

Universidad Pedagógica Nacional

Caracterización del Concepto de Fotón, una
Contextualización para la Enseñanza de la Luz en
Estudiantes de Educación Básica.

Monografía para optar al título de Licenciado en Física

Miguel Fernando López Mahecha

2003246041

Héctor Alonso Vela Guizado

2003246089

Director: Néstor Méndez

La enseñanza de la física y su relación fisicomatemática

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Física

Licenciatura en Física

Noviembre 3 de 2016

RESUMEN ANALITICO EN EDUCACIÓN- RAE

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de pregrado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Caracterización del Concepto de Fotón, una Contextualización para la Enseñanza de la Luz en Estudiantes de Educación Básica.
Autor(es)	López Mahecha, Miguel Fernando; Vela Guizado, Héctor Alonso
Director	Néstor Fernando Méndez Hincapié
Publicación	Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional, 2016.121.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	LUZ, ONDA, PARTÍCULA, DUALIDAD, FOTÓN, MODIFICABILIDAD ESTRUCTURAL COGNITIVA, FACTOR DE CONCENTRACIÓN Y FACTOR DE GANANCIA, FENÓMENOS ÓPTICOS, EXPERIENCIA DEL APRENDIZAJE MEDIADO.

2. Descripción
<p>La luz es y ha sido uno de los conceptos más complejos de la física moderna por estudiar, debido a sus modelos e interpretaciones que han surgido de las manifestaciones experimentales de interacción con la materia de forma macroscópica y microscópica. Por esta razón, este trabajo nos brinda herramientas suficientes que nos sirven para la comprensión y caracterización del comportamiento de la luz para su enseñanza en estudiantes de educación básica, por medio de la construcción y ejecución de un laboratorio móvil de óptica.</p>

3. Fuentes

Alexei B. Kozhevnikov. (Noviembre, 1993). La fórmula de fluctuación de Einstein y la dualidad partícula onda. El tambor de Feynman, (3), p. (18).

Ruíz de Elvira. (2003). Cien años de relatividad. Los artículos clave de Einstein de 1905 y 1906. Madrid, España: Nivola, libros ediciones.

Bao, L. y Redish, E... (2001). Concentration Analysis: A Quantitative Assessment of Student States, Am. J. Phys. 69, 45-53.

De Zubiria, J. (2002) Teorías Contemporáneas de la Inteligencia y la Excepcionalidad, Bogotá, Colombia: Cooperativa Editorial Magisterio.

Dirac P.A.M. (1968). Principio de Mecánica cuántica. Barcelona, España: Ariel.

Dirac, P (1981). The principles of quantum mechanics. New York: Clarendon Press.

Eisberg, Robert (1978). Física cuántica: Átomos, moléculas, sólidos, núcleo y partículas. México: Limusa.

Feuerstein, R. (1980) Learning Potential Assesment Device. Glenview, Illinois: Scott. Foresman and Company.

Freeman, R., Gordon. (1984). More on photons. Am. J. Phys. 52 (1).

Gratton, Julio. (2003). Termodinámica E Introducción A La Mecánica Estadística. Buenos Aires.

Recuperado de <http://www.lfp.uba.ar/julio:Gratton/termo/16.Estadistica.pdf>

Hake, R., Interactive-engagement vs traditional methods: A six-thousand student survey of

mechanics test data for introductory physics courses, Am. J.Phys. 66, 66-74 (1998).

Katherine Creath, Optineering, AZ, USA y College of Optical Sciences, The University of Arizona, E University Blvd, Tucson, AZ, USA (2007). Theory and practice: how do we teach our students about light? Of SPIE. 6664(22).

Kidd, Richard. Ardini, James. Y Anatol, Anton, (1989.). Evolution of the modern photon. Am. J.Phys. 57 (1).

Kuhn, S, Tomas. (1980): La teoría del cuerpo negro y la discontinuidad cuántica. Madrid: Alianza.

Landau, Lev Davidovich. y, Lifchitz E.(1970). Mecánica Cuántica Relativista: Hardcover.

Landau, y, Lifchitz, E. (1970). Quantum mechanics. Madrid, España: Hardcover.

Lévy-Leblond, Jean Mar. y. Balibar, Françoise. (1990). Quantics: rudiments of quantum physics. Amsterdam: North-Holland .

Mardari, N, Ghenadie. (2007). What is a photon. of SPIE. 6664 (35). 401- 407

Mentis, M. (1997): Aprendizagem mediada dentro e fora da sala de aula. Programa de pesquisa cognitiva, Divisão de educação especializada da Universidade de Witwatersand, África do Sul. São Paulo, Instituto Pieron de Psicologia Aplicada, 32-81.

Moreno, Harold y Guarín, Edgar. (2010). Nociones cuánticas en la escuela secundaria: Un estudio de caso. Departamento de Física, Universidad Pedagógica Nacional. Lat. Am. J. Phys. Educ. 4(1). 669-676.

Navarro veguillas, Luis. (1990). Einstein Profeta y Hereje. Barcelona, España: Tusquets Editores.

Navarro, Óscar. (2012). El surgimiento de la complementariedad Niels Bohr y la conferencia de Como. Recuperado de:
<http://www.inif.ucr.ac.cr/recursos/docs/Revista%20de%20Filosof%C3%ADa%20UCR/Vol.%20XLVIII/No.%20123124/El%20surgimiento%20de%20la%20complementariedad%20Niels%20Bohr%20y%20la%20Conferencia%20de%20Como%20.pdf>

Orro, S.E. (2003) Reuven Feuerstein y la teoría de la Modificabilidad cognitiva estructural, Revista de educación Facultades Integradas de la Fundación de Enseñanza Octavio Bastos. Brasil, 332, 33-54.

Piris Silvera Mario. (1999). Física Cuántica. Instituto Superior de Ciencias y Tecnología Nucleares. La Habana, Cuba .Editorial ISCTN.

Serway, R. (1994). Física Vol 2. USA: Mc Graw- Hill.

Strobl, Wolfgang, (2010). El Principio De Complementariedad y Su Significación Científico-Filosófica. Universitas Styoiorum Navarrensis. Recuperado de:
<http://dadun.unav.edu/bitstream/10171/1793/1/07.Wolfgang%20STROBL,%20Universidad%20de%20Navarra,%20El%20principio%20de%20complementariedad%20y%20su%20significaci%C3%B3n%20cient%C3%ADfico-filos%C3%B3fica.pdf>

Tannoudji.C. Cohen, y, Laloe. (1977). Modern Quantum mechanics. Washington, EEUU: Wiley-VCH.

Young, A, Richard. (1976). Thinking of the photon as a quantum-mechanical particle. Am. J. Phys. 44 (11).

4. Contenidos

Este trabajo nos brinda herramientas suficientes que nos sirven para la comprensión del comportamiento que presenta la luz en la interacción con la materia, para este fin, el trabajo se ha estructurado teniendo el siguiente orden, que maneja dos aspectos importantes:

En el primer capítulo se desarrolla un aspecto histórico clave en el desarrollo de la física, como lo es el problema de las fluctuaciones de energía para la construcción del concepto de fotón como la entidad cuántica presente en la radiación, además se describen los modelos conceptuales que se dieron a través de la historia. El segundo y último capítulo tratará acerca de la propuesta metodológica que se usó para el aprendizaje y enseñanza del comportamiento que presenta la luz a través de algunos planteamientos de Reuven Feuerstein, en la teoría de la Modificabilidad Estructural Cognitiva, una experiencia del aprendizaje mediado, en donde se mostrarán los resultados obtenidos de la construcción del laboratorio móvil de óptica y su implementación con estudiantes de educación básica y media vocacional con el fin de conceptualizar a través de la experiencia los fenómenos luminosos que presenta la luz y a partir de los resultados obtenidos con la realización de las actividades experienciales y pruebas de pre-test y pos-test, se calcularon los factores de concentración y de ganancia de la metodología propuesta (Moreno y Guarín, 2010).

5. Metodología

Revisión del estado del arte, en donde se identificaron las problemáticas más relevantes entorno al problema de la radiación, en donde se evidenció la crisis conceptual por aceptar un modelo

correcto al comportamiento que presenta la luz

Revisión bibliográfica de textos guías para el docente de diversas editoriales de las temáticas trabajadas de física y en especial de los fenómenos ópticos en la educación media vocacional; que responden a los parámetros y directrices ordenadas por el Ministerio de Educación Nacional (guía N° 7) para la enseñanza de la física.

Trabajo en aula, realizando un primer test luego de abordar las temáticas de la óptica y los fenómenos luminosos desde clases magistrales, después se conforman los grupos de trabajo, en donde se asigna una temática en particular de los contenidos trabajados en la educación media vocacional y referente a la óptica desde sus propios intereses a cada grupo, a partir de esto se pretende que los estudiantes realicen un montaje experimental de bajo costo que permita la apropiación del concepto trabajado.

Socialización, los grupos de trabajo realizan una puesta en escena en donde ellos son los generadores de las explicaciones fenomenológicas a los demás miembros de la comunidad educativa, permitiendo una mayor profundización de los contenidos trabajados con los montajes experimentales.

Utilización de una metodología cualitativa interactiva (Moreno y Guarín, 2010), donde se aplica una prueba (pre- test y un post- test) a 35 estudiantes distribuidos entre los grados octavo y noveno con actividad experiencial dada por 25 estudiantes de grado undécimo.

Análisis de los resultados, en donde se realiza la comparación de los resultados obtenidos de las dos pruebas aplicadas con los estudiantes de octavo y noveno, obteniendo un porcentaje de aprobación del antes y después, analizando el factor de concentración y de ganancia de la

metodología propuesta.

Finalmente con todos los montajes experimentales se construyó un laboratorio móvil de óptica como producto didáctico final, el cuál fue aportado a la institución educativa en la que se implementó este proyecto y que servirá de punto de partida a la hora de abordar nuevamente las temáticas relacionadas con los fenómenos luminosos.

6. Conclusiones

1. El comportamiento que presenta la luz ha sido generado a partir del estudio cuidadoso de la naturaleza y se construyó después de muchos años de confusión, de crisis y de modelos que fueron clarificando el problema.
2. Los modelos que se han construido de la estructura de la luz se siguen usando para la explicación de diferentes fenómenos ópticos en colegios e instituciones de educación superior, sin tener una relación o puente donde se evidencie los puntos cruciales de la dualidad onda partícula que presenta la luz y las nuevas concepciones para el entendimiento de la mecánica cuántica, pues esta formulación es la base para abordar problemas tales como la medición, la superposición, la interacción con la materia, ya que al realizar esto no se crean ideas confusas respecto al tema.
3. El uso de la metodología que nos brinda la M.E.C, genera en los estudiantes un mayor grado de recepción, ya que podemos formar en ellos la capacidad de indagación y establecimiento de las ideas para la construcción de sus actividades experienciales con una mayor motivación, en donde

la construcción de material didáctico ayuda más a la comprensión de los conceptos abordados entorno a los fenómenos luminosos.

4. El participar en congresos de ciencia en colegios y en eventos como el que organiza Corferias de Expociencia Juvenil motiva mucho más a los estudiantes, en donde no sólo crece la parte conceptual respecto al tema, sino que también se forma en la manera de expresarse y de transmitir las ideas a un público que además de interactuar con los montajes experimentales aprende de lo expuesto por los estudiantes.

5. La metodología propuesta del laboratorio móvil de óptica para la explicación de los conceptos de los fenómenos luminosos, permitió un mayor porcentaje de comprensión de la temática abordada en post-test, el cual fue medido con el factor de concentración y de ganancia. Lo anterior evidencia un avance significativo en la aprehensión de los conceptos trabajados.

6. Ante la pregunta de ¿Cómo diseñar una estrategia didáctica para enseñar el comportamiento de la luz, a partir de experiencias a estudiantes de educación básica y media vocacional? Se buscó que los estudiantes encontraran el sentido y el significado al conocimiento que se desarrollaba en el aula de clase, por tal motivo se comenzó a trabajar a partir de la Modificabilidad Estructural Cognitiva (MEC), entendiendo que esta teoría parte de los conocimientos previos que los estudiantes tienen de un fenómeno en particular, para así asimilar la nueva información; generando una aplicación de ese conocimiento y transformar los esquemas mentales de los estudiantes de lo cual se concluyen los siguientes avances.

La innovación en el aula de clase realizada por el docente generó mayor interés por parte de los estudiantes en la asignatura de Física teniendo en cuenta que se generó una nueva estrategia, derivada de la apropiación de los conceptos relacionados con la óptica a partir de proyectos sencillos pero significativos, los cuales permitieron que los estudiantes desempeñaran un papel activo del proceso aprendizaje y enseñanza.

Los estudiantes, al hacerse partícipes de un proyecto de aula, se acercan de forma más fácil a las nociones básicas de la física y en particular de los conceptos de onda y partícula. Esto se logró a partir de las explicaciones generadas por parte ellos en el marco del su propio proyecto, en donde se evidenció un conocimiento no nemotécnico sino experiencial de los fenómenos abordados por cada uno de los grupos de trabajo.

Ante la interiorización de los conceptos relacionados con los fenómenos ópticos, los estudiantes se convierten en multiplicadores de ese conocimiento; al manejar dichas nociones básicas los estudiantes expositores generaron curiosidad y motivación por parte de sus compañeros y en general de las personas que tuvieron la posibilidad de interactuar con los estudiantes expositores.

Finalmente se logró entender las palabras de Albert Einstein “El aprendizaje es experiencia, todo lo demás es información”.

Elaborado por:	Miguel Fernando López Mahecha y Héctor Alonso Vela Guizado
Revisado por:	Néstor Fernando Méndez Hincapié

Fecha de elaboración del Resumen:	25	11	2016
--	----	----	------

Agradecimientos

A Dios por darnos la oportunidad de la salud y la vida, por guiar nuestros pasos y brindarnos la sabiduría para culminar nuestra meta y terminar esta hermosa carrera.

A nuestras esposas y nuestros hijos, porque son los motores de nuestras vidas para seguir adelante sin marcha atrás.

A nuestro director el profesor Néstor Méndez por habernos orientado permanentemente durante la elaboración de nuestro trabajo de grado.

Al profesor Yecid Cruz y a la profesora Rosa Inés Pedreros por creer en todo momento en los estudiantes de amnistía.

A la memoria de Judith.

Tabla de contenido

	Pág.
Lista de Tablas.....	XV
Lista de Figuras.....	XVI
I. Introducción.....	1
II. Problema.....	2
III. Objetivos.....	4
IV. Justificación.....	4
Capítulo 1.....	8
1.1 Cosmovisión de Einstein y problemática por aceptar un modelo correcto de la radiación.....	8
1.2 El efecto fotoeléctrico.....	16
1.3 El efecto Compton.....	18
1.4 Otros estudios en este campo.....	19

Capítulo 2.....	24
2.1 Diseño de investigación.....	24
2.2 Caracterización Poblacional.....	25
2.3 Prueba de Conocimiento (pre-test y post-test).....	25
2.4 Estrategia pedagógica.....	26
2.5 Antecedentes educativos del laboratorio móvil de óptica.....	27
2.6 Duración del recorrido de la actividad experiencial.....	29
2.7 Resultados y análisis.....	30
2.8 Resultados del pre-test.....	30
2.9 Resultados del post-test.....	32
2.10. Factor de concentración y ganancia.....	33
Conclusiones	41
Fuentes de referencia bibliográfica.....	44
Apéndices.....	47
ANEXOS.....	49

Lista de Tablas

TABLA I. Porcentaje de respuestas dadas a las preguntas del pre-test por estudiantes de grado octavo.....	31
TABLA II. Porcentaje de respuestas dadas a las preguntas del pre-test por estudiantes de grado noveno.....	31
TABLA III. Porcentaje de aprobación total obtenido de las 19 preguntas del pre-test en los grados octavo y noveno.....	32
TABLA IV. Porcentaje de respuestas dadas a las preguntas del post-test por estudiantes de grado octavo.....	32
TABLA V. Porcentaje de respuestas dadas a las preguntas del post-test por estudiantes de grado noveno.....	32
TABLA VI. Porcentaje de aprobación total obtenido de las 19 preguntas del post-test en los grados octavo y noveno.....	33
TABLA VII. Score y factor de concentración de respuestas dadas a las preguntas del pre-test por estudiantes de grado octavo.....	35
TABLA VIII. Score y factor de concentración de respuestas dadas a las preguntas del post-test por estudiantes de grado octavo.....	35
TABLA IX. Score y factor de concentración de respuestas dadas a las preguntas del pre-test por estudiantes de grado noveno.....	37
TABLA X. Score y factor de concentración de respuestas dadas a las preguntas del post-test por estudiantes de grado noveno.....	37

TABLA XI. Valores de los promedios iniciales y finales del post y pre-test, valores de la ganancia y la ganancia máxima encontrada para estudiantes de grado octavo.....39

TABLA XII. Valores de los promedios iniciales y finales del post y pre-test, valores de la ganancia y la ganancia máxima encontrada para estudiantes de grado noveno.....40

Lista de Figuras

Pág.

Figura 1. Modelo propuesto por Einstein para el estudio de las fluctuaciones de energía.....9

Figura 2. Modelo análogo al sistema- reservorio propuesto por Einstein para el estudio de las fluctuaciones de energía.....10

Figura 3. Combinación del score y el factor de concentración S-C del pre-test y el pos-test para los estudiantes de grado octavo.....36

Figura 4. Combinación del score y el factor de concentración S-C del pre-test y el pos-test para los estudiantes de grado noveno.....38

Figura 5. $\langle g \rangle$ Vs $\langle \text{Pre-test} \rangle (s_i)$ Efectividad de la metodología desarrollada.....41

V. Introducción

El conocimiento que tenemos actualmente del comportamiento de los sistemas físicos se ha construido por la preocupación del ser humano por organizar, explicar y estructurar la experiencia del mundo físico. En este sentido el ejercicio de la labor docente debe encaminarse al diseño, elaboración y desarrollo de espacios de práctica para dialogar, debatir, construir y organizar la experiencia del mundo físico.

Para ayudar a este propósito que adquiere la labor docente es necesario y pertinente generar materiales educativos entorno a procesos de inteligibilidad y comprensión de los conceptos científicos.

Siendo la luz un elemento de la experiencia diaria que nos sirve para innumerables aplicaciones (saber la forma de los objetos, ubicarlos en el espacio, obtener información de la estructura de la materia a partir del estudio de los espectros, avanzar en la medicina y la ciencia, entre otros) su conceptualización por parte de un licenciado de física se hace necesario. Ideas fundamentales que ayuda a la comprensión de las propiedades de la luz, son los modelos de onda y partícula. En este proyecto se extraen y explicitan los modelos construidos a través de la historia de la física entorno al comportamiento de la luz, punto de partida necesario para lograr elementos cognitivos en el proceso de construcción de saberes en el aula de clase, con el fin de hacer inteligible el concepto de dualidad con nuestros estudiantes mediante estímulos directos que permitan la trascendencia y transferencia de este concepto a través de diferentes procesos de

mediación propuestos de desde la teoría de la Modificabilidad estructural cognitiva (ORRO, 2003).

Con base en lo anterior el lector encontrará en el primer capítulo los antecedentes históricos que de la crisis y problemática que se generó a partir del descubrimiento de las nuevas propiedades de la radicación, además se explican los modelos estructurales construidos para dar explicación al comportamiento que presenta la luz. En el segundo capítulo se retoman algunos principios universales desde la teoría de la Modificabilidad Estructural Cognitiva que permiten orientar la propuesta pedagógica en el aula de clase entorno al comportamiento que presenta la luz, para la construcción de un laboratorio móvil de óptica y su implementación con estudiantes de educación básica y media vocacional, además se presentan los resultados obtenidos de la experiencia con los estudiantes.

VI. Problema

La elaboración de un concepto es un proceso de conocimiento producto de la labor científica, importante para el entendimiento de la naturaleza. Por tal motivo es de vital importancia estructurar el comportamiento que presenta la luz, particularmente al abordar la dualidad onda partícula, ya que esta formulación es necesaria en los problemas de medición, probabilidad, superposición, interacción con la materia, entre otros Dirac (1981). Además J. M. L. Leblond (1990) nos habla de la problemática de que un objeto físico tenga al mismo tiempo dos naturalezas heterogéneas – Fotón. Los efectos de esta confusión son nocivos para la enseñanza, la divulgación y el conocimiento de la física moderna.

Además al abordar la naturaleza probabilística desde de la mecánica cuántica, en entorno a la dualidad de la luz, acoplado al modelo corpuscular del fotón y el alto uso de la matemática para el estudio de los fenómenos físicos, hacen que su comprensión sea confusa, como algo anti-intuitivo, en palabras de Dirac (1981):

“Este fenómeno se presenta al estudiante desde la teoría cuántica, como algo anti-intuitivo, cuyos principios resultan de difícil comprensión. Una de las razones por las que sucede esto es porque en mecánica cuántica se tiene un grado de abstracción tal que se pierden las imágenes directas que permiten familiarizarse de los fenómenos.”

Al abordar varios textos escolares de diversas editoriales en nuestra labor docente, no se entiende cómo los textos de física clásica, en particular los que se utilizan en la enseñanza de la básica y media explican la onda y la partícula como conceptos netamente excluyentes presentando incompatibilidad, y más al abordar los temas en la enseñanza de la óptica, mientras que en la física cuántica estos dos conceptos son compatibles y complementarios. Por otra parte, en física clásica se habla de continuidad de la materia y la energía, mientras en física cuántica se habla de forma discreta de la materia y la energía. Además de lo ya expuesto en la justificación por diversos autores entorno al comportamiento que presenta la luz, se plantea la siguiente pregunta que delimitan el problema, que nos proponemos abordar es:

¿Cómo diseñar una estrategia didáctica para enseñar el comportamiento de la luz, a partir de experiencias sencillas a estudiantes de educación básica y media vocacional?

III Objetivos

Objetivo general

Diseñar e implementar una unidad didáctica experiencial que sirva como estrategia para la comprensión del comportamiento de la luz, mediante la teoría de la Modificabilidad Estructural Cognitiva MEC a estudiantes de Educación Básica.

Objetivos específicos

- Analizar algunas concepciones teóricas que dan explicación a los fenómenos vinculados a la luz desde diferentes contextos históricos.
- Identificar los modelos propuestos para la comprensión de la luz desde sus modelos estructurales: onda y partícula.
- Describir las características del comportamiento de la luz a través de actividades didácticas experimentales.
- Determinar el factor de concentración y la ganancia conceptual de la unidad didáctica implementada.

IV Justificación

En el ejercicio de la labor docente en la educación media vocacional, al momento de explicar los conceptos y fenomenologías de la luz se usan diversas interpretaciones que han surgido para la explicación del comportamiento que esta presenta; uno de ellos para la explicación de la

fenomenología de la óptica geometría es usar el modelo de luz como rayo lumínico para dar explicación a la reflexión y la refracción, pero que no posibilita la comprensión de otros fenómenos como son la difracción, la interferencia lumínica, el color entre otros. Por otra parte cuando analizamos el movimiento de la luz en línea recta comenzamos a hablar del comportamiento corpuscular de la luz, generando una confusión al momento de aceptar un modelo para dar respuesta a este fenómeno cotidiano. Algunos ejemplos de estos modelos son aceptar que la luz está compuesta por partículas, las cuales son capaces de rebotar en un espejo logrando así explicar la propagación rectilínea de la luz y las leyes de reflexión y refracción, Según Newton, citado por Serway (1994).

“Si la luz es una partícula, entonces no sería capaz de difractarse después de pasar por una abertura o alrededor de un obstáculo ya que las partículas se mueven siempre en línea recta, por lo cual deberá moverse en línea recta”

Por otra parte al momento de abordar la difracción de la luz al pasar a través de aberturas o a través de obstáculos es necesario el modelo de onda, expresado en palabras de Huygens, citado por Serway (1994).

“Debemos imaginar la cresta de una onda formada por un número infinito de pequeñas ondas. A medida que estas ondas pasan a través de una abertura o un obstáculo comenzarán a extenderse de nuevo y esto es lo que conduce a la difracción”

Desde la perspectiva de luz como onda es posible vincular los conceptos propios de la energía a la luz con estudiantes de educación media vocacional sin lograr mayor aprehensión de estas

ideas, dando como resultado que estas conceptualizaciones no logren la trascendencia que se espera al momento de abordar estas temáticas con los estudiantes.

Modelos más formales usados en la educación superior también presentan diferentes problemáticas de comprensión para los estudiantes en la construcción de un modelo que satisfaga las fenomenologías; algunos ejemplos encontrados en la literatura muestran las diferentes ideas que generaron la construcción del concepto de fotón como una entidad cuántica presente en la radiación lumínica, uno de estos escritos encontrados en la literatura es el que Einstein le escribió a Lorentz en 1909, citado por (Alexei B, 1993), “Imagino un cuanto de luz como un punto rodeado por un campo vectorial que emana y que de alguna manera disminuye con la distancia.

Por otro lado De Broglie (1924), citado (Alexei B, 1993) plantea que un campo escalar corresponde a un corpúsculo de luz. Además, en su artículo postula la idea-dualística en la que las ondas dirigirán el movimiento de los cuantos que transportan energía, Por otro lado, Armstrong en 1983, citado por Gordon R. Freeman (1984) afirma que los fotones son coeficientes de series de Fourier o incrementos de estos coeficientes.

Además, en los libros especializados en mecánica cuántica también se pueden encontrar ideas acerca de fotón o en su mayor detalle características de este. P.A.M. Dirac (1968) afirma que los fotones son bosones debido a que tienen el mismo spin, según Cohen (1977) afirma que La luz consiste en un rayo de partículas (fotones), las cuales cada una posee energía. Además en Landau y Lifchitz (1970), postulan que los fotones son bosones con masa restante cero que poseen energía y momentum.

En las revistas científicas como la *American Journal of Physics* aparecen artículos que tratan la evolución del concepto de fotón según las diferentes interpretaciones que han tenido a través de la historia de la física. Según Richard Kidd (1989) aborda el concepto de fotón representando al menos cuatro modelos que llegan a diferentes connotaciones para los estudiantes y practicantes científicos, en el cual se afirma que "Uno de los más incomprensibles enigmas del entendimiento de la mecánica cuántica, especialmente en estudiantes de pregrado ha sido la dualidad onda partícula, la dualidad de la luz, acoplado al modelo corpuscular del fotón ha sido fuente de muchos conflictos en interpretaciones y ha promovido casi una confusión universal entre los no expertos"

Además podemos encontrar en otro artículo, como el escrito por Richard. A. Young (1976) en donde usa argumentos simples donde muestran que el fotón puede ser considerado como una partícula en mecánica cuántica, al pensarse como atraído o repelido por un átomo, postulando que "El fotón representa una de las más difíciles partículas para conceptualizar en la física", debido al alto nivel de la matemática usada en la mecánica cuántica.

Jean Marc Levy Leblond (1990) dice: Acaso no se ha impuesto la idea de la dualidad onda corpúsculo desde hace más de medio siglo ¿cómo es posible que un objeto físico tenga al mismo tiempo dos naturalezas heterogéneas – Fotón? Los efectos de esta confusión son nocivos para la enseñanza, la divulgación y el conocimiento de la física moderna.

Por esta razón, este trabajo de grado pretende ser un material educativo, que sirva de complemento a la labor docente en la enseñanza de la física, mostrando cómo a través de la

implementación de unidades didácticas¹, un proceso de conocimiento de la naturaleza del comportamiento de la luz, puede ser llevado claramente a los estudiantes de educación media.

Debido a esto, es importante incluir la temática de los fenómenos luminoso, realizando un estudio minucioso de las diversas interpretaciones que han surgido en la caracterización del concepto de luz.

Capítulo 1

1.1 Cosmovisión de Einstein y problemática por aceptar un modelo correcto de la radiación

La evolución del concepto de quantum fue posible gracias a la concepción que Einstein tenía de la mecánica estadística como la metodología apropiada para explicar el comportamiento microscópico (es decir, termodinámico) sobre la base del comportamiento macroscópico de los constituyentes elementales de todo sistema complejo, (Navarro, 1990), además la teoría de la termodinámica le proporcionó elementos teóricos apropiados para el estudio de sistemas en equilibrio, en donde se asigna valores promedio a las variables macroscópicas² observables del sistema produciendo alteraciones o cambios alrededor del valor asignado en la variable física.

¹ Entiéndase como un modelo de aprendizaje que se encuentra fundamentalmente ligado a las teorías constructivistas, la cual afirma que el conocimiento humano de todas las cosas es un proceso mental del individuo que se desarrolla de manera interna y conforme el individuo interactúa con su entorno.

² Un ejemplo de estas variables son la presión, la energía, la temperatura entre otros.

A este tipo de alteraciones o variaciones de los sistemas se les denominan fluctuaciones³, por ejemplo, en el caso de la radiación nos conduce a una estructura dual, la cual tendremos a consideración para estudiar a continuación con el siguiente diagrama.

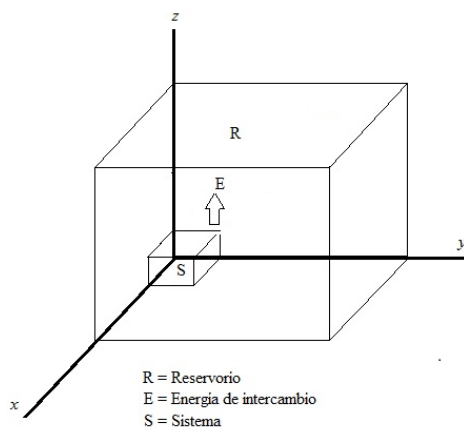


Figura 1. Modelo propuesto por Einstein para el estudio de las fluctuaciones de energía.

Einstein encontró hacia el año 1900 la existencia de las fluctuaciones de energía en el estudio de un sistema termodinámico, que consistía en un espacio o cavidad relativamente grande denominado reservorio R (ver figura 1), dentro del cual se encuentra inmerso el sistema de estudio S. Para ilustrar mejor este ejemplo, imaginemos una resistencia conectada a una batería dentro de una caja metálica cerrada, por la que fluye una corriente eléctrica y emite energía térmica (ver figura 2), este sistema se equilibra térmicamente con la con la temperatura de la caja que la encierra, obteniendo en el proceso fluctuaciones de energía alrededor de un valor medio \overline{E} que se dan cuando se producen intercambio de energía entre el sistema y el reservorio.

³ Fluctuación: Es la variación en la medida de una magnitud física, la cual oscila entre dos valores respecto a un determinado valor medio. En el caso de la energía media se tiene matemáticamente que la fluctuación de la energía es $\Delta E \equiv E - \overline{E}$ Donde ΔE es la desviación de E, en uno de los valores medidos de la energía del sistema, y \overline{E} es la energía media del sistema. Donde $\Delta E \equiv (\Delta E)^2 \equiv (E - \overline{E})^2$.

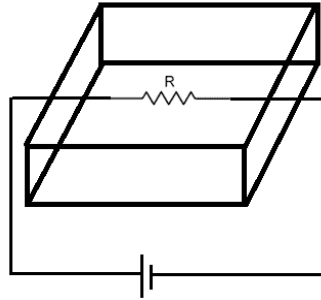


Figura 2. Modelo análogo al sistema- reservorio propuesto por Einstein para el estudio de las fluctuaciones de energía.

A partir de la ley de equipartición de la energía y de las formulaciones de la termodinámica (Gratton Julio, 2003) se puede escribir la siguiente expresión para la energía promedio como:

$$\overline{\varepsilon^2} = kT^2 \frac{\partial \overline{E}}{\partial T} \quad (1.1)$$

Donde k es la constante de Boltzmann y T es la temperatura de equilibrio.

En el estudio de los sistemas termodinámicos surge esta ecuación ya que fue aplicada al caso específico de un sistema de radiación de cuerpo negro⁴ a una temperatura T . Ya Planck había deducido la expresión de la energía radiante en término de la frecuencia (ley de Planck) como lo muestra la siguiente expresión:

$$E = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3} \left(\frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} \right) \nu d\nu \quad (1.2)$$

⁴ Un cuerpo negro es un cuerpo que tiene la propiedad de absorber toda la radiación que incide sobre él, para luego emitirla como radiación térmica; es decir aumento en su temperatura.

Un ejemplo sería una caja cerrada con un orificio por el cual incide un haz de luz, éste haz se refleja en las paredes hasta que es absorbido, ya que la probabilidad de que vuelva a escapar es mínima. Un cuerpo negro en la naturaleza puede ser un cuerpo compuesto de negro bismuto (Kuhn, 1980).

Donde E mide la cantidad de energía radiante por unidad de superficie y tiempo entre las frecuencias ν y $\nu + d\nu$, esta es la energía que fluye o sale a través de la superficie que encierra al volumen V .

Para obtener una nueva ecuación de fluctuación de la energía, Einstein hizo uso la ley de Planck y la reemplazó en (1.1), obteniendo la siguiente expresión:

$$\overline{\varepsilon^2} = h\nu E + \frac{c^3}{8\pi\nu^2 d\nu} E^2 \quad (1.3)$$

Por conveniencia, la ecuación de fluctuación de energía Einstein⁵ puede ser reescrita de la siguiente forma al dividir por el cuadrado de la energía E :

$$\frac{\overline{\varepsilon^2}}{E^2} = \frac{h\nu}{E} + \frac{c^3}{8\pi\nu^2 V d\nu} = \quad (1.4)$$

La conveniencia de esta última ecuación está en que en ella es posible apreciar la existencia de dos términos, que presentan dos propiedades bien diferentes. Por un lado el primer término da cuenta de la elementalidad⁶ debido a que en esta ecuación está presente $h\nu$ que se relaciona con fotones (luz como partícula). El segundo término es el conteo de modos normales en una cavidad, así que se relaciona directamente con la teoría ondulatoria (Eisber R, 1978), en términos generales se interpreta como el modelo ondulatorio.

Si abordamos la fluctuación que se presenta, en el cual toda la energía se concentraría en tan solo una parte de todo el volumen de la cavidad, tendríamos la ecuación.

⁵ La deducción de esta ecuación se muestra en el apéndice 1.1.

⁶ Entiéndase elementalidad como radiación emitida en paquetes discretos de energía.

$$W = (V_1 / V)^{E/h\nu} \quad (1.5)$$

Donde V es el volumen total, y V_1 es el volumen donde probabilísticamente estarían todas las partículas de energía $h\nu$. El término $E / h\nu$ nos da el número total de partículas que producen las fluctuaciones de energía en el sistema.

Albert Einstein usó las ecuaciones (1.4) y (1.5) donde se encuentran términos que hacen referencia al carácter elemental de la radiación. Además el concepto de dualidad no se tenía aún, daban mayor importancia a uno de los dos modelos (Corpuscular u ondulatorio).

La primera ecuación que sustentó Einstein fue la (1.5) en su primer artículo sobre los cuantos en 1905, donde apoyándose en su modelo y en el planteamiento matemático de la fórmula de fluctuación, encontró que hay problemas en la estructura del modelo teórico que se daba a la radiación; Por esta razón se planteó un modelo que fusionara la teoría de emisión y la teoría ondulatoria en el que ambas propiedades estructurales (onda y partícula) pudieran verse compatibles, en el que la propiedad dual de la radiación estuviera presente.

Las ideas anteriores evidencian el direccionamiento del modelo de la luz hacia las concepciones de dualidad onda partícula o de fusión denominada complementariedad, según Abraham Pais 1982, citado por (Alexei B, 1993).

Es importante tener en cuenta el origen de este concepto de complementariedad, para ello nos basaremos en Navarro Óscar (2012) y Strobl Wolfgang (2010). En el año de 1927 en la ciudad

de Como, Italia, en el congreso dedicado al centenario de la muerte del físico italiano Alessandro Volta, el físico danés Niels Bohr ofrece la conferencia que marca el surgimiento de la idea de la complementariedad, en la recientemente desarrollada teoría cuántica, partiendo de las relaciones de Heisenberg. Estas últimas suelen llamarse con el nombre de “relaciones de incertidumbre” e incluso “de indeterminación”, en donde se trata de “relaciones canónicamente conjugadas” o, más exactamente todavía, del “principio micro físico de complementariedad”. Para poder penetrar en el sentido universal de la complementariedad, es indispensable averiguar antes los presupuestos y el contenido de su expresión microfísica que entran en el principio de Heisenber.

1. El quantum de acción h , que Max Planck descubrió en el año 1906, La constante h expresa, ya por su dimensión: $6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} = 6.63 \times 10^{-34} \text{ kgm}^2/\text{s}$.

Donde la vinculación interna o complementariedad entre los parámetros dinámico-energéticos y el espacio-temporal, la energía E de un sistema micro físico y el número de oscilaciones en un segundo o la frecuencia ν se relacionan como sigue:

$$E = h\nu$$

Por otra parte Louis de Broglie aportó nuevos aspectos de la complementariedad, además de los parámetros “canónicamente conjugados” como: localización espacial y cantidad de movimiento, duración temporal y estado energético, que son conceptos complementarios en la microfísica.

Por otro lado, de acuerdo con Bohr, los modelos onda y partícula son necesarios para describir la totalidad de los fenómenos que comprenden a la radiación y a los sistemas atómicos.

Retomando la discusión acerca de un modelo que fusionara la teoría de emisión y la teoría ondulatoria, es importante tener en cuenta el campo electromagnético descrito por las ecuaciones de Maxwell, en donde nos damos cuenta del carácter ondulatorio definiéndose como un campo vectorial que emana de cargas en movimiento acelerado y que de alguna manera disminuye con la distancia. Las ideas que en ese momento tenía Einstein acerca de la estructura de la luz según (Alexei B, 1993) en donde se cuenta lo que Einstein escribió a Lorentz, lo siguiente:

“creo que la luz se concentra a sí misma alrededor de puntos singulares (aunque no necesariamente matemáticamente singulares) de forma similar como estamos acostumbrados a asumir sobre el campo electrostático. Imagino un cuanto de luz como un punto rodeado por un campo vectorial que emana y que de alguna manera disminuye con la distancia. Este punto es una singularidad sin la cual el campo vectorial no puede existir. Ahora bien no puedo decir todavía si debemos pensar en una simple superposición de campos vectoriales para el caso de varios cuantos. De cualquier forma, para definir el proceso detrás de las ecuaciones diferenciales para campos vectoriales, se debe contar también con las ecuaciones de movimiento de estos puntos singulares. La energía del campo electromagnético debe estar por lo menos en el

caso de radiación suficientemente débil, de alguna forma conectada al número de dichos puntos singulares.

Albert Einstein al no tener la certeza en ese momento de que los campos vectoriales se debían superponer, las ideas eran algo difusas, además afirmó que la energía del campo electromagnético debían estar conectadas a estos puntos singulares, por lo tanto, los procesos de absorción deben ocurrir en conjunto con la desaparición de uno de esos puntos singulares y con la degeneración del campo vectorial que pertenece al mismo.

Por otro lado, las ideas de Einstein, empezaron a tener éxito en 1911, ya que se reconocieron las fluctuaciones de energía como una anomalía presente en la teoría clásica⁷, en donde sus contradictores empiezan a reconocer como correcta su fórmula de fluctuación, y a afirmar que el primer término de su fórmula no podía ser deducido partiendo de la teoría ondulatoria, sin embargo se hace consciente que el segundo término contradice la hipótesis de los cuanta de luz tanto como el primero a la teoría corpuscular, en donde *“ físicos llegaron a la conclusión de que este problema era difícil y estaban inclinados a que el origen de éste se encontraba en los oscuros procesos de interacción entre la radiación y la materia; la solución a este problema tenía que ser encontrada en el futuro ”*, según escrito de Lorentz realizado en 1912 y publicado en 1916 (Alexei B, 1993).

⁷ Se consideraba una anomalía ya que no se podía explicar desde la teoría clásica de la época.

. A continuación se presenta mostraremos algunos experimentos de procesos de interacción entre la radiación y la materia que sustentan el comportamiento que presenta la luz.

1.2 El efecto fotoeléctrico

Heinrich Hertz descubrió de forma accidental en 1887 el efecto fotoeléctrico que llevaría a cuestionar, precisamente, la teoría ondulatoria que él mismo daba por sentada. Experimentó “un fenómeno nuevo y completamente desconcertante”: Hertz en sus experimentos sobre la producción y recepción de ondas electromagnéticas, tenía un receptor consistía en una bobina en la que se podía producir una chispa como producto de la recepción de ondas electromagnéticas. Para observar mejor la chispa Hertz encerró su receptor en una caja negra. Sin embargo la longitud máxima de la chispa se reducía en este caso comparada con las observaciones de chispas anteriores. En efecto la absorción de luz ultravioleta facilitaba el salto de los electrones y la intensidad de la chispa eléctrica producida en el receptor. Hertz publicó un artículo con sus resultados sin intentar explicar el fenómeno observado.

Después, de que el físico Joseph John Thomson descubre el electrón, Albert Einstein de 1905 propuso una descripción matemática de este fenómeno que parecía funcionar correctamente y en la que la emisión de electrones era producida por la absorción de cuantos de luz, que más tarde serían llamados fotones. En un artículo titulado "Un punto de vista heurístico sobre la producción y transformación de la luz" mostró como la idea de partículas discretas de luz podía explicar el

efecto fotoeléctrico y la presencia de una frecuencia característica para cada material por debajo de la cual no se producía ningún efecto. Por esta explicación del efecto fotoeléctrico Einstein recibiría el Premio Nobel de Física en 1921.

La explicación que propuso fue que los fotones del rayo de luz tienen una energía característica determinada por la frecuencia de la luz. En el proceso de fotoemisión, si un electrón absorbe la energía de un fotón, el electrón es arrancado del material. Si la energía del fotón es demasiado baja, el electrón no puede escapar de la superficie del material. Aumentar la intensidad del haz no cambia la energía de los fotones constituyentes, solo cambia el número de fotones. En consecuencia, la energía de los electrones emitidos no depende de la intensidad de la luz, sino de la energía de los fotones individuales.

Dicho en palabras de Einstein, citado por (Ruiz, 2003),

“la energía de un rayo de luz que sale de un punto no se reparte de forma continua en un espacio que deviene cada vez más grande, sino que consiste la misma en un número finito de cuantos de energía localizados en puntos del espacio, los cuales se mueven sin partirsen y solo pueden ser absorbidos y generados como un todo”.

En este experimento del efecto fotoeléctrico, la idea de cuanto de energía que emite un rayo de luz puede ser interpretado como partícula, al decir que este no se reparte de forma continua en el

espacio, y que además se mueven sin partirse siendo absorbida la energía que estos llevan dependiendo de la frecuencia de la luz.

Esta interpretación la usaremos en la implementación de la unidad didáctica para la construcción del laboratorio móvil de óptica en las explicaciones de los fenómenos de reflexión y difracción con los estudiantes de educación básica y media donde se implementó la propuesta, los cuales se describen en el capítulo 2.

1.3 El efecto Compton

Compton descubrió en 1923 este efecto al experimentar con rayos X, los cuales fueron dirigidos contra una de las caras de un bloque de carbón. Al chocar los rayos X con el bloque se difundieron en varias direcciones; a medida que el ángulo de los rayos difundidos aumentaba, también se incrementaba su longitud de onda. Con base en la teoría cuántica, Compton afirmó que el efecto se debía a que el cuanto de rayos X actúa como una partícula material al chocar contra el electrón, por lo cual la energía cinética que el cuanto le comunica al electrón le representa una pérdida en su energía original.

En palabras de (Piris, 1999), Como se ha visto hasta aquí, los fenómenos de absorción (fotoefecto) y de dispersión de la luz (efecto Compton) a nivel microscópico solo pueden ser explicados en la teoría corpuscular. No obstante, incluso en estos mismos fenómenos, aparecen

manifestaciones macroscópicas, como por ejemplo la interferencia, que solo pueden ser explicadas desde un punto de vista ondulatorio.

Para nuestro caso del laboratorio móvil de óptica, en los fenómenos de difracción e interferencia usaremos el modelo ondulatorio de la luz.

Es importante ver cómo el esfuerzo de los físicos se va consolidando por dar comprensión a los fenómenos naturales, en este caso el de la teoría de la radiación, en el cual a través de la historia introdujeron modelos como el de ondas cuantizadas, que consistía en considerar modos estacionarios dentro de una cavidad en el que se les atribuía valores discretos de energía separados por un intervalo de frecuencias de radiación $h\nu$.

De lo expuesto anteriormente, podemos evidenciar que ambos modelos ondulatorio y corpuscular son necesarios para las explicaciones del comportamiento de la luz en la interacción con la materia, dicho en palabras de Compton, citado por (Alexei, 1993):

“La teoría corpuscular de Newton resurge de nuevo, aunque ella se probó completamente errónea en el dominio de las propiedades geométricas de la luz, tenemos ahora, dos teorías de luz, ambas son necesarias, y ambas, tenemos que admitirlo, existen sin conexión lógica, a pesar de 20 años de esfuerzos desesperados de los físicos teóricos”.

1.4 Otros estudios en este campo

A continuación mostraremos una síntesis conceptual actual de las investigaciones realizadas en torno a la naturaleza de luz y su enseñanza en la conferencia *What are photons?*, realizada en

San Diego California (USA) entre el 26 y 27 de agosto del año 2007, con el fin de determinar el enfoque de las investigaciones realizadas con anterioridad y sus aportes respecto al tema.

Es evidente que los antecedentes históricos ayudan a comprender el fenómeno en estudio mediante las teorías, hipótesis o conclusiones elaboradas por expertos en el tema, que han sido publicadas en revistas científicas, ensayos o libros relacionados con la Física.

De acuerdo a esa gran serie de artículos publicados en la revista SPIE, nos basaremos en dos artículos fundamentales:

Mardari, N, Ghenadie. (2007). What is a photon. *of SPIE*. 6664(35).

“En este trabajo se explica que en la mecánica cuántica, la luz no puede ser descrita en términos de ondas y partículas al mismo tiempo. Sin embargo, la pregunta sobre la luz “como realmente es” implica una descripción que es independiente de las restricciones de la medida. Es mucho más preferible incorporar ambos aspectos en una teoría ontológica causal, especialmente si esto simplifica la explicación y mejora las predicciones. De aquí, el fotón puede ser descrito como una asociación longitudinal extendida de constituyentes indivisibles discretos, que son mantenidos juntos por el efecto de sus propias ondas sobre cada uno. Las mismas ondas pueden entonces ser usadas para interpretar la fuerza de interacción entre diferentes pulsos de luz, o entre luz y materia. El concepto de interacción mediada por onda entre entidades sub-fotónicas es enteramente consistente con las observaciones de la mecánica cuántica”.

(Mardari, 2007).

En este artículo la clave es asumir que las fuentes elementales de ondas nunca colapsan, y que ellas tienen parámetros constantes. Los modelos de la luz a lo largo de la historia han sido

diversos, pero lo que es relevante es la predominante interpretación de que el fotón indivisible debe corresponder a un clic de detección en los experimentos, ya que el fotón fue esencialmente definido en una forma de que cuadra con las propiedades del efecto fotoeléctrico, además es difícil aceptar la noción de fotón indivisible, sin admitir la realidad de no localidad, interferencia consigo mismo, y otras propiedades no clásicas. Por otro lado este tiene la inconveniente implicación de que la luz tiene un gran número de constituyentes elementales, uno por cada frecuencia, esto conlleva al problema teórico de explicar la diversidad de los constituyentes indivisibles. Mientras tanto dando cuenta de algunos fenómenos incompatibles, como la conversión baja paramétrica⁸. (Mardari, 2007).

El propósito de lo expuesto anteriormente es discutir las ventajas de una noción alternativa, que es, que el componente indivisible de la luz no es el fotón. En su lugar, debería haber un elemento sub-fotónico, cuya acción discreta determina el valor de la constante de Planck. El argumento crucial a favor de este abordaje es que pedacitos de luz no pueden ser tratados como partículas (potencialmente) estáticas, capaces de transmitir alguna cantidad de energía a través del impacto sobre otras entidades materiales. Preferiblemente, la luz debe moverse siempre a la velocidad más alta de la naturaleza. Debe estar siempre en movimiento constante relativo a cualquier objeto bajo consideración. Entonces, en vez de asumir que una sola entidad trasmite un paquete de energía entero, es mucho más conveniente asumir que un tren de unidades sub-fotónicas, pasando un detector material, imparten su efecto en discretas y consecutivas unidades de acción, cada una igual a la constante de Planck. De acuerdo a esto, un fotón debe ser descrito como un pulso extendido, que corresponde a una asociación lineal de sub-fotones

⁸ Entiéndase como el fenómeno tiene lugar cuando una onda monocromática de gran intensidad atraviesa el adecuado medio no lineal, generalmente un cristal. Para ello se incide sobre el cristal con un láser de bombeo y se obtienen a la salida pares de fotones de menor energía, que dependiendo del corte del cristal. Recuperado de <http://wdb.ugr.es/~bosca/InformacionCuantica/?p=405>

individuales, cuyo efecto puede ser de verdad elemental, constante e indivisible. La frecuencia de la luz podría entonces simplemente ser interpretada como la frecuencia de estos subfotones.

(Mardari, 2007)

El modelo propuesto es que un fotón puede ser visualizado como una asociación longitudinal de elementos subfotónicos, que se mantienen juntos por sus fuerzas mutuas. Como un todo, el fotón es un paquete de onda, porque la asociación produce ondas, pero éste no debe ser interpretado como un “enjambre” de partículas que se comportan como una onda. Una analogía mejor es un tren de entidades discretas, como una larga fila de botes atados uno al otro, mientras que ellos se propalen sobre alguna superficie acuática. Sobre un plano que es ortogonal a la dirección de movimiento, todos los subfotones deben pasar consecutivamente a través de la misma área pequeña (si no el mismo punto), produciendo la sensación de alternancia de los campos eléctricos y magnéticos para un observador en el mismo plano.

(Mardari, 2007).

Katherine Creath, Optinering, AZ, USA y College of Optical Sciences, The University of Arizona, E University Blvd, Tucson, AZ, USA (2007). Theory and practice: how do we teach our students about light? Of SPIE. 6664(22).

En este trabajo se retoman los aspectos entorno al paradigma educativo que acentúa el conocimiento que pasa del profesor al estudiante, debido a que éste enseña a usar un razonamiento inductivo para solucionar problemas, pero cuando se realizan preguntas profundas respecto a los temas fenomenológicos de la naturaleza de la luz, es difícil responder debido a las diversas explicaciones que se tienen a lo largo de la historia entorno a la estructura de la luz; un ejemplo sería la pregunta ¿Qué son los fotones?, esta “requiere el uso de una

retro-deducción en el razonamiento para deducir la causa posible y probable de las observaciones y medidas que se realizan, por lo tanto el razonamiento retro ductivo del proceso requiere un modo de pensar diferente de nuestro ajuste del aula tradicional, ya que esto implica siempre devolvernos en los conceptos, ya que ellos son una relación en cadena de otros conceptos que subyacen a la base de una teoría, (Creath, Tucson, 2007).

De aquí se resaltan las siguientes preguntas, ¿Cómo enseñar habilidades que necesitan los estudiantes en el mundo verdadero?, ¿Cómo hacer entender el punto que no hay solamente una respuesta a la mayor parte de preguntas? A continuación miraremos algunas metodologías de enseñanza diferentes. (Creath, Tucson, 2007).

La óptica es uno de los temas más complejos para dar clases. Tenemos tantos modelos diferentes que trabajan en situaciones diferentes. ¿Hablamos de la óptica paraxial, la óptica geométrica, la óptica de onda, la electrodinámica clásica o cuántica, la óptica cuántica, la óptica de átomo, etc....? ¿Y aun cuando tenemos todos estos modelos, cómo hacemos entender los conceptos simples de luz?, además ¿Realmente sabemos Qué es la luz?, simplemente no tenemos las respuestas definitivas. Tratamos con datos de la experiencia personal, observaciones y experimentos empíricos, Pero la naturaleza misma de luz todavía es ilude a nosotros como se evidenció en la conferencia dedicada al fotón por SPIE, y sus precursores, donde los trabajos realizados se retomaron desde los paradigmas e interpretaciones que se dieron a la luz hacia atrás usando el razonamiento inductivo para intentar explicar fenómenos diferentes. (Creath, Tucson, 2007).

Al final de esta conferencia se finalizó con la discusión ¿Entonces por qué se trae esto a flote en cuanto a la enseñanza en la escuela?, sus respuestas concluyeron que “Creo que a no ser que

un asunto tenga algún significado para un estudiante, esto no se va a conservar. Ellos conservan lo que ellos quieren conservar. Si ellos no piensan que es útil, ellos no lo recuerdan. Si no se recuerda es porque no tienen un contexto significativo para ellos.

(Creath, Tucson, 2007).

Estas preguntas son de gran importancia ya que en el siguiente capítulo mostraremos un modelo pedagógico para la comprensión de algunos conceptos claves entorno a los fenómenos luminosos, el cual se aplicó una muestra de estudiantes de educación básica, en donde tomaremos la explicación del modelo de partículas para los fenómenos de reflexión y refracción, para el modelo ondulatorio se trabajaran los experimentos de difracción, interferencia y polarización y para el caso de la óptica geométrica en lo que concierne al estudio de formación de imágenes en espejos planos, cóncavos, convexos y lentes usaremos el modelo de rayo o línea recta, ya que esta nos simplifica la trayectoria de propagación de la luz en línea recta para la formación de imágenes

Capítulo 2

2.1 Diseño de investigación

El presente trabajo se realizó mediante la modalidad de la investigación cualitativa interactiva (Moreno y Guarín, 2010) que se realizó con tres grupos de estudiantes, dos de ellos son de educación media vocacional (grado octavo y grado noveno) y el otro grupo es de grado undécimo compuesto de 25 estudiantes con los cuales abordamos el estudio de los conceptos entorno a la estructura de la luz de forma teórica y experimental para la construcción de un laboratorio móvil de óptica mediante la Teoría de la Modificabilidad Cognitiva (ORRO, 2003),

con el fin de conceptualizar a través de la experiencia los fenómenos luminosos que presenta la luz. Éste grupo de grado undécimo fue líder en la construcción y explicación de los proyectos a los grupos octavo y noveno grado de una institución privada del norte de Bogotá, a los cuales se les aplicó un pre- test y post-test después de que estos dos grupos recibieran la explicación experiencial de los fenómenos entorno a la luz por parte de los estudiantes de grado undécimo. A partir de los resultados obtenidos con el pre-test y el pos-test, se calcularon los factores de concentración de la metodología implementada (Moreno y Guarín, 2010).

2.2 Caracterización Poblacional

Los grupos en donde se implementó la propuesta didáctica de experimentos entorno a la enseñanza de la óptica son estudiantes de grado octavo y noveno grado de educación básica y grado undécimo de educación media vocacional del colegio Alfonso Jaramillo, ubicado en la avenida carrera 58 #167 en Bogotá en la localidad de Suba.

El grado octavo está compuesto por 19 estudiantes entre las edades de 12 a 14 años, el grado noveno está conformado por 16 estudiantes que oscilan entre las edades de 14 a 15 años y por último el grado undécimo está compuesto por 19 estudiantes entre las edades de los 16 a los 18.

2.3 Prueba de Conocimiento (pre-test y post-test)

El pre-test que se aplicó a los estudiantes de grado octavo y noveno fue de 19 preguntas, dónde se abordaron conceptos de los fenómenos luminosos, a través de una prueba escrita de selección múltiple con única respuesta, contempladas desde la A hasta la D.

Las preguntas de post-test o de comparación son las mismas abordadas en el pre-test, con la diferencia que la primera prueba se realiza antes de la actividad de experimentos sencillos, y la segunda prueba se realizó después de que los estudiantes realizaran dicha actividad con el fin de analizar el puntaje de concentración de cada grupo (Moreno y Guarín, 2010). La prueba post-test y pre-test se encuentra en el anexo 5.

2.4 Estrategia pedagógica

El enfoque pedagógico del presente trabajo aborda algunos elementos que ofrecen La Teoría de la Modificabilidad Estructural Cognitiva y La Experiencia del Aprendizaje Mediado (Feuerstein 1980), como sustento pedagógico que permiten alcanzar los objetivos propuestos en el presente trabajo monográfico, dado que lo que se busca con los estudiantes es el desarrollo de habilidades de pensamiento y que su aprendizaje sea realmente significativo teniendo una apropiación de las diferentes temáticas de la física y en particular de los fenómenos asociados al fotón.

Para el desarrollo de la estrategia pedagógica del presente proyecto se abordan cuatro principios de la Teoría de la Modificabilidad Estructural Cognitiva los cuales se describen en el anexo 1.

Por otra parte, se construyeron guías que se aplicaron a los estudiantes de grado undécimo, con base a algunos de los criterios universales de la teoría de la Modificabilidad Estructural Cognitiva M.E.C, usando las tres fases fundamentales de ésta teoría, las cuales se describen a continuación:

- Fase de entrada (IN- PUT): Es el conocimiento exacto y preciso de la información; en esta fase se identifica las nociones, los conceptos y algunas relaciones que se establecen para dar explicación a la temática o pregunta abordada.
- Fase de elaboración: En esta fase se define un problema, hecho o situación y se delimita; en este caso se escoge la experiencia experimental para construirla y dar explicaciones al fenómeno abordado.
- Fase de salida (OUT PUT): En esta fase se dan conclusiones generales de la propuesta experimental construida demostrables con la teoría y el experimento.

Al terminar las guías de los fenómenos de la luz con los estudiantes, se obtienen los resultados de la fase de elaboración y de la fase de salida, las cuales se pueden evidenciar en el anexo número 2, ya que sirvieron de sustento para organizar la construcción de un laboratorio móvil de óptica, gracias a los resultados obtenidos.

A continuación encontraremos los antecedentes educativos del laboratorio móvil de óptica que se utilizó para la explicación experiencial de los fenómenos luminosos abordados después de pre-test con los estudiantes de grado octavo y noveno. Este resultado de construcción sustentó aún más la estrategia pedagógica que se usó con los estudiantes de grado undécimo para que logaran la transferencia y trascendencia al mediar los conceptos entorno a los fenómenos luminosos.

2.5 Antecedentes educativos del laboratorio móvil de óptica

La construcción de material didáctico con estudiantes de educación media vocacional entorno a la enseñanza de la física en el campo de la óptica se ha implementado en dos oportunidades con comunidades educativas diferentes; en el año 2015 se realizó el primer laboratorio móvil de óptica con estudiantes de grado undécimo en el Colegio Ateneo Juan Eudes ubicada en la

localidad de Engativá de la ciudad de Bogotá, dado a que fue un tema que se enmarco en el contexto del año 2015, definido por la ONU, como el año internacional de la luz y las tecnologías basadas en la luz.

La propuesta se consideró innovadora en el sentido de llevar la preocupación del conocimiento a sitios distintos del aula de clase, con esto logramos trascender en los espacios académicos del aula a la comunidad del barrio minuto de Dios, de manera que se pudo poner en práctica y al servicio de la comunidad los conocimientos trabajados en el área de la Física, específicamente en los fenómenos ópticos, contribuyendo de esta forma a la formación tanto de estudiantes de educación media vocacional de grado undécimo del Colegio Ateneo Juan Eudes como de la población flotante del barrio minuto de Dios. La experiencia que se llevó a cabo con los estudiantes del Colegio Ateneo de los Colegios Minuto de Dios recibió el título de “Óptica al parque, fenómenos Ópticos”.

La ruta seguida por los docentes mediadores y los estudiantes fue la siguiente:

- Seleccionar los fenómenos ópticos a trabajar en el laboratorio móvil.
- Diseño y verificación de experimentos de bajo costo, que puedan dar respuesta a los fenómenos seleccionados.
- Diseño y construcción del laboratorio móvil de óptica.
- Diseño de evaluación diagnóstica y final de la actividad, por parte de la comunidad, ejecución de las prácticas y co-evaluación.

Además de esto se logra participar en el congreso de ciencias de las siguientes Instituciones:

Ateneo Juan Eudes, Colegio el Minuto de Dios y Colegio Minuto de Dios Siglo XXI, son instituciones de la Corporación educativa minuto de Dios, donde se participó con la exposición de los proyectos del laboratorio móvil de óptica de forma experiencial.

También se participó en la XIV Expociencia infantil y juvenil 2015, organizada por la asociación colombiana para el avance de la ciencia y la tecnología, en donde nuestros estudiantes de grado undécimo tuvieron la oportunidad participar como expositores exponiendo todos los experimentos que conformaron el laboratorio móvil de óptica durante cinco días.

Algunos de los registros fotográficos de lo llevado a cabo con la comunidad minuto de Dios y de la participación de Expociencia juvenil 2015 en Corferias, lo pueden observar en el anexo 3.

En el año 2016 el proyecto es implementado en el Colegio Alfonso Jaramillo ya descrito anteriormente, donde se realiza la propuesta de implementación de la guía con estudiantes de grado undécimo, usando las tres fases fundamentales de la teoría de Modificabilidad estructural cognitiva, donde el resultado final fue la construcción del laboratorio móvil de óptica y la realización de las pruebas del pre-test y post-test con los estudiantes de grado octavo y noveno del colegio, las cuales se analizaron mediante el cálculo de los factores de concentración y la ganancia de la metodología implementada (Moreno y Guarín, 2010).

Algunos de los registros fotográficos de lo llevado a cabo con la comunidad del Colegio Alfonso Jaramillo, lo pueden observar en el anexo 4.

2.6 Duración del recorrido de la actividad experiencial.

La actividad experiencial se realizó después del pre-test con los estudiantes de grado octavo y noveno tuvo un recorrido que duró aproximadamente 1.5 horas, donde los experimentos

abordados para poder dar respuesta al post-test de comparación fueron entorno a los conceptos de reflexión, refracción, difracción, polarización e interferencia de la luz, también se abordó la dispersión y absorción de la luz, la composición de colores con luz, la formación de hologramas, además se explicó la naturaleza y tamaño de la imagen en espejos planos, esféricos cóncavos, convexos, y entorno a los tipos de lentes se abordan las enfermedades ópticas, en donde se explica la enfermedad ocular y el tipo de lente correctivo para mejorar la visión humana. Los experimentos construidos por los estudiantes se encuentran explicados en las guías del anexo número 2 con registro fotográfico.

2.7 Resultados y análisis

La experiencia de desarrollar imágenes y conceptos entorno a la enseñanza de la óptica en la escuela secundaria puede, a partir del análisis realizado sobre la recolección de ideas previas, de test, de pos-test, de los montajes experimentales, y de las exposiciones experienciales por parte de los estudiantes ser sintetizada de la siguiente forma:

2.8 Resultados del pre-test

Este pre-test fue implementado con los estudiantes de grado octavo y grado noveno tres meses después de iniciada la propuesta del laboratorio móvil de óptica con los estudiantes de

grado undécimo. Con esta herramienta se pretendió conocer los pre-conceptos o concepciones que tenían los estudiantes hasta el momento, sobre los fenómenos luminosos y su aplicación en la óptica. Los resultados de las preguntas pre-test, se encuentran recopilados en los anexos 6.1 (grado octavo) y anexo 6.2 (grado noveno), resumidos en las tablas I y II:

TABLA I. Porcentaje de respuestas dadas a las preguntas del pre-test por estudiantes de grado octavo.

Grado octavo: 19 estudiantes																			
N° de pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Cantidad de aciertos	12	4	8	13	5	2	3	3	9	4	2	6	6	3	4	2	9	4	6
Porcentajes %	63	21	42	68	26	10	15	15	47	21	10	31	31	15	21	10	47	21	31

TABLA II. Porcentaje de respuestas dadas a las preguntas del pre-test por estudiantes de grado noveno.

Grado Noveno: 16 estudiantes																			
N° de pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Cantidad de aciertos	12	4	12	13	10	1	4	5	7	4	6	7	13	3	7	1	11	3	4
Porcentajes %	75	25	75	81	62	6	25	31	43	25	37	43	81	18	43	6	68	18	25

Aquí podemos evidenciar que los estudiantes no tienen claro algunos conceptos abordados entorno a los fenómenos de la luz en los grados octavo y noveno debido a los resultados obtenidos en las tablas anteriores. La comparación de estos resultados respecto a los dos grados los podemos evidenciar en la tabla número III.

TABLA III. Porcentaje de aprobación total obtenido de las 19 preguntas del pre-test en los grados octavo y noveno.

Grado octavo	Grado noveno
29,08%	41,77%

2.9 Resultados del post-test

El post-test se implementó con los estudiantes de grado octavo y grado noveno después de finalizar el recorrido de la actividad experiencial descrita en este trabajo anteriormente; con el fin de evidenciar si los estudiantes identifican los conceptos entorno a la enseñanza de los fenómenos de la luz y algunas aplicaciones en el campo de la óptica que se desarrollaron. Los resultados de las preguntas del post-test, se encuentran recopilados en los anexos 6.1 (grado octavo) y anexo 6.2 (grado Noveno), resumidos en las tablas IV y V.

TABLA IV. Porcentaje de respuestas dadas a las preguntas del post-test por estudiantes de grado octavo.

Grado octavo: 19 estudiantes																			
N° de pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Cantidad de aciertos	16	12	14	16	16	12	12	11	15	15	15	15	15	12	15	15	16	16	16
Porcentajes %	84	63	74	84	84	63	63	58	79	79	79	79	79	63	79	79	84	84	84

TABLA V. Porcentaje de respuestas dadas a las preguntas del post-test por estudiantes de grado noveno.

Grado Noveno: 16 estudiantes																			
N° de pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Cantidad de aciertos	15	13	15	14	13	12	13	12	12	13	14	14	15	11	12	12	14	10	13
Porcentajes %	94	81	94	88	81	75	81	75	75	81	88	88	94	69	75	75	88	63	81

Con los anteriores resultados mostrados en las tablas IV y V se concluye, que los estudiantes de grado octavo y grado noveno mejoraron en cuanto a los conceptos abordados entorno a los fenómenos de la luz evaluados por segunda vez después de la actividad experiencial. La comparación de estos resultados respecto a los dos grados los podemos observar en la tabla número VI:

TABLA VI. Porcentaje de aprobación total obtenido de las 19 preguntas del post-test en los grados octavo y noveno.

Grado octavo	Grado noveno
75,9%	81,25%

2.10. Factor de concentración y ganancia

A partir de los resultados obtenidos con el pre-test y el postest, se calcularon los factores de concentración que se encuentran en (Bao, y Redish, 2001), y de ganancia que se encuentra en (Hake, 1998), ambas referencias citadas por (Moreno y Guarín, 2010). El factor de concentración c es una función de la respuesta de los estudiantes a una pregunta, esta toma un valor en el intervalo $[0,1]$, la concentración entre $(0 < c < 0,2)$ es baja, para $(0,2 < c < 0,5)$ es media y para $(0,5 < c < 1)$ es alta; el factor c está dado por la siguiente ecuación (1.6) (Bao, y Redish, 2001), citado por (Moreno y Guarín, 2010).

$$c = \frac{\sqrt{m}}{\sqrt{m}-1} \left(\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^m (n_i)^2}}{N} - \frac{1}{\sqrt{m}} \right) \quad (1.8)$$

Donde m es el número de opciones a la respuesta, n_i es el número de personas que respondieron una de las opciones de la pregunta y N es el número total de estudiantes.

Con la información que se obtiene de la concentración y del score del pre-test y pos-test, se puede construir una gráfica “S-C” (Figura 3 y figura 4) para los grados octavo y noveno. El Score (S) está dado por el número de estudiantes que respondieron bien a una pregunta, sobre el número total de estudiantes (Bao, y Redish, 2001), citado por (Moreno y Guarín, 2010). La gráfica “S-C” (Figura 3 y figura 4) permite estudiar visualmente los resultados; los estados iniciales y finales están representados con puntos azules (pres-test) y rojos (post-test) respectivamente. Estos puntos dan cuenta del resultado promedio de todos los estudiantes sobre una determinada pregunta (Moreno y Guarín, 2010).

Cabe aclarar que antes de iniciar las actividades propuestas en el laboratorio móvil de óptica, los estudiantes tenían pre-conceptos de su experiencia directa entorno a los fenómenos de la luz de las nociones a trabajar, entendidos los pre-conceptos como las concepciones que no han sido transformadas por la acción escolar, por consiguiente, el gráfico “S-C” (Figura 3 y figura 4) nos permite evaluar la aprehensión conceptual de los estudiantes en la instrucción, visualizando a su vez de qué manera fueron asimilando los conceptos tratados (Moreno y Guarín, 2010).

Para la realización de gráfico “S-C” (Figura 3 y figura 4) de los grados octavo y noveno, tomamos las 19 preguntas de selección múltiple que se presentaban en el pre-test y pos-test en

cada grado, a las cuales le determinamos en score y el factor de concentración utilizando la ecuación (1.9). Los resultados obtenidos se tablas VII y VIII.

TABLA VII. Score y factor de concentración de respuestas dadas a las preguntas del pre-test por estudiantes de grado octavo.

Grado octavo: 19 estudiantes																			
Nº de pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Score	0,63	0,21	0,42	0,68	0,26	0,10	0,15	0,15	0,47	0,21	0,10	0,31	0,31	0,15	0,21	0,10	0,47	0,21	0,31
Factor de concentración	0,33	0,16	0,08	0,47	0,015	0,07	0,16	0,047	0,16	0,004	0,07	0,18	0,07	0,03	0,03	0,25	0,17	0,13	0,26

TABLA VIII. Score y factor de concentración de respuestas dadas a las preguntas del post-test por estudiantes de grado octavo.

Grado octavo: 19 estudiantes																			
Nº de pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Score	0,84	0,63	0,73	0,84	0,84	0,63	0,63	0,57	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,63	0,78	0,78	0,84	0,84	0,84
Factor de concentración	0,70	0,38	0,50	0,70	0,71	0,37	0,35	0,32	0,60	0,61	0,63	0,61	0,60	0,37	0,60	0,61	0,70	0,70	0,71

En la figura 3 encontramos la gráfica correspondiente a estos resultados, donde podemos visualizar los resultados de pre-test y post-test para estudiantes de grado octavo.

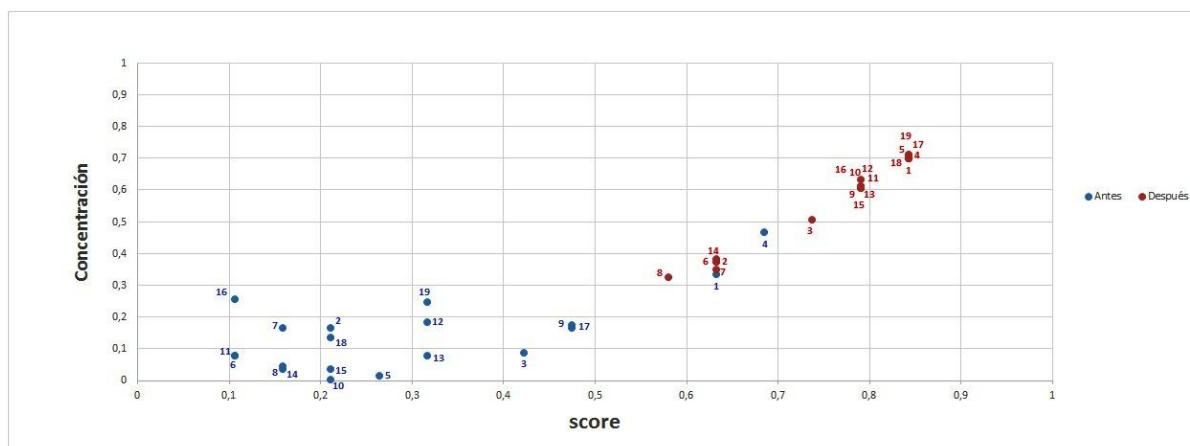


Figura 3. Combinación del score y el factor de concentración S-C del pre-test y el pos-test para los estudiantes de grado octavo.

Podemos observar que en los estudiantes de grado octavo el factor de concentración c es media en las preguntas (2, 6, 7, 8, 14), ya que el valor de c está entre $(0,2 < c < 0,5)$, y el factor de concentración es alta para el resto de las preguntas abordadas en el post-test, ya que c está entre $(0,5 < c < 1)$.

A continuación encontraremos los datos del score y el factor de concentración para grado noveno obtenido en el pre-test y en el post-test, mostrado en las siguientes tablas IX y X.

TABLA IX. Score y factor de concentración de respuestas dadas a las preguntas del pre-test por estudiantes de grado noveno.

Grado Noveno: 16 estudiantes																			
N° de pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Score	0,75	0,25	0,75	0,81	0,62	0,06	0,25	0,31	0,43	0,25	0,37	0,43	0,81	0,18	0,43	0,06	0,68	0,18	0,25
Factor de concentración	0,53	0,10	0,55	0,66	0,35	0,09	0,04	0,21	0,10	0,01	0,10	0,18	0,66	0,10	0,10	0,35	0,44	0,07	0,06

TABLA X. Score y factor de concentración de respuestas dadas a las preguntas del post-test por estudiantes de grado noveno.

Grado octavo: 19 estudiantes																			
N° de pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Score	0,93	0,81	0,93	0,87	0,81	0,75	0,81	0,75	0,75	0,81	0,87	0,87	0,93	0,68	0,75	0,75	0,87	0,62	0,81
Factor de concentración	0,87	0,63	0,87	0,75	0,63	0,55	0,64	0,55	0,58	0,64	0,76	0,76	0,87	0,44	0,54	0,54	0,76	0,36	0,64

En la figura 4 encontramos la gráfica correspondiente a estos resultados, donde podemos visualizar los resultados de pre-test y post-test para estudiantes de grado noveno.

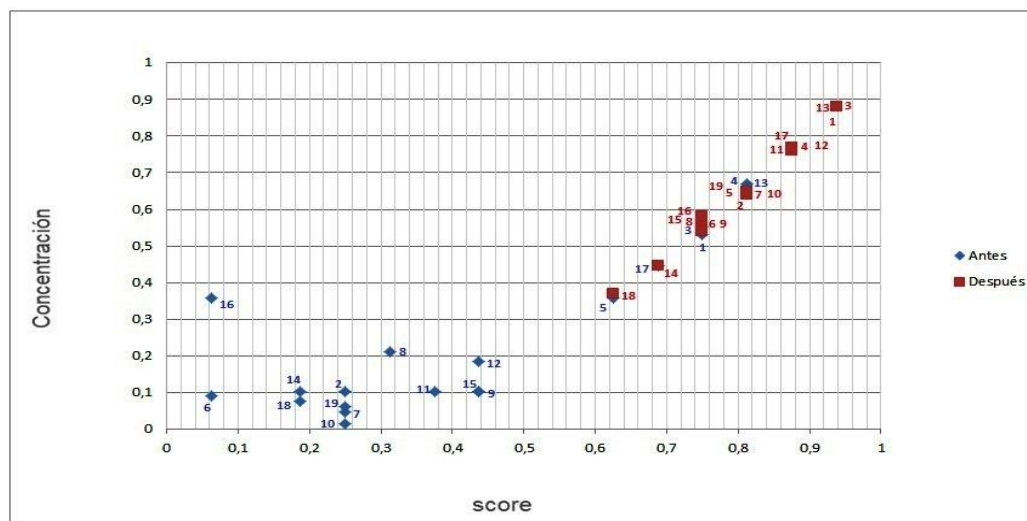


Figura 4. Combinación del score y el factor de concentración S-C del pre-test y el pos-test para los estudiantes de grado noveno.

Podemos observar que en los estudiantes de grado noveno el factor de concentración c es media en las preguntas (14 y 18), ya que el valor de c está entre $(0,2 < c < 0,5)$, y el factor de concentración es alta para el resto de las preguntas abordadas en el post-test, ya que c está entre $(0,5 < c < 1)$.

Así, se aprecia en el gráfico “S-C” (Figura 3 y figura 4) cómo, después de implementar la metodología, aumentó el score y la concentración alrededor de las respuestas correctas en todas las 19 preguntas. Se observa que en el pre-test la concentración fue en promedio del 15% mientras que en el post-test fue de 57%, para los estudiantes de grado octavo, lo cual representa más del triple de concentración hacia las respuestas correctas. En el pre-test de grado noveno, la concentración fue en promedio del 25,2% mientras que en el post-test fue de 66%, lo cual

representa más del doble de concentración hacia las respuestas correctas, luego de la utilización de la metodología propuesta.

Finalmente, el grado de efectividad $\langle g \rangle$ de la estrategia didáctica y de la metodología implementada, se calculó con la siguiente ecuación (1.7) (Hake, 1998), citado por (Moreno y Guarín, 2010).

$$\langle g \rangle \equiv \frac{\% \langle G \rangle}{\% \langle G \rangle_{m\acute{a}x}} = \frac{\% \langle s_f \rangle - \% \langle s_i \rangle}{100 - \% \langle s_i \rangle} \quad (1.9)$$

Donde $\langle G \rangle$ es el promedio de la variación del número de respuestas correctas de todos los estudiantes, y $\langle G \rangle_{m\acute{a}x}$ el promedio del número de respuestas incorrectas, llamado *ganancia máxima*. Entonces $\langle g \rangle$ es una comparación entre la ganancia y la ganancia máxima obtenida, siendo $\langle s_f \rangle$ y $\langle s_i \rangle$ los promedios iniciales y finales de respuestas correctas en el pre-test y el post-test respectivamente. Los valores obtenidos se encuentran en la Tabla XI y tabla XII.

TABLA XI. Valores de los promedios iniciales y finales del post y pre-test, valores de la ganancia y la ganancia máxima encontrada para estudiantes de grado octavo.

$\% \langle s_i \rangle$	$\% \langle s_f \rangle$	$\% \langle G \rangle$	$\% \langle G \rangle_{m\acute{a}x}$	$\langle g \rangle$
0,2908	0,7590	0,4682	0,7092	0,6601

TABLA XII. Valores de los promedios iniciales y finales del post y pre-test, valores de la ganancia y la ganancia máxima encontrada para estudiantes de grado noveno.

$\% \langle s_i \rangle$	$\% \langle s_f \rangle$	$\% \langle G \rangle$	$\% \langle G \rangle_{m\acute{a}x}$	$\langle g \rangle$
0,4177	0,8125	0,3948	0,5823	0,6780

De acuerdo con estos valores se construyó un gráfico que combina al grado de efectividad $\langle g \rangle$ y el promedio de las respuestas correctas en el pre-test (s_i) (Figura 5); los valores dentro del intervalo (0,0.30) indican un grado de efectividad bajo, los valores dentro del intervalo (0.30, 0.70) representan un grado de efectividad medio, mientras que los valores dentro del intervalo (0.70, 1) indican grados de efectividad altos.

Al observar el gráfico se evidencia que el grado de efectividad de la estrategia utilizada se encuentra dentro de los niveles medios, ya que se obtuvo un grado de efectividad del 66,01% con los estudiantes de grado octavo, respecto al pre-test, y un grado de efectividad del 67,80% con los estudiantes de grado noveno, respecto al pre-test, lo cual corrobora los resultados presentados en los gráficos “S-C” de la Figura 3 y la figura 4.

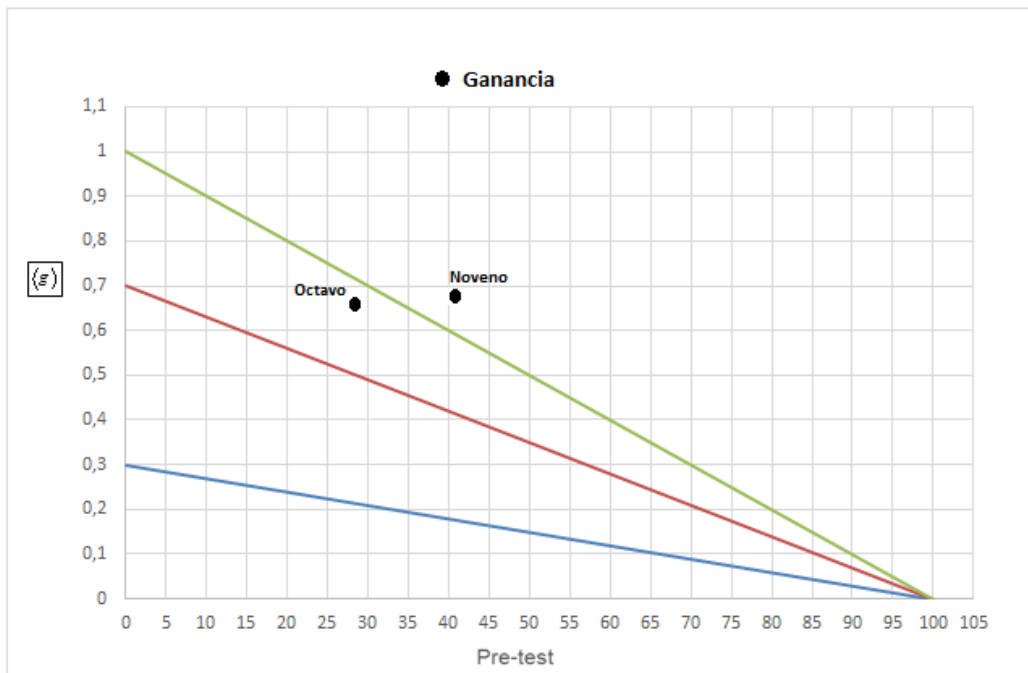


FIGURA 5. $\langle g \rangle$ Vs $\langle \text{Pre-test} \rangle (s_i)$ Efectividad de la metodología desarrollada.

Conclusiones

1. El comportamiento que presenta la luz ha sido generado a partir del estudio cuidadoso de la naturaleza y se construyó después de muchos años de confusión, de crisis y de modelos que fueron clarificando el problema.
2. Los modelos que se han construido de la estructura de la luz se siguen usando para la explicación de diferentes fenómenos ópticos en colegios e instituciones de educación superior, sin tener una relación o puente donde se evidencie los puntos cruciales de la dualidad onda partícula que presenta la luz y las nuevas concepciones para el entendimiento de la mecánica cuántica, pues esta formulación es la base para abordar problemas tales como la medición, la

superposición, la interacción con la materia, ya que al realizar esto no se crean ideas confusas respecto al tema.

3. El uso de la metodología que nos brindó la M.E.C, genera en los estudiantes un mayor grado de recepción, ya que podemos formar en ellos la capacidad de indagación y establecimiento de las ideas para la construcción de sus actividades experienciales con una mayor motivación, en donde la construcción de material didáctico ayuda más a la comprensión de los conceptos abordados entorno a los fenómenos luminosos.

4. El participar en congresos de ciencia en colegios y en eventos como el que organiza Corferias de Expociencia Juvenil motiva mucho más a los estudiantes, en donde no sólo crece la parte conceptual respecto al tema, sino que también se forma en la manera de expresarse y de transmitir las ideas a un público que además de interactuar con los montajes experimentales aprende de lo expuesto por los estudiantes.

5. La metodología propuesta del laboratorio móvil de óptica para la explicación de los conceptos de los fenómenos luminosos, permitió un mayor porcentaje de comprensión de la temática abordada en post-test, el cual fue medido con el factor de concentración y de ganancia. Lo anterior evidencia un avance significativo en la aprehensión de los conceptos trabajados.

6. Ante la pregunta de ¿Cómo diseñar una estrategia didáctica para enseñar el comportamiento de la luz, a partir de experiencias a estudiantes de educación básica y media vocacional? Se

buscó que los estudiantes encontraran el sentido y el significado al conocimiento que se desarrollaba en el aula de clase, por tal motivo se comenzó a trabajar a partir de la Modificabilidad Estructural Cognitiva (MEC), entendiendo que esta teoría parte de los conocimientos previos que los estudiantes tienen de un fenómeno en particular, para así asimilar la nueva información; generando una aplicación de ese conocimiento y transformar los esquemas mentales de los estudiantes de lo cual se concluyen los siguientes avances.

La innovación en el aula de clase realizada por el docente generó mayor interés por parte de los estudiantes en la asignatura de Física teniendo en cuenta que se generó una nueva estrategia, derivada de la apropiación de los conceptos relacionados con la óptica a partir de proyectos sencillos pero significativos, los cuales permitieron que los estudiantes desempeñaran un papel activo del proceso aprendizaje y enseñanza.

Los estudiantes, al hacerse partícipes de un proyecto de aula, se acercan de forma más fácil a las nociones básicas de la física y en particular de los conceptos de onda y partícula. Esto se logró a partir de las explicaciones generadas por parte ellos en el marco del su propio proyecto, en donde se evidenció un conocimiento no nemotécnico sino experiencial de los fenómenos abordados por cada uno de los grupos de trabajo.

Ante la interiorización de los conceptos relacionados con los fenómenos ópticos, los estudiantes se convierten en multiplicadores de ese conocimiento; al manejar dichas nociones básicas los estudiantes expositores generaron curiosidad y motivación por parte de sus compañeros y en general de las personas que tuvieron la posibilidad de interactuar con los estudiantes expositores. Finalmente se logró entender las palabras de Albert Einstein “El aprendizaje es experiencia, todo lo demás es información”.

Fuentes de referencia bibliográfica.

- Alexei B. Kozhevnikov. (Noviembre, 1993). La fórmula de fluctuación de Einstein y la dualidad partícula onda. El tambor de Feynman, (3), p. (18).
- Ruíz de Elvira. (2003). Cien años de relatividad. Los artículos clave de Einstein de 1905 y 1906. Madrid, España: Nivola, libros ediciones.
- Bao, L. y Redish, E... (2001). Concentration Analysis: A Quantitative Assessment of Student States, Am. J.Phys. 69, 45-53.
- De Zubiria, J. (2002) Teorías Contemporáneas de la Inteligencia y la Excepcionalidad, Bogotá, Colombia: Cooperativa Editorial Magisterio.
- Dirac P.A.M. (1968). Principio de Mecánica cuántica. Barcelona, España: Ariel.
- Dirac, P (1981).The principles of quantum mechanics. New York: Clarendon Press.
- Eisberg, Robert (1978). Física cuántica: Átomos, moléculas, sólidos, núcleo y partículas. México: Limusa.
- Feuerstein, R. (1980) Learning Potential Assesment Device. Glenview, Illinois: Scott. Foresman and Company.
- Freeman, R., Gordon. (1984). More on photons. Am. J. Phys. 52 (1).
- Gratton, Julio. (2003). Termodinámica E Introducción A La Mecánica Estadística. Buenos Aires. Recuperado de <http://www.lfp.uba.ar/julio:Gratton/termo/16.Estadistica.pdf>
- Hake, R., Interactive-engagement vs traditional methods: A six-thousand student survey of mechanics test data for introductory physics courses, Am. J.Phys . 66, 66-74 (1998).

Katherine Creath, Optinering, AZ, USA y College of Optical Sciences, The University of Arizona, E University Blvd, Tucson, AZ, USA (2007). Theory and practice: how do we teach our students about light? Of SPIE. 6664(22).

Kidd, Richard. Ardini, James. Y Anatol, Anton, (1989.). Evolution of the modern photon. Am. J.Phys. 57 (1).

Kuhn, S, Tomas. (1980): La teoría del cuerpo negro y la discontinuidad cuántica. Madrid: Alianza.

Landau, Lev Davidovich. Y, Lifchitz E. (1970). Mecánica Cuántica Relativista: Hardcover.

Landau, y, Lifchitz, E. (1970). Quantum mechanics. Madrid, España: Hardcover.

Lévy-Leblond, Jean Mar. y. Balibar, Françoise. (1990). Quantics: rudiments of quantum physics. Amsterdam: North-Holland.

Mardari, N, Ghenadie. (2007). What is a photon. of SPIE. 6664 (35). 401- 407

Mentis, M. (1997): Aprendizagem mediada dentro e fora da sala de aula. Programa de pesquisa cognitiva, Divisão de educação especializada da Universidade de Witwatersand, África do Sul. São Paulo, Instituto Pieron de Psicología Aplicada, 32-81.

Moreno, Harold y Guarín, Edgar. (2010). Nociones cuánticas en la escuela secundaria: Un estudio de caso. Departamento de Física, Universidad Pedagógica Nacional. Lat. Am. J. Phys. Educ. 4(1). 669-676.

Navarro vequillas, Luis. (1990). Einstein Profeta y Hereje. Barcelona, España: Tusquets Editores.

Navarro, Óscar. (2012). El surgimiento de la complementariedad Niels Bohr y la conferencia de Como.

Recuperado

de:

<http://www.inif.ucr.ac.cr/recursos/docs/Revista%20de%20Filosof%C3%ADa%20UCR/Vol.%20>

XLVIII/No.%20123124/El%20surgimiento%20de%20la%20complementariedad%20Niels%20Bohr%20y%20la%20Conferencia%20de%20Como%20.pdf

Orro, S.E. (2003) Reuven Feuerstein y la teoría de la Modificabilidad cognitiva estructural, Revista de educación Facultades Integradas de la Fundación de Enseñanza Octavio Bastos. Brasil, 332, 33-54.

Piris Silvera Mario. (1999). Física Cuántica. Instituto Superior de Ciencias y Tecnología Nucleares. La Habana, Cuba .Editorial ISCTN.

Serway, R. (1994). Física Vol 2. USA: Mc Graw- Hill.

Strobl, Wolfgang, (2010). El Principio De Complementariedad y Su Significación Científico-Filosófica. Universitas Styoiorum Navarrensis. Recuperado de: <http://dadun.unav.edu/bitstream/10171/1793/1/07.Wolfgang%20STROBL,%20Universidad%20de%20Navarra,%20El%20principio%20de%20complementariedad%20y%20su%20significaci%C3%B3n%20cient%C3%ADfico-filos%C3%B3fica.pdf>

Tannoudji.C. Cohen, y, Laloe. (1977). Modern Quantum mechanics. Washington, EEUU: Wiley-VCH.

Villatoro, Franciso, (05, 01, 2014). La historia del término fotón. Recuperado de: <http://francis.naukas.com/2014/01/05/nota-dominical-la-historia-temprana-del-termino-foton/>

Young, A, Richard. (1976). Thinking of the photon as a quantum-mechanical particle. Am. J. Phys. 44 (11).

Apéndices.

1. Apéndices 1.1. Ecuación de fluctuación de energía de Einstein.

Partiendo de la ley de equipartición de la energía de las leyes de la termodinámica se puede escribir la siguiente expresión para la energía promedio al cuadrado o fluctuación cuadrática media de la energía (Navarro Luis, 1990).

$$\overline{\varepsilon^2} = kT^2 \frac{\partial \overline{E}}{\partial T} \quad (1.1)$$

Puede reescribirse de la siguiente forma:

$$\frac{\overline{\varepsilon^2}}{\overline{E}^2} = -kT^2 \left(\frac{\partial}{\partial T} \left(\frac{1}{\overline{E}} \right) \right) \quad (1.2)$$

Con un subvolumen V de radiación encerrada en un espacio, y con un intervalo de frecuencias entre ν y $\nu + d\nu$ se tiene que la energía media es:

$$\overline{E} = V \rho d\nu \quad (1.3)$$

Si usamos la ecuación de Planck ρ es:

$$\rho = \left(\frac{8\pi h\nu^3}{c^3} \right) \left(\frac{1}{e^{\left(\frac{h\nu}{kT}\right)} - 1} \right) \quad (1.4)$$

Tenemos que:

$$\overline{E} = V \left(\frac{8\pi h\nu^3}{c^3} \right) \left(\frac{d\nu}{e^{\left(\frac{h\nu}{kT}\right)} - 1} \right) \quad (1.5)$$

Al sustituimos (1.5) en (1.2), obtenemos:

$$\frac{\overline{\mathcal{E}^2}}{E^2} = \frac{e^{\left(\frac{h\nu}{kT}\right)}}{V\left(8\pi\nu^2/c^3\right)d\nu} \quad (1.6)$$

La expresión anterior puede expresarse como:

$$\frac{\overline{\mathcal{E}^2}}{E^2} = \frac{e^{\left(\frac{h\nu}{kT}-1\right)}}{V\left(8\pi\nu^2/c^3\right)d\nu} + \frac{1}{V\left(8\pi\nu^2/c^3\right)d\nu} \quad (1.7)$$

Y al hacer uso de la ecuación (1.5) llegamos a la ecuación de fluctuación de energía de Einstein:

$$\frac{\overline{\mathcal{E}^2}}{E^2} = \frac{h\nu}{E} + \frac{c^3}{8\pi\nu^2Vd\nu} \quad (1.8)$$

ANEXOS

A continuación encontraremos el orden de los anexos al trabajo de grado.

1. El primer anexo contiene los cuatro principios de la Teoría de la Modificabilidad Estructural Cognitiva. Se encuentra en la página 51.

2. En el segundo anexo encontramos las guías construidas con base a algunos de los criterios universales de la teoría de la Modificabilidad estructural cognitiva M.E.C, para la construcción de las actividades experimentales del laboratorio móvil de óptica.

El orden de las guías es el siguiente:

- Anexo 2. Guía N°1: Reflexión y refracción de la luz. Pág. 58.
- Anexo 2.1. Guía N°2: Difracción e interferencia de la luz. Pág.68.
- Anexo 2.2. Guía N°3: Polarización de la luz. Pág. 79.
- Anexo 2.3. Guía N°4: El color. Pág.83
- Anexo 2.4. Guía N°5: Espejos y lentes. Pág.91

3. En el tercer anexo encontramos los registros fotográficos de lo llevado a cabo con la comunidad minuto de Dios y de la participación de Expociencia Juvenil 2015 en Corferias. pág. 103.

4. Registros fotográficos del laboratorio móvil de óptica con la comunidad del Colegio Alfonso Jaramillo 2016. Pág. 106.

5. Prueba de aplicación de selección múltiple con única respuesta, la cual consta de 19 preguntas y fue la que se aplicó antes de las experiencias experimentales (pre-test) y después de las mismas (pos-test.). Pág. 108.

6. Resultados de los estudiantes de los grados octavo y noveno en las pruebas del pre-test y post-test. En este anexo podemos evidenciar las respuestas de los estudiantes ante las preguntas evaluadas, con las cuales se realiza el estudio mediante el factor de concentración con su respectivo gráfico. Este anexo está distribuido de la siguiente forma:

- Anexo 6.1 .Resultados pre-test y post-test grado octavo, página 120.
- Anexo 6.2 .Resultados pre-test y post-test grado Noveno, página 121.

Anexo 1

Teoría de la Modificabilidad estructural cognitiva de Reuven Feuerstein.

Para el desarrollo de la estrategia pedagógica del presente proyecto se abordan cuatro principios de la Teoría de la Modificabilidad Estructural Cognitiva los cuales son los siguientes:

Principio número uno: La inteligencia es el potencial de aprendizaje, la inteligencia es modificable, no es una dote estática.

Bajo este principio se entiende que todos los sujetos no nacen con un potencial de aprendizaje establecido, sino que a través de los diferentes estímulos que reciben del exterior a lo largo de la vida, su inteligencia se modifica. De esta manera la inteligencia no es una característica estática la cual que puede clasificarse en alta, intermedia o baja, pero que esencialmente puede ser transformada (Feuerstein, 1980). Entonces a partir de cada estímulo que el sujeto recibe del mundo externo a él, su inteligencia cambia, es decir, se considera que la inteligencia del individuo es modificable y que por lo tanto su comprensión del mundo puede mejorar.

Bajo esta premisa Feuerstein desarrolla las siguientes consideraciones sobre la inteligencia.

1. La inteligencia no es simple, sino compleja. Es una estructura jerarquizada de procesos cognitivos conformada por procesos independientes, esta estructura esta siempre abierta al cambio de acuerdo a las experiencias que se den entre el sujeto y su entorno.
2. La inteligencia es una y múltiple. Es una por ser una estructura jerarquizada y múltiple por que esta estructura está conformada por varios procesos independientes, los cuales se desarrollan dependiendo de los ambientes de aprendizaje donde el sujeto este inmerso.

3. La inteligencia no es fija es modificable. No es una dote estática que depende exclusivamente de la genética del sujeto y que está determinada desde el nacimiento, sino que puede ser modificada de acuerdo a los diferentes estímulos que se le presenten al sujeto.
4. La inteligencia no es autónoma sino dependiente. Depende del ser humano que piensa, no es la inteligencia que se define en si misma sino el atributo que se le da al ser humano y la forma en la que este es capaz de adaptarse y transformar su propio entorno.

Principio número dos: El ser humano en el proceso de interiorización del mundo que lo rodea tiene dos dispositivos mentales Las operaciones Mentales y las funciones cognitivas.

Las operaciones mentales permiten estructurar el pensamiento de un sujeto, estas se modifican constantemente. Feuerstein (1980) define las operaciones mentales como el “conjunto de acciones interiorizadas, organizadas y coordinadas, por las cuales se elabora la información procedente de las fuentes internas y externas de estimulación” (p.106). Si tenemos en cuenta que las operaciones mentales se van desarrollando coherentemente a lo largo de la vida del sujeto, se debe entender como un proceso dinámico y permanente, en donde se construyen las operaciones mentales básicas desde lo concreto como por ejemplo la identificación, y a medida que el sujeto se relaciona e interacciona con su entorno las operaciones mentales básicas dan paso a las más complejas y abstractas como por ejemplo la Conceptualización, generando una estructura organizada y jerarquizada.

La función cognitiva es la estructura personal interiorizada, cuyos componentes son de índole energética e intelectual. Es decir son sistemas de funcionamiento del individuo adquirido durante su evolución y como hábitos de funcionamiento personal y mental y se consideran como prerequisites del correcto funcionamiento mental. (De Zubiria, J, 2002, p.71)

Estas acciones del acto mental se clasifican en la teoría de la Modificabilidad Estructural cognitiva en tres niveles: Input-elaboración-output.

En el primer nivel “Input”, se debe tener en cuenta aquellas funciones cognitivas que permitan identificar la cantidad y calidad de los saberes e ideas previas que el sujeto posee frente a la situación que se le presenta.

En el segundo nivel “Elaboración”, las funciones cognitivas de este nivel permiten que el sujeto acomode sus ideas previas con los nuevos saberes para generar estrategias de solución de problemas haciendo un uso eficaz de la información que está a su disposición

En el tercer nivel “output”, las funciones cognitivas permiten que el sujeto exprese de forma exacta la solución de un problema, hecho o situación, permitiendo el desarrollo de las habilidades comunicativas.

Principio número tres: La experiencia del aprendizaje mediado es fundamental para el desarrollo de las funciones cognitivas más elevadas del individuo y para la Modificabilidad Cognitiva.

Para lograr esto Feuerstein plantea dos modalidades que determinan el desarrollo del potencial de aprendizaje del sujeto, el primero la exposición directa del sujeto a los estímulos del ambiente y segundo la experiencia del aprendizaje mediado.

En la exposición directa del sujeto a una nueva situación, éste se adapta a la nueva situación que se le presenta, aunque esta es una adaptación limitada por que sólo dependerá del tipo de situación.

La primera, con certeza, sucederá para toda su vida como consecuencia de su vivencia expuesta a estímulos diversos que son percibidos y memorizados, pudiendo, a través de su interacción con

el organismo, provocar respuestas diversas dependiendo de la cualidad o de la frecuencia del estímulo producido. Sin embargo, las modificaciones realizadas no serán satisfactorias para la producción de un elevado desarrollo cognitivo por ser, característicamente, pobres y pasajeras (Orro, 2003, p.39).

A través de los estímulos directos es posible modificar el desarrollo del potencial de aprendizaje aunque bajo esta primera interacción se puede concluir que es solamente una aproximación del sujeto con el entorno que lo rodea sin que se logre una acomodación cognitiva a largo plazo dado que es un resultado causa y efecto.

En la experiencia del aprendizaje mediado, se requiere de una figura llamada mediador que es en esencia cualquier persona que tenga una relación con el sujeto. En esta se tiene un estadio más elevado porque es el mediador quien se encarga de seleccionar el estímulo y realizar un análisis de cómo se le ha de presentar el estímulo y las relaciones que pretende que se den entre éste y el sujeto. De acuerdo a lo anterior la Experiencia del Aprendizaje Mediado (EAM) es fundamental en el desarrollo de la inteligencia, entendiendo está como la capacidad que tiene el sujeto de adaptarse a los nuevos estímulos (Feuerstein, 1980). Este enfoque pedagógico permite entonces entender al ser humano como un organismo biológico, flexible y modificable mediante los estímulos que otro ser humano le brinde a través de una mediación asertiva y positiva.

Para que se dé la experiencia del aprendizaje mediado se requiere que el mediador haga uso de los criterios universales de mediación, de los diez criterios que aporta la teoría de la Modificabilidad Estructural Cognitiva sólo los autores trabajaron con tres primeros que son: la Intencionalidad y reciprocidad, la trascendencia y transferencia, y el significado. Los criterios de mediación orientaran el trabajo en el aula de clase y llevaran al estudiante a apropiarse de los saberes y contenidos que se estén trabajando.

El primer criterio de mediación: La intencionalidad y reciprocidad busca dar respuesta al objetivo que persigue el mediador (mediatizador) y lo que pretende lograr en el sujeto mediado (mediatizado).

Es el momento en que el mediatizador decide orientar la interacción con el mediatizado hacia una meta concreta y con objetivos establecidos. Seleccionando, adaptando e interpretando el estímulo específicamente, en el cual él trabaja activamente, prestando total atención al mismo, acontece la mediatización intencional la cual, habiendo sido asimilada por el mediatizado, estará intrínsecamente ligada a sus necesidades, abarcando de esta forma tanto al uno como al otro, en una interacción intencional. Con el aislamiento intencional del estímulo interpretado con el mediatizado y la interpretación realizada por el mediatizador, serán alcanzadas, a través de ese proceso relacional, respuestas provenientes de aquel que recibe la mediatización. A tales respuestas, se les da el nombre de reciprocidad que viene a ser una indicación de su acción receptiva y de todo lo que comprende en el proceso de aprendizaje, el cual queda abierto para los inputs propuestos por el mediatizador, que se presenta como un ser participativo de ese proceso (Orro,2003, p. 45)

Bajo este principio el mediador debe hacer una discriminación lo más transparente posible del material que ha de presentar al sujeto mediado, la elaboración de las preguntas y a la vez trabajando con todos los actores del aula de clase los criterios de la individualización o de la personalización para que todos los sujetos logren alcanzar la meta propuesta por el mediador de acuerdo a la necesidad que cada uno de los sujetos del aula requieran.

El segundo criterio de mediación: La trascendencia y transferencia pretende lograr que el sujeto logre generalizar la información de un contexto inmediato a un contexto cotidiano, en el cual podrá vincular los nuevos saberes para dar respuesta a situaciones futuras.

La trascendencia desarrolla en el niño una profunda comprensión del mundo; una percepción de cómo las cosas están inter ligadas; una curiosidad que lo lleva a preguntar y descubrir relaciones entre las cosas; y un deseo de saber más sobre las cosas y buscar explicaciones para ellas (Mentis, 1997, p. 38).

De acuerdo a esto si en el sujeto se logra la trascendencia de nuevos significados es posible que él los transfiera de manera asertiva a las futuras situaciones en las que estos significados logren solucionar diversos problemas que se le puedan presentar.

El tercer criterio de mediación: El significado, le ayuda al sujeto a aprender y a entender la verdadera utilidad de los saberes y contenidos que se estén trabajando en el aula de clase. Mentis (1997) afirma “La mediación del significado está relacionada con imprimir valor y energía a la actividad u objeto, volviéndose relevante para el mediado. El proceso de dar significado al estímulo acoge, con frecuencia, la comunicación de valores éticos y sociales” (p.32). Es con el significado que el sujeto encuentra la coherencia, pertinencia y utilidad de que los contenidos y saberes que aprende en el aula con su realidad cotidiana.

Cuarto principio: Modelo de evaluación dinámica y permanente.

Feuerstein (1980) plantea que el conocimiento más importante y relevante que el ser humano pueda tener es el conocimiento de sí mismo, por tal razón la evaluación debe permitir además de los procesos de retroalimentación por parte del mediador al mediado, que este último logre llegar a un estadio de meta cognición en donde él mismo logra identificar sus fortalezas y

oportunidades de mejoramiento permitiendo en el sujeto la autonomía, la reflexión y el gusto por aprender.

Por último Feuerstein (1980) refiere que los rasgos constitutivos de la mente humana son invisibles a menos que los hagamos visibles a través de las competencias comunicativas que se establezcan entre seres humanos, es en este momento cuando podemos identificar si el sujeto logra la apropiación de los nuevos saberes cuando éste logra estructurar una serie de conceptos que dan respuesta al problema inicialmente planteado.

Anexo 2. GUÍA N°1: REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN DE LA LUZ

NÚCLEO TEMÁTICO: REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN DE LA LUZ		NÚCLEO PROBLÉMICO: ¿Cómo evidenciar los fenómenos ópticos de la reflexión y la refracción de la luz generando explicaciones a diferentes problemas dentro del entorno que nos rodea?
COMPETENCIA ARGUMENTATIVA ARGUMENTACIÓN Dar razón de una afirmación, explicación del porqué de una proposición, articulación de conceptos y teorías para justificar una demostración o afirmación. La argumentación tiene que ver con las razones que justifiquen, que expliquen lógicamente los pasos y determinaciones tomadas para entender y solucionar una situación o un problema.		OPERACIÓN MENTAL ANÁLISIS-SÍNTESIS Es la forma de percibir la realidad. Es un proceso que implica la identificación de un todo, el descomponer un todo en sus elementos o partes, teniendo en cuenta sus cualidades, funciones, usos, relaciones, estructuras y operaciones, y relacionarlos para extraer inferencias. La síntesis es reagrupar dichas inferencias.
CRITERIOS DE MEDIACIÓN		
INTENCIONALIDAD: El estudiante analiza las diferentes cualidades inmersas en los fenómenos de la reflexión y la refracción de la luz	TRASCENDENCIA Y TRANSFERENCIA: Cómo podemos identificar los rasgos esenciales de la reflexión de la luz en la formación de imágenes en diferentes elementos ópticos.	CRITERIO DEL SIGNIFICADO: Es importante apropiarse de los conceptos propios de los fenómenos de la reflexión y la refracción de la luz al momento de explicar la formación de imágenes.

IN- PUT

FUNCIÓN DE PERCEPCIÓN

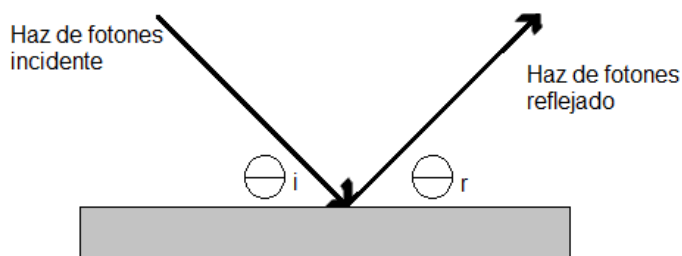
Conocimiento exacto y preciso de la información. Distinguir los detalles de los objetos, figuras, problemas y situaciones.

¿Identifica las nociones, los conceptos y algunas relaciones que se deduzcan de la siguiente lectura?

La luz tiene una naturaleza dual. En algunos experimentos se comporta como onda mientras que en otros se comporta como una partícula; para esto consideraremos la frontera entre dos medios en los cuales puede ocurrir la reflexión de la luz que básicamente consiste en el “rebote” del haz de fotones en el primer medio o la refracción que consiste en el paso de la luz del primer medio al segundo medio y como observaremos se tendrá una desviación de dicho haz luminoso. A veces pueden ocurrir los dos fenómenos al mismo tiempo.

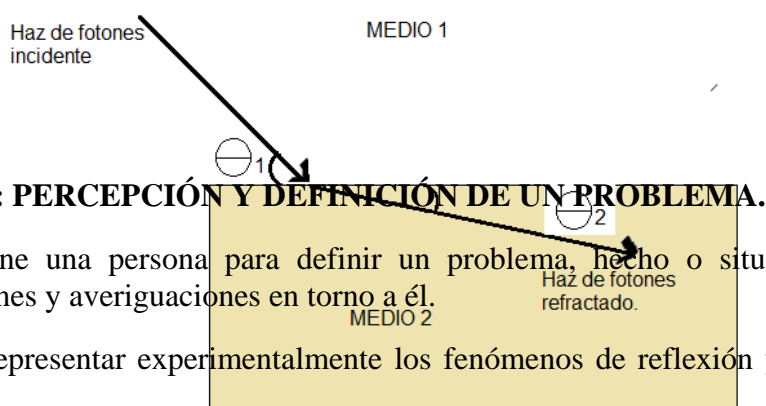
En síntesis podemos afirmar que en la reflexión de la luz el ángulo con el cual incide el haz de luz en la frontera de los dos medios es igual al ángulo con el cual es haz de luz se refleja, matemáticamente podemos expresar esto como:

$$\theta_i = \theta_r$$



De otra parte si lo que ocurre es una refracción entonces tenemos el paso del rayo incidente que viene del medio uno al medio dos; en este caso el rayo incidente se refracta y sufre una desviación en su trayectoria; a esto se le conoce como ley de Snell, matemáticamente se expresa como:

$N_1 \sin \theta_1 = N_2 \sin \theta_2$ N_1 y N_2 , son los índices de refracción, y viene dado por la relación $N=c/v$ donde c es la velocidad de la luz, y v la velocidad de la luz en el medio.



ELABORACIÓN: PERCEPCIÓN Y DEFINICIÓN DE UN PROBLEMA.

Capacidad que tiene una persona para definir un problema, hecho o situación delimitarlo, plantear explicaciones y averiguaciones en torno a él.

¿Cómo podemos representar experimentalmente los fenómenos de reflexión y refracción de la luz?

CALEIDOSCOPIO, FIGURAS TRIDIMENSIONALES CON LÍQUIDO DENTRO E IDENTIFICACIÓN DE LA TRAYECTORIA DE UN LÁSER EN LOS FENÓMENOS DE REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN.

Un caleidoscopio se define como un instrumento óptico que consiste en un tubo con dos o tres espejos inclinados y cristales de colores en su interior, dispuestos de tal manera que, si se mueve el tubo y se mira en su interior por uno de sus extremos, se pueden ver distintas figuras geométricas simétricas. Los espejos pueden estar situados a diferentes ángulos, a 45° de cada uno se generan ocho imágenes duplicadas. A 60° se observan seis duplicados y a 90° cuatro. Aunque lo más común es que esté integrado por tres espejos, también puede construirse un caleidoscopio con dos, o más de tres para conseguir distintos tipos de efectos. Un poliedro es un objeto tridimensional formado por regiones poligonales denominadas caras. Los lados y vértices de las caras reciben los nombres de aristas y vértices del poliedro. Un poliedro está formado por un número finito de regiones poligonales. Cada arista de una región es la arista de exactamente otra región. Si dos regiones se intersecan, lo hacen en una arista, o en un vértice.

PROYECTO 1: CALEIDOSCOPIO

1. MATERIALES

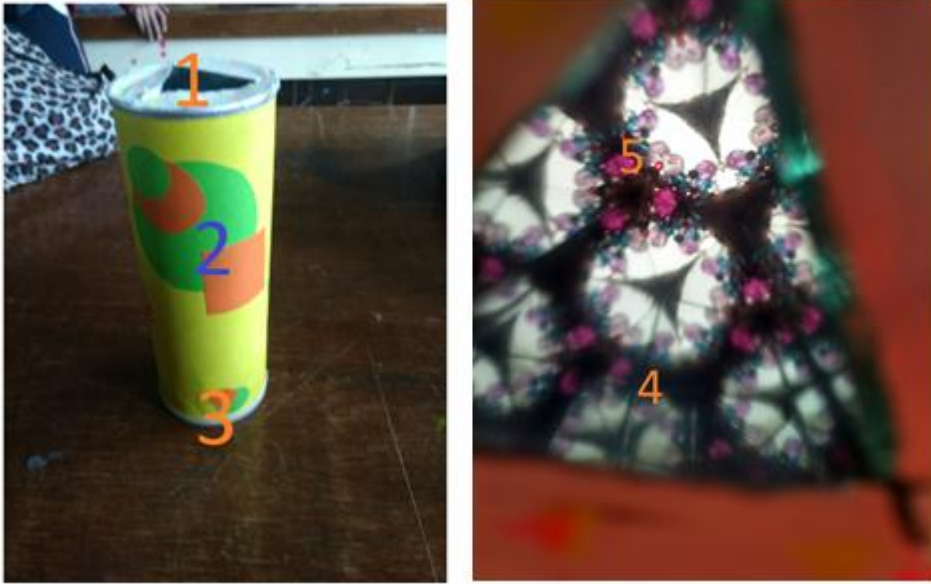


Todas las imágenes son tomadas de Google.

PROCEDIMIENTO

1. Se unen tres espejos rectangulares con cinta transparente, se rodean con papel periódico y se vuelven a enrollar nuevamente con cinta transparente.
2. Se remueve la tapa metálica del tubo de cartón con una lima o con una lija.
3. Se insertan los espejos ya unidos en el tubo de cartón.
4. Se cortan tres círculos de acetato que tengan la misma medida del interior del tubo.
5. Se coloca un círculo de acetato dentro del tubo de cartón y se une a este con silicona.
6. Se colocan las piedras o los cristales de colores de diferentes tamaños sobre el círculo de acetato.
7. Se coloca otro círculo de acetato encima de los cristales y vidrios de colores.
8. Se sella la parte superior con la tapa del envase de cartón.
9. En la parte inferior se pega el tercer círculo de acetato y se sella el envase con la segunda tapa del envase.
10. En el centro de la tapa del envase y del acetato de la parte inferior se hace una abertura pequeña para poder visualizar las formas que crea el caleidoscopio.

11. Por último, se decora la parte exterior del envase.



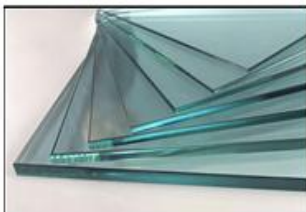
- 1: Triángulo equilátero de espejos
- 2: Cuerpo del Kaleidoscopio (Tubo de Cartón)
- 3: Final del Kaleidoscopio (tapa)
- 4: Espejos
- 5: Piedras brillantes

Funcionamiento: Gracias a la reflexión generada entre los tres espejos planos a 60° se forman imágenes simétricas

PROYECTO 2: FIGURAS TRIDIMENSIONALES CON LÍQUIDO DENTRO

MATERIALES

VIDRIOS



LÍQUIDOS DE DIFERENTE COLOR



MARCADOR NEGRO



REGLA



CORTA VIDRIOS



SILICONA



Todas las imágenes son tomadas de Google.

PROCEDIMIENTO

1. Sobre el vidrio, con el marcador negro y la regla se hace el número de caras necesarias para las diferentes figuras tridimensionales.
2. Se utiliza el corta vidrios para cortar las diferentes caras de las figuras.
3. Con silicona se pegan las caras (formando la figura tridimensional), a excepción de la base (en caso de tener más de una base, solo se deja descubierta).
4. Se rellenan las figuras con los diferentes líquidos que se puedan utilizar.
5. Se sella la figura, pegando la última base.



y al



Figuras 3D PIRAMIDE

Pirámide hecha con vidrio 2: Líquido (Colorante vegetal verde) 3: Reflejo de la flor

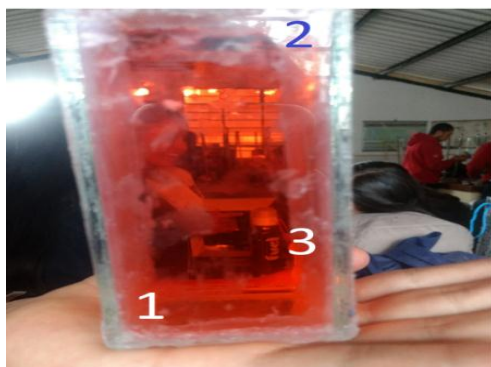
Funcionamiento: Gracias a su forma piramidal líquido contenido en esta, se presenta el fenómeno de reflexión como si se tratase de espejos

Figuras 3D CUBO

1. Silicona para cerámica
2. Líquido (colorante vegetal azul y agua)

3. Cubo hecho con vidrio

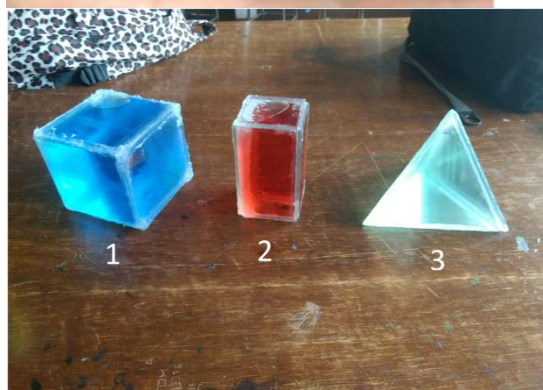
Funcionamiento: Debido al líquido contenido en este, nos permite observar las imágenes distorsionadas por la refracción de los fotones



Figuras 3D PARALELEPIPEDO

1. Paralelepípedo hecho con vidrio
2. Líquido (aceite vegetal rojo más agua)
3. Silicona para cerámica

Funcionamiento: Debido al líquido contenido en este, nos permite observar las imágenes distorsionadas.



FIGURAS 3D

1. Cubo
2. Paralelepípedo
3. Pirámide

PROYECTO 3. REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN EN EL INTERIOR DE UN FLUIDO

MATERIALES:

BOTELLA



LÍQUIDOS DE DIFERENTE COLOR



ESPEJO CIRCULAR



PUNTERO LASER



Todas las imágenes son tomadas de Google.

PROCEDIMIENTO

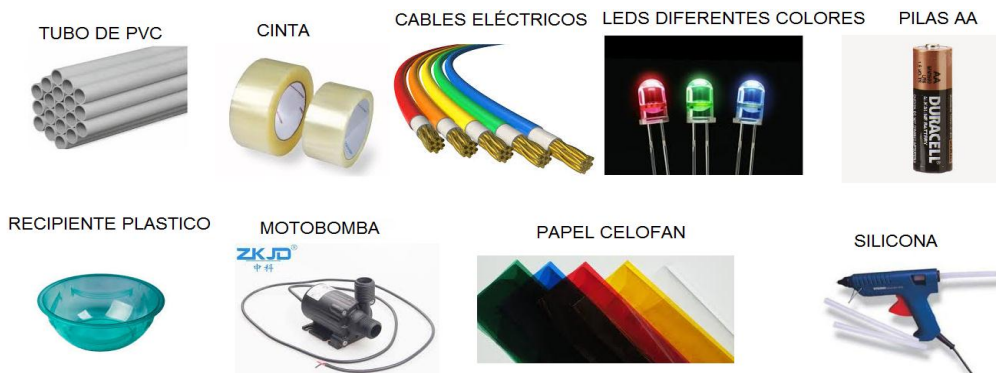
1. Se llena la botella con agua y se le agregan unas gotas de leche, para que al momento de apuntar con el láser se pueda observar su trayectoria.
2. La botella llena de líquido se colocan encima del espejo circular, cuya superficie reflectora esta hacia arriba.
3. Con el puntero laser se dirige el haz de fotones al interior de la botella con el líquido.



Funcionamiento: Debido a que el agua ya no es cristalina se puede apreciar como un haz de fotones que incide sobre una superficie se refleja verificando el ángulo de incidencia y de reflexión, también se puede verificar la ley de Snell para la desviación de un haz de fotones que pasa de un medio menos denso como el aire a uno más denso como el agua.

PROYECTO 4: FUENTE DE LUZ

MATERIALES



Todas las imágenes son tomadas de Google.

PROCEDIMIENTO

1. Cortamos 5 tubos de pvc cortados con el extremo superior una punta salida y el inferior cerrado de 16 y 17 cm,
2. En cada tubo se hacen dos orificios del tamaño de la cabeza del led en la parte superior.

3. Se pegan los tubos hechos en un costado del recipiente plástico, y pasamos a unir los led con los cables, con lo que preferiblemente hacerlo soldándolo. Después de unir puntas con la silicona rodear la conexión entre el led y el cable (se hace para que el agua no entre). Se repite con los otros 5 led.
4. Después de ya tener estos, se colocan los led en cada orificio superior y en un extremo fuera del recipiente cuadrar los respectivos cables positivos y los negativos de forma que al conectar a la batería solo sean 2 cables.
5. Ponemos la motobomba al costado contrario que el sistema de tuberías y conectamos con un tubo plástico de 6 cm con la motobomba, por ultimo colocamos el papel celofán encima del motor pero que no pase de la altura del recipiente.



FUNCIONAMIENTO

- 1: TUBOS DE PVC
- 2: TUBOS PLÁSTICOS
- 3: PAPEL CELOFAN
- 4: MOTOBOMBA
- 5: CONEXIONES ELÉCTRICAS
- 6: LED
- 7 RECIPIENTE PLÁSTICO

Funcionamiento: La luz viaja a interior del chorro de agua debido a la reflexión total interna, este fenómeno ocurre cuando la luz encuentra la frontera entre un medio con un índice de refracción mayor y otro con un índice de refracción menor, para que el fenómeno de refracción total interna ocurra, el haz de fotones debe viajar en un medio de mayor índice de refracción en este caso el chorro de agua hacia un medio de menor índice de refracción en este caso el aire. El haz de fotones sigue entonces la curvatura del chorro de agua mediante múltiples reflejos internos, este principio se usa también en la fibra óptica.

PROYECTO 5: OSCILOSCOPIO

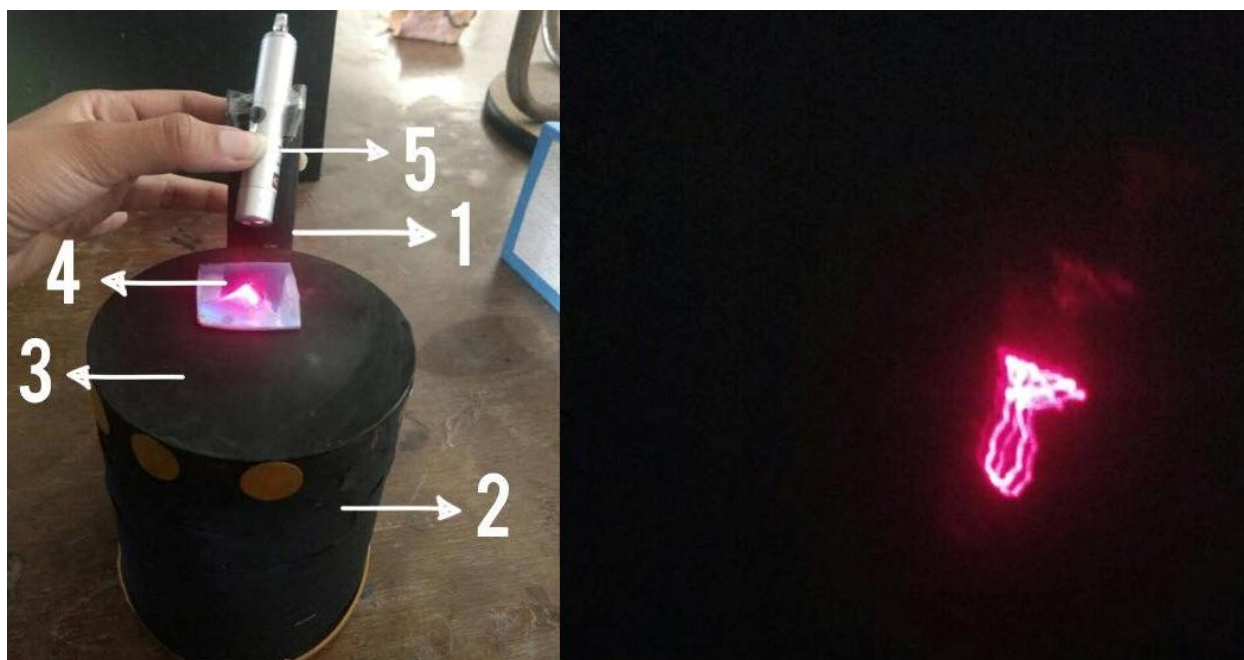
MATERIALES



Todas las imágenes son tomadas de Google.

PROCEDIMIENTO

1. Quitar tanto la parte de arriba como la parte de abajo de la lata y vaciarla.
2. Recortar la boca del globo y desecharla. Lo que nos queda, una superficie elástica bastante abierta, deberemos colocarlo en uno de los extremos de la lata, de forma que lo cubra todo.
3. Finalmente, lo fijamos con cinta americana para que no se mueva.
4. A continuación, cogemos el CD y recortamos un cuadrado y se pega al globo por la parte externa con cinta, justo en el centro.
5. Se debe crear un soporte para el láser. Con el tubo de PVC y se realiza en uno de sus extremos un corte en forma de V. Ajustarlo hasta que el láser quede a la distancia exacta en la que su rayo rebote en el CD y se refleje en el fondo claro.
6. Cuando esté listo, Se fija el láser al tubo y el tubo a la lata con más cinta. Opcionalmente, se puede pegar el botón con cinta americana para que se quede pulsado todo el tiempo.



Funcionamiento: Debido a las ondas mecánicas producida por nuestra voz, la membrana del osciloscopio vibran, al estar sujeto el espejo a la membrana se producen diferentes patrones de acuerdo al tono el timbre y la intensidad del sonido, mediante el rayo láser podemos ver las diferentes cualidades del sonido, es decir con una onda electromagnético podemos ver características de una onda mecánica.

OUT PUT: COMUNICACIÓN DESCENTRALIZADA NO EGOCENTRICA.

Capacidad que tiene el sujeto de utilizar un lenguaje claro y preciso, que responda al problema formulados en la tarea asignada. Esto supone de su parte, un cierto nivel de comprensión.

Expresa en forma oral o por escrito la comprensión de esta situación estudiada

Al finalizar el taller, el estudiante debe tener claridad entre los principios de la reflexión y la refracción del fotón, estableciendo diferencias y similitudes, argumentando de manera precisa.

Para esto el docente como mediador debe plantear ejercicios donde el sujeto hable para reflejar su precisión, explicación y argumentación.

¿Cuáles son los elementos que se requieren para que se genere la reflexión de los fotones?

¿Cuál es la diferencia que observaste entre la reflexión y la refracción de los fotones?

¿Podemos diseñar un montaje en el cual se dé la refracción total utilizando materiales diferentes usados en la fuente de luz? ¿Cómo lo harías?

REFERENCIAS

Serway, R.A. & Vuille, C. (2013). Fundamentos de Física. México D.F, México: Cengage Learning editores.

http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/2esobiologia/2quincena4/2q4_contenidos_3c.htm

<https://es.oxforddictionaries.com/definicion/caleidoscopio>

<http://didacticaenlaciencia.blogspot.com.co/2008/06/qu-vamos-hacer-vamos-construir-un.html>

Anexo 2.1 GUÍA N°2: DIFRACCIÓN E INTERFERENCIA DE LA LUZ

NÚCLEO TEMÁTICO:		NÚCLEO PROBLÉMICO:	
DIFRACCIÓN E INTERFERENCIA DE LA LUZ		<p>¿Cómo se puede explicar que un haz de fotones pueda bordear un obstáculo?</p> <p>¿Cómo a partir de la interferencia podemos asociarle a los fotones cualidades ondulatorias?</p>	
COMPETENCIA		OPERACIÓN MENTAL	
INTERPRETATIVA O COMPRENSIÓN		IDENTIFICACIÓN	
<p>Encontrar el sentido a un texto, proposición, problema, gráfica, mapa o esquema. Es describir, definir y establecer relaciones de causas y efectos. La comprensión tiene que ver con expresar, describir, lo que se ha aprendido en el proceso de las dos fases entrada y elaboración en las funciones cognitivas</p>		<p>Reconocimiento de una realidad, objeto, situación, o hecho por sus características ya sea de una manera real o virtual.</p>	
CRITERIOS DE MEDIACIÓN			
INTENCIONALIDAD:	TRASCENDENCIA Y TRANSFERENCIA:	CRITERIO DEL SIGNIFICADO:	
<p>El estudiante identifica las cualidades que le aportan a los fotones los fenómenos de la difracción e interferencia de la luz</p>	<p>Es importante identificar la difracción e interferencia como un fenómeno que permite asemejar la luz como una onda</p>	<p>¿Cuál es la verdadera naturaleza de la luz? y ¿Cómo podemos a partir de la interferencia y la difracción dar respuesta a este interrogante?</p>	

IN- PUT:

COMPRENSIÓN CLARA Y PRECISA DE PALABRAS Y CONCEPTOS.

Capacidad para discriminar y diferenciar objetos, sucesos relaciones y operaciones a través de reglas verbales.

¿Cuál es el concepto clave que permite identificar la difracción de otros fenómenos ópticos?

¿En cuáles situaciones cotidianas hemos observado el fenómeno de interferencia?

DIFRACCIÓN: Es el fenómeno del movimiento ondulatorio en el que una onda de cualquier tipo se extiende después de pasar junto al borde de un objeto sólido o atravesar una rendija estrecha, en lugar de seguir avanzando en línea recta. La difracción sólo se observa si el



obstáculo que encuentran las ondas es del mismo orden que la longitud de onda del movimiento ya que cuando es mayor, las ondas siguen la propagación rectilínea.

Imagen recuperada de:

<http://www.canonistas.com/foros/40d/169126-partir-de-que-apertura-hay-problemas-de-difraccion.html>

INTERFERENCIA: Es el fenómeno de la luz que ocurre cuando dos o más ondas de luz se traslapan en un punto dado, un patrón de interferencia sostenido se observa si las fuentes son coherentes, las fuentes tienen longitud de onda idénticas y es aplicable el principio de superposición. La interferencia puede tener dos resultados uno llamado interferencia constructiva en la cual se observan franjas brillantes o interferencia destructiva para el cual se observan franjas oscuras.

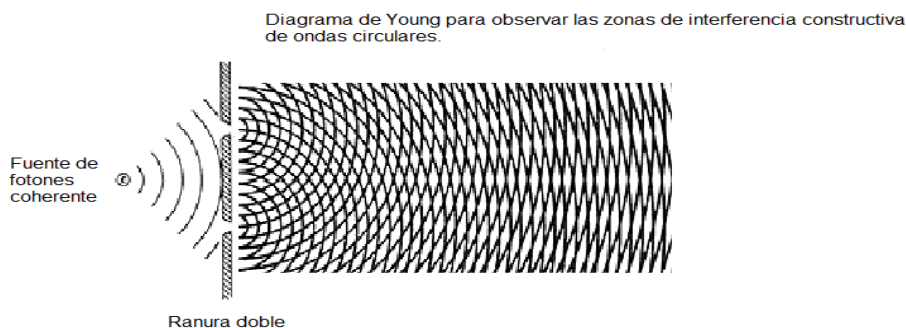


Imagen recuperada de:

http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/107/htm/sec_10.htm

ELABORACIÓN:

FACILIDAD PARA DISTINGUIR DATOS RELEVANTES E IRRELEVANTES.

Capacidad que tiene el sujeto para elegir la información previamente almacenada y relevante, para la solución de un problema, hecho o situación.

¿Cuáles son las relaciones importantes que se deducen del problema de la difracción?

PROYECTO 1: CAJA DE DIFRACCIÓN

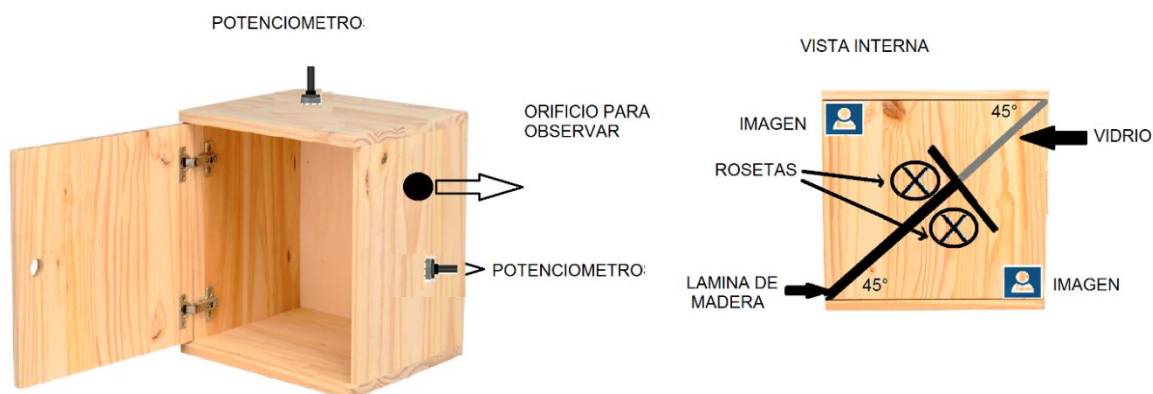
MATERIALES:



Todas las imágenes son tomadas de Google.

PROCEDIMIENTO:

1. Arma una caja de madera utilizando el siguiente diagrama



Todas las imágenes son tomadas de Google y modificadas en paint.

2. Cada potenciómetro va conectado a una roseta y los dos van conectados en paralelo con la fuente de alimentación.
3. Con ayuda del taladro realiza un orificio como se ilustra en la figura, este debe estar ubicado a $\frac{3}{4}$ de altura del lateral.
4. Una vez armada la caja como se ilustra se pinta de color negro mate internamente.
5. Se debe cortar una lámina de madera del mismo ancho interno de la caja y colocarla en su interior a un Angulo de 45° .
6. El vidrio se coloca al interior de la caja a 45° como se ilustra, se recomienda hacer una canal en la "T" de madera interna para que el vidrio se sujete.
7. Pegar las dos imágenes como se ilustra en la figura.

8. Colocar los dos bombillos

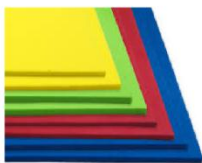


Funcionamiento: Al cerrar la caja y por medio de los potenciómetros podemos variar la intensidad lumínica de los bombillos que están en su interior, gracias al fenómeno de difracción de la luz es posible observar las dos imágenes por el orificio aunque estas estén en lugares diferentes de la caja.

PROYECTO 2: DOBLE RENDIJA DE YOUNG

MATERIALES:

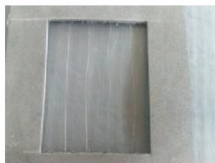
FOAMI



CABELLO



RENDIJA



LASER ROJO Y VERDE



Todas las imágenes son tomadas de Google.

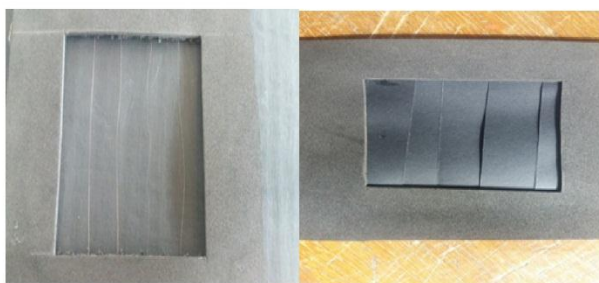
PROCEDIMIENTO

Elaboración de rendijas:

1. Recortamos cuatro cuadrados iguales de foami

2. En el interior de cada cuadrado a la misma medida cortamos el centro formando una especie de ventana
3. Recortamos un cuadrado de cartulina negra y hacemos en su interior rayitas con un bisturí
4. Unimos dos ventanas de foami y en su interior colocamos el cuadrado de cartulina, para esto sellamos con pegamento.
5. Tomamos las otras dos ventanas de foami y en su interior colocamos cabellos tensionados, para finalmente sellar con cinta y pegamento

ELABORACIÓN DE LA RENDIJA

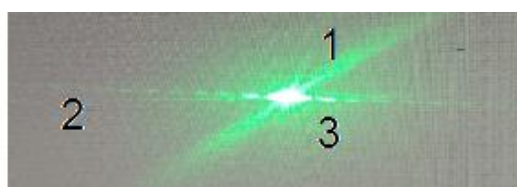


PROCEDIMIENTO 2:

1. Fijemos un pelo sobre una ventana recortada en un trozo de foami que actuará de soporte.
2. Ubiquemos ahora el cartón paralelamente a una pantalla o una pared a una distancia de 1 o 2 metros, e iluminemos el pelo con la luz (roja y verde) de un láser que debe tener un buen soporte. Veremos que sobre la pared aparecerá proyectada una imagen de difracción e interferencia
3. Realizamos el mismo procedimiento con la rendija de cartulina, intercambiando el láser verde por el rojo, e incluso usando los dos al tiempo



1. Laser
2. Rendija con cabello
3. Pantalla



1. Laser verde.
2. Pantalla.
3. Rendija.

Funcionamiento:

Cuando la luz láser se hace incidir sobre un cabello humano, la imagen de difracción que se obtiene es similar a la que produce una doble rendija. Existe un máximo principal de difracción fuertemente iluminado y a sus lados, separados por zonas oscuras, aparecen otros máximos, llamados secundarios. Los máximos secundarios son mucho menos intensos que el principal y por ello apenas se aprecian en las fotografías.

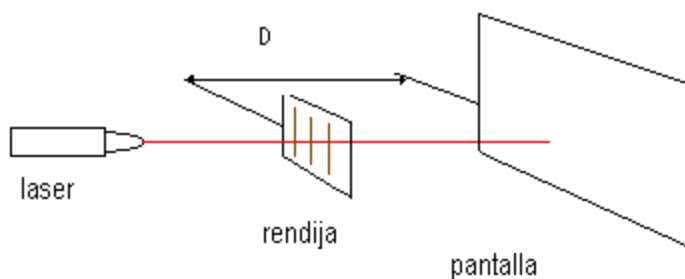


Imagen recuperada de:
<http://fis.sb-10.org/law/3073/index.html>

PROYECTO 3: DIFRACCIÓN DE LA LUZ A TRAVÉS DE UN OBSTÁCULO

MATERIALES:

CÁNICA



LINTERNA



HOJA BLANCA



Todas las imágenes son tomadas de Google.

PROCEDIMIENTO:

1. Colocamos la linterna frente a la canica
2. Atrás de la canica colocamos una hoja blanca, acercándose y alejándose de ésta, para así notar el cambio de la imagen reflejada en cuanto al efecto del fenómeno de la difracción.

Funcionamiento: Las ondas de fotones se refractan al pasar por el borde de la canica, los fotones se desvían alrededor de la canica para formar un punto blanco en su sombra, el centro de la sombra es el punto focal para los fotones que pasa por el borde de la canica, el resto del área es más oscura porque las ondas de luz que llegan ahí se difractan de forma diferente y viajan distintas distancias y ellas interfieren entre sí y no están concentradas en el foco.



PROYECTO 4: PATRÓN DE MOIRÉ

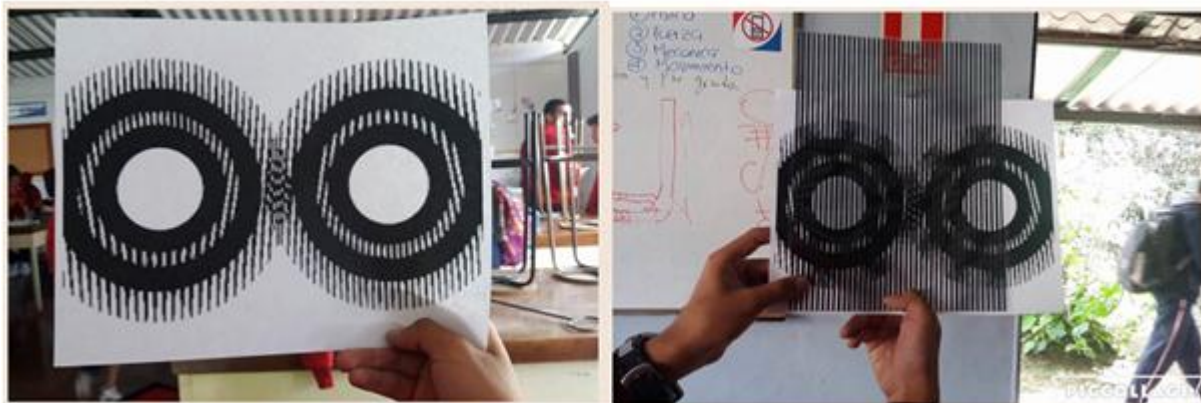
En óptica, un patrón de Moiré es un patrón de interferencia que se forma cuando se superponen dos rejillas de líneas con un cierto ángulo, o cuando tales rejillas tienen tamaños ligeramente diferentes.

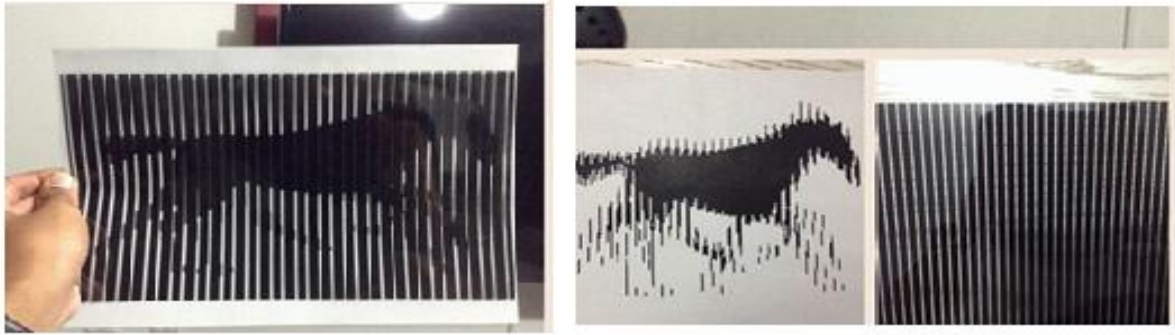
MATERIALES:

- Acetato con un patrón impreso en él.
- Hoja blanca con un patrón que corresponda al acetato.

PROCEDIMIENTO:

1. Es bastante importante resaltar que en caso de quererse hacer un patrón Moiré con una animación en ella, los espacios sombreados de la hoja de acetato deben coincidir con los espacios en blanco de la hoja blanca.
2. Se superponen ambas hojas, la de acetato por encima de la hoja blanca con la animación impresa, y se comienza a mover poco a poco de manera lenta.
3. Al mover la hoja de acetato logramos evidenciar la animación propuesta.





Funcionamiento: El patrón de Moiré se logra ya que los fotones logran pasar por los espacios translúcidos de la hoja de acetato, mientras que los espacios sombreados se superponen a los espacios en blanco de la hoja.

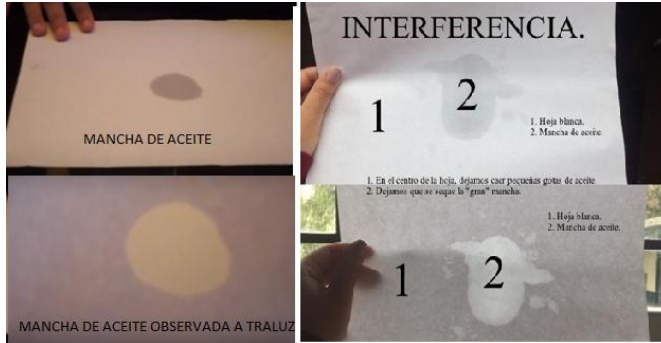
PROYECTO 5: “¿DE QUÉ COLOR ES LA MANCHA DE ACEITE?”

MATERIALES:

- Unas gotas de aceite.
- Una hoja de papel Bond.

PROCEDIMIENTO:

1. Colocamos la hoja sobre una mesa o superficie plana.
2. En el centro de la hoja, dejamos caer unas gotas de aceite formando así una mancha pequeña.
3. Esperamos hasta que el aceite seque totalmente



Funcionamiento: la mancha se expone a la luz, esta se verá más oscura en un fondo blanco, pero si la hoja se expone al traluz se verá una mancha oscura sobre un fondo claro.

PROYECTO 5: HOLOGRAFÍA

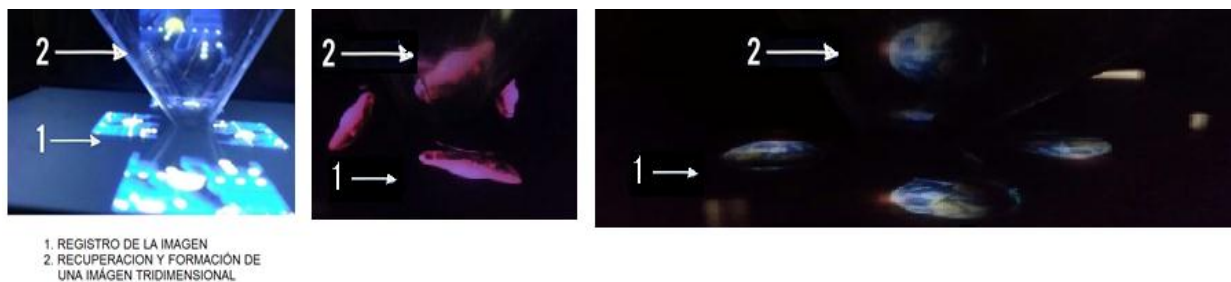
MATERIALES:



Todas las imágenes son tomadas de Google.

PROCEDIMIENTO:

1. Cortar cuatro pedazos de acetato en formas de tetraedros con dimensiones 1 x 3.5 x 6 Cm y 10 x6x3 Cm.
2. Unir las cuatro piezas verificando que estén a ángulo de 45°
3. Colocar la pirámide sobre el dispositivo, de tal modo que el cuadrado más pequeño quede abajo.
4. Reproducir en YouTube algunos [vídeos creados específicamente para ser usado como hologramas](#). Links de los vídeos hologramas:
<https://www.youtube.com/watch?v=e6Vw8UFBtt0>
<https://www.youtube.com/watch?v=5OprvoILfrY>



Funcionamiento: La percepción del holograma como una imagen tridimensional se debe a dos factores. Primero el registro de la imagen y segundo la recuperación de la misma. En el segundo paso se complementan al tiempo la interferencia y la difracción.

En el registro del holograma interviene se debe a la interferencia, mientras que en la reproducción de la imagen tridimensional es un efecto de la difracción de la luz.

PROYECTO 6: ARCOIRIS EN UN DISCO COMPACTO

MATERIALES:



Todas las imágenes son tomadas de Google.

PROCEDIMIENTO:

1. Realizamos un corte suave sobre la parte superior del CD
2. Quitamos con cinta adhesiva la parte superior del CD
3. Ahora solo es necesario un foco de luz y alejar y acercar el CD de la luz para poder ver el efecto de difracción





Funcionamiento: La superficie de un disco compacto no es una superficie perfectamente lisa a nivel microscópico, por tal motivo la luz se dispersa y a la vez están dispuesta de manera espiral, de esta manera cualquier sección de un disco compacto funciona como una rejilla de difracción para la luz blanca, la formación de los colores que se observan se deben a la interferencia, podemos observar diferentes colores de acuerdo a los ángulos de incidencia o difracción de la luz sobre el disco compacto.

OUT PUT:

PROYECCIÓN DE RELACIONES VIRTUALES.

Capacidad que tiene el sujeto para ver y establecer relaciones que existen potencialmente pero no en la realidad. Esta función exige la reestructuración y configuración de relaciones entre situaciones nuevas.

¿Cuáles son los aportes que le da la óptica ondulatoria a la construcción de la idea de fotón?

¿Cuáles son las diversas cualidades que posee un haz de fotones?

¿Puedes identificar y clasificar las diferencias entre la óptica geométrica y la óptica ondulatoria?

Verifica si la siguiente hipótesis es verdadera o false argumentando por qué:

“La difracción es una manifestación de la interferencia entre ondas y se puede observar como un patrón de líneas o franjas claras y oscuras en una pantalla de proyección cuando la luz pasa a través de una sola rendija o de múltiples rendijas espaciadas la misma distancia. De igual forma los patrones de difracción se obtienen cuando los fotones pasan a través de agujeros o cuando rodean obstáculos”.

REFERENCIAS:

Serway, R.A. & Vuille, C. (2013). Fundamentos de Física. México D.F, México: Cengage Learning editores.

www.sabelotodo.org/optica/difraccionluz.html

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/7143/11.secciones.pdf?sequence=11&isAllowed=y>

<http://www.elementos.buap.mx/num08/pdf/31.pdf>

GUÍA N°2.2: POLARIZACIÓN DE LA LUZ.

NÚCLEO TEMÁTICO:		NÚCLEO PROBLÉMICO:	
POLARIZACION		¿En qué consiste el fenómeno de la polarización de los fotones?	
COMPETENCIA		OPERACIÓN MENTAL	
ARGUMENTATIVA ARGUMENTACIÓN Dar razón de una afirmación, explicación del porqué de una proposición, articulación de conceptos y teorías para justificar una demostración o afirmación. La argumentación tiene que ver con las razones que justifiquen, que expliquen lógicamente los pasos y determinaciones tomadas para entender y solucionar una situación o un problema.		O RAZONAMIENTO TRANSITIVO Corresponde al pensamiento lógico formal. Ordena, compara y describe una situación de manera que se pueda llegar a una conclusión. Es deductivo y permite inferir nuevas relaciones a partir de las existentes surgiendo implicaciones y equivalencias.	
CRITERIOS DE MEDIACIÓN			
INTENCIONALIDAD:	TRASCENDENCIA Y TRANSFERENCIA:	CRITERIO DEL SIGNIFICADO:	
El estudiante avanza en la concepción de todos los fenómenos asociados a los fotones y en especial a la polarización.	Demostrarle al espectador en qué consiste el fenómeno óptico conocido como polarización y sus diferentes aplicaciones en la cotidianidad	Es importante que el estudiante identifique la interacción entre elementos polarizantes y un objeto común.	

IN- PUT: COMPRENSIÓN CLARA Y PRECISA DE PALABRAS Y CONCEPTOS.

Capacidad para discriminar y diferenciar objetos, sucesos relaciones y operaciones a través de reglas verbales. Reconoce adecuadamente la información.

¿En qué consiste el fenómeno de polarización? ¿Cuáles son las características esenciales de un polarizador? ¿Cómo la ley de Malus describe el fenómeno de polarización?

Polarización: La luz polarizada está formada por fotones individuales cuyos vectores de campo eléctrico están todos alineados en la misma dirección. La luz normal es no polarizada, porque los fotones se emiten de forma aleatoria, mientras que la luz láser es polarizada porque los fotones se emiten coherentemente. Cuando la luz atraviesa un filtro polarizador, el campo eléctrico interactúa más intensamente con las moléculas orientadas en una determinada dirección.

Un polarizador lineal está formado por un material que únicamente permite el paso de luz cuyo campo eléctrico vibre paralelamente a una dirección determinada, conocida como eje de transmisión del polarizador. La ley de Malus expresa cuantitativamente la relación entre la intensidad I_0 de la luz incidente, el ángulo θ que su plano de vibración forma con el eje de transmisión y la intensidad I de la luz transmitida:

$I = I_0 \cos^2 \theta$ Donde I es la intensidad de la onda polarizada, I_0 la intensidad de la onda no polarizada y θ el ángulo que forman el primer polarizador con el analizador

Por eso, si sobre un polarizador lineal se hace incidir luz linealmente polarizada, la intensidad del haz de fotones que lo atraviesa ira disminuyendo progresivamente.

ELABORACIÓN: CONDUCTA COMPARATIVA Y PERCEPCIÓN EPISODICA.

Capacidad que tiene el sujeto para realizar todo tipo de comparación, así como relacionar objetos y sucesos anticipándose a la situación, esto implica poder resumir la información de manera automática.

¿Cómo podemos polarizar la luz?

PROYECTO 1: POLARIZACIÓN DE LA LUZ

MATERIALES

POLARIZADORES

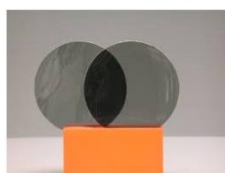
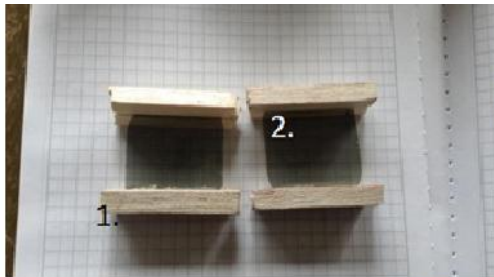


Imagen tomada de Google.

PROCEDIMIENTO:

1. Con los dos polarizadores debidamente ubicados en forma perpendicular, uno de los dos polarizadores se girará 180 grados manteniendo su misma ubicación y se hará observar al espectador que la sección en donde el segundo polarizador giro está completamente oscura.

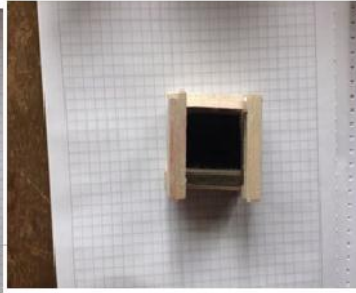
2. Posteriormente, dentro de la sección oscura de los dos polarizadores se colocará el objeto, mostrando así, que desaparece de la perspectiva del espectador.
3. Y finalizando, se retornará el segundo polarizador a su ubicación original mostrando cómo reaparece la botella para la perspectiva del observador.



1. Palo De Balso
2. Material Polarizante.



Se ubican los dos polarizadores y sin girarlos se puede observar a través de ellos.



Cuando giramos uno de los polarizadores ya no se puede observar a través de ellos

Funcionamiento: Un polarizador tiene un elemento denominado eje de transmisión; este eje permite el paso de fotones polarizados verticalmente, cuando el haz de fotones atraviesa el primer polarizador y se encuentra con otro polarizador que recibe el nombre de analizador intercepta éste haz de fotones; si su eje de transmisión está alineado con el primer polarizador permite que el componente del campo eléctrico paralelo a él lo atraviese; sin embargo si el componente del campo eléctrico es perpendicular al analizador, este lo absorbe por completo y no permite el paso de un haz de fotones; en este caso logramos identificar un haz de fotones como una onda electromagnética.

OUT PUT: COMUNICACIÓN DESCENTRALIZADA NO EGOCENTRICA.

Capacidad que tiene el sujeto de utilizar un lenguaje claro y preciso, que responda al problema formulados en la tarea asignada. Esto supone de su parte, un cierto nivel de comprensión.

Expresa en forma oral o por escrito la comprensión de esta situación estudiada

¿Cuál es la intencionalidad de estudiar el fenómeno de polarización?

¿Qué significa físicamente que se pueda polarizar un haz de fotones?

REFERENCIAS

Serway, R.A. & Vuille, C. (2013). Fundamentos de Física. México D.F, México: Cengage Learning editores.

<http://definicion.de/polarizacion/>

<http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/21/Polarizaci%F3n.html>

<https://www.uclm.es/profesorado/ajbarbero/CursoAB2007/Malus2003.pdf>

Anexo 2.3: GUÍA N°4: EL COLOR

NÚCLEO TEMÁTICO:		NÚCLEO PROBLÉMICO:	
COLOR		¿Cómo la física logra generar una explicación de lo que llamamos color?	
COMPETENCIA		OPERACIÓN MENTAL	
PROPOSITIVA O PROPUESTA		PENSAMIENTO DIVERGENTE- CONVERGENTE:	
Generar hipótesis, resolución de problemas, proposición de alternativas de solución a conflictos sociales, explicación de eventos, construcción de mundos posibles a nivel literario. Tiene que ver con la verbalización del pensamiento crítico y creativo, en donde se expresan nuevas formas de solucionar el problema o de ver el mundo. Es una expresión creadora.		Equivale al pensamiento creativo, es la capacidad de establecer nuevas relaciones sobre lo que ya se conoce, de modo que se realicen nuevas ideas. El pensamiento convergente es riguroso respecto a la exactitud de los datos, el pensamiento divergente es flexible y busca la novedad.	
CRITERIOS DE MEDIACIÓN			
INTENCIONALIDAD:	TRASCENDENCIA Y TRANSFERENCIA:	CRITERIO DEL SIGNIFICADO:	
El estudiante investiga sobre las diferentes teorías y concepciones que caracterizan lo que llamamos color	Cómo podemos de manera creativa apropiarnos de las definiciones de lo que es el color, y cómo lo aplicamos en la cotidianidad.	Es importante que el estudiante identifique las características del rango de la luz visible, y como la suma de todas las frecuencias de este rango da como resultado la luz blanca.	

IN- PUT: ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN. CONSIDERACIÓN DE DOS O MAS FUENTES DE INFORMACIÓN.

Capacidad que tiene el sujeto para utilizar diferentes fuentes de información de manera simultánea. Esto le permite discernir acerca de la coherencia o incoherencia cuando maneja diversas informaciones; de esta manera puede tomar una decisión cuando tiene que seleccionar la información correcta entre otras relacionadas

¿Cuáles son las diferentes concepciones que permiten generar una explicación del color?

El arcoíris de Newton

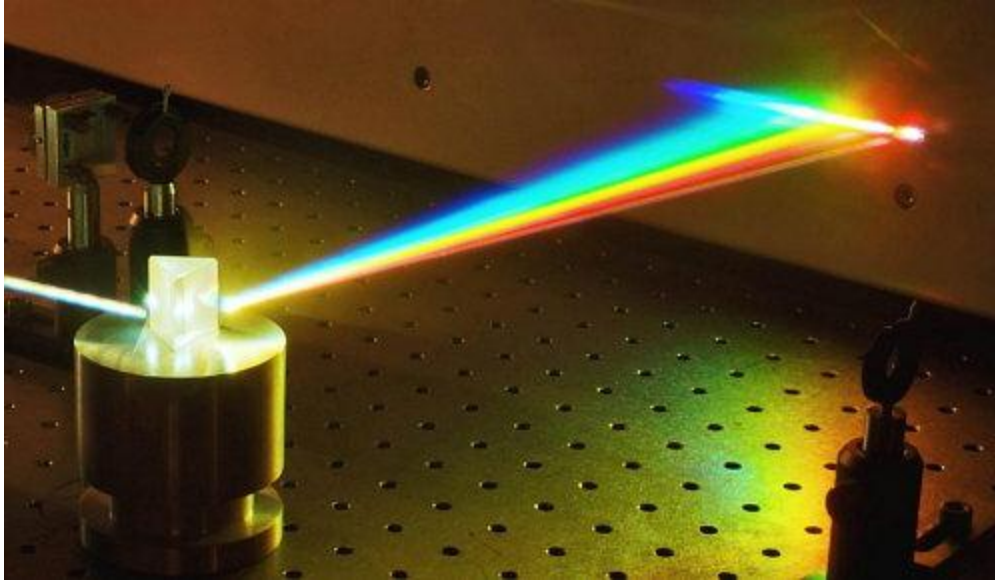
Newton, el científico más creativo y completo que ha dado la Historia, no escapó a esa fascinación. En 1667 presentó ante la Royal Society su experimento sobre la descomposición de la luz solar.



En aquella época dominaba la idea de Descartes de que la luz estaba compuesta por pequeños corpúsculos. Los colores eran la mezcla de luz y oscuridad, en distintas proporciones. Antes que Newton, Descartes ya intentó descomponer la luz, pero sólo logró obtener los colores rojo y azul.

Newton empleó un par de prismas de vidrio que, por entonces, eran populares como juguetes infantiles. Así que fue un experimento muy barato. Preparó una estancia en total oscuridad. Sólo a través de un agujero en la ventana entraba un rayo de luz solar. Colocó el prisma delante del rayo de luz, de modo que lo atravesara y reflejara la luz en la pared opuesta, a 7 metros de distancia. En la pared aparecían los colores del arco iris de forma alargada, uno sobre otro.

Cabían dos posibilidades. O bien el prisma daba color a la luz, o la luz era la mezcla de todos los colores y el prisma se limitaba a descomponerla. Para comprobarlo, utilizó el segundo prisma. Tras la luz descompuesta en colores colocó otra pantalla con un agujero, a unos 3 metros. Por este agujero fue haciendo pasar los colores de uno en uno. De modo que, detrás de la pantalla, sólo podía verse el color elegido. Por ejemplo, el rojo. Una vez aislado un color, lo hacía pasar a través del segundo prisma y lo reflejaba en otra pared.



Comprobó que ahora sólo cambiaba el ángulo, pero no el color. Es decir, si habíamos aislado el rojo, al atravesar el segundo prisma seguía saliendo rojo. Y así con todos los colores. Dedujo que los colores del arco iris eran colores puros, mientras que la luz blanca era la mezcla de todos ellos. El prisma no añadía ninguna cualidad a la luz, sino que la descomponía. Al proyectar los colores y juntarlos de nuevo, la luz volvía a ser blanca.

El experimento causó sensación en la Royal Society. Newton logró descomponer la luz solar, pero siguió sin saber porque. Entonces aún no se conocía la naturaleza ondulatoria de la luz.

Hoy sí la conocemos: los colores son ondas, y cada color tiene una longitud de onda diferente. Las longitudes de onda son más largas cuanto más se acercan al rojo, y más cortas hacia el violeta. Cuando la luz blanca entra en el prisma, cada color toma un camino distinto y lo atraviesa a distinta velocidad. Salen reflejados con distinto ángulo. Por eso los colores se separan y se ven en la pared de forma alargada uno sobre otro, y no circular.



Es el mismo proceso que forma el arco iris. Las gotas de agua actúan como el prisma. La luz solar se refleja en la cara interna de las gotas de lluvia y se descompone en colores.

Una curiosidad: Newton estableció que la luz blanca se descomponía en siete colores. Podría haber dicho seis u otra cifra (¿alguien sabe qué clase de color es el añil?). Se debe al peso de la tradición griega en nuestra cultura europea, donde el número siete es fundamental. De ahí que se repita tanto, incluso en los cuentos infantiles de tradición europea. Es la misma razón que llevó a Pitágoras a fijar en siete las notas musicales.

Recuperado de <http://www.astromia.com/astrologia/newtonluz.htm>

A partir de la lectura que otras concepciones sobre la luz y el color se han formulado a través de la historia. Realiza una línea de tiempo en donde ilustres los datos de la indagación que realices.

¿Por qué los postulados de Newton no logran describir de manera adecuada la naturaleza de la luz?

ELABORACIÓN: CLASIFICACIÓN COGNITIVA. ELABORACIÓN DE CATEGORÍAS COGNITIVAS.

Capacidad que tiene el sujeto para organizar los datos en categorías inclusivas o superiores

¿Puedes hacer alguna organización jerárquica de los conceptos principales el problema de la luz y el color? ¿Cómo podemos verificar que la luz blanca contiene toda la gama cromática? ¿En qué principio de basa?

PROYECTO 1: GAFAS DE TERCERA DIMENSIÓN

MATERIALES

PAPEL CELOFAN



CINTA



MARCO DE ANTEOJOS



Todas las imágenes son tomadas de Google

PROCEDIMIENTO

1. Cortar del tamaño del lente del marco el papel celofán de color rojo y azul.
2. Pegar los pedazos de celofán al marco con cinta doble faz.



Todas las imágenes son tomadas de Google

Funcionamiento: Al mirar la pantalla sin estas gafas, podemos ver dos imágenes no sincronizadas, con colores azul y rojo o una escala de Grises desfasados. Al ponernos las gafas, veremos una sola imagen en tres dimensiones.

Actualmente, las técnicas han evolucionado mucho, permitiendo proyecciones en cine Digital 3D, consiguiendo resultados más reales. Hay que tener en cuenta dos cosas: el tipo de proyección y el tipo de gafas 3D que permite ver correctamente la proyección.

Los lentes 3D principalmente se utilizan en la reproducción de contenido estereoscópico. Existen diferentes técnicas de visionado de películas en Digital 3D. Principalmente, las gafas pasivas o Polarización electromagnética y las gafas activas. La principal diferencia se debe a la Sala de

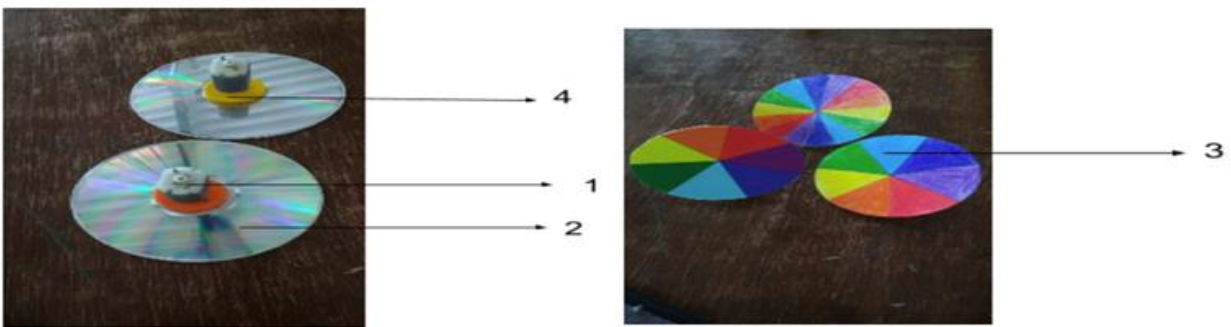
proyección. Si en la proyección no se realiza ningún filtrado de las imágenes, se necesitará unas gafas activas que permitan el filtrado de las imágenes para cada ojo.

PROYECTO 2: DISCO DE NEWTON

MATERIALES

MATERIALES:

1. Motor de 4 Voltios.
2. Un CD.
3. Hoja coloreada con los colores: Amarillo, Rojo, Azul, Morado, Naranja, Verde y azul Celeste.
4. Polea.



PROCEDIMIENTO:

1. En esta parte del experimento tomamos la cartulina y dibujamos un círculo de 18 cm de diámetro y lo dividimos en 7 (51.42°).
2. En cada sector dividido coloreamos de un color diferente que corresponda al arco iris. Después lo recortamos y con pegamento lo unimos al disco.
3. El siguiente paso es unir el eje del motor con un poco de fuerza a la polea, esta a su vez debemos pegarla con silicona al disco.
4. Conectamos el motor a una batería y podemos observar como empieza a girar el disco a una determinada velocidad, que hace ver el disco de color blanco.



DISCO DE NEWTON GIRANDO

Funcionamiento: Los fotones blancos que son emitidos ya sea del sol, linternas, bombillos, etc. están compuestos por los colores del arco iris. Es por eso que podemos diferenciar los colores que poseen diferentes objetos, significa que cuando al objeto llega el reflejo de la luz este absorbe todos los colores excepto uno y ese color es el que podemos observar.

El único color que no refleja es el negro, ya que este es la ausencia de fotones. Por obvias razones todos sabemos que percibimos el color mediante los ojos, pero no tenemos en cuenta que el cerebro juega un papel importante, este permite que la información sea procesada. Nosotros diferenciamos los colores gracias a la información que poseemos, por eso ocurre que cuando vemos un color nunca antes visto no sabemos el nombre.

PROYECTO 2: COMBINACION DE COLORES

MATERIALES

VIDRIO 2X5 cm

PAPEL CELOFAN

LINTERNA

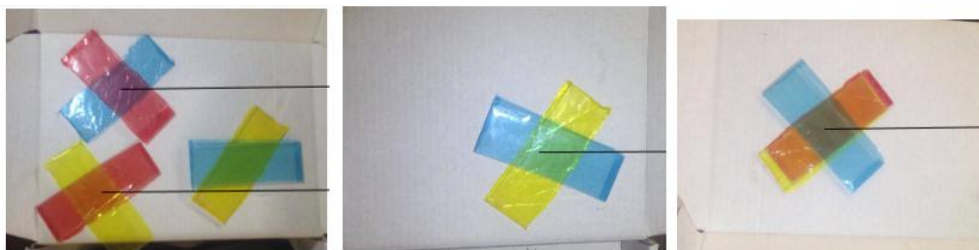


Todas las imágenes son tomadas de Google

PROCEDIMIENTO

1. Vidrios de 2x5 cm (9 en total para completar 3 juegos).
2. Papel celofán de los colores azul, amarillo y rojo.
3. Recortamos el papel celofán a la medida de los vidrios es decir de 2x5 cm.
4. Pegamos el papel celofán al vidrio.
5. Completar los 3 juegos de vidrios.

6. Combinar los vidrios con los colores para identificar el color resultante Ej. Verde: azul y amarillo. Naranja: rojo y amarillo. Morado: azul y rojo.



COMBINACIÓN DE COLORES

Funcionamiento: Thomas Young a principio del siglo XIX, realizó el experimento a la inversa. En primer lugar determinó por investigación que los seis colores del espectro pueden quedar reducidos a tres colores básicos: el amarillo, el rojo y el azul intenso. Tomó entonces tres linternas y proyectó tres haces de luz a través de filtros de los colores mencionados, haciéndolos coincidir en un mismo espacio; los haces amarillo, rojo y azul se convirtieron en luz blanca. En otras palabras, Young recompuso la luz.

El experimento se debe realizar en un lugar oscuro, para que al momento de que se refleje la luz blanca sobre los vidrios se vea la combinación.

OUT PUT: RESPUESTAS CERTERAS SIN ENSAYO O ERROR.

Capacidad que tiene el sujeto para sistematizar la búsqueda de la meta final.

¿Qué podemos concluir de la naturaleza del color?

¿Cómo podemos vincular las diferentes concepciones que se han trabajado a lo largo de la historia para construir la idea de fotón?

REFERENCIAS

Serway, R.A. & Vuille, C. (2013). Fundamentos de Física. México D.F, México: Cengage Learning editores.

<http://discodnewton.com/>

http://www.cubaeduca.cu/medias/cienciatodos/Libros_1/ciencia2/19/htm/sec_10.htm

Anexo 2.4: GUÍA N°5: ESPEJOS Y LENTES

NÚCLEO TEMÁTICO:		NÚCLEO PROBLÉMICO:
INSTRUMENTOS ÓPTICOS: ESPEJOS Y LENTES		¿Cómo se da la formación de imágenes en espejos y lentes?
COMPETENCIA		OPERACIÓN MENTAL
INTERPRETATIVA O COMPRENSIÓN		RAZONAMIENTO HIPOTÉTICO
<p>Encontrar el sentido a un texto, proposición, problema, gráfica, mapa o esquema. Es describir, definir y establecer relaciones de causas y efectos. La comprensión tiene que ver con expresar, describir, lo que se ha aprendido en el proceso de las dos fases entrada y elaboración en las funciones cognitivas.</p>		<p>Es la capacidad mental para inferir y predecir hechos a partir de los ya conocidos y de las leyes que los relacionan. Capacidad para ensayar mentalmente posibles soluciones con el fin de resolver el problema con éxito.</p>
CRITERIOS DE MEDIACIÓN		
INTENCIONALIDAD:	TRASCENDENCIA Y TRANSFERENCIA:	CRITERIO DEL SIGNIFICADO:
El estudiante identifica las características fundamentales en la formación de imágenes es espejos y lentes.	Cuáles son los aportes que permiten el desarrollo de la tecnología a partir de los lentes y espejos.	Es importante que el estudiante reconozca cómo los instrumentos ópticos permiten una mayor comprensión de nuestra realidad, desde el microcosmos hasta el macrocosmos.

IN- PUT: COMPRENSIÓN CLARA Y PRECISA DE PALABRAS Y CONCEPTOS.

Capacidad para discriminar y diferenciar objetos, sucesos relaciones y operaciones a través de reglas verbales.

¿Cuáles son los diferentes tipos de espejos y lentes?

¿Cómo podemos definir una imagen?

¿Qué es una imagen virtual y su diferencia con una imagen real?

Los espejos: Por definición, espejo es el nombre que recibe toda superficie o lamina de cristal azogado por la parte posterior, o de metal bruñido, para que se reflejen en ella los objetos. Por extensión se denomina "espejo" a toda superficie que produce reflexión de los objetos, por ej. : La superficie del agua.

<http://cienciasnaturales-fisica.blogspot.com.co/2007/03/fsica-ii-varios.html>

EL OJO HUMANO Y SUS ENFERMEDADES.

EL OJO HUMANO

El ojo humano también es llamado globo ocular, este órgano detecta la luz, siendo esta la base del sentido de la vista. Es sensible a los cambios de la luz. Hay dos clases de ojos los sencillos y el complejo. Los ojos sencillo solo detectan si su alrededor está iluminado u oscuro y los complejos proporcionan el sentido de la vista.

El ojo humano tiene como función principal, traducir las ondas de luz en impulsos nerviosos que se transmiten al cerebro. El ojo se encuentra en una cavidad del cráneo llamada orbita y está rodeado de suaves capas de tejido graso que lo protegen y permiten que gire con facilidad.

Las partes más importantes del ojo son:

Globo ocular: órgano de la vista compuesto por el iris, el cristalino, la pupila y la córnea. Percibe las imágenes externas por medio de las distintas partes que compone el ojo humano.

La cornea: es la estructura más extensa del ojo y permite el enfoque de la luz que entra a los ojos, y está compuesta por cinco capas, siendo la más superficial el epitelio que protege al ojo de agentes externos.

Cristalino: está ubicada detrás de la pupila, su función es dar el toque fino al enfoque de la luz que entra al ojo, poniéndose más gruesa o delgada según sea necesario.

Pupila: tiene como función controlar la cantidad de luz que entra al ojo. Cuando hay mucha luz la pupila se cierra, pero cuando hay poca luz se dilata, es decir, la pupila aumenta de tamaño.

Iris: este da color a los ojos y función es controlar el tamaño de la pupila, reduciendo o expandiendo los músculos con que cuenta.

Humor vítreo: sustancia transparente que está ubicada en la cavidad del globo ocular, tiene como función darle estructura al ojo.

Nervio Óptico: transmite al cerebro impulsos eléctricos, las imágenes que capta la retina.

Retina: capa de tejido nervioso que cubre la pared interna del ojo y capta las imágenes.

Esclera: es la parte blanca que se ve en los ojos, sirve como estructura, soporte y protección del ojo.

Coroides: es la segunda capa del globo ocular, compuesta por vasos sanguíneos, estos tienen como función nutrir, y por pigmentos, encargados de absorber el exceso de luz evitando que se refleje al interior del globo ocular.

Musculo ciliar: enfoca y centra la visión del ojo, cambiando la forma del cristalino cuando los ojos se centran en algo.

Macula: ubicada en el centro de la retina, responsable de la visión clara y detallada.

Enfermedades del ojo humano

Hipermetropía

La hipermetropía es un trastorno de la visión, que permite ver bien los objetos que están lejos, pero no pasa lo mismo con los objetos que están cerca ya que se perciben borrosos. Este problema puede ser hereditario, y no es fácil de identificarlo sin exámenes o estudios, porque el cristalino por ser flexible, acomoda el foco de la retina ocultando el problema.

Esta enfermedad del ojo se debe a que el globo ocular es más corto de lo normal entre el frente y la parte posterior, ocasionando que los fotones de luz se enfoquen en un punto detrás de la retina y con poca precisión. También puede ser ocasionado por la falta de una adecuada curvatura en la córnea o el cristalino.

Las personas que padecen hipermetropía, más adelante van a necesitar lentes convexos ya que con la edad el cristalino se vuelve menos elástico; y los lentes convexos son más gruesos en el centro que en los bordes, ayudando a desplazar el foco visual hacia adelante y hacia la superficie de la retina.

Presbicia

La presbicia es un trastorno de la visión en la cual el cristalino del ojo pierde su capacidad de enfocar, es progresiva y las personas que la padecen se les dificultan ver los objetos cercanos; ya que el enfoque del ojo depende de la elasticidad del cristalino, que se va perdiendo a medida que los individuos envejecen.

La presbicia se corrige usando anteojos, ya sea para leer o descansar, y en algunos casos es necesario adicionarle lentes bifocales a los ya existentes. Si este problema visual no se corrige puede llevar a los individuos a tener problemas con su estilo de vida, trabajando o para manejar un auto.

Astigmatismo

El astigmatismo es una alteración de la visión, ocasionada por un trastorno del enfoque, afectando la percepción de las imágenes, ya que estas se ven distorsionadas. Este problema es hereditario o también puede ser causado luego de un trasplante de córnea o cirugía de cataratas.

Este trastorno es ocasionado cuando la superficie de la córnea no está redonda sino ovalada, como el cristalino y la córnea, son los encargados de refractar los fotones de luz que entran en el ojo y los focalizan sobre la superficie de la retina, el centro donde se forman las imágenes y los estímulos nerviosos que serán codificados en el cerebro. Al estar alterada la córnea, la imagen no se forma en el lugar adecuado de la retina y por tanto la visión es borrosa.

Esta enfermedad se puede corregir con láser o de la forma más tradicional usando gafas; para mejorar el enfoque y percepción de las imágenes.

Miopía

Este trastorno de la visión, consiste en que el ojo no es capaz de enfocar los objetos lejanos, haciendo que parezcan borrosos. Este problema puede ser hereditario o causado por el queratoconos, una enfermedad que reduce el espesor de la córnea aumentando su curvatura.

Los fotones de luz que penetran en los ojos son refractados por la córnea y el cristalino, y para que la visión sea nítida debe enfocarse sobre la retina. Por el contrario, el ojo miope, la luz la enfoca delante de la retina, debido a que la córnea está muy curva o que el globo ocular es demasiado grande. Existen dos tipos de miopías:

Esta enfermedad del ojo se puede corregir usando gafas, lentes de contacto o realizando la llamada ortoqueratología, que consiste en usar unos lentes especiales, mientras se duerme para moldear la córnea. Y también se puede corregir haciendo una cirugía refractiva, que consiste en alterar la forma de la córnea.

Recuperado de:

<http://fisicoptica11.blogspot.com.co/2010/11/el-ojo-humano-y-sus-enfermedades.html>

LENTE

Una lente es un objeto transparente limitado por dos superficies que pueden ser planas o curvas, permiten el paso de un haz de fotones a través de él.

ELABORACIÓN: CONSERVACIÓN CONSTANCIA Y PERMANENCIA DEL OBJETO.

Capacidad que tiene el individuo de conservar la invariabilidad de los objetos, lo que le da estabilidad perceptiva por encima de posibles variaciones en algunos de sus atributos y dimensiones.

¿Cómo podemos describir la formación de imágenes en diferentes espejos y lentes?

¿Cuáles son los principales instrumentos ópticos que usamos en la cotidianidad?

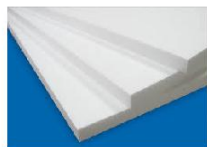
PROYECTO 1: ESPEJO INFINITO

MATERIALES:

PINTURA
NEGRA



ICOPOR



LUCES LED



VIDRIOS
POLARIZADOS



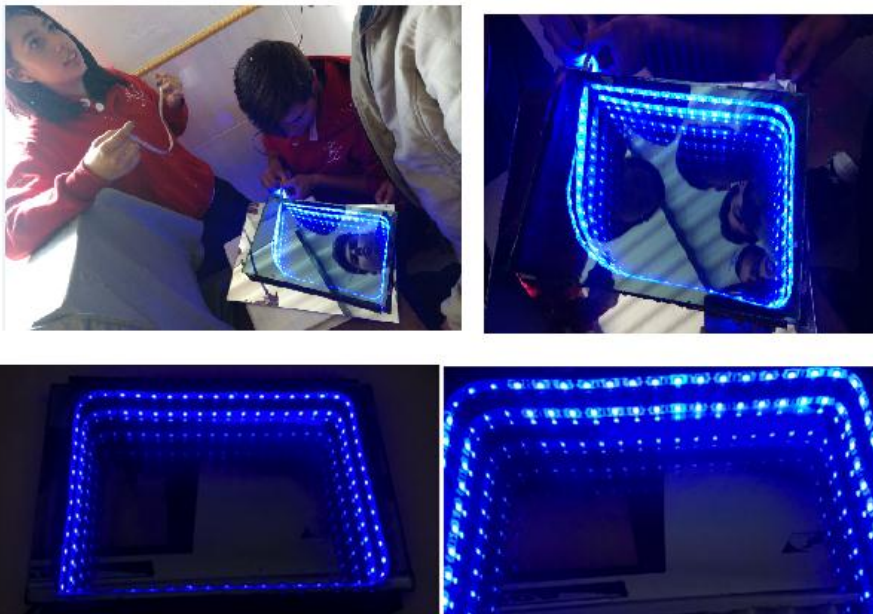
ESPEJO PLANO



Todas las imágenes son tomadas de Google.

PROCEDIMIENTO

1. Con el icopor se arma el marco para el espejo.
2. Se pinta el icopor de negro para garantizar que el efecto se pueda observar.
3. Se ponen las luces led dentro del marco.
4. Se pega el espejo plano con el lado que no refleja hacia afuera.
5. Se pega el vidrio polarizado con el lado polarizado hacia adentro.
6. Se comprueba que funcionen las luces.



PROYECTO 1A: ESPEJO INFINITO

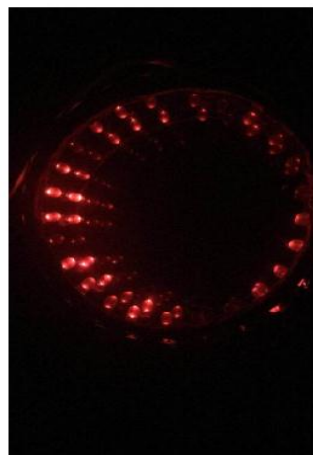
MATERIALES:



Todas las imágenes son tomadas de Google.

PROCEDIMIENTO:

1. Se hacen los huecos a la base y se instala el sistema de led's
2. Si la base tiene un lado abierto se abre el otro lado
3. Se pegan el espejo y el vidrio a los lados opuestos de la base



Funcionamiento: Gracias a un efecto de múltiple reflejo que se da entre el espejo plano y el vidrio polarizado se logra dar la ilusión del reflejo infinito de las luces led.

PROYECTO 2: FORMACIÓN DE IMÁGENES EN ESPEJOS PLANOS

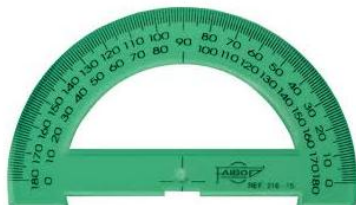
MATERIALES:

2 ESPEJOS PLANOS

TRANSPORTADOR

BISGRAS

OBJETO



Todas las imágenes son tomadas de Google.

PROCEDIMIENTO

1. Sujetar los dos espejos con las bisagras
2. Con ayuda del transportador marcar ángulos en una hoja de papel.
3. Acomodar los espejos juntos sobre la base graduada
4. Poner el objeto sobre la base graduada en el centro de los dos espejos
5. Observa cómo se forman imágenes en los espejos con el objeto.



ESPEJOS PLANOS

SE VERIFICA
EXPERIMENTALMENTE QUE
PARA UN ANGULO DE 90° SE
FORMAN TRES IMAGENES EN
LOS ESPEJOS ANGULARES

Funcionamiento: Los espejos angulares son aquellos espejos planos que se encuentran formando cierto ángulo entre ellos, si se colocan dos espejos planos formando un cierto ángulo entre sí, y entre ellos se coloca un objeto, se pueden observar varias imágenes, la cantidad de imágenes formadas depende del ángulo que formen entre sí los espejos.

Experimentalmente se puede verificar que se cumple la siguiente expresión para la formación de imágenes.

$$n = (360 - x)/x$$

Donde:

n = número de imágenes

x = ángulo que forman entre sí los dos espejos planos

PROYECTO 3: ESPEJOS CÓNCAVOS Y CONVEXOS

MATERIALES:



1 ESPEJO CONCAVO
1 ESPEJO CONVEXO

PROCEDIMIENTO

1. Observar cómo se ven las imágenes en el espejo convexo.
2. Observar cómo se ven las imágenes en el espejo cóncavo.





Funcionamiento: Un espejo cóncavo es un espejo curvo que sobresale hacia el interior. Los objetos reflejados en los espejos cóncavos a menudo parecen más grandes de lo que son, aunque los detalles de cómo luce la imagen dependen de la distancia del objeto al espejo. Si el objeto se encuentra lejos este se percibe invertido y de menor tamaño, y en la medida en que se acerca se puede ver derecho y mayor tamaño, lo anterior depende si el objeto está atrás del centro de curvatura, en el centro de curvatura del espejo, entre el centro de curvatura y el foco, en el foco del espejo, entre el foco del espejo y el espejo mismo; en este tipo de espejo podemos tener imágenes virtuales o reales.

Los espejos convexos son espejos que se curvan hacia afuera en el medio, formando una curvatura en forma de burbuja en el centro del espejo. Este espejo permite una visión más amplia y la formación de imágenes en ellos son derechas y de menor tamaño, en este tipo de espejo la imagen siempre será virtual

“Los espejos convexos sólo presentan un tipo de imagen; colóquese el objeto a la distancia que se quiera, la imagen será siempre virtual, derecha y de menor tamaño que el objeto.

La fórmula de Descartes también es válida para los espejos convexos, cabe advertir que como el foco es virtual, la distancia focal es negativa, luego:”

$$\frac{1}{D_o} + \frac{1}{D_i} = -\frac{1}{f}$$

Tomado de:

http://orlandoedu.weebly.com/uploads/1/3/6/6/13666778/espejos_esfericos_cncavos_y_convexos.pdf

La ecuación de DESCARTES es utilizada para encontrar la localización de una imagen formada por un espejo esférico cóncavo.

$$\frac{1}{D_o} + \frac{1}{D_i} = \frac{1}{f}. \quad \text{Dónde:}$$

D_o =distancia del objeto al espejo

D_i =distancia de la imagen formada al espejo

F =distancia focal

Es necesario tener en cuenta las siguientes reglas para usar la fórmula:

1. Para los espejos cóncavos f es positiva
2. D_o es positiva
3. D_i es positiva, la imagen es real y está delante del espejo. Si D_i es negativa, la imagen es virtual y está detrás del espejo.

El aumento producido por un espejo esférico cóncavo se define, como la relación entre el tamaño de la imagen y el tamaño del objeto.

$$\text{Aumento} = \frac{\text{tamaño de la imagen}}{\text{tamaño del objeto}}$$

$$A = \frac{T_i}{T_o}$$

$$\text{También es válido inferir: Aumento} = \frac{\text{distancia de la imagen}}{\text{distancia del objeto}}$$

Tomado de:

http://orlandoedu.weebly.com/uploads/1/3/6/6/13666778/espejos_esfericos_cncavos_y_convexos.pdf

A continuación se obtiene una imagen real por medio del uso de dos espejos esféricos.



PROYECTO 5: ENFERMEDADES ÓPTICAS

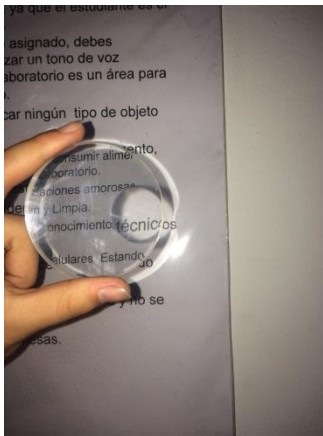
Cómo podemos corregir algunas enfermedades ópticas a partir del uso de las lentes.



Lente Convexo:

Ayuda a desplazar el foco hacia adelante y hacia la superficie de la retina.

Enfermedad: Hipermetropía



Lente Divergente:

Agranda el tamaño de la imagen que recibe para enfocar adecuadamente.

Enfermedad: Miopía

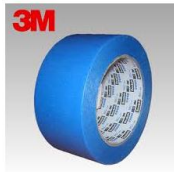
PROYECTO 6: MINIPROYECTOR

MATERIALES

2 LUPAS

TABLAS DE MADERA

CINTA

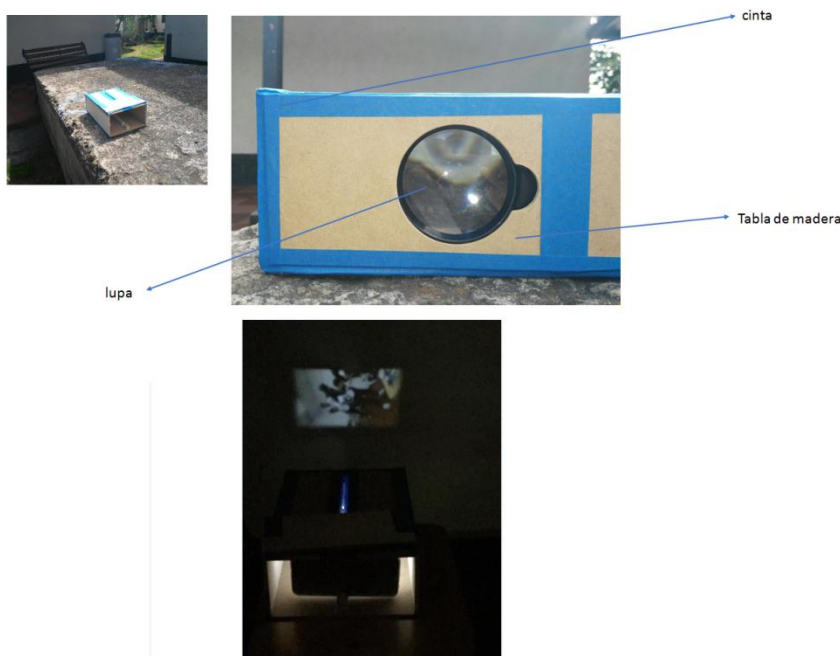


Todas las imágenes son tomadas de Google.

PROCEDIMIENTO

1. Se pega la caja con la cinta
2. Se lleva a una carpintería donde se le abre el hueco de adelante con la medida de una de las lupas

3. Se le hace otra abertura en la parte superior para poder poner la otra lupa
4. Con palo de balsa se puede hacer un soporte para poner el celular.



Funcionamiento: La luz del teléfono celular viaja a través de una lupa, la cual se encarga de aumentar su tamaño. Este aumento se debe a la curvatura de la lupa, que es también la culpable de que la imagen se invierta.

OUT PUT: RESPUESTAS CERTERAS SIN ENSAYO Y ERROR

Capacidad que tiene el sujeto para sistematizar la búsqueda de la meta final.

- ¿Puedes construir geoméricamente las imágenes formadas en un instrumento óptico?
- ¿Cuál es la diferencia entre una lente y un espejo?
- ¿Cuáles son las principales características en la construcción de imágenes en los diferentes lentes?
- ¿Cuáles son los principales aportes de la óptica a la modernidad?
- ¿Cómo se desarrolla la óptica geométrica y cuáles son sus principales características?

REFERENCIAS

Serway, R.A. & Vuille, C. (2013). Fundamentos de Física. México D.F, México: Cengage Learning editores.

<http://fisicaoptica11.blogspot.com.co/2010/11/el-ojo-humano-y-sus-enfermedades.html>

<https://www.youtube.com/watch?v=zNqXtzTcIqE>

http://www.elconfidencial.com/tecnologia/2014-01-05/como-hacer-un-proyector-para-el-movil-con-una-caja-una-lupa-y-piezas-de-lego_72408/

Anexo 3

ANTECEDENTES EDUCATIVOS ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL CUBO 2015

ELABORACIÓN DEL CUBO

Con los estudiantes se abrió un concurso para el diseño del mueble, la idea que finalmente fue elaborada, consistió en un cubo de Rubik, en donde, en cada compartimento se trabajara un fenómeno de la óptica, allí reposarían los montajes que cada uno de los grupos realizaría.

La arista del cubo es de 1.50 m



PRUEBA DIAGNÓSTICA PRE TEST Y POST TST CON LA COMUNIDAD QUE PARTICIPO EN EL LABORATORIO MOVIL DE OPTICA

Antes de que las personas tuvieran interacción con los diferentes experimentos dispuesto en el laboratorio móvil, presentaban una prueba sobre sus ideas previas referentes con los diferentes fenómenos ópticos; luego de realizar la interacción con los estudiantes presentaban un post test, donde se medía la eficacia y eficiencia de la presentación de cada una de las experiencias.



IMPLEMENTACIÓN DEL CUBO CON LA COMUNIDAD DEL MINUTO DE DIOS

Luego de presentar la prueba diagnóstica los participantes iniciaban un recorrido por cada una de las estaciones dispuestas, en ese instante los estudiantes realizaban una exposición de los diferentes proyectos.



FILTROS DE COLORES-DISCO DE NEWTON-ESPEJOS-FORMACIÓN DE IMAGENES



ENFERMEDADES OPTICAS



ESPEJOS ANGULARES E INFINITOS FILTROS



ENFERMEDADES OPTICAS

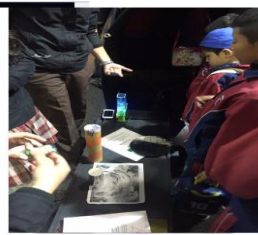
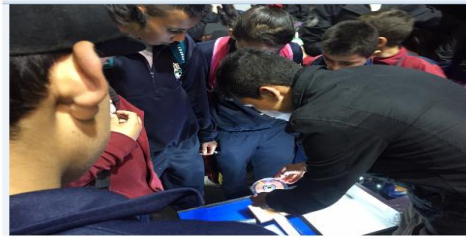
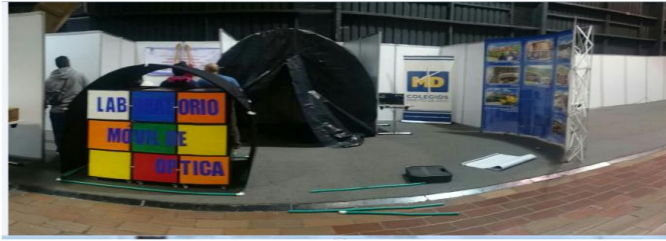


CALEIDOSCOPIO



LA PUESTA EN ESCENA COMENZO DESDE LAS 9:00 AM HASTA LAS 6:00 PM

PARTICIPACIÓN EN EXPO CIENCIA JUVENIL E INFANTIL 2015 CORFERIAS



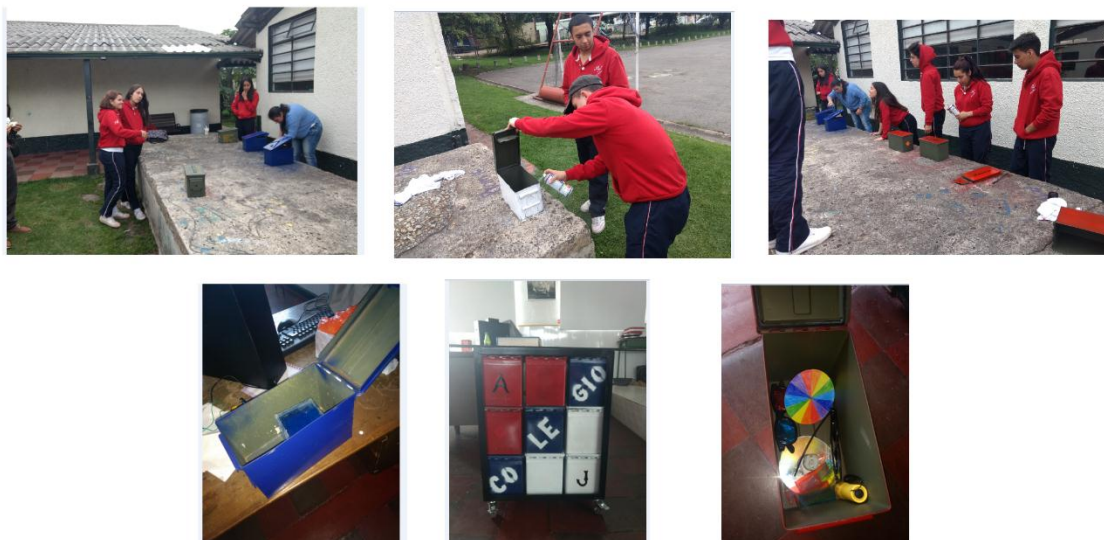
Anexo 4

ANTECEDENTES EDUCATIVOS

ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PARALELEPIPEDO 2016

ELABORACIÓN DEL PARALELEPIPEDO 2016

Con los estudiantes se abrió un concurso para el diseño del mueble, la idea que finalmente fue elaborada consistió en un paralelepípedo, las medidas de cada caja metálica fue de 15cm x 18 cm x10 cm, se requieren 9 cajas en total.



PRUEBA DIAGNÓSTICA PRE TEST Y POST TST CON ESTUDIANTES DE GRADO 8 Y 9 DEL COLEGIO ALFONSO JARAMILLO

Los estudiantes de grados 8 y 9 presentan una prueba de conocimientos previos (pre-test) y luego de interactuar con el laboratorio de óptica presentan un post test para identificar el avance conceptual en la explicación que generaron los diferentes fenómenos ópticos



IMPLEMENTACIÓN DEL CUBO CON LA COMUNIDAD EDUCATIVA DEL COLEGIO ALFONSO JARAMILLO.





COLEGIO ALFONSO JARAMILLO

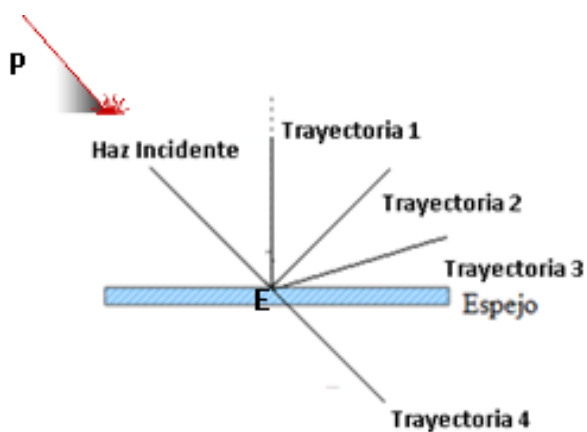
**TALLER EVALUATIVO-PREGUNTAS DE COMPARACIÓN
PRE-TEST Y POST-TEST (ANEXO 5)**

EFQM 
Recognised for excellence
3 star 2013



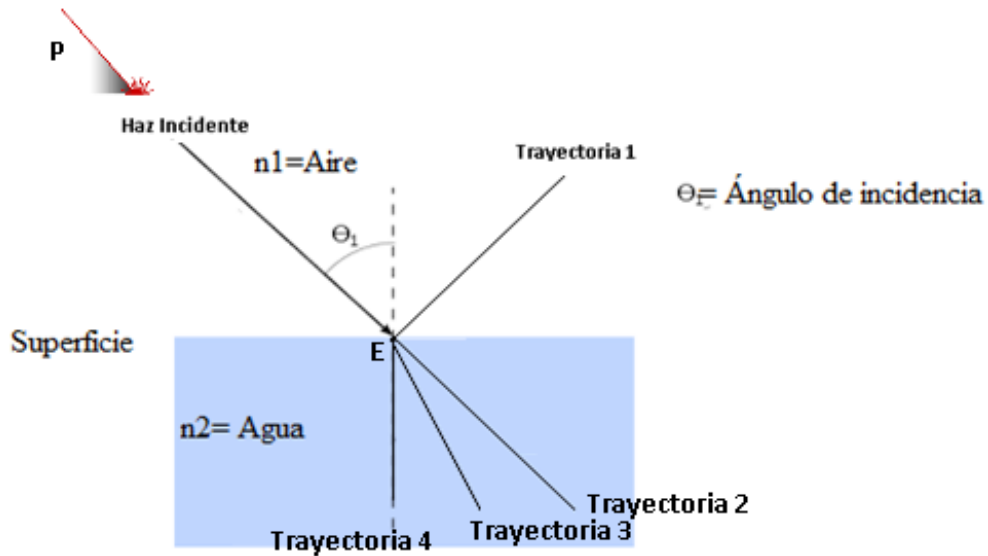
	DOCENTE: MIGUEL LÓPEZ	AÑO 2016
NOMBRE DEL ESTUDIANTE:		FECHA: 03/10/2016
GRADO:		CALIFICACIÓN:
TEMAS: Fenómenos luminosos, formación de imágenes en espejos planos, cóncavos y convexos, hologramas y formación de colores con luz.		

1. Un haz de fotones sale del punto **P**, e incide en el punto **E** del espejo, la trayectoria del fotón reflejado será la de:



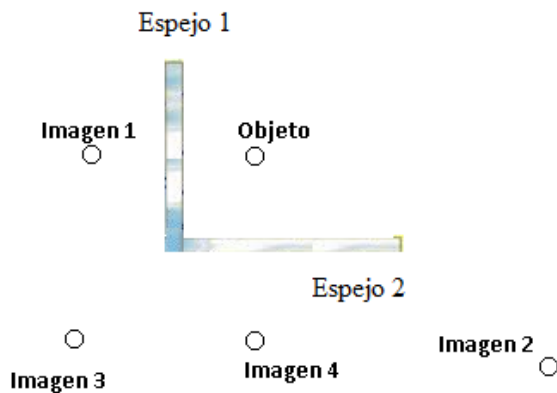
- A. La trayectoria 1
- B. La trayectoria 2
- C. La trayectoria 3
- D. La trayectoria 4

2. Un haz de fotones sale del punto **P** en el aire, e incide en el punto **E** en el agua, la trayectoria del fotón refractado será la de:



- A. La trayectoria 1
- B. La trayectoria 2
- C. La trayectoria 3
- D. La trayectoria 4

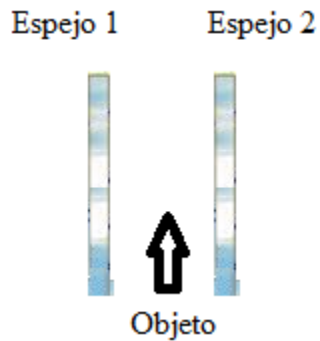
3. Situamos dos espejos planos formando un ángulo de 90° y frente al vértice de la unión de los dos espejos ubicamos un objeto representado por un círculo (ver imagen).



Podemos afirmar que la imagen o imágenes formadas por los espejos planos son las que se encuentran

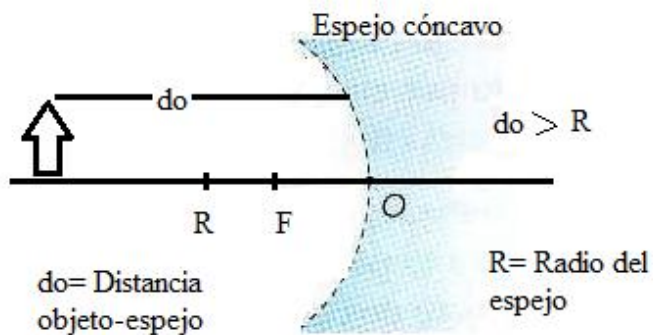
- A. Formando una imagen en 1
- B. Formando dos imágenes en 1 y 2
- C. Formando tres imágenes en 1, 2 y 3
- D. Formando tres imágenes en 1, 3 y 4

4. Al situar un objeto en medio de dos espejos planos paralelos 1 y 2 (ver imagen), el número de imágenes que se forman en los espejos es / son:



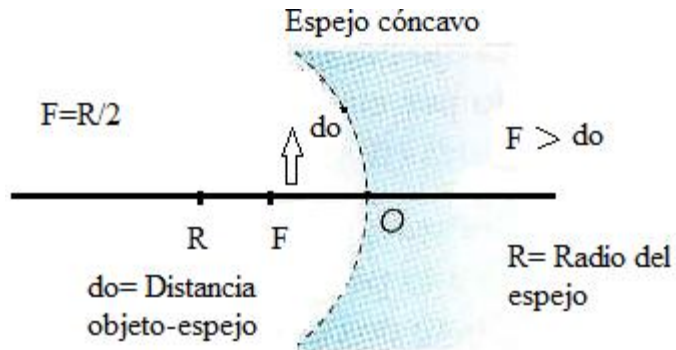
- A. Una imagen
- B. Dos imágenes
- C. tres imágenes.
- D. Infinitas imágenes

5. Al situar un objeto frente a un espejo cóncavo como se muestra en la figura, la naturaleza de la imagen obtenida es



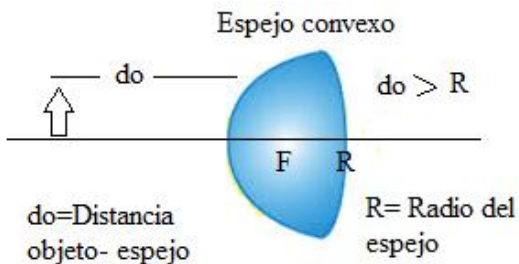
- A. Real, derecha y de menor tamaño.
- B. Real, invertida y de mayor tamaño
- C. Real, invertida y de menor tamaño
- D. Real, derecha y de mayor tamaño

6. Al situar un objeto frente a un espejo cóncavo como se muestra en la figura, la naturaleza de la imagen es obtenida es



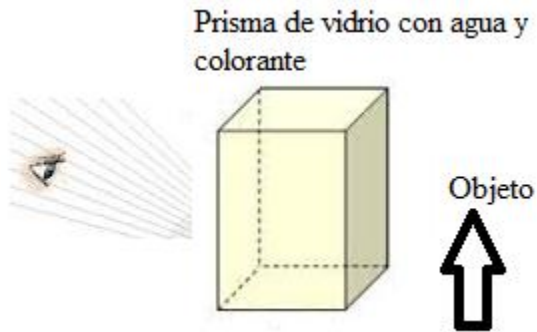
- A. Virtual, derecha y de mayor tamaño.
- B. Real, invertida y de mayor tamaño
- C. Virtual, invertida y de menor tamaño
- D. Real, derecha y de mayor tamaño

7. Al situar un objeto frente a un espejo convexo como se muestra en la figura, la naturaleza de la imagen es obtenida es



- A. Virtual, derecha y de menor tamaño.
- B. Real, invertida y de mayor tamaño
- C. Virtual, invertida y de menor tamaño
- D. Real, derecha y de mayor tamaño

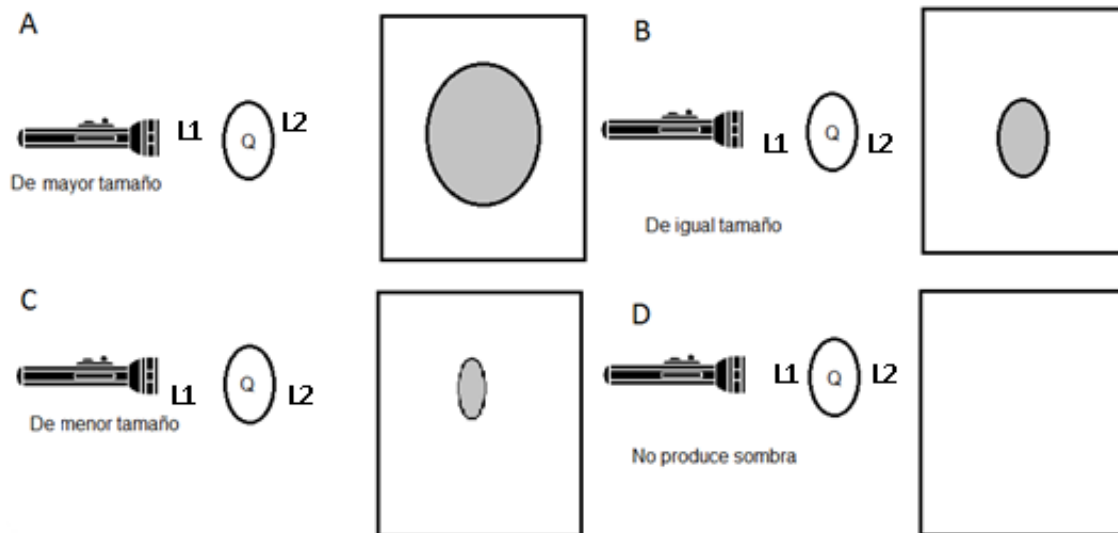
8. Tenemos una figura volumétrica en donde sus caras son de vidrio transparente, y dentro de ella contiene un líquido con colorante, el cual deja ver la imagen a través de la figura. Los fotones viajan desde el objeto, atravesando los medios: aire, vidrio, agua y regresan al aire.



El fenómeno implícito en el viaje del fotón al atravesar los medios nombrados es

- A. Difracción
- B. Reflexión
- C. Refracción
- D. Interferencia.

9. Un haz de fotones incide sobre la cara izquierda de la esfera Q, a una distancia L_1 en la parte posterior se ubica una pantalla blanca situada a una distancia L_2 , podemos afirmar que la sombra proyectada en la pantalla es

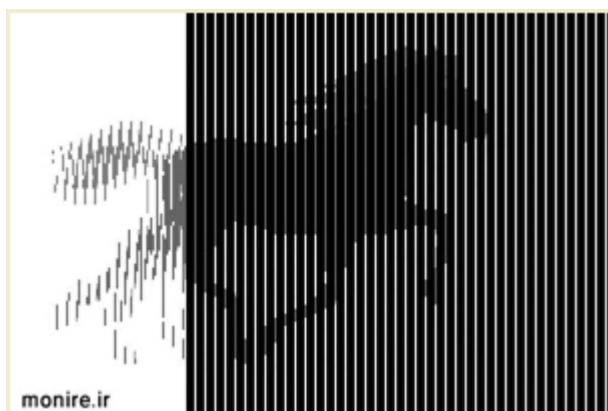


- A. De mayor tamaño
- B. De igual tamaño.
- C. De menor tamaño.
- D. No produce sombra

10. El concepto de propagación de un haz de fotones que explica de manera adecuada el fenómeno anterior es

- A. Reflexión.
- B. Difracción.
- C. Refracción.
- D. Interferencia.

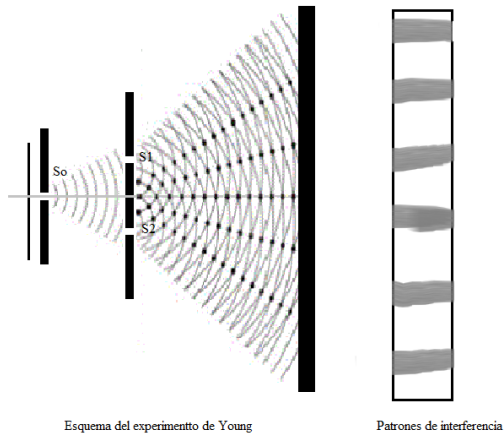
11. El efecto Moiré se presenta cuando colocamos dos placas de rendijas muy finas y periódicas con un patrón una sobre la otra, de esta manera es posible conseguir animaciones o ilusiones ópticas cuando se tiene un movimiento relativo entre las placas, este fenómeno fue descubierto por Ernst Moire, a continuación se representa una figura en donde podemos identificar el fenómeno en cuestión.



El efecto Moire se puede explicar mediante

- A. La reflexión difusa
- B. La refracción total.
- C. La interferencia.
- D. La dispersión.

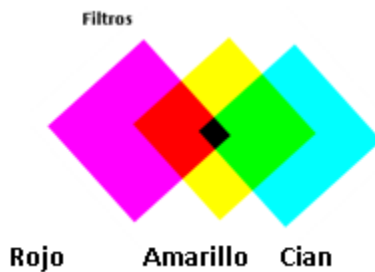
12. Mediante un montaje experimental Tomas Young logro que un haz de fotones atravesara una pantalla con una rendija, el haz de fotones que sale de esta rendija atraviesa otra pantalla con dos rendijas, de esta manera logro formar dos haces de fotones coherentes los cuales finalmente se proyectan sobre una pantalla, mostrando zonas iluminadas y zonas oscuras, a continuación se representan dos esquemas. El primero: del diagrama del experimento de Young, y el segundo: de los patrones obtenidos.



El fenómeno de interferencia puede ser explicado satisfactoriamente teniendo como base la

- A. Teoría ondulatoria y corpuscular.
- B. Teoría corpuscular
- C. Teoría ondulatoria
- D. Incoherencia de los haces de fotones

Responda la pregunta 13 de acuerdo con el siguiente diagrama e información

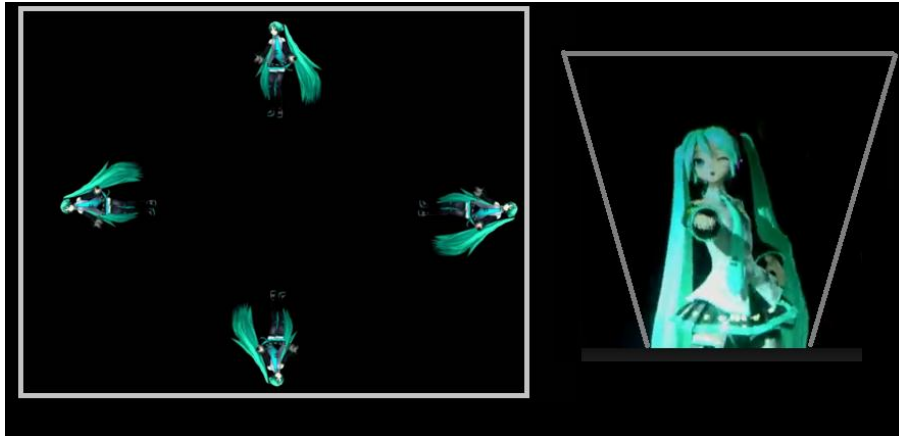


Un filtro de luz es un dispositivo que al paso de un haz de fotones absorbe y deja pasar aquellas frecuencias del haz de fotones que coinciden con él; por ejemplo un filtro rojo solo permite el paso del haz de fotones que corresponden con la frecuencia del rojo, si utilizamos por ejemplo dos filtros el cian y el amarillo, solo pasaran a través de los filtros la luz cuya frecuencia coincida con el verde, al colocar los tres filtros se obtiene el color negro, esto se debe principalmente a la

- A. Absorción.
- B. Dispersión.
- C. Refracción.
- D. Difracción.

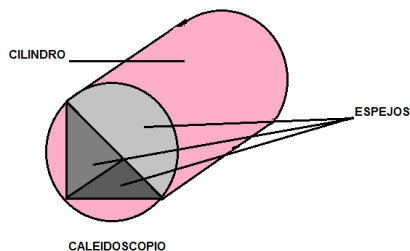
Responda la pregunta 14 de acuerdo con el siguiente diagrama e información

En la holografía (Holograma) intervienen dos pasos fundamentales el registro o reconstrucción de la imagen y la recuperación de la misma, los fenómenos ópticos que permiten estos pasos son respectivamente:



- A. Reflexión - Dispersión.
- B. Absorción - Refracción
- C. Interferencia – refracción
- D. Polarización – Reflexión.

Responda la pregunta 15 de acuerdo con el siguiente diagrama e información

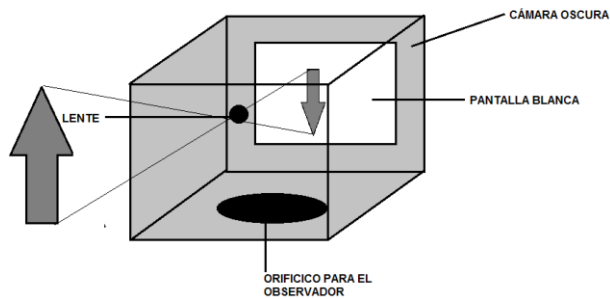


Un caleidoscopio es un instrumento óptico realizado con tres o más espejos circunscritos en un cilindro, de esta manera es posible formar un prisma triangular, al interior de este se depositan canicas u otros materiales los cuales forman diversas imágenes simétricas, sus extremos son sellados con películas translúcidas por las cuales es posible observar las imágenes que se forman en el interior, esta simetrías se pueden explicar mediante

- A. Difracción.
- B. Reflexión.
- C. Refracción.

- D. Interferencia.
- E.

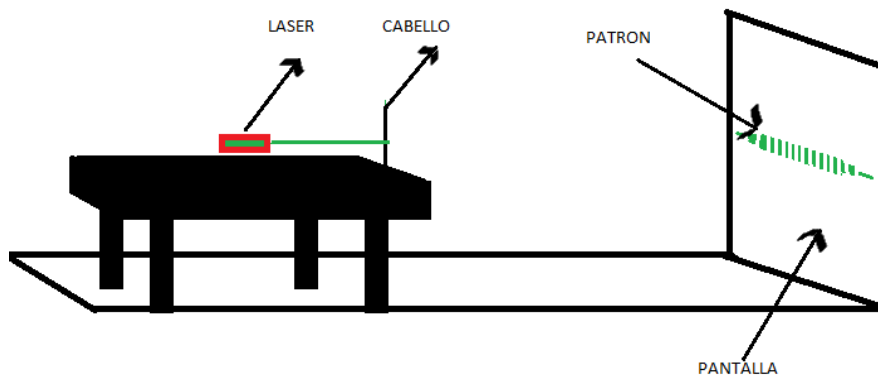
Responda la pregunta 16 de acuerdo con el siguiente diagrama e información



El principio de funcionamiento de una cámara oscura casera se puede considerar como un pantalla blanca que se encuentra en el interior de la cámara y en la parte posterior de la misma, de manera que queda enfrentada con el lente; cuando introducimos la cabeza por el orificio podemos identificar la imagen que se forma en la pantalla blanca que simula la película fotográfica, la imagen que se forma en dicha pantalla se le percibe invertida, el principio óptico de la obtención de la imagen en la pantalla es

- A. Considerar que los haces de fotones viajan en línea recta
- B. Considerar que la imagen que se forma es producto de la difracción de los fotones
- C. Considerar fenómenos de interferencia.
- D. Considerar que los fotones se han refractado.

Responda la pregunta 17 de acuerdo con el siguiente diagrama e información



Cuando apuntamos un haz de fotones monocromáticos como por ejemplo el de un puntero laser, sobre una pantalla blanca podemos percibir un único punto sobre la pantalla, pero si interponemos un cabello entre el puntero laser y la pantalla blanca se obtiene un patrón como el que se ilustra, podemos decir que este patrón obedece a los fenómenos de

- A. Interferencia- Difracción.
- B. Reflexión- Polarización.
- C. Dispersión-Refracción.
- D. Absorción-Refracción.

Responda la pregunta 18 de acuerdo con el siguiente diagrama e información.



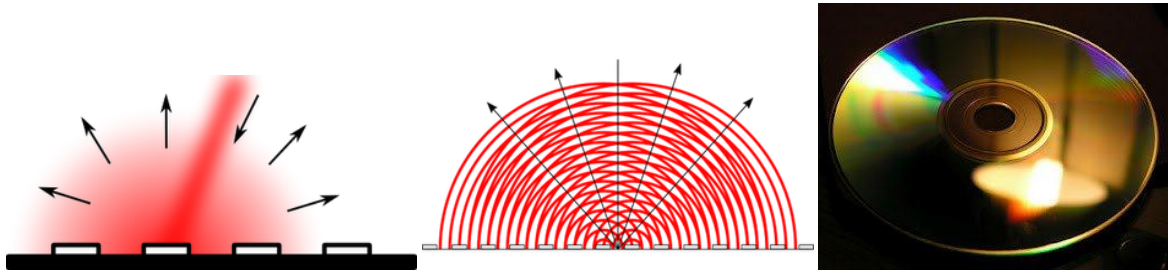
Imagen recuperad de <http://www.taringa.net/post/ciencia-educacion/11122740/Experimentos-con-luz-polarizada.html>

En la figura podemos observar un par de gafas que en la parte izquierda permite el paso de luz con menor intensidad a través de él, en la figura de la derecha, observamos como al rotar las gafas se impide el paso de luz a través de ellas, este fenómeno se debe a la polarización por que

- A. La luz comúnmente no está polarizada, el polarizador solo permite el paso de luz que vibre en el plano del polarizador.
- B. La luz se comporta como pequeños corpúsculos pero las rendijas de los lentes no permiten su paso.
- C. Las gafas solo permiten el paso de la luz que vibra en todos los planos, por lo tanto al rotarlas la luz ya no puede atravesarlas.
- D. Las gafas alterna la naturaleza de la luz.

Responda la pregunta 19 de acuerdo con la siguiente información

Cuando la luz incide sobre un CD, no lo hace sobre una superficie lisa, sino que lo hace sobre una superficie completamente rugosa y llena de agujeros. La luz, en este caso no rebotaría limpiamente si no que comenzara a reflejarse en todas las direcciones



Tomado de <http://www.taringa.net/comunidades/ciencia-con-paciencia/5672995/I-Porque-los-Cd-s-reflejan-colores.html>.

Esto ocurre debido al fenómeno que presenta la luz de

- A. Interferencia
- B. Polarización.
- C. Refracción.
- D. Absorción

6. Resultados de los estudiantes de los grados octavo y noveno en las pruebas del pre-test y post-test. En este anexo podemos evidenciar las respuestas de los estudiantes ante las preguntas evaluadas, con las cuales se realiza el estudio mediante el factor de concentración con su respectivo gráfico.

Table with columns 'spues!' and 'Respuesi' containing student responses for 19 questions. Each column lists letters (a, b, c, d) and a 'TOTAL' column for counts. Below the table, scores for 'Antes' and 'Despu' are provided, along with a list of student IDs and their corresponding scores.

ANEXO 6.1 GRADO OCTAVO. Includes a box with text: 'antes', 'Total preguntas de la prueba 361', 'Total preguntas resueltas bien 105', '% de aprobación =28,88%'. Below this is a scatter plot showing 'concentración' on the y-axis and 'score' on the x-axis, with blue dots representing 'Antes' and red dots representing 'Despu'.

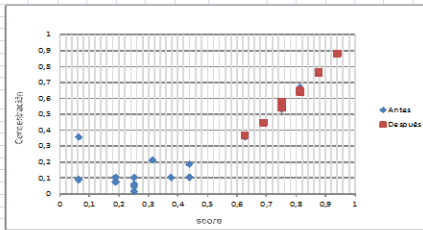
Después. Includes a box with text: 'Total preguntas de la prueba 361', 'Total preguntas resueltas bien 274', '% de aprobación =75,9%'. Below this is a legend for the scatter plot: 'Antes' (blue dot) and 'Despu' (red dot).

Respuestas	h	e	d	d	e	a	a	e	n	n	h	h	h	h	e	e	a	a	a	a	a	TOTAL
1b	a	d	d	b	a	c	a	b	c	a	c	b	a	a	c	b	a	c	a	a	c	32
2b	c	b	d	d	d	c	a	a	c	a	b	c	b	b	d	a	a	c	a	a	c	7
3c	b	d	d	d	c	d	a	b	a	d	c	c	a	b	b	a	b	d	a	c	5	
4b	d	d	d	c	d	c	d	e	d	a	a	a	a	d	b	b	b	b	b	b	5	
5b	a	d	d	c	b	a	b	b	a	c	a	c	d	b	d	b	c	b	7	7	7	7
6d	a	d	b	c	d	b	b	d	c	a	a	b	b	a	b	a	a	c	7	7	7	7
7d	b	b	b	c	b	c	c	c	d	a	a	a	c	d	b	a	c	a	6	6	6	6
8b	c	d	d	e	c	d	a	d	a	a	c	a	a	d	d	b	a	c	8	8	8	8
9b	b	d	d	c	c	b	a	a	a	b	c	a	b	a	d	a	c	c	5	5	5	5
10b	d	b	b	d	d	d	c	d	d	c	a	a	d	b	a	c	c	5	5	5	5	5
11b	c	d	d	e	c	a	a	a	d	d	c	a	d	b	b	a	d	c	11	11	11	11
12b	b	c	d	e	c	b	a	a	a	e	c	a	a	c	d	b	d	a	a	10	10	10
13b	b	d	d	b	c	c	d	d	a	c	a	d	b	b	b	d	c	7	7	7	7	7
14b	c	d	d	c	c	d	e	d	b	d	a	a	c	b	a	b	a	10	10	10	10	10
15b	b	d	d	c	b	a	c	a	b	c	b	a	d	c	b	a	b	b	11	11	11	11
16a	b	d	d	a	d	d	b	a	b	c	a	a	a	a	d	a	b	d	7	7	7	7

total	12	4	12	13	10	1	4	5	7	4	6	7	13	3	7	1	11	3	4	7,938
a	1	3	0	0	1	1	4	8	7	4	4	6	13	7	4	1	11	3	4	
b	12	7	1	3	1	5	2	2	3	4	1	2	0	2	7	9	3	6	4	
c	1	4	1	0	10	5	5	2	3	6	7	3	3	2	0	0	5	6	6	
d	2	2	12	13	4	5	5	1	4	5	5	1	0	4	3	6	2	2	2	
Score	0,75	0,75	0,75	0,813	0,625	0,863	0,75	0,813	0,625	0,75	0,813	0,625	0,813	0,75	0,813	0,625	0,813	0,625	0,75	
Antes	0,531	0,104	0,551	0,668	0,358	0,109	0,096	0,212	0,104	0,016	0,104	0,186	0,668	0,104	0,104	0,358	0,447	0,025	0,061	

antes
Total preguntas de la prueba 19
Total preguntas respondidas bien 127
% de acierto = 66,84%

ANEXO 6.2 GRADO NOVENO



después
Total preguntas de la prueba 19
Total preguntas respondidas bien 287
% de acierto = 81,25%

Respuestas	h	e	d	d	e	a	a	e	n	n	h	h	h	h	e	e	a	a	a	a	a	TOTAL
1b	a	d	d	b	a	c	a	b	c	a	c	b	a	a	c	b	a	c	a	a	c	34
2b	c	b	d	d	d	c	a	a	c	a	b	c	b	b	d	a	a	c	a	a	c	16
3b	b	d	d	d	c	d	a	b	a	d	c	c	a	b	b	a	b	d	a	c	13	
4b	c	d	d	c	d	e	c	a	c	b	b	c	e	b	a	a	a	c	a	a	15	
5b	a	d	d	c	b	a	b	b	a	c	a	c	d	b	d	b	c	b	7	7	7	7
6c	a	d	b	c	d	b	b	d	c	a	a	b	b	a	b	a	a	c	7	7	7	7
7b	c	d	d	e	c	b	a	c	c	d	a	a	c	d	b	a	c	a	6	6	6	6
8b	c	d	d	e	c	d	a	d	a	a	c	a	a	d	d	b	a	c	8	8	8	8
9b	b	d	d	c	c	b	a	a	a	b	c	a	b	a	d	a	c	c	5	5	5	5
10b	d	b	b	d	d	d	c	d	d	c	a	a	d	b	a	c	c	5	5	5	5	5
11b	c	d	d	e	c	a	a	a	d	d	c	a	d	b	b	a	d	c	11	11	11	11
12b	b	c	d	e	c	b	a	a	a	e	c	a	a	c	d	b	d	a	a	10	10	10
13b	b	d	d	b	c	c	d	d	a	c	a	d	b	b	b	d	c	7	7	7	7	7
14b	c	d	d	c	c	d	e	d	b	d	a	a	c	b	a	b	a	10	10	10	10	10
15b	b	d	d	c	b	a	c	a	b	c	b	a	d	c	b	a	b	b	11	11	11	11
16b	b	d	d	a	d	d	b	a	b	c	a	a	a	a	d	a	b	d	7	7	7	7

total	15	13	15	14	13	12	13	12	12	13	14	15	11	12	12	14	10	13	15,44	
a	0	1	0	0	1	12	13	1	12	1	12	1	0	0	15	2	2	12	10	13
b	15	1	0	1	1	1	1	3	1	3	4	13	0	1	3	12	2	0	1	
c	1	13	1	1	13	1	2	12	0	2	14	14	0	11	2	2	2	2		
d	0	1	15	14	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0		
Score	0,639	0,813	0,813	0,813	0,875	0,813	0,75	0,813	0,75	0,813	0,875	0,875	0,875	0,875	0,875	0,875	0,875	0,875		
Despu	0,879	0,639	0,879	0,759	0,639	0,551	0,649	0,551	0,581	0,581	0,649	0,768	0,768	0,879	0,447	0,541	0,541	0,768	0,369	0,649