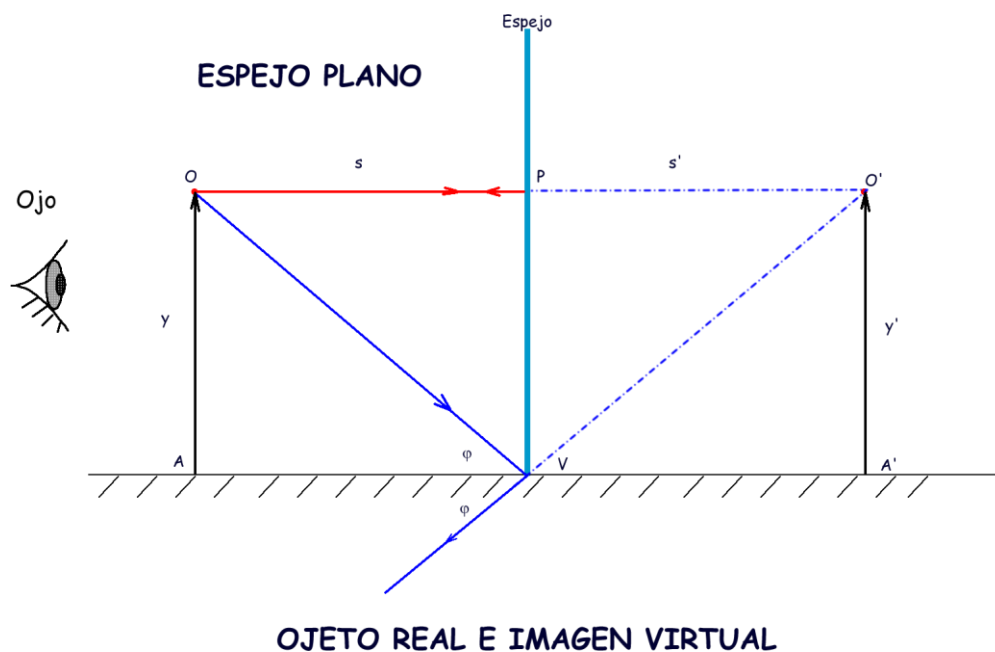


Figura 8

Materiales

- SimulPhysics Mobile Edition.
- Espejo plano (1)
- Espejo cóncavo (1).
- Espejo convexo (1)
- Mirascope (1)
- Cinta métrica (1).
- Regla de madera (1).
- Vela (1).
- Encendedor (1).
- Pantalla de vidrio esmerilado o de papel mantequilla (1).

Procedimiento

Momento 1: Simulaciones

Actividad 1: Taller usando SimulPhysics

Los estudiantes realizan un **taller de 18 ejercicios** sobre formación de imágenes usando **SimulPhysics**, Figuras 9. Una vez realizado se hace una corrección mediante discusiones con todo el grupo.

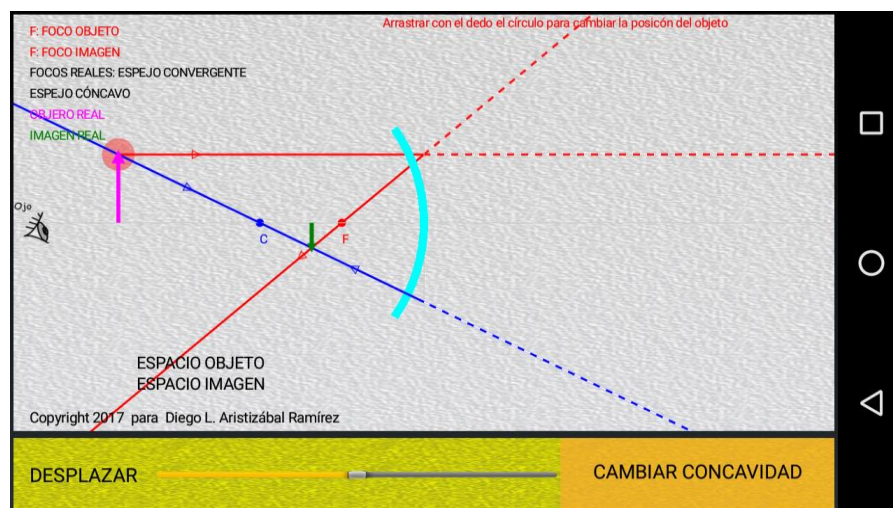


Figura 9

Momento 2: Experimentos**Actividad 2**

Usando el mirascope, Figura 4, explicar la formación de la imagen real.

Actividad 3

Medir la distancia focal de un espejo cóncavo.

Actividad 4

Mediante montaje experimental demostrar cada una de las situaciones de formación de imágenes planteadas en la Figura 5. Para uno de los caso de imagen REAL verificar que se cumple la ecuación [2].

Nota:

Las imágenes virtuales observarlas directamente con el ojo y las imágenes reales proyectarlas en una pantalla para ser observadas.

FIN

I. Anexo: Sistemas formadores de imágenes

-Imágenes con lentes esféricas-

SESIÓN VII

SISTEMAS FORMADORES DE IMÁGENES

-IMÁGENES CON LENTES ESFÉRICAS-

Copyright 2018 para Diego Aristizábal R, profesor con tenencia de cargo de la Escuela de Física de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín

Introducción

Asumiendo el modelo de rayo de la luz se estudia la formación de imágenes con lentes esféricas bajo aproximación paraxial. Se comienza haciendo el análisis mediante el uso de un simulador del paquete **SimulPhysics** para dispositivos móviles para luego hacer verificaciones mediante actividades experimentales.

Objetivo general

Verificar la formación de imágenes con lentes esféricas bajo aproximación paraxial.

Objetivos específicos

- Estudiar la formación de imágenes con lentes esféricas bajo aproximación paraxial usando un simulador.
- Verificar experimentalmente la formación de imágenes con lentes esféricas bajo aproximación paraxial.

Fundamentación

Principios básicos de la óptica geométrica

Se debe recordar los principios de la óptica geométrica:

- Trayectorias rectilíneas en medios homogéneos e isotrópicos.
- Se cumple la ley de la reflexión y la ley de la refracción.
- Rayo incidente, refractado y reflejado están en un mismo plano.

- Independencia de los rayos luminosos. La acción de cada rayo es independiente de la de los demás³.
- Las trayectorias de la luz son reversibles. Este es el principio de reversibilidad óptica.

Espacio objeto y espacio imagen

Las lentes se clasifican en **convergentes** y **divergentes**. Ver Figura 1 en donde n' es el índice de refracción de la lente y n el del medio donde está sumergida.

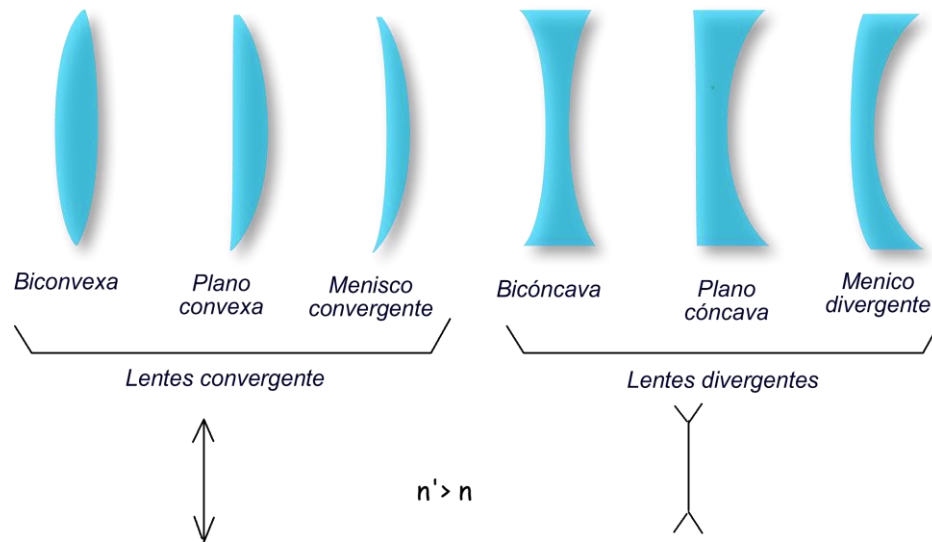


Figura 1

Todo sistema formador de imágenes posee dos espacios: espacio objeto y espacio imagen. En las lentes, que es un sistema formador de imágenes que funciona por refracción, estos espacios están de lados contrarios, es decir, si se supone que la luz está viajando de izquierda a derecha (como será nuestro convenio), el espacio objeto estará a la izquierda de la lente y el espacio imagen a su derecha. Esto es necesario tenerlo muy claro ya que con base en esto será muy fácil decidir si un objeto o una imagen son reales o virtuales, lo mismo para el foco: estos (objeto, imagen, foco) **serán reales si están en su espacio de lo contrario son virtuales.**

³ Imaginar que se toma una foto de una escena que contiene un objeto con un paisaje de fondo; a continuación, se tapa el objeto y se vuelve a fotografiar; esta segunda foto permite comprobar que, al tapar el objeto, sólo se han bloqueado los rayos que proceden de él, sin que se vea afectado el resto, por lo que los demás rayos volverán a formar la imagen del paisaje tal y como se apreciaba en la primera fotografía.

Focos

En la sesión 5 se estudiaron las propiedades focales de las lentes esféricas bajo aproximación paraxial. Una lente posee dos focos, el foco imagen F_2 y el foco objeto F_1 . Puede demostrarse que bajo esta aproximación la distancia focal imagen f_2 de una lente depende de los radios de curvatura de sus dos superficies y de los índices de refracción tanto de la lente n' como del medio en donde se encuentra sumergida n , ecuación [1]. Para lentes delgadas (es decir no muy gruesas), la distancia focal objeto f_1 tiene el mismo valor aunque de signo contrario a la distancia focal imagen, ecuación [2]. Ver Figura 2

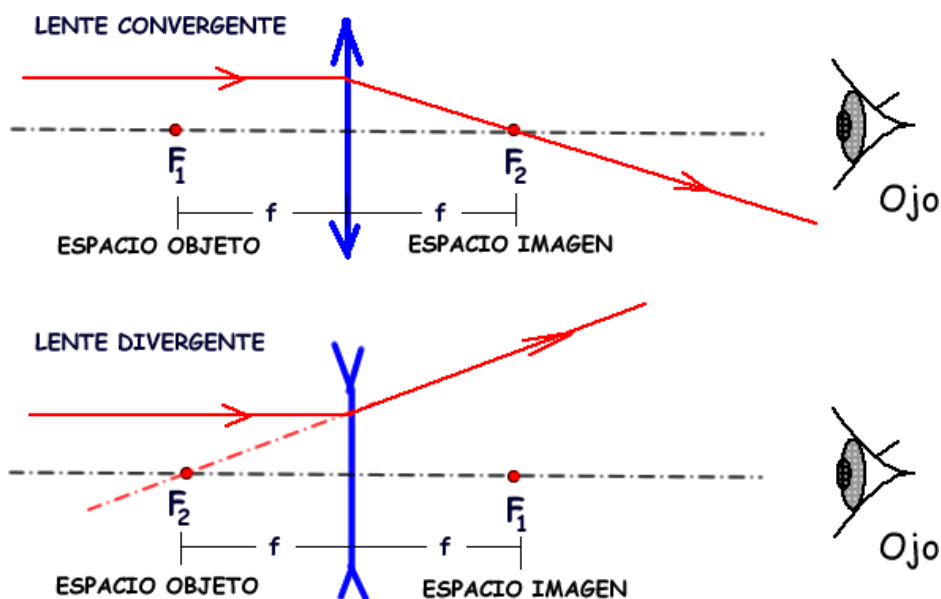


Figura 2

$$\frac{1}{f_2} = \frac{(n' - n)}{n} \left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right] \quad [1]$$

$$f_1 = -f_2 \quad [2]$$

Para aplicar la regla de los signos se utiliza la convención DIN. La cual se trató en la sesión 6 y se repasará más adelante en esta sesión.

Como puede observarse, según lo afirmado atrás sobre los espacios objeto e imagen, se deduce que los dos focos de una lente convergente son REALES y los dos focos de una lente divergente son VIRTUALES.

Tipos de objetos e imágenes

(Este párrafo es tomado en forma textual de: D. Aristizábal, R. Restrepo y T. Muñoz, MÓDULO # 13: ÓPTICA GEOMÉTRICA-SFI (SUPERFICIES REFRACTORAS)-, Universidad Nacional de Colombia, Medellín).

Las imágenes y los objetos se pueden clasificar en **reales** y **virtuales**. Se pueden distinguir observando la divergencia o convergencia de los rayos. Para comprender esto se asumirán objetos (O) e imágenes (O') puntuales: en los objetos reales los rayos divergen desde O ; en los objetos virtuales los rayos convergen en sus prolongaciones hacia O ; en las imágenes reales los rayos convergen hacia O' y luego divergen de ésta (es decir los rayos atraviesan la imagen); en las imágenes virtuales los rayos divergen en sus prolongaciones desde la imagen O' , Figuras 3-A, 3-B, 3-C y 3-D. Como se puede concluir las imágenes reales se pueden proyectar en una pantalla debido a que allí hay convergencia de energía. En cambio esto no es posible con las imágenes virtuales. También se debe observar que las imágenes y los objetos reales están en su espacio (espacio imagen y objeto respectivamente) mientras que los virtuales no.

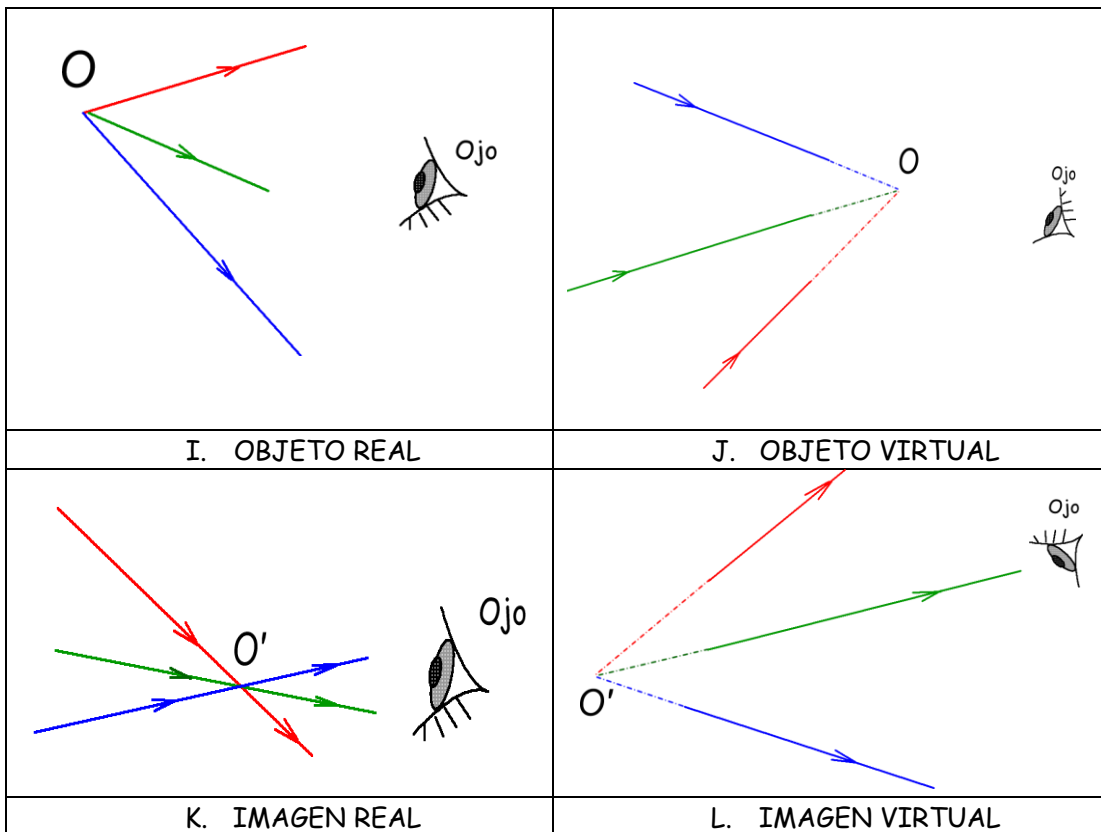


Figura 3

Debe quedar claro que la distinción entre objetos e imágenes reales y virtuales proviene del mecanismo de formación (convergencia o divergencia de rayos luminosos a la entrada y a la salida del sistema óptico) y no del mecanismo de su percepción visual, que es idéntico, por ejemplo, para ambos tipos de imágenes. En este sentido, se puede afirmar que tanto las imágenes virtuales como las reales son visibles para un observador, siempre que se coloque en la posición adecuada, es decir aquella en la que los rayos "procedentes" de la imagen antes de llegar al ojo estén divergiendo. Habitualmente se observa nuestra imagen virtual en un espejo, pero se está menos acostumbrados a ver directamente imágenes reales (se suele verlas proyectadas sobre un soporte o pantalla).

En general para todos los SFI se cumplen las posibilidades de combinaciones entre objetos e imágenes dadas por la Tabla 1.

Tabla 1

OBJETO	IMAGEN	SISTEMA CONVERGENTE	SISTEMA DIVERGENTE	SISTEMA PLANO
REAL	REAL	ES POSIBLE	ES IMPOSIBLE	ES IMPOSIBLE
REAL	VIRTUAL	ES POSIBLE	ES POSIBLE	ES POSIBLE
VIRTUAL	REAL	ES POSIBLE	ES POSIBLE	ES POSIBLE
VIRTUAL	VIRTUAL	ES IMPOSIBLE	ES POSIBLE	ES IMPOSIBLE

Método gráfico de construcción de imágenes -rayos notables-

Los tres rayos notables para un espejo esférico son,

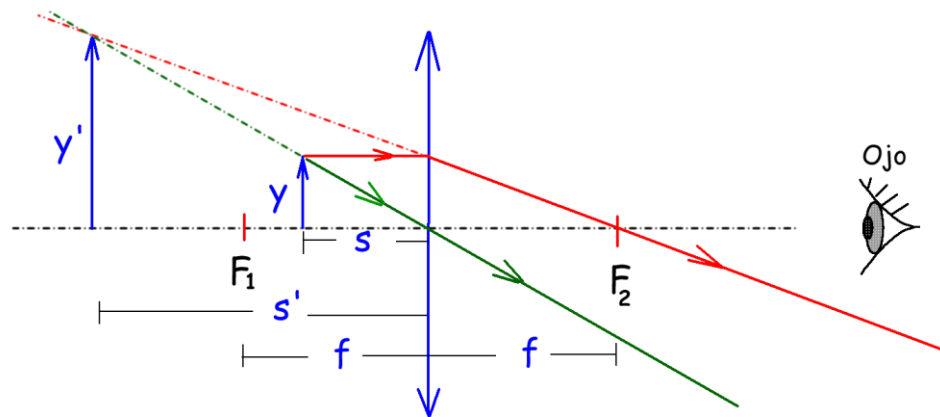
- **Rayo 1:** Rayo que incide paralelamente al eje óptico se refracta real o virtualmente por el foco imagen F_2 .
- **Rayo 2:** Rayo que incide real o virtualmente por el foco objeto F_1 se refracta de tal forma que continúa paralelo al eje óptico.
- **Rayo 3:** Rayo que incide por el centro de la lente no cambia de dirección al refractarse.

Formación de imágenes

Para formar la imagen de un objeto puntual basta con trazar la trayectoria seguida por sólo dos rayos, y donde se corten REAL o VIRTUALMENTE queda ubicada la imagen puntual correspondiente. Es útil emplear dos de los tres rayos notables. En la Figura 4 se ilustran la formación de imágenes de objetos REALES con las lentes esféricas. Se observa que en el caso de las lentes convergentes es posible obtener de objetos REALES imágenes REALES mayores, Figura 4-C, iguales, Figura 4-D y menores al objeto, Figura 4-E; imágenes VIRTUALES mayores que el objeto, Figura 4-A, y si el objeto se ubica en el foco no se forma la imagen (es decir, se forma en el infinito, Figura 4-B). Para el caso de lentes divergentes sólo es posible obtener de objetos REALES imágenes VIRTUALES de menor tamaño que el objeto, Figura 4-F. En la Figura

4 no se ilustra la formación de imágenes de objetos virtuales, tarea que se realizará más adelante usando el simulador de **SimulPhysics**.

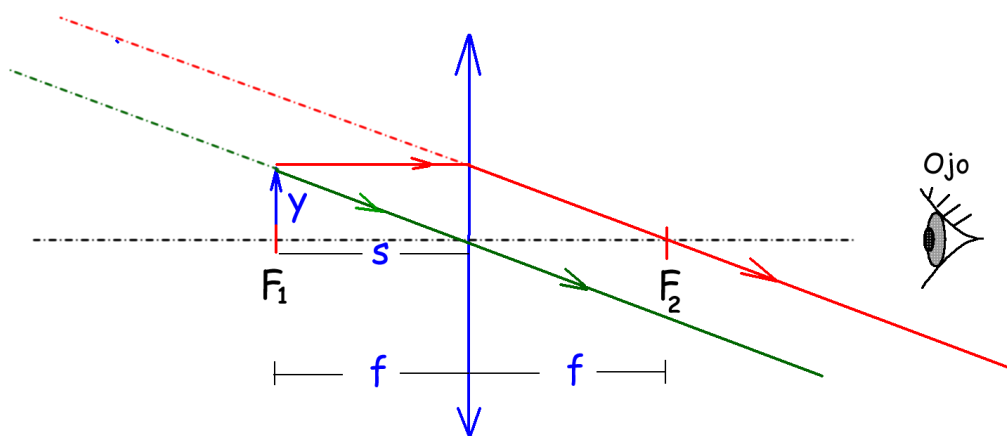
LENTE CONVERGENTE



OBJETO REAL E IMAGEN VIRTUAL DE MAYOR TAMAÑO

Figura 4-A

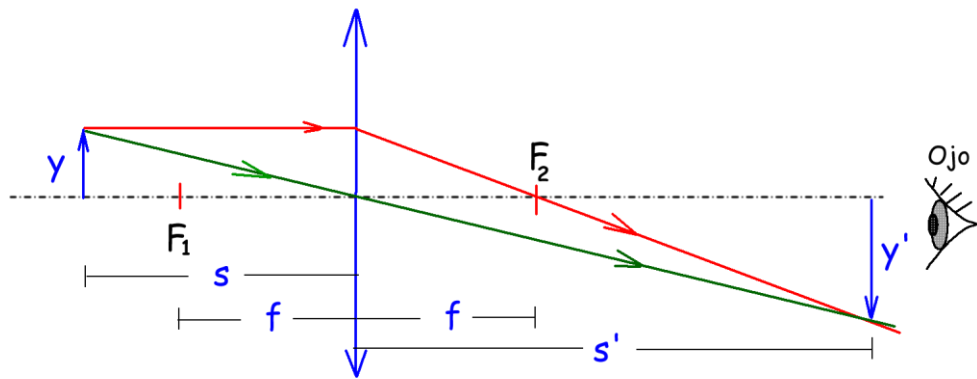
LENTE CONVERGENTE



OBJETO REAL, NO HAY IMAGEN (o equivalente mente se da en el infinito)

Figura 4-B

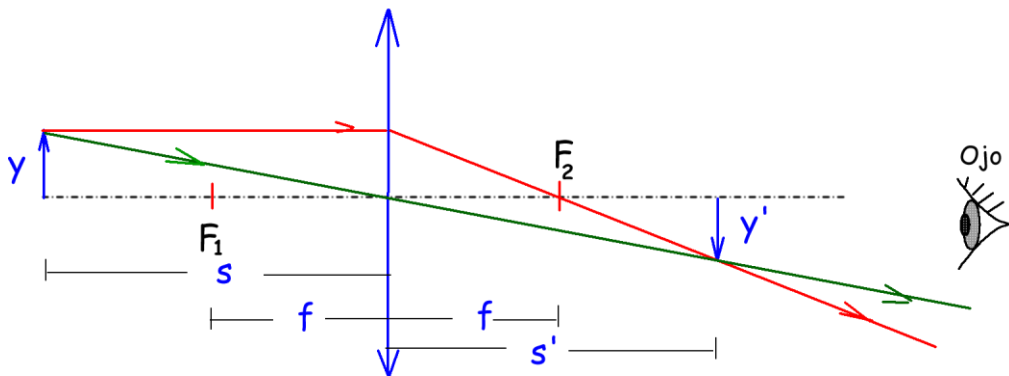
LENTE CONVERGENTE



OBJETO REAL E IMAGEN REAL DE MAYOR TAMAÑO

Figura 4-C

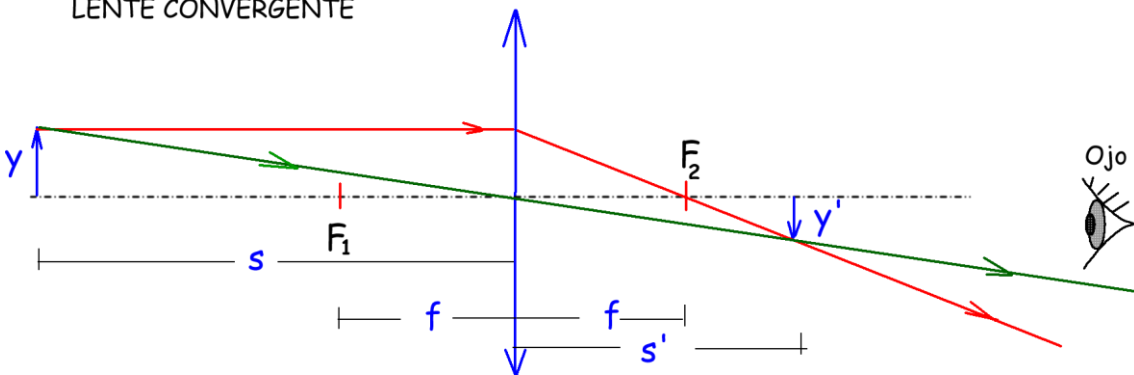
LENTE CONVERGENTE



OBJETO REAL E IMAGEN REAL DE IGUAL TAMAÑO

Figura 4-D

LENTE CONVERGENTE



OBJETO REAL E IMAGEN REAL DE MENOR TAMAÑO

Figura 4-E

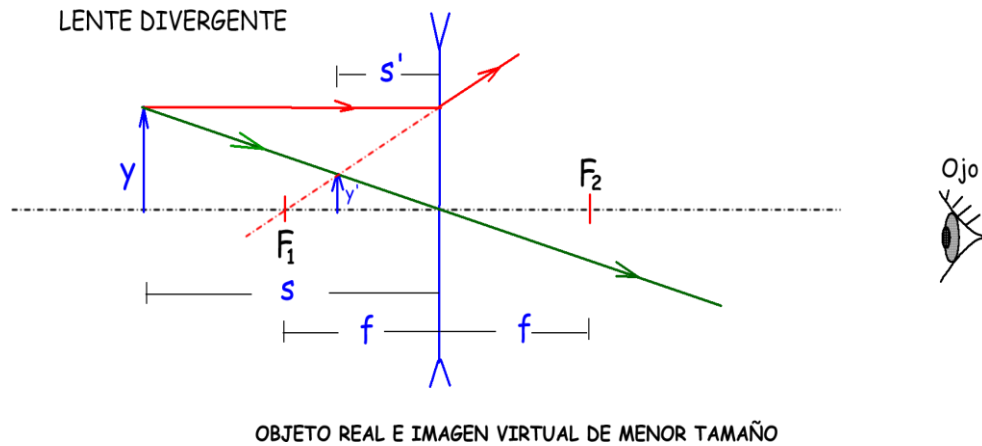


Figura 4-F

Ecuación básica en las lentes esféricas (convención DIN)

Para hacer el análisis algebraico de los sistemas formadores de imágenes se elegirán las denominadas normas DIN (**D**eustcer **I**ndustrie **N**ormes -Normas de la Industria Alemana-) 1335 en donde:

- Las magnitudes lineales se consideran negativas hacia la izquierda del vértice del sistema óptico (punto CERO) y positivas a la derecha; es decir, como si el vértice estuviera situado en el origen de coordenadas (para una lente delgada será su centro). Por lo tanto para las lentes, **s** (**distancia objeto**) es negativa para objetos reales y positiva para objetos virtuales, **s'** (**distancia imagen**) es positiva para imágenes reales y negativa para imágenes virtuales, los **radios de curvatura** de las superficies de la lente **R₁** y **R₂** son negativos si sus centros están a la izquierda y positivos a la derecha. Las **distancias focales** objeto e imagen **f₁** y **f₂** son negativas si los focos están ubicados a la izquierda y positivos a la derecha.
- Las distancias al eje óptico se cuentan a partir de él y son positivas si están por encima del eje y negativas si están por debajo. Por lo tanto **y** (**tamaño del objeto**) es positiva para objetos "derechos" (por encima del eje óptico) y negativa para objetos "invertidos" (por debajo del eje óptico), **y'** (**tamaño de la imagen**) es positiva para imágenes "derechas" (por encima del eje óptico) y negativa para imágenes "invertidos" (por debajo del eje óptico).

Para espejos esféricos bajo la aproximación paraxial se cumplen las siguientes ecuaciones,

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f_2} \quad [2]$$

$$M = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \quad [3]$$

La ecuación [2] permite realizar la gráfica de la Figura 5. La cual corrobora la información correspondiente a la Tabla 1.

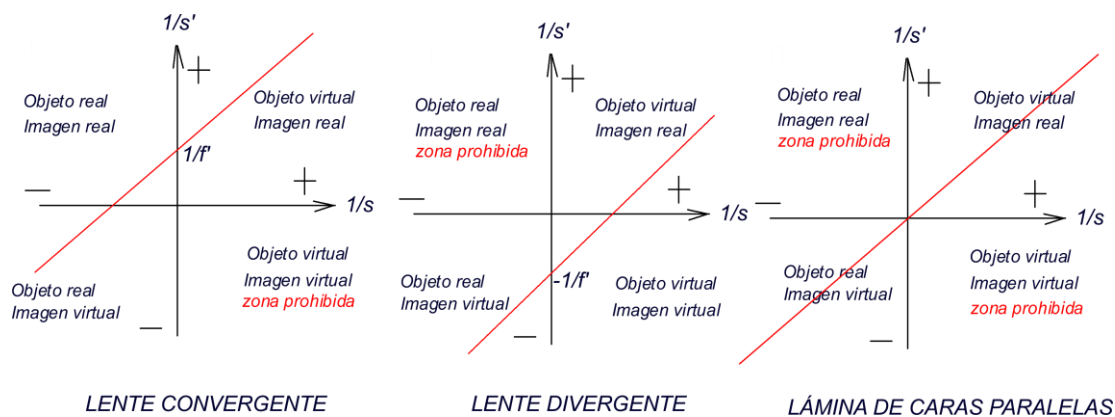


Figura 5

En el **APÉNDICE I** de esta sesión se ilustra un ejemplo de cómo calcular las distancias focales de una lente conocida su geometría y los índices de refracción de ella y del medio donde se encuentra sumergida.

En el **APÉNDICE II** se ilustra un ejemplo de cómo usar las ecuaciones [2] y [3].

Materiales

- SimulPhysics Mobile Edition.
- Lente convergente (1)
- Lente divergente (1).
- Cinta métrica (1).
- Regla de madera (1).
- Vela (1).
- Encendedor (1).
- Pantalla de vidrio esmerilado o de papel mantequilla (1).

Procedimiento

Momento 1: Simulaciones

Actividad 1: Taller usando SimulPhysics

Los estudiantes realizan un **taller de 12 ejercicios** sobre formación de imágenes usando **SimulPhysics**, Figuras 6. Una vez realizado se hace una corrección mediante discusiones con todo el grupo.

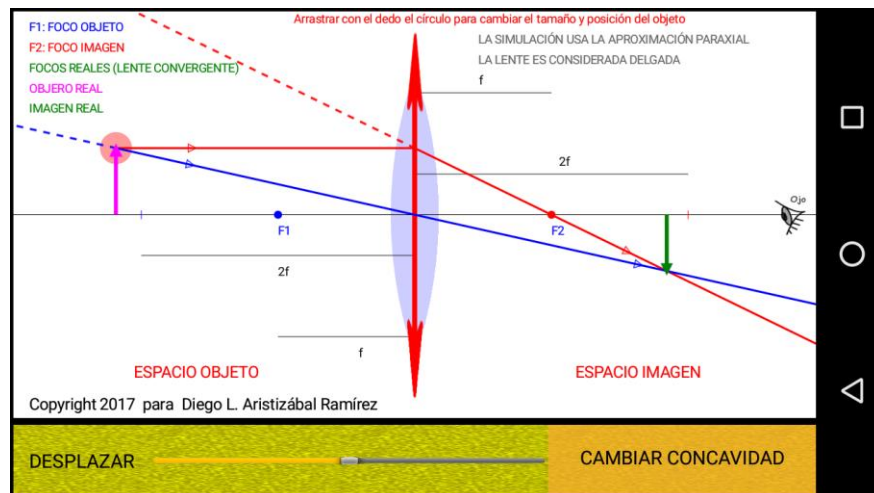


Figura 6

Momento 2: Experimentos

Actividad 2

Buscar el foco imagen de la lente convergente a usar. Para esto obtener la imagen real de un objeto ubicado en el infinito óptico. Como la lente es delgada se considera que el foco objeto está a la misma distancia de la lente que el foco imagen pero en el espacio opuesto.

Actividad 3

Mediante montaje experimental demostrar cada una de las situaciones de formación de imágenes planteadas en la Figura 4. Para uno de los caso de imagen REAL verificar que se cumple la ecuación [2].

Nota:

Las imágenes virtuales observarlas directamente con el ojo y las imágenes reales proyectarlas en una pantalla para ser observadas.

FIN

APÉNDICE I

Ejemplo de cálculo de distancias focales

Hacer un bosquejo de las diferentes lentes delgadas posibles que se pueden obtener al combinar dos superficies de radios de curvatura de 10,0 cm y 20,0 cm. ¿Cuáles son convergentes y cuáles divergentes? Encontrar la distancia focal en cada caso. Suponer primero que las lentes son de vidrio sumergidas en aire y luego que las lentes son de aire sumergidas en vidrio. Tomar como índice de refracción del vidrio 1,50.

Solución:

En la Figura A-1 se ilustran cuatro bosquejos de lentes construidas con SRE de radios 10,0 cm y 20,0 cm. Como los índices de las lentes mayores que el del medio donde están sumergidas las más gruesas en el centro son convergentes y las más delgadas divergentes.

Para calcular la distancia focal se emplea la expresión [1] bajo la convención de signos de las normas DIN.

$$\frac{1}{f_2} = \frac{(n' - n)}{n} \left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right] \quad [1]$$

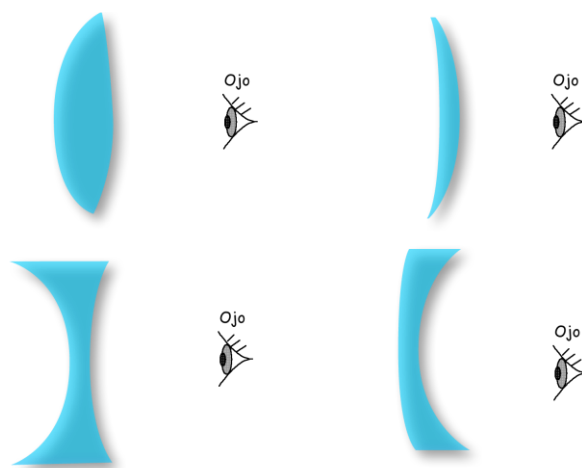


Figura A-1

Para la lente superior izquierda de la Figura A-1 se tiene:

$$n = 1,00 \quad n' = 1,50 \quad R_1 = 10,0 \text{ cm} \quad R_2 = -20,0 \text{ cm}$$

Por lo tanto,

$$f_2 = 13,33 \text{ cm}$$

Para la lente superior derecha de la Figura A-1 se tiene:

$$n = 1,00 \quad n' = 1,50 \quad R_1 = -20,0 \text{ cm} \quad R_2 = -10,0 \text{ cm}$$

Por lo tanto,

$$f_2 = 40,0 \text{ cm}$$

Para la lente inferior izquierda de la Figura A-1 se tiene:

$$n = 1,00 \quad n' = 1,50 \quad R_1 = -10,0 \text{ cm} \quad R_2 = 20,0 \text{ cm}$$

Por lo tanto,

$$f_2 = -13,33 \text{ cm}$$

Para la lente inferior derecha de la Figura A-1 se tiene:

$$n = 1,00 \quad n' = 1,50 \quad R_1 = 20,0 \text{ cm} \quad R_2 = 10,0 \text{ cm}$$

Por lo tanto,

$$f_2 = -40,0 \text{ cm}$$

En la Figura A-2 se ilustran cuatro bosquejos de lentes construidas con SRE de radios 10,0 cm y 20,0 cm. Como los índices de las lentes son menores que el del medio donde están sumergidas las más gruesas en el centro son divergentes y las más delgadas convergentes.

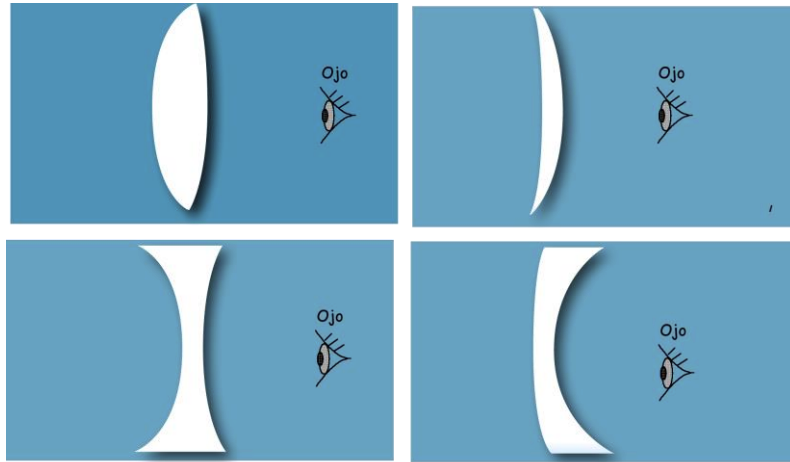


Figura A-2

Para la lente superior izquierda de la Figura A-2 se tiene:

$$n = 1,50 \quad n' = 1,00 \quad R_1 = 10,0 \text{ cm} \quad R_2 = -20,0 \text{ cm}$$

Por lo tanto,

$$f_2 = -20,0 \text{ cm}$$

Para la lente superior derecha de la Figura A-2 se tiene:

$$n = 1,50 \quad n' = 1,00 \quad R_1 = -20,0 \text{ cm} \quad R_2 = -10,0 \text{ cm}$$

Por lo tanto,

$$f_2 = -60,0 \text{ cm}$$

Para la lente inferior izquierda de la Figura A-2 se tiene:

$$n = 1,50 \quad n' = 1,00 \quad R_1 = -10,0 \text{ cm} \quad R_2 = 20,0 \text{ cm}$$

Por lo tanto,

$$f_2 = 20,0 \text{ cm}$$

Para la lente inferior derecha de la Figura A-2 se tiene:

$$n = 1,50 \quad n' = 1,00 \quad R_1 = -10,0 \text{ cm} \quad R_2 = -20,0 \text{ cm}$$

Por lo tanto,

$$f_2 = 60,0 \text{ cm}$$

APÉNDICE II

La potencia de una lente es de 5,00 dioptrías. (a) Si a 10,0 cm a su izquierda se coloca un objeto de 2,00 mm de altura, hallar la posición y el tamaño de la imagen: hacer el cálculo y el análisis gráfico. (b) Si dicha lente es de vidrio ($n = 1,50$) y una de sus caras tiene un radio de curvatura de 10,0 cm, ¿cuál es el radio de curvatura de la otra?

Solución:

Como la potencia es positiva entonces la lente es CONVERGENTE cuya distancia focal imagen es,

$$P = \frac{1}{f_2}$$

$$f_2 = \frac{1}{P}$$

$$f_2 = \frac{1}{5,00 \text{ m}^{-1}} = 20,0 \text{ cm}$$

En la Figura A-3 se ilustra la construcción gráfica de la imagen.

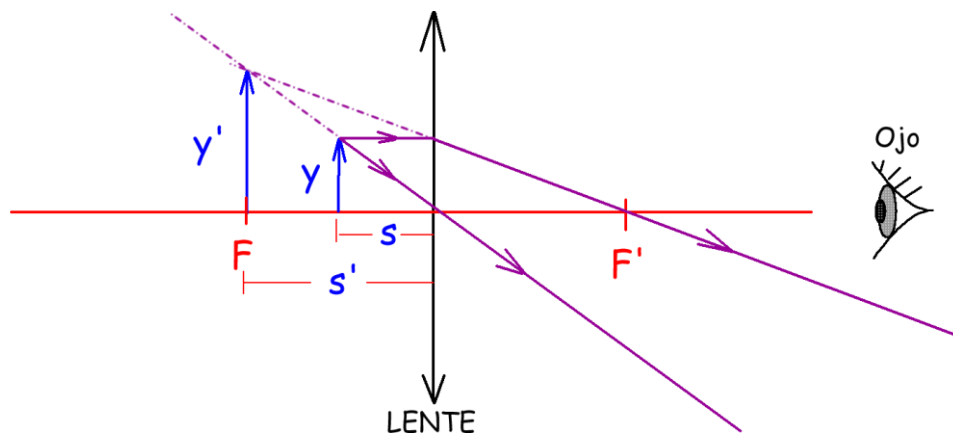


Figura A-3

Analíticamente se calcula la distancia imagen con ecuación [2],

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f_2}$$

Reemplazando $s = -10,0$ cm, $f_2 = 20$ cm se obtiene,

$$s' = -20,0 \text{ cm}$$

Para calcular el tamaño de la imagen se emplea la ecuación [10],

$$M = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \quad [3]$$

Reemplazando $s = -10,0$ cm, $s' = -20$, cm, $y = 2,00$ mm se obtiene,

$$y' = 4,00 \text{ mm}$$

Como la lente es CONVERGENTE y $n' > n$ al menos una de las SRE debe ser convexa, por ejemplo la SRE 1, $R_1 = 10,0$ cm). Para calcular el radio de curvatura de la SRE 2 de la lente se emplea la ecuación del constructor,

$$\frac{1}{f_2} = \frac{(n' - n)}{n} \left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right] \quad [1]$$

Reemplazando $n = 1,00$, $n' = 1,50$, $R_1 = 10,0$ cm, $f_2 = 20,0$ cm, se obtiene,

$$R_2 \rightarrow \infty$$

Es decir la SRE 2 es plana. La lente entonces es plano-convexa, Figura A-4.



Figura A-4

J. Anexo: Sistemas formadores de imágenes

– El microscopio y el ojo humano–

SESIÓN VIII

SISTEMAS FORMADORES DE IMÁGENES

-EL MICROSCOPIO Y EL OJO HUMANO-

Copyright 2018 para Diego Aristizábal R, profesor con tenencia de cargo de la Escuela de Física de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín

Introducción

Utilizando la óptica geométrica se analiza el funcionamiento de un microscopio compuesto y del ojo humano.

Objetivo general

Estudiar el funcionamiento del microscopio compuesto y del ojo humano utilizando la óptica geométrica.

Objetivos específicos

- Estudiar la formación de imágenes con un microscopio compuesto.
- Empleando el modelo del ojo humano como una lente convergente, se analizará la formación de las imágenes sobre la retina.

Fundamentación

El microscopio compuesto

Los elementos básicos de un microscopio compuesto son dos lentes denominadas respectivamente **objetivo** y **ocular**. Muy cerca del foco objeto de la lente objetivo se ubica la muestra que se desea observar formándose una imagen REAL de mayor tamaño. Esta imagen cerca del foco de la lente ocular, siendo ésta un objeto REAL para esta lente. De éste último objeto REAL, el ocular forma una imagen VIRTUAL de mayor tamaño y tendiendo a ubicarse en el infinito. Ver Figura 1.

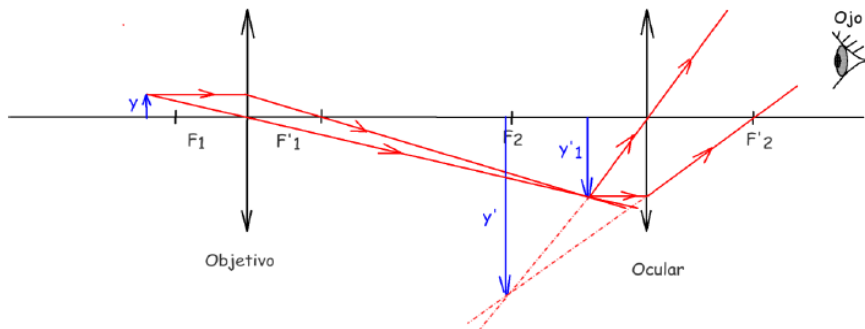


Figura 1

Tanto el objetivo como el ocular tienen un aumento ya definidos. El aumento del microscopio es el producto de estos dos aumentos. Por ejemplo, si el objetivo tiene un aumento de 15X y el ocular de 10X el aumento del microscopio es igual a 150X.

El ojo humano

-En todos los modelos del ojo humano se asume que **el foco imagen (F_2) está sobre la retina** de manera que un objeto en el infinito forma su imagen en la retina (**ojo relajado ó no acomodado**).

-**Modelo simplificado: es el modelo más usado.** Considera el ojo (completo) equivalente a una única lente convergente de distancia focal 17 mm (y por tanto, 58.8 dioptrías), ver Figura 2.

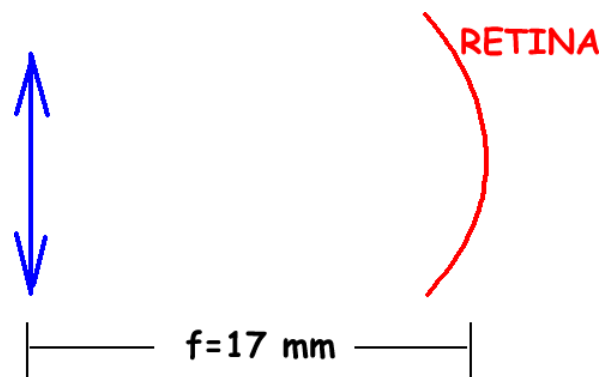


Figura 2

Poder de acomodación del ojo: punto cercano y punto remoto

- ✓ Con el **ojo relajado ó no acomodado**, la imagen de un punto (objeto) en el infinito (rayos incidentes paralelos al eje óptico) se forma en la retina. El punto objeto que, con el ojo no acomodado (relajado), forma su imagen en la retina se denomina **punto remoto**.
- ✓ Si el objeto se acerca, se vería borroso, pero el radio de curvatura del cristalino varía (**capacidad de acomodación**), aumentando su convergencia para que la imagen se siga formando en la retina y, por tanto, viéndose nítida (enfocada). El punto más cercano al ojo para el que aún se forma visión nítida sobre la retina se denomina **punto próximo (o punto cercano)**. Para un ojo normal suele estar a unos 25 cm (ojo acomodado).

En la Figura 3 se ilustran los denominados punto remoto y punto próximo del ojo normal.

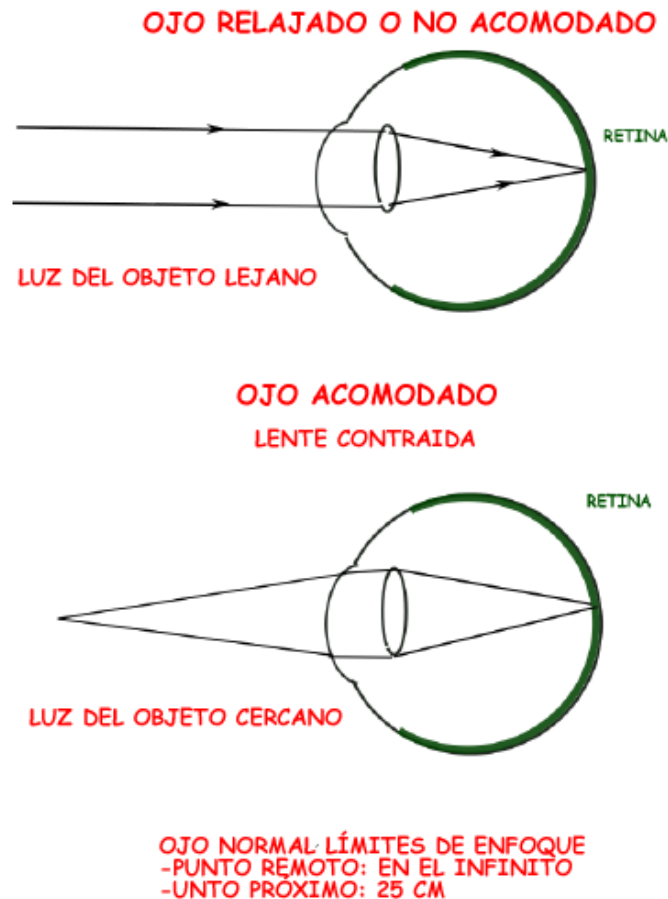


Figura 3

Ojo humano: condiciones de visión

Cuando el ojo no es emétrope por tener algún defecto refractivo, se denomina **amétrope**.

✓ Dos tipos especialmente importantes de ametropía son:

- **Miopía ó "vista corta"**: El punto remoto no está en el infinito y la imagen de objetos lejanos se forma delante de la retina (se ven borrosos). Se ven bien los objetos cercanos. Como se trata de un exceso de convergencia, para corregirla se usa una lente divergente cuyo foco imagen F_2 esté en el punto remoto. Así, un rayo procedente del infinito es visto por el ojo como procedente de ese punto remoto.
- **Hipermetropía**: Hay una falta de convergencia y la imagen se forma detrás de la retina. Se ven bien los objetos lejanos. La corrección se realiza con una lente convergente que "adelanta" el foco.

La reducción de la capacidad de acomodación (pérdida de elasticidad de los tejidos por la edad) se denomina **presbicia (vista cansada)**.

Proceso de visión humana

En la Figura 4 se ilustra el proceso de visión humano comparado con el proceso que sigue una cámara fotográfica.

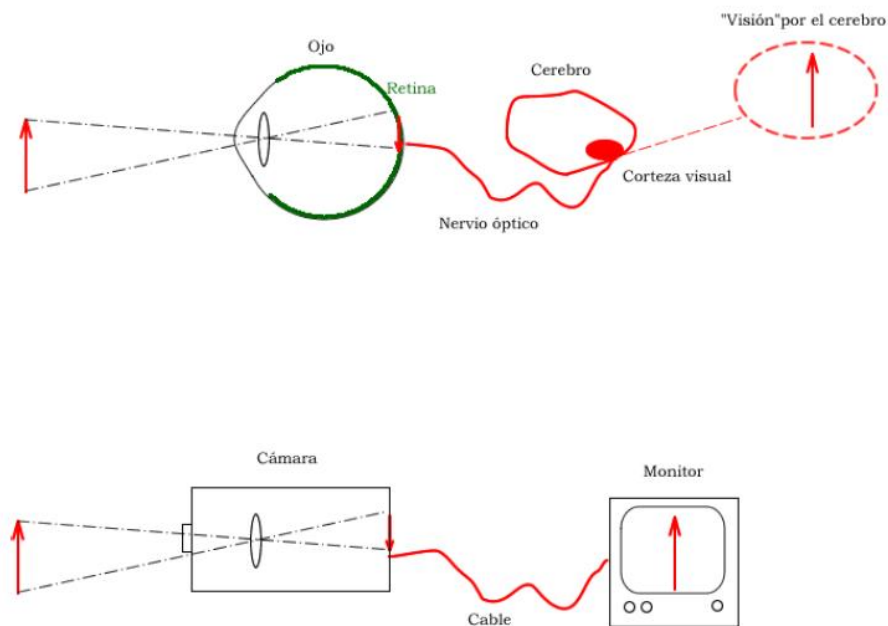


Figura 4

Procedimiento

Actividad

Realizar el taller propuesto sobre el ojo y el microscopio.

K. Anexo: Taller 1

SESIÓN VI

SISTEMAS FORMADORES DE IMÁGENES -IMÁGENES CON ESPEJOS ESFÉRICOS-

TALLER 1 SOBRE ANÁLISIS DE SIMULACIONES

-FORMACIÓN DE IMÁGENES CON ESPEJOS-

Usando las simulaciones correspondientes a la formación de imágenes con espejos esféricos, Figura 1, responder las preguntas que se presentan a continuación. Una buena ayuda es recordar bien la Tabla 1.

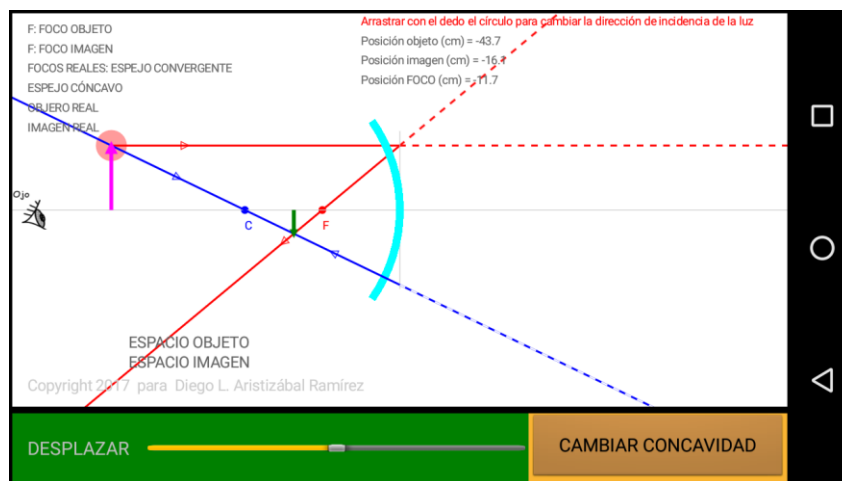


Figura 1

Tabla 1

OBJETO	IMAGEN	SISTEMA CONVERGENTE	SISTEMA DIVERGENTE	SISTEMA PLANO
REAL	REAL	ES POSIBLE	ES IMPOSIBLE	ES IMPOSIBLE
REAL	VIRTUAL	ES POSIBLE	ES POSIBLE	ES POSIBLE
VIRTUAL	REAL	ES POSIBLE	ES POSIBLE	ES POSIBLE
VIRTUAL	VIRTUAL	ES IMPOSIBLE	ES POSIBLE	ES IMPOSIBLE

PARTE I

1. Objeto REAL ubicado entre el centro de curvatura y el foco en un espejo cóncavo.

Respuesta ejemplo:

Imagen REAL, INVERTIDA, de MAYOR tamaño que el objeto y ubicada entre el centro de curvatura y el infinito.

2. Objeto REAL ubicado en el centro de curvatura de un espejo CÓNCAVO.

Respuesta:

3. Objeto REAL ubicado delante de un espejo CONVEXO a cualquier distancia.

Respuesta:

4. Objeto VIRTUAL ubicado a cualquier distancia del espejo CÓNCAVO.

Respuesta:

5. Objeto VIRTUAL ubicado entre el vértice y el foco de un espejo CONVEXO.

Respuesta;

6. Objeto REAL ubicado en el foco de un espejo CÓNCAVO.

Respuesta:

7. Objeto REAL ubicado entre el foco y el vértice de un espejo CÓNCAVO.

Respuesta:

8. Objeto REAL ubicado entre el centro de curvatura de un espejo CÓNCAVO y el infinito.

9. Objeto REAL ubicado en el infinito de un espejo CÓNCAVO.

Respuesta:

PARTE II

Contestar V si es verdadero y F si es FALSO para las siguientes afirmaciones. La respuesta debe estar sustentada con una simulación.

10. Con un espejo CONVEXO se pueden obtener imágenes REALES de menor tamaño de un objeto VIRTUAL.

Respuesta: V o F

11. Con un espejo CONVEXO se pueden obtener imágenes REALES de objetos REALES.

Respuesta:

12. Con un espejo CONVEXO se pueden obtener imágenes REALES de objetos VIRTUALES.

Respuesta: V o F

13. Todas las imágenes REALES son INVERTIDAS respecto al objeto.

Respuesta: V o F

14. Las imágenes REALES de objetos VIRTUALES son DERECHAS respecto al objeto.

Respuesta: V o F

15. Si se ubica un objeto REAL en el foco del espejo CONVEXO no se obtiene imagen. En otras palabras la imagen se ubica en el infinito óptico.

16. El aumento en un espejo plano es +1.

Respuesta: V o F

17. Con un espejo plano siempre se obtienen imágenes VIRTUALES de objetos REALES.

Respuesta: V o F

18. Con un espejo plano siempre se obtienen imágenes REALES de objetos VIRTUALES.

Respuesta: V o F

L. Anexo: Taller 2

SESIÓN VII

SISTEMAS FORMADORES DE IMÁGENES

-IMÁGENES CON LENTES ESFÉRICAS-

TALLER 2 SOBRE ANÁLISIS DE SIMULACIONES

-FORMACIÓN DE IMÁGENES CON LENTES-

Usando las simulaciones correspondientes a la formación de imágenes con lentes esféricas, Figura 1, responder las preguntas que se presentan a continuación. Una buena ayuda es recordar bien la Tabla 1.

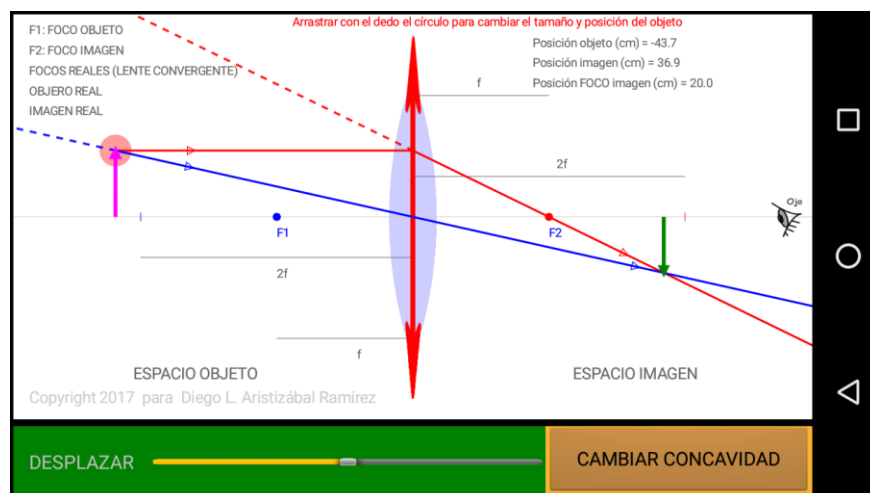


Figura 1

Tabla 1

OBJETO	IMAGEN	SISTEMA CONVERGENTE	SISTEMA DIVERGENTE	SISTEMA PLANO
REAL	REAL	ES POSIBLE	ES IMPOSIBLE	ES IMPOSIBLE
REAL	VIRTUAL	ES POSIBLE	ES POSIBLE	ES POSIBLE
VIRTUAL	REAL	ES POSIBLE	ES POSIBLE	ES POSIBLE
VIRTUAL	VIRTUAL	ES IMPOSIBLE	ES POSIBLE	ES IMPOSIBLE

PARTE I

1. Objeto REAL ubicado al frente de una lente convergente a una distancia igual a dos veces la distancia focal.

Respuesta ejemplo:

Imagen REAL, INVERTIDA, de IGUAL tamaño que el objeto y ubicada en el espacio imagen a una distancia de la lente igual a dos veces la distancia focal.

2. Objeto REAL ubicado entre el foco objeto de una lente convergente y ésta.

Respuesta:

3. Objeto REAL ubicado al frente de una lente divergente.

Respuesta:

4. Objeto VIRTUAL ubicado entre el foco imagen de una lente convergente y ésta.

Respuesta:

5. Objeto VIRTUAL ubicado entre el foco objeto de una lente divergente y ésta.

Respuesta:

6. Objeto REAL ubicado entre dos veces la distancia focal de una lente convergente y el infinito.

Respuesta:

PARTE II

Contestar V si es verdadero y F si es FALSO para las siguientes afirmaciones. La respuesta debe estar sustentada con una simulación.

7. Con una lente CONVERGENTE se pueden obtener imágenes VIRTUALES de objetos VIRTUALES.

Respuesta: V o F

8. Una lente que es más gruesa en su centro y que tiene menor índice de refracción que el medio es DIVERGENTE.

Respuesta: V o F

9. Todas las imágenes REALES son INVERTIDAS respecto al objeto.

Respuesta: V o F

10. Las imágenes REALES de objetos VIRTUALES son DERECHAS respecto al objeto.

Respuesta: V o F

11. Si se ubica un objeto REAL en el foco objeto no se obtiene imagen. En otras palabras la imagen se ubica en el infinito óptico.

Respuesta: V o F

12. En todos los sistemas CONVERGENTES si un objeto REAL se ubica entre el foco objeto y el sistema óptico se obtienen imágenes VIRTUALES, DERECHAS respecto al objeto y de MAYOR tamaño.

Respuesta: V o F

M. Anexo: Taller 3

SESIÓN VIII

SISTEMAS FORMADORES DE IMÁGENES

TALLER 3

-EL MICROSCOPIO Y EL OJO HUMANO-

1. Un hombre tiene un punto próximo a 50 cm del ojo y su punto remoto está en el infinito. ¿Qué lente necesitaría?

Ayuda: El hombre padece de hipermetropía y es necesario acercarle el punto próximo hasta el valor normal (25 cm). Por lo tanto necesitará una lente que al ubicar el objeto a la distancia 25 cm ($s = -25$ cm) genere una imagen virtual ubicada a 50 cm ($s' = -50$ cm) y de esta forma el ojo, totalmente acomodado, es capaz de formar la imagen en la retina.

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}$$

$$P \text{ (dioptrías)} = \frac{1}{f'(\text{m})}$$

Respuesta: Lente convergente de + 2 dioptrías de poder de convergencia.

Solución:

2. Los puntos próximo y remoto de un hombre miope se encuentran, respectivamente, a 20 cm y 250 cm del ojo. ¿Qué lente se le prescribe para este defecto?

Ayuda: La lente debe generar de un objeto ubicado en el infinito ($s \rightarrow \infty$) una imagen virtual ubicada en el punto remoto del ojo del hombre ($s' = -250$ cm).

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}$$

$$P \text{ (dioptrías)} = \frac{1}{f'(\text{m})}$$

Respuesta: Lente divergente de - 0.4 dioptrías de poder de convergencia.

Solución:

3. ¿Las imágenes generadas por las lentes de las gafas para compensar la miopía o la hipermetropía son REALES o VIRTUALES (respecto a las lentes de las gafas)?
4. ¿Las imágenes generadas por las lentes de las gafas para compensar la miopía o la hipermetropía son objetos REALES o VIRTUALES respecto al ojo?
5. ¿Las imágenes generadas por el ojo, las cuales se proyectan en la retina, son REALES o VIRTUALES?
6. ¿La imagen generada por la lente objetivo del microscopio es REAL o VIRTUAL?
7. ¿La imagen generada por la lente objetivo del microscopio es objeto REAL o VIRTUAL para la lente ocular del microscopio?
8. ¿La imagen generada por el ocular del microscopio es REAL o VIRTUAL?
9. ¿Si vamos a observar con el ojo directamente en un instrumento óptico, es necesario que la imagen dada por el instrumento sea REAL o VIRTUAL?
10. ¿Si vamos a proyectar sobre una pantalla la imagen dada por un instrumento óptico, Es necesario que la imagen dada por el instrumento sea REAL o VIRTUAL?

N. Anexo: Encuesta de satisfacción

CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN

Señor estudiante:

Esta encuesta es con el fin de estimar la valoración que usted hace de la intervención didáctica de la cual usted formo parte. Conteste con tranquilidad y sinceridad.

Por favor no marcar la hoja

Asigne en una escala de 1 a 5 (marcando con X al lado).

1. El material didáctico usado en la intervención fue de fácil adquisición y bajo costo.

1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___

2. En la intervención se usaron adecuadamente las denominadas nuevas tecnologías de la información y la comunicación, NTIC (computador, internet, celulares, tablets).

1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___

3. En la intervención las actividades realizadas fueron muy interesantes y agradables. Realmente disfruté este proceso de enseñanza aprendizaje.

1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___

4. Las condiciones ambientales (espacios, recursos utilizados, guías) han sido adecuadas para facilitar el proceso formativo:

1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___

5. Los temas tratados en la intervención fueron interesantes:

1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___

6. La metodología empleada en la intervención (experimentos, relación con la vida cotidiana, discusiones en grupo actividades en general) fue apropiada:

1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___

7. El docente guió la intervención educativa adecuadamente:

1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___

8. La intervención te dejó gran interés en los temas tratados:

1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___

9. ¿Crees que la enseñanza de las ciencias naturales debe ser orientada con actividades experimentales?

1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___

10. ¿Crees que la enseñanza de las ciencias naturales debe ser orientada con actividades experimentales y sobre todo éstas usando las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (NTIC)?

1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___

Responder SI o NO

11. Después de haber participado en esta intervención educativa quisiera repetir la misma experiencia con otros temas relacionados con las ciencias naturales:

SI ___ NO ___

12. Recomendaría a otros compañeros participar de una intervención didáctica que usará una metodologías similar:

SI ___ NO ___

O. Anexo: Entrevista

¿Cómo les pareció la propuesta implementada sobre la enseñanza de la óptica geométrica a través de actividades experimentales mediadas con las TIC?