

La experimentación para detonar el interés en la física



Carlos Alberto Villarreal Rodríguez, Pilar Segarra Alberú

Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

E-mail: cavr34@ciencias.unam.mx

(Recibido el 30 de marzo de 2016, aceptado el 25 de abril de 2017)

Resumen

El primer curso de física en el bachillerato suele ser un fuerte reto para el profesor, ya que se enfrenta a adolescentes que dicen que no les gusta la física, que esa asignatura es sólo para genios y que además no tiene ninguna utilidad en su vida. Esta actitud es muchas veces reforzada por los padres y por gran parte de la sociedad que dicen hasta con cierto orgullo no sé nada de física y no la necesito. La finalidad del trabajo desarrollado es buscar motivar a los alumnos a estudiar física, por medio de experimentos llamativos y mostrarles la utilidad de ésta en la vida cotidiana. La idea surge por la experiencia que se tiene en la divulgación de las ciencias y las matemáticas, lo que ha permitido observar que la física atrae a los jóvenes cuando no la relacionan con “formulazo-problema”. Con la finalidad de motivar a los alumnos hacia el estudio de la física se desarrolla una propuesta con óptica geométrica, ya que la óptica se presta para realizar experimentos sencillos y atractivos, que los estudiantes puedan relacionar con fenómenos cotidianos. Se presenta la propuesta desarrollada y probada, con alumnos del CCH-Oriente, así como los resultados obtenidos en la evaluación de la unidad.

Palabras clave: Motivación, experimentos impactantes, óptica, física en bachillerato.

Abstract

The first physics course in high school is usually a tough challenge for the teacher, as he faces teens who say they do not like physics, because it is only for geniuses and it is of no use in their life. This attitude is often reinforced by parents and by the society who says, with some pride, that they do not know anything of physics and they do not need it at all in daily life. The purpose of this work is to prove a teaching strategy through striking experiments and making explicit the importance of physics in everyday life, which may help to motivate high school students to study physics. The idea comes from the experience of one of the authors in participating in science fairs, which has allowed him to observe that physical phenomena attract young people when they do not relate physics with problems of plug and chug. In this work a proposal in geometric optics is presented in order to motivate students with the simple and attractive experiments that may be performed in optics. It was also intended that students may relate these phenomena to everyday context. The developed proposal was tested with high school students of CCH-East, the results obtained with this group are presented.

Keywords: Motivation, striking experiments, optics, physics in high school.

PACS: 01.40.ek, 01.40.gb, 01.50.Pa,

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Con la finalidad de cambiar la visión que muchos estudiantes de bachillerato tienen de la física, se decidió desarrollar el tema de óptica empleando experimentos llamativos que ayuden a ejemplificar la relación de la asignatura con la vida cotidiana y sirvan de motivación a los estudiantes¹. Esto puede llevar a los estudiantes a entender que la física está presente en muchos fenómenos que observan día tras día de manera inconsciente. De la investigación didáctica se sabe que las emociones son indispensables para llegar a un conocimiento [1, 2].

La sociedad tiene la creencia de que la ciencia es difícil de comprender, por lo que decir *no sé nada de física* es aceptable. Esto parece justificar a los estudiantes para no

hacer un esfuerzo de aprenderla. No parece ser lo mismo en asignaturas como español o historia que se suponen necesarias para una persona culta. Por otro lado, los estudiantes saben que el conocimiento aportado por la clase de español les dará las bases para comunicarse con las personas, la clase de educación para la salud les ayuda a comprender aspectos generales de su cuerpo y como cuidarlo, pero no comprenden qué bien les deja estudiar física.

Física y Matemáticas son las asignaturas más complicadas durante la vida académica de los alumnos de bachillerato, ya que suponen una capacidad de abstracción que muchos de ellos no poseen, y se escudan diciendo que no les gusta manejar fórmulas y números. La investigación sobre didáctica de la física señala que si se emplearan

ejemplos cotidianos sería más fácil la comprensión conceptual, aunque no necesariamente mejoraría la capacidad de resolución de problemas [3]. A pesar de que la materia se presta mucho para ver ejemplos que se aplican a la vida diaria de cada estudiante, pocos son los profesores que se dan cuenta de la importancia de hacer énfasis en esto; incluso muchos docentes en nuestro país utilizan actualmente un enfoque centrado en la solución algorítmica de problemas descontextualizados de física [4]. Esta población de maestros considera que saber física es igual a poder resolver problemas numéricos de fin de capítulo [5], lo que redundaría en la idea generalizada de los estudiantes de que la física es únicamente una aplicación de ecuaciones sin sentido [6]. El fracaso en la resolución de problemas de fin de capítulo, desanima y acompleja a muchos jóvenes, dando como resultado un rechazo y bloqueo hacia la física y las matemáticas.

Para tratar de evitar este rechazo a la ciencia han surgido diferentes eventos en un contexto no-formal (como el Festival Matemático, la Semana Nacional de Ciencia y Tecnología, CINVESNiños, etc.), en los cuales se habla de ciencia en un lenguaje coloquial, sin uso del lenguaje matemático, y se utilizan demostraciones, juegos, aparatos novedosos y obras de teatro. El problema de estos eventos es que pueden quedar para muchos espectadores como un juego. Para el desarrollo de la propuesta que se presenta en este trabajo, se utilizó la experiencia en las ferias de ciencias, pero adecuándolo a la educación formal e intentando llegar a la formalización matemática de los modelos físicos.

En la base de la propuesta está el despertar la curiosidad de los estudiantes respecto a los fenómenos físicos a estudiar para después construir, de manera inductiva, los conceptos necesarios, ya que como sabemos sólo aprende el que está motivado para hacerlo. De acuerdo con Otero [2] *"La historia de la ciencia es elocuente sobre la relación entre la actividad científica y la emoción de la curiosidad, que lleva a la pasión por preguntarse, por crear y responder según las formas aceptables de rigor en cada época."*

II. PROPUESTA

Se plantean una serie de experimentos sencillos, pero llamativos que despierten el interés de los estudiantes. Se guía para que intenten explicar los resultados de los experimentos empleando los conceptos físicos o que se hagan más preguntas sobre los fenómenos que se presentan para poder analizarlos [7]. Viennot [8] nos recuerda que lo esencial en física es que cada individuo construya los conceptos. Con este enfoque se intenta responder a las preguntas recurrentes de los estudiantes ¿para qué sirve estudiar física?, ¿en qué la voy a usar si yo no voy a ser científico?

La óptica está contemplada únicamente en el área de ciencias biológicas y de la salud del plan de estudios de la Escuela Nacional Preparatoria y en la asignatura Física IV en el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), ambos

bachilleratos pertenecen a la Universidad Nacional Autónoma de México, en el plan de estudios de Educación Media Superior, perteneciente a la Secretaría de Educación Pública, este tema no aparece.

La propuesta se probó en el CCH-Oriente, en un grupo de 18 alumnos, del último semestre que cursaban la asignatura de física IV.

La estrategia consiste en plantear un experimento, al cual los alumnos deben tratar de dar una predicción relacionada con lo planteado, para posteriormente realizar el experimento en grupos o como demostración. Se eligieron experimentos que intentan ser impactantes. A partir de lo observado los alumnos elaboran en pequeños grupos la explicación que se discute en plenaria. A través de una discusión guiada y con las respuestas de los mismos estudiantes, se proporcionan los elementos teóricos, poco a poco, para que puedan ser incorporados por los estudiantes en la explicación del fenómeno observado [10]. Esto conlleva el análisis y comprensión del experimento, así como la incorporación de la terminología involucrada. Esta secuencia corresponde al ciclo de enseñanza predecir-observar-explicar conocido generalmente como POE [11].

Dentro del área de la óptica geométrica se realizaron experimentos relacionados con la refracción, reflexión y transmisión de la luz, para poder llegar a entender el funcionamiento de microscopios y telescopios. Con la finalidad de que los alumnos comprendan las propiedades de la luz como una onda, se utilizaron experimentos demostrativos relacionados con la mezcla de colores y la visión estereoscópica.

A. Experimentos Detonantes

Con la finalidad de conocer los conocimientos previos de los estudiantes relacionados con la luz se realizó a forma de introducción una breve discusión grupal con preguntas como: ¿qué es la luz?, ¿en qué dirección se propaga la luz?, ¿qué sucede cuando la luz incide sobre una superficie lisa?, ¿qué le pasa a la luz cuando incide en el agua?, ¿conocen la diferencia entre reflexión y refracción? Posteriormente, se presentaron tres experimentos donde se puede ver la relación entre la reflexión y refracción, con la intención de introducir los dos conceptos más importantes a desarrollar en esta unidad del curso. Los experimentos iniciales fueron la formación de una imagen real con dos espejos parabólicos (Figura 1) donde los alumnos se dieron cuenta que no era posible tomar el objeto que veían; el otro experimento fue el de la reflexión totalmente interna por refracción, donde uno de los alumnos hizo referencia inmediata a las fibras ópticas (Figura 2).

El doble espejo parabólico mostrado en la figura 1, es muy llamativo y sirve para iniciar una discusión sobre reflexión, imagen real y virtual. Aunque, en este momento, aún no cuentan con los conocimientos necesarios para poder explicar a detalle este experimento, todos tratan de explicarse cómo es posible que se vea un objeto que no se puede coger y que con un rayo láser puede ser iluminado en ciertas partes, pero es atravesado en otras. Buscan respuestas, por lo tanto, ya están involucrados en

comprender el fenómeno físico, o siguiendo la idea de Otero [2], la actividad científica es promovida por la emoción que promueve la creatividad en la búsqueda de respuestas.



FIGURA 1. Los alumnos no podían comprender por qué no se podía agarrar la araña si está claramente parada sobre algo brillante.

Durante la discusión del experimento los alumnos llegaron a la conclusión de que la luz se reflejaba en los espejos y gracias a la forma de los mismos y al orificio que tiene el espejo de arriba, se formaba una imagen a la que llaman *virtual*. Parece ser que debido a la tecnología con la que contamos hoy en día, todo puede ser realidad virtual.

Para los experimentos de reflexión interna total por refracción pudieron observar que la luz de un láser dentro de una botella llena con un líquido turbio viaja en línea recta sin desviarse, si la luz incide perpendicular a la superficie de la botella o del agua. A continuación, se realiza un orificio en la botella y para sorpresa de muchos, la luz sigue la trayectoria del agua al caer como se puede ver en la figura 2.

Al estar en el inicio de la unidad no se trata de obtener explicaciones “correctas” de los estudiantes, sino que se involucren en generar un modelo explicativo del fenómeno observado.

Como último experimento de la sesión introductoria, se pide a los estudiantes que con el láser intenten que la luz quede atrapada en el agua utilizando un recipiente rectangular de acrílico transparente. La mayoría de ellos hacen incidir la luz del aire al agua, o bien de forma paralela a la superficie del agua, aunque el rayo este incidiendo en el agua; uno de ellos intentó con el láser en la base del recipiente, pero lo hizo perpendicular a la superficie. Después de estos intentos se indica que, para obtener el fenómeno deseado, el patrón de reflexión interna total, se debe hacer incidir la luz del láser del agua hacia el aire variando poco a poco el ángulo de incidencia (figura 3).

La sorpresa del grupo fue enorme porque no podían creer que la superficie del agua funcionara como un espejo, al hacer incidir el láser del agua al aire. La mayor sorpresa se da cuando al incidir el láser del aire al agua no observan más que la refracción, aunque varíen el ángulo. Para

La experimentación para detonar el interés en la física finalizar esta sesión, se pide a los alumnos que realicen los diagramas de los experimentos y que traten de relacionarlos con algo que hayan visto en su vida cotidiana. Los tres experimentos anteriores fueron los detonantes para introducir en el curso los conceptos de reflexión, refracción e índice de refracción.

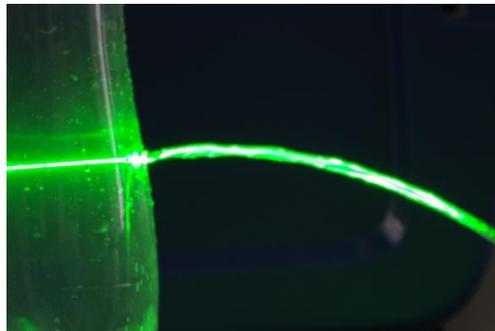


FIGURA 2. La luz queda atrapada en el chorro de agua, por reflexión interna total debida a la refracción.

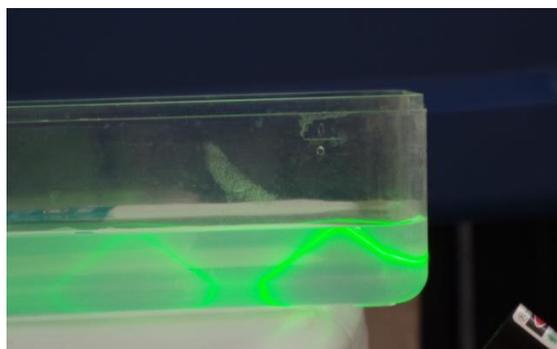


FIGURA 3. Reflexión interna total haciendo incidir la luz del láser del agua hacia el aire. Puede observarse en la fotografía que la luz dentro del recipiente se curva ya que la superficie del mismo no es recta.

B. Espejos Planos

Con las actividades que se presentan a continuación, se obtienen explicaciones interesantes que se prestan para discutir sobre la posición del objeto y el observador y para hablar de la inversión en las imágenes, todo esto sirve de referente concreto al introducir los esquemas sobre formación de imágenes en espejos y lentes.

Se inicia el tema de reflexión solicitando a los alumnos que expliquen por qué se forman imágenes múltiples al poner dos espejos paralelos. Se pide a un alumno que observe a través de un orificio practicado en uno de los espejos y que exponga lo que observa. De inmediato algunos alumnos comentaron haber visto este fenómeno en un elevador y que se observa la imagen repetida infinitamente.

Una vez expuestas sus ideas, se busca hacer reflexionar a los alumnos sobre cuántas imágenes se pueden observar al

Carlos Alberto Villarreal Rodríguez, Pilar Segarra Alberú

variar el ángulo entre los espejos. Trabajan con dos espejos para obtener el número de imágenes a un determinado ángulo, grafican resultados y a partir de la gráfica se deduce la ecuación para imágenes múltiples.

Como los estudiantes piensan que para verse de cuerpo entero reflejados en un espejo basta con alejarse del mismo, se pega un espejo plano tamaño carta sobre el pizarrón. Al espejo se le habían puesto imanes para poder colocarlo a diferentes alturas sin problema. Se indica a los voluntarios que a una distancia del espejo vean y marquen con sus manos la parte de su cuerpo que observan y que traten de observar más. Todos se alejan. Causa sorpresa que al alejarse no se puedan observar de cuerpo entero y más cuando alguien cerca del espejo puede observar la clase entera *dentro del espejo*.

Dentro de la misma sesión se pregunta a los alumnos si saben cómo deben escribir un mensaje que quieran leer en un espejo plano. A lo que responden que hay que escribir al revés y que esto se puede observar también en las ambulancias. Luego se les pide a los alumnos que escriban lo que quieran en una hoja de papel, que coloquen su hoja frente al espejo e indiquen si pueden leer el mensaje y expliquen por qué sucede esto (figura 4).



FIGURA 4. Alumna sosteniendo un letrero frente al espejo. En ese momento no pudieron explicar por qué no necesitaron poner las letras al revés como en las ambulancias

Como colofón de la actividad anterior se solicitó a los estudiantes que se tomaran con su teléfono celular una *selfie* junto a un compañero utilizando la cámara frontal. Al ver la foto en la pantalla se sorprenden que se invierte la posición a la que se encuentran ellos colocados, tampoco pueden explicar en este momento el porqué de la inversión. Nuevamente se les pide que utilicen la cámara del celular de la misma manera para fotografiar un texto, ellos suponen que no se podrá leer y que aparecerá al revés como los letreros de las ambulancias. Para su gran sorpresa la imagen se puede leer de forma correcta.

Posteriormente, se construye el diagrama de formación de imágenes en espejos planos, con el objetivo de mostrar

que la imagen se forma a la misma distancia que se encuentra el objeto respecto del espejo. A partir de esto y trabajando en grupos pudieron empezar a inferir por qué no lograron verse de cuerpo entero con el espejo tamaño carta pegado en el pizarrón, y pudieron explicar la formación de imágenes múltiples en los espejos paralelos y a diferentes ángulos, reproduciendo para este ejercicio el modelo introducido.

A pesar de todo esto, en los dibujos donde se representan mirándose en el espejo, la mayoría de los estudiantes se pintan en la superficie del mismo. Esto parece ser una idea previa muy fuerte formada en la experiencia cotidiana. Es claro que no relacionan el esquema que se hizo sobre la formación de imágenes, ni sus observaciones de que se puede ver toda la clase dentro del espejo. Tampoco fue posible que explicaran en ese momento el papel importante la posición del observador en las actividades del espejo plano y letrero, así como la *selfie*; no entendieron que el campo visual está restringido al tamaño del espejo y que el observador en todas estas actividades es también el objeto.

C. Espejos Curvos

Se trabaja inicialmente con una placa rectangular de 40.5 x 50.8 cm, con superficie plana y reflejante. Al ser flexible se pueden tener tres tipos diferentes de espejos: espejo plano, espejo cilíndrico cóncavo y convexo. Esto sirve para que vean el tipo de imagen que se obtiene al cambiar la curvatura de la lámina. La relación con la casa de los espejos es inmediata, y comentan que hay espejos que *te hacen gordo* y otros que *te hacen flaco*. A partir del trabajo con el espejo cilíndrico se pasa a trabajar con espejos esféricos cóncavos y convexos colocando objeto-observador a diferentes distancias. Causa sorpresa a los estudiantes el observar que un espejo *que amplifica*, a mayor distancia invierte la imagen que puede ser de menor tamaño que el objeto original y que parece estar en el aire. El espejo de trailer (convexo) no causa mayor impresión, y el único comentario al respecto es la identificación con los espejos laterales del automóvil, específicamente el del lado derecho y que se ven los objetos como si estuvieran más alejados.

El trabajo con los espejos da pie para introducir el concepto de distancia focal, imagen real y virtual, amplificación de la imagen positiva o negativa. Como cierre se realizan los diagramas de formación de imágenes en espejos esféricos tomando como base el trazado del espejo plano y se introducen las ecuaciones correspondientes. En ejercicios posteriores se comprueba que pueden localizar la posición y tamaño de la imagen en un esquema conociendo el foco y la posición del objeto, también pueden hacer los cálculos correspondientes, pero siguen pintando su imagen sobre la superficie del espejo, como se puede notar en las figuras 5a y 5b.

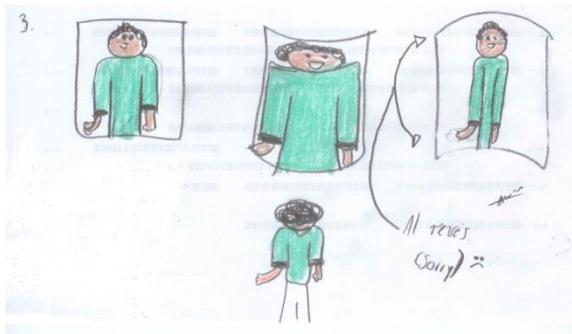


FIGURA 5a. Dibujos de un estudiante representando el tipo de imágenes que pueden observarse en espejos rectangulares con distinta curvatura. Nótese que las imágenes están pintadas sobre la superficie del espejo. El estudiante se da cuenta que en el espejo cóncavo a esa distancia se vería de cabeza.

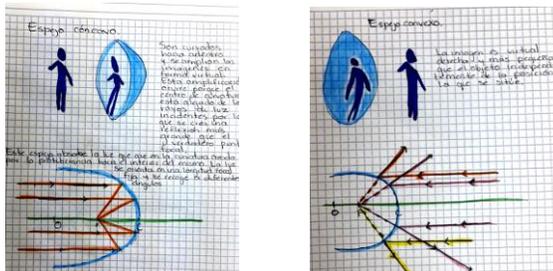


FIGURA 5b. Dibujos de un estudiante donde puede observarse que la luz incide de forma paralela, no hace relación, en ninguno de los dos casos, al objeto que se está reflejando en el espejo. Estos trazos se hicieron para identificar el foco y el estudiante los reproduce como explicación de la reflexión en los espejos esféricos. La imagen del espejo convexo está sobre la superficie del espejo y la del cóncavo que dice que es virtual la pone flotando en la posición donde localizó el foco.

D. Luz que se desvía

Para llamar la atención sobre la importancia del índice de refracción se preparó una pequeña caja transparente con agua y miel de maíz. Es necesario dejarla reposar uno o dos días para que la concentración de miel al aumentar la profundidad cambie poco a poco. Al hacer incidir un rayo de luz paralelo a la superficie puede observarse que dicho rayo se curva, evidentemente los estudiantes esperan que el rayo viaje paralelo a la superficie como en algunas de las demostraciones iniciales. Nuevamente la sorpresa del comportamiento y el no saber explicar por qué sucede esto sirve como detonante del tema.

Dentro de esta misma sesión se les muestran dos vasos donde uno de ellos aparentemente sólo tiene agua, y en el otro hay pequeñas esferas de hidrogel. Cuando se empieza a verter el agua del primer vaso hacia el segundo se puede observar que en el primero van apareciendo bolitas de hidrogel mientras que en el segundo aparentemente va habiendo en el fondo únicamente agua. Este experimento

La experimentación para detonar el interés en la física sirve para hablar sobre índice de refracción y ejemplificar que hay sustancias con índice de refracción muy similar lo que lleva a no poder observar que hay algo sumergido en el agua.

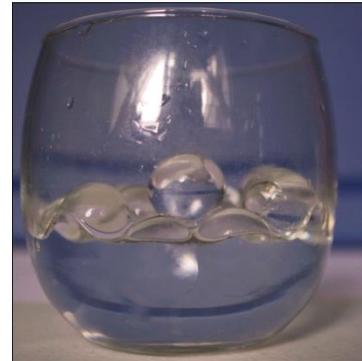


FIGURA 6. Bolitas con índice de refracción igual al agua.

En vez de realizar los experimentos típicos de la moneda que desaparece o del lápiz que se dobla cuando se añade agua en los recipientes. Se hizo un juego, popular en las ferias de ciencias para niños, donde los alumnos deberían pescar pequeñas bolitas de plastilina puestas en el fondo de un recipiente que contenía agua. A los pescadores se les armó con palitos de madera a manera de arpones y en un solo intento deberían pescar la bolita correspondiente de plastilina. Se marcó una posición desde donde debían realizar la actividad para evitar que introdujeran perpendicularmente el palito de madera a la superficie del agua. Evidentemente la mayoría de ellos no pudo hacerlo. Un ejercicio similar se encontró publicado posteriormente en la revista *Physics Teacher* [12].

Después de estos experimentos se introdujo la Ley de Snell y se retomaron dos de los experimentos iniciales al observar cómo al pasar de un índice de mayor refracción a uno de menor hay un ángulo al que puede ocurrir una reflexión total interna. En una breve discusión se vio que si hay un solo medio no ocurre la refracción, pero puede haber reflexión y se llegó nuevamente a que el ángulo del rayo incidente es igual al ángulo del rayo reflejado.

E. Imágenes formadas con lentes

Se inicia la sesión haciéndolos proyectar sobre una pared la imagen de una ventana iluminada utilizando una lupa. Se sorprenden de poder ver la proyección y de que ésta esté de cabeza; cuesta trabajo que perciban que hay dos inversiones. Esta actividad sirve para introducir la ecuación de formación de imágenes en lentes y hablar sobre el control de variables. Se enfatiza que se obtiene una imagen real aumentada entre $f + \Delta f$ y $2f$ y se hace una discusión sobre imagen real y virtual. En este punto los alumnos están sorprendidos, ya que pueden proyectar las imágenes en la pantalla, y lo que los tiene más sorprendidos es que el mayor aumento no se obtenga al colocar el objeto más cerca de la lupa. Persiste el problema de la nomenclatura de

Carlos Alberto Villarreal Rodríguez, Pilar Segarra Alberú virtual y real. Donde virtual sigue refiriéndose a imágenes en pantalla de celulares, televisión y computadora, haciendo referencia constante a videojuegos.

El resto de las actividades relacionadas con este tema no caen dentro de la categoría de sorprendentes o impactantes que son las que se están describiendo en este artículo. Los esquemas dibujados por los estudiantes de la formación de imágenes con lentes, no muestran la problemática de los espejos. Realizan los trazos de los rayos y pueden identificar en los esquemas una imagen real y una virtual. Suponemos que esta experiencia es menos frecuente en los estudiantes que el verse en un espejo, por lo que es posible que los modelos explicativos al respecto estuvieran menos arraigados.

F. Mezcla de colores y visión estereoscópica

Se inició la clase con una discusión sobre qué significa visión en 3D, y al estar familiarizados con las películas en dicho formato la lluvia de ideas se centró en que son imágenes que parecen salirse de la pantalla, pero que requieren de unos lentes especiales para observarlas. A continuación, se entregó a los alumnos unos lentes contruidos con un filtro rojo y uno cian, de forma que cada ojo ve a través de un color distinto. El uso de filtros permite introducir el concepto de absorción y trasmisión. Se proyectaron anáglifos para poder observar las imágenes en 3D. Se hizo una discusión sobre lo que ve cada ojo y la distancia entre ellos y cómo con esa pequeña diferencia el cerebro puede interpretar la profundidad o tercera dimensión.



FIGURA 7 Muestra de anáglifo utilizado durante las sesiones. Debe observarse con un filtro cian en un ojo y un filtro rojo en el otro.

Posteriormente se realizó un experimento, para explicar porque vemos el cielo de color azul y la luz del sol color rojo o anaranjado, esto dio pie a una discusión sobre el fenómeno de dispersión de la luz e introducir el concepto de luz blanca. Este experimento resultó ser muy llamativo para los alumnos, ya que muchos de ellos tenían la curiosidad de porqué vemos azul el cielo. Retomando lo

Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 11, No. 2, June 2017

anterior se realizó el experimento del prisma de agua (figura 8), con lo que se mostró que la luz blanca está compuesta por los colores de arcoíris y que corresponden a todas las frecuencias del visibles.



FIGURA 8. Prisma de agua y espectro solar obtenido sobre una hoja blanca.

Para finalizar la unidad de óptica se realiza una demostración con filtros de colores, donde se emplea la mayoría de los conceptos aprendidos durante el desarrollo del curso. En esta actividad se utilizan tres proyectores, cada uno con un color aditivo distinto (BGR) para obtener los colores secundarios en la proyección (figura 9). Todos los estudiantes tienen 6 filtros de color, primarios (azul, verde y rojo) y secundarios (cian, magenta y amarillo). Las observaciones se realizan durante la proyección y sobre carteles preparados especialmente para esta actividad.

Con este experimento se explicó a los alumnos que el color de los objetos no es una propiedad intrínseca de los mismos, y que depende de la luz con la que se ilumine, la distancia y el ángulo a la que se encuentra el objeto respecto de la fuente de luz. Este show de filtros es uno de los experimentos más llamativos para los alumnos, ya que permite observar el cambio de color de los objetos presentes dentro o fuera del salón, dependiendo del filtro con el que se observa, además de permitir hablar sobre los colores primarios en luz y en pigmentos y así poder formar los círculos cromáticos.

III. RESULTADOS

Es importante señalar que a partir de este tipo de experimentos y con las discusiones grupales, la terminología física y las expresiones matemáticas cobran sentido para los estudiantes. En las clases tanto teóricas como experimentales se procedió todo el tiempo de manera inductiva, yendo de lo concreto a lo formal. La motivación de los estudiantes para acudir a clase y los aprendizajes mostrados, son una indicación de la validez de este tipo de estrategias con alumnos de bachillerato.



FIGURA 9. Demostración de mezcla de colores, utilizando tres proyectores con los colores aditivos (azul, verde y rojo).

Los alumnos con los que se probó el material mostraron un cambio en la forma de concebir la física. Mencionaron que les agradó la manera en que se abordaron los temas, y que gracias a esto lograron comprender que la física, en particular la óptica, tiene relación con su vida cotidiana, así como con las carreras que tienen pensado estudiar.

Otro resultado que se puede resaltar de esta propuesta, es que logró motivar a los alumnos a asistir a clase; el ausentismo es una de las problemáticas principales en el bachillerato. Algunos estudiantes que habían abandonado el curso regresaron incentivados o curiosos, por los comentarios favorables de sus compañeros sobre cómo se estaba desarrollando la unidad de óptica.

Tal vez el logro más destacado haya sido el que una alumna que inició teniendo un mal desempeño en clase terminó siendo la mejor estudiante del grupo. Al darse cuenta que todo lo que se estaba viendo en esta unidad tenía relación con la carrera de arte que quería estudiar, su actitud hacia la física cambió radicalmente para llegar a considerarla agradable y que le permitía comprender mejor los temas. Al entrevistar a esta estudiante, ella mencionó que al inicio del semestre, la clase se le hacía pesada y aburrida ya que su dificultad en el manejo algebraico obstaculizaba poder resolver los problemas numéricos. En cambio, al partir de experimentos y ejemplos de la vida cotidiana, tuvo la motivación suficiente para intentar relacionar las expresiones algebraicas con los fenómenos ópticos que se estaban estudiando. Hay que aclarar que el nivel matemático utilizado en este tema fue muy bajo.

Entre las dificultades observadas al desarrollar la propuesta estuvo el descubrir que un alumno que aparentemente manifestaba un razonamiento científicamente correcto de los experimentos y lograba hacer bien los diagramas que se pedían, copiaba todo de internet utilizando su teléfono celular. Esto provocó que fuera necesario prohibir el uso de los teléfonos en la clase, a menos que se los solicitáramos para alguna actividad. y después de esto el alumno tuvo un cambio radical: sus

La experimentación para detonar el interés en la física respuestas empezaron a ser erróneas y ya no realizaba bien los diagramas. Esto nos dio a entender que este alumno empleaba su dispositivo para buscar información y poder responder correctamente a lo que se pedía, copiando la información sin entenderla. El uso de la tecnología es un punto a favor en la manera de dar clases hoy en día, pero hay que tener cuidado con esto, debido a que se puede dar el caso de que los alumnos solo busquen información, pero que en realidad no estén comprendiendo lo que leen, por lo cual no hay un aprendizaje real. Otro estudiante expresó que no comprendía la relación entre los temas, pero al ver su asistencia se comprobó que había faltado a la mayoría de las sesiones, evidentemente las faltas continuas a clase entorpecen la comprensión del desarrollo de las asignaturas por más esfuerzo que haga el profesor.

El uso de experimentos para detonar el interés en la clase de física ayuda a que los alumnos entren a la clase no solo por pasar la materia sino porque les agrada. Pero hay que tener cuidado con los experimentos que se emplean en la clase o cómo es que se desarrollan, poniendo especial cuidado en que todos los alumnos tomen parte en la clase, ya que si no se hace esto se pierde el interés y atención de algunos. Esto se observó cuando se realizó el experimento de ángulos de refracción en un prisma utilizando el único equipo existente en el laboratorio con un transportador montado y se tuvo que hacer una demostración que aburrió a los estudiantes, ya que estaban solamente como espectadores. Hay estudiantes que son muy participativos, como profesores debemos tener cuidado de que todos participen por igual, aun los que hablan poco.

En general el objetivo de hacer que los alumnos pierdan el miedo a la clase se alcanzó, ya que al trabajar con este método se hizo que la mayoría de los alumnos quisieran participar en el transcurso de los experimentos, así como en responder las preguntas que se hicieron. Lo que ayudó a mejorar sus calificaciones y bajar el número de alumnos reprobados en esta clase. Además, se consiguió el objetivo más importante que fue lograr que la mayoría de los alumnos comprendieran los conceptos y leyes físicas y las pudieran emplear en la explicación de los fenómenos que observan día a día.

Para poder tener un nivel de comparación de los resultados obtenidos con este grupo se aplicó el mismo examen a un grupo de primer semestre de estudiantes de la carrera de biología, como examen diagnóstico, al inicio de curso. Las calificaciones obtenidas en este grupo control fueron muy bajas, en promedio de 4. Esta comparación únicamente sirve para afirmar que el tema de óptica no fue abordado en el bachillerato de estos estudiantes, o que si lo estudiaron no lograron comprender los conceptos. El grupo de bachillerato obtuvo en este examen en promedio una calificación 8.

IV. CONCLUSIONES

El uso de experimentos llamativos captura totalmente a los estudiantes, incentiva a los alumnos a entrar a clase; también ayuda a los que no están en etapa formal a

Carlos Alberto Villarreal Rodríguez, Pilar Segarra Alberú

comprender los fenómenos físicos ya que inicialmente no se utilizan expresiones matemáticas en los mismos. Si se sigue esta metodología es indispensable contar con material suficiente para todos los estudiantes, sino es muy posible que se pierda la atención. Si se realizan experimentos demostrativos se logra menos participación que en los experimentos realizados en pequeños grupos.

Los modelos matemáticos no se pudieron abordar a profundidad porque se perdía la atención del grupo a pesar de ser una asignatura propedéutica de último semestre, donde el uso de modelos matemáticos en la física es uno de los propósitos de esta materia. El problema detectado puede deberse al cambio de la metodología. Durante los experimentos los estudiantes estaban muy activos y en las demostraciones nuevamente el profesor tomaba el papel principal. En un intento de mejorar la atención de los alumnos durante las demostraciones, el profesor encargado del grupo sugirió hacerlos participar activamente durante esta etapa, pasándolos al pizarrón mediante el trabajo en grupos pequeños y comparación de resultados entre los diferentes equipos.

Con esta metodología se lograron aprendizajes que van en la dirección de los siguientes propósitos señalados en los programas de los programas de física III y IV del CCH:

- Valorar el uso de los modelos físicos (y matemáticos) para explicar fenómenos cotidianos y algunos desarrollos tecnológicos.
- Mejorar la comprensión del mundo físico que le rodea (fenómenos, hechos y procesos físicos) empleando los conceptos y principios básicos de la física.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Fís. José Luis Villarreal Aguirre, profesor del CCH-Oriente, quien nos permitió desarrollar los temas de Óptica geométrica durante un mes con su grupo de Física IV, con la finalidad de probar la propuesta didáctica expuesta en este trabajo, además de apoyarnos durante el desarrollo de la misma con algunas sugerencias.

REFERENCIAS

- [1] Mellado, V., Borrachero, B., Brígido, M., Melo, L., Dávila, A., Cañada, F., Conde, C., Costillo, E., Cubero, J., Esteban, R., Martínez, G., Ruíz, C., Sánchez, J., *Las emociones en la enseñanza de las ciencias*, Enseñanza de las Ciencias **32**, 11-36 (2014).
- [2] Otero, M. R. *Emociones, sentimientos y razonamientos en Didáctica de las Ciencias*, Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias **1**, 24-53 (2006).
- [3] Solbes, J., Montserrat, R., Furió, C., *El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza*, Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales **21**, 91-117 (2007).
- [4] Byun, T., Lee, G., *Why students still can't solve physics problems after solving over 2000 problems*. American Journal of Physics **82**, 906-913 (2014).
- [5] Yung, B., Zhu, Y., Wong, S., Cheng, M., Lo, F., *Teachers' and students' conceptions of good science teaching*, International Journal of Science Education **34**, 2435-2461 (2013).
- [6] Uhden, O., *Modelling Mathematical Reasoning in Physics Education*, Journal Science and Education **21**, 485-506 (2012).
- [7] McDermott, L., *Oersted Medal Lecture 2001: "Physics Education Research—The Key to Student Learning"*, American Journal of Physics **69**, 1127 (2001).
- [9] Viennot, L., *Razonar en física. La contribución de sentido común*, (Machado Libros S., Madrid, 2002).
- [10] Eggen, P., Kauchak, D., *Estrategias docentes. Enseñanza de contenidos curriculares y desarrollo de habilidades de pensamiento*, (Fondo de Cultura Económica, México D.F., 2009).
- [11] Sokoloff, D., *RealTime physics Active Learning laboratories*, Module 4 Light & Optics, (Wiley, USA, 2012).
- [12] Trikosko, W., *Shooting fish in a barrel: a demonstration of the refraction of light*, The Physics Teacher **52**, 367 (2014).

ⁱ La óptica es uno de los temas que no aparece en los cursos obligatorios del bachillerato universitario, aunque si está en los programas del último año donde llevan física como materia propedéutica. Física IV del CCH y Física IV, área II de la ENP.