

Los diodos láser en la Enseñanza de la Física en Ingeniería



José Lemus¹, Rolando Serra², Ramón Collazo³

¹*Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Libre de Colombia, Colombia.*

²*Departamento de Física, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cuba.*

³*Centro de Referencia para la Educación de Avanzada, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cuba.*

E-mail: jobeal@hotmail.com

(Recibido el 14 de Noviembre de 2011; aceptado el 28 de Diciembre de 2011)

Resumen

La comunidad científica que se ocupa de los problemas relacionados con el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física, ha dedicado muchos esfuerzos en los últimos años para perfeccionarlo, motivados en primera instancia, por las demandas de renovación que el impetuoso desarrollo científico-técnico le impone en la actualidad a la enseñanza de las ciencias. En los últimos años se ha producido un desarrollo vertiginoso en la fabricación de diodos láser que emiten en el espectro visible, esto ha permitido su utilización creciente en múltiples aplicaciones y hace factible su utilización en la enseñanza aprendizaje de la Física Universitaria y en particular de la Óptica, por sus grandes ventajas frente a los láseres convencionales de gran costo y difícil manipulación. En este trabajo, se realiza un análisis de la importancia de su utilización en las diferentes formas de enseñanza aprendizaje de la disciplina Física en Ingeniería como contribución para lograr incrementar la comprensión de las leyes y conceptos estudiados, la motivación y al desarrollo de habilidades prácticas y de observación en la enseñanza aprendizaje de esta disciplina de las Ciencias Básicas y se muestran los resultados preliminares del diseño y construcción de experimentos de óptica con la utilización de punteros de diodos láser de bajo costo y fácil manipulación.

Palabras clave: Diodo láser, enseñanza de la física en ingeniería, experimentos, óptica.

Abstract

The scientific community that deals with problems associated with the process of teaching/learning in physics has devoted much effort in recent years to improve it, primarily motivated by the demands of renewal that the impetuous technical and scientific developments impose at present to teaching science. In recent years, has had a rapid development in the production of laser diodes that emit in the visible spectrum, it has been what allows the growth of its use in multiple applications and makes possible their utilization in the teaching/learning process of the Physics in the University and particularly in optics due to their great advantages over conventional lasers with high cost and difficult handling. In this work to analyze the importance of their use in the different forms of teaching/learning in physics discipline in engineering, as a contribution to achieve increasing the understanding of the laws and concepts studied; to motivation and the development of practical abilities and the observation in teaching/learning of this discipline of basic sciences, and be show the preliminary results of the design and construction of optical experiments using diode laser pointers inexpensive and easy handling.

Keywords: Laser diode, physics teaching in engineering, experiments, optics.

PACS: 01.50.Pa

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

La comunidad científica que se ocupa de los problemas relacionados con el proceso de enseñanza - aprendizaje de la Física ha dedicado muchos esfuerzos en los últimos años al perfeccionamiento del mismo motivados en primera instancia, por las demandas de renovación que el impetuoso desarrollo científico- técnico le impone en la actualidad a la enseñanza de las ciencias. Esto se refleja en el contexto

cubano en varias tesis doctorales defendidas recientemente [1, 2, 4, 5].

Entre las principales dificultades que se reportan en el mundo en la enseñanza aprendizaje de la Física en Carreras de Ingeniería (Conferencia Internacional sobre educación en Física 2003, Universidad 2006 y 2008, EFING 2004, 2006, 2008 y 2010) y que están presentes en el contexto de las Universidades Colombianas podemos citar las siguientes:

- Poca motivación.
- Poca comprensión de los principios, leyes y conceptos que se estudian.
- Habilidades experimentales y de observación muy limitadas.
- Balance no adecuado entre las demostraciones y prácticas de laboratorio “reales” en relación con las virtuales.
- Muy poca utilización de medios de enseñanza en las demostraciones en conferencias, clases prácticas y seminarios.
- No se analizan al nivel requerido las aplicaciones en la práctica profesional y en la vida cotidiana.
- Los estudiantes no sólo carecen de dominios conceptuales, procedimentales y actitudinales en esta disciplina, sino también de una actitud investigadora, creativa, crítica, autónoma e independiente.

En este contexto, el desarrollo de nuevas propuestas didácticas para el diseño y la utilización de sistemas de experimentos en las diferentes formas de enseñanza aprendizaje de la Disciplina Física en Ingeniería que incluyan el uso de nuevos dispositivos tecnológicos desarrollados recientemente en el mundo, adquiere una gran importancia como contribución para lograr incrementar la comprensión de las leyes y conceptos estudiados, la motivación y al desarrollo de habilidades prácticas y de observación en la enseñanza aprendizaje de esta disciplina de las Ciencias Básicas.

Las aplicaciones cotidianas de los láseres semiconductores son en la actualidad muy amplias por su utilización en las telecomunicaciones, reproductores y grabadores de discos compactos, lectores de códigos de barras, impresoras y desde luego en los punteros láser, entre otras [6, 7, 8].

Estos punteros láser están fabricados con diodos láser que emiten en el espectro visible, lo que hace factible su utilización en la enseñanza aprendizaje de la Física Universitaria y en particular de la Óptica por sus grandes ventajas en relación con los láseres gaseosos convencionales como los de He-Ne de gran costo y difícil manipulación.

El diodo láser por sus cualidades puede convertirse en un medio de enseñanza de la óptica muy importante y útil en las diferentes formas del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física en carreras de ingeniería como son las conferencias, clases prácticas, seminarios y en las prácticas de laboratorio.

Teniendo en cuenta que “los medios de enseñanza son las herramientas mediadoras del proceso de enseñanza aprendizaje, utilizadas por profesores y estudiantes que contribuyen a la participación activa, tanto individual como colectiva, sobre el objeto de conocimiento” [9], se hace necesario precisar las funciones de los medios de enseñanza en el orden pedagógico y psicológico que sirven de base a nuestra propuesta:

- Aprovechan en mayor grado las potencialidades de nuestros órganos sensoriales.

- Permiten la retención de conocimientos por más tiempo.
- Activan funciones intelectuales.
- Facilitan la participación individual del estudiante.
- Facilitan la concentración y atención.
- Motivan el aprendizaje.
- Racionalizan esfuerzos.
- Elevan la efectividad del proceso de enseñanza aprendizaje.
- Estimulan la participación creadora de los estudiantes.
- Hacen más productivo el trabajo del profesor.

El objetivo de este trabajo centra su atención en el inicio del desarrollo de un sistema de experimentos de Óptica basado en el uso de diodos láser como medios de enseñanza, de modo que contribuya a incrementar la comprensión de las leyes y conceptos estudiados, la motivación y al desarrollo de habilidades prácticas y de observación en la enseñanza aprendizaje de la Física para Ingeniería. Se muestran los resultados preliminares alcanzados en la utilización de punteros láser para el estudio de las leyes básicas de la óptica y en diferentes aplicaciones de dispersión, generación de figuras de Lissajous y sistemas de escaneo láser, básicas en el diseño y construcción de prácticas de laboratorio de física.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Antes de explicar el trabajo realizado, es conveniente precisar las principales ventajas de los diodos láser que lo distinguen como un medio de enseñanza de grandes posibilidades de utilización [10]:

- Umbral de corriente muy bajo
- Alta eficiencia
- Alta fiabilidad
- Gran durabilidad
- Bajo costo
- Permiten la modulación directa de la radiación emitida, simplemente controlando la corriente eléctrica a través de la unión p-n
- Volumen y peso pequeños
- Consumo de energía muy bajo
- Banda estrecha del espectro

El trabajo inicial consistió en el estudio de las características de los punteros láser y la familiarización con su manipulación mediante el desarrollo de algunas aplicaciones básicas para su utilización posterior en las prácticas de laboratorio.

A. Puntero Láser

En la Fig. 1 se muestra la fotografía de los punteros láseres utilizados en la realización de los experimentos.



FIGURA 1. Se muestra la fotografía de los prototipos de punteros láser utilizados en los experimentos.

El diodo láser (DL), es el componente fundamental de los sistemas desarrollados. Consiste en una fuente de luz coherente producida por un cristal semiconductor, que utiliza como elemento activo la unión P-N, activada por un LED (diodo emisor de luz), dentro de una cavidad resonante. Cuando la corriente fluye a través del diodo, emite luz al recombinarse los electrones con los huecos. Este tipo de láser puede emitir luz en un amplio rango de longitudes de onda dependiendo de la aleación (dopado) del material semiconductor utilizado; sin embargo, éstas pueden variar con el cambio de temperatura de funcionamiento del diodo. Por este motivo se acostumbra ponerlo en contacto térmico con un disipador y enfriador controlado que establezca la temperatura de funcionamiento hasta que alcance una emisión estable en longitud de onda [10].

Los punteros de diodo láser a emplear en las prácticas, tienen un enfriador termo-eléctrico de estado sólido incorporado, que funciona por efecto Peltier e incorpora también la electrónica de control para estabilizar la temperatura. Los láseres semiconductores son dispositivos extremadamente sensibles al ruido eléctrico y se pueden dañar fácilmente. Por tal razón, se recomienda alimentarlos con pilas o con una fuente bien estabilizada y regulada [11].

Los láseres semiconductores están dentro de los más pequeños y eficientes que existen en la actualidad; tienen tamaños del orden de los milímetros y emiten en longitudes de onda que cubren la franja desde el infrarrojo hasta el azul (de aproximadamente 500nm). Debido al pequeño tamaño del medio activo, la salida de la luz láser es muy divergente y se requiere de una lente para obtener una forma adecuada del haz. Por esta razón el puntero láser ya la trae incorporada [12].

B. Sistemas láser dispersados

En la Fig. 2, se muestran las fotografías obtenidas de la radiación láser emitida por los punteros después de dispersarlos con un dispositivo de espejos, cilindros y motores diseñados y contruidos para el efecto.

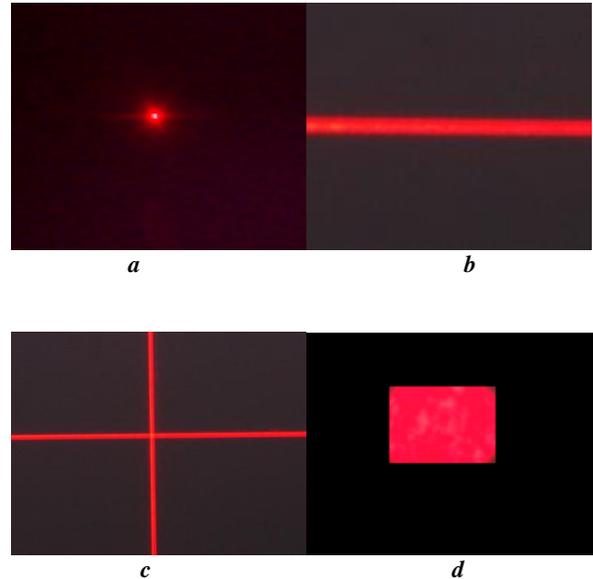


FIGURA 2. Fotografía del haz láser dispersado por el dispositivo diseñado al efecto.

En la fotografía **a** se muestra el haz láser cerrado, en **b** se observa la línea horizontal, en **c** se muestra la perpendicularidad del haz formado por dos láseres después de dispersarlos por dos cilindros y en **d** se observa un plano de barrido con un puntero láser.

El haz láser proveniente de un puntero al ser dispersado mediante un dispositivo óptico cilíndrico, se puede aplicar en sistemas de adquisición de datos y como lector de geles electroforéticos para determinar la presencia de proteínas.

C. Sistema láser para generar figuras de Lissajous

Como es conocido, con la utilización de las figuras de Lissajous se puede determinar el valor de una frecuencia desconocida utilizando el método de comparación. En éste montaje con el puntero láser, se obtienen las figuras haciendo incidir la radiación láser sobre un espejo plano montado en un motor paso a paso cuya frecuencia se conoce. El haz láser después de reflejado, se hace incidir sobre otro espejo montado en otro motor paso a paso cuya frecuencia se desconoce. La radiación reflejada por el segundo espejo, se proyecta sobre una pantalla obteniéndose así la figura con un determinado número de tangentes verticales y horizontales en correspondencia con la relación entre las frecuencias de los motores. En la Fig. 3 se muestra el dispositivo utilizado y una de las figuras obtenidas.

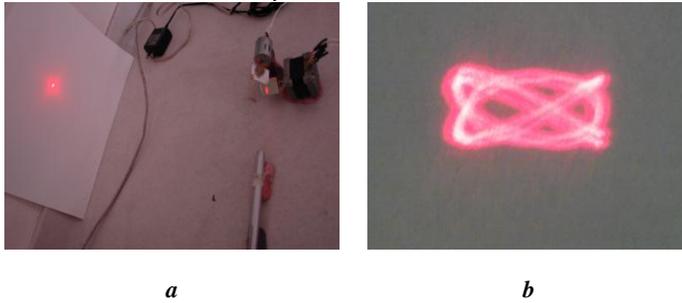


FIGURA 3. En *a* se muestra la fotografía del dispositivo diseñado para generar las figuras de Lissajous a partir de la radiación emitida por el puntero láser. En *b* se observa una de las figuras con tres tangencias horizontales y dos verticales.

Según la expresión matemática obtenida por Lissajous, se puede determinar la frecuencia del motor de la siguiente forma:

$$\frac{F_V}{F_H} = \frac{T_H}{T_V} \quad (1)$$

Donde F_V es la frecuencia vertical, F_H la frecuencia Horizontal, T_H el número de tangentes horizontales y T_V el número de tangentes verticales.

Merece resaltar, que las figuras así obtenidas son de una gran precisión y muy similares a los oscilogramas obtenidos en los osciloscopios de doble canal.

D. Sistema para escaneo láser

Al aumentar la frecuencia de los dos motores mediante un circuito electrónico se logra una forma de obtener la radiación láser necesaria para producir el escaneo con la utilización del puntero láser ya que la figura así obtenida, en lugar de proyectarla sobre una pantalla, se hace incidir en una muestra de algún material para mediante exploración determinar algunas de sus características. En la Fig. 4, se muestra la fotografía del dispositivo electrónico que controla los dos motores paso a paso, que a su vez, puede ser controlado mediante un software de computador.

El escáner láser se puede considerar como un dispositivo optoelectrónico que usa la reflexión difusa del haz láser proveniente del puntero. La luz reflejada por la muestra es procesada y analizada con la ayuda de sensores y programas de computación que posibilitan la formación de la imagen tridimensional.

Se debe señalar que éste dispositivo está en la etapa de experimentación inicial.

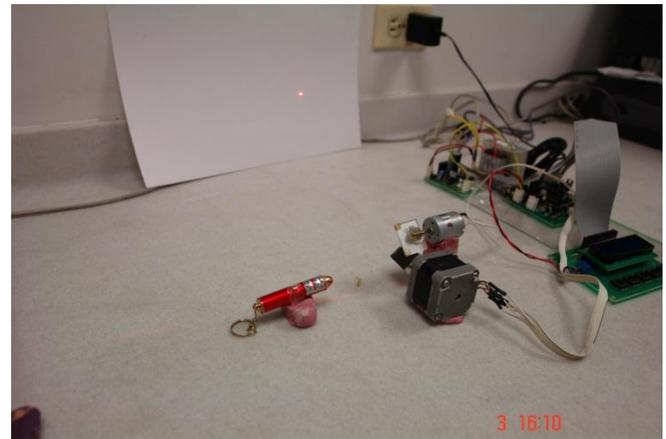


FIGURA 4. Fotografía del dispositivo empleado para controlar la radiación emitida por el puntero y generar el escaneo láser.

E. Desarrollo de prácticas de laboratorio

A partir de la experiencia adquirida en el trabajo con los punteros láser y de los sistemas desarrollados, se realizó un análisis de los programas de física actuales en las diferentes carreras de ingeniería, en especial en lo relacionado con el tema de óptica y se definieron las diferentes prácticas de laboratorio que debían ser construidas utilizando este dispositivo como fuente de luz y que hasta ahora no se realizan porque necesitaban de láseres de He-Ne de alto costo.

Los principales temas de las prácticas que se están desarrollando son: el estudio de los fenómenos de la óptica geométrica, la propagación rectilínea de la luz, las leyes de la reflexión y la refracción y sus aplicaciones en la medición de niveles horizontales y perpendicularidades, la determinación de la distancia focal de lentes convergentes y divergentes, formación de imágenes en diferentes tipos de espejos, el estudio de la difracción de Fraunhofer y Fresnel y sus patrones de difracción así como la medición de diámetros por dispersión [13, 14].

Como ejemplo, En la Fig. 5 se muestra el patrón de difracción de una rendija angosta de ancho $a = 0.18\text{mm}$, obtenido mediante el haz emitido por el puntero láser.

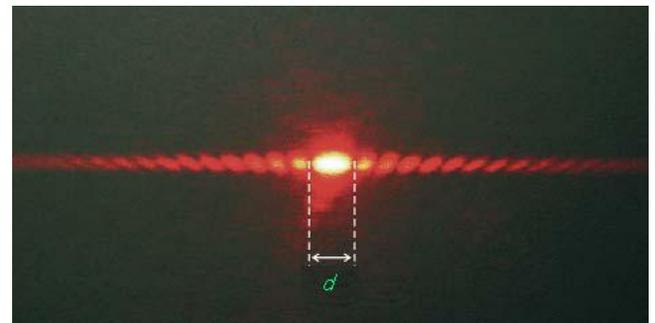


FIGURA 5. Patrón de difracción, producido por una rendija angosta de ancho a ; se ha marcado el ancho d del máximo central.

Tradicionalmente se utiliza la posición de los mínimos de difracción para determinar la anchura a de la rendija o la longitud de onda del haz, por medio de la relación:

$$m \frac{\lambda}{a} = \text{sen} \theta \approx \frac{d}{2L}, \quad (2)$$

donde m es el orden del mínimo de difracción y λ , la longitud de onda del láser. Midiendo los diferentes valores de d en donde aparecen los mínimos, se determina el valor de a o de λ . Para el caso del patrón mostrado en la Fig. 5. se utilizó una rendija de ancho $a = 0.18\text{mm}$, se midió el valor del ancho de la franja principal $d = 7.4\text{mm}$ y a una distancia $L = 1\text{m}$, se obtiene una longitud de onda λ del láser de 675nm , que está comprendida dentro del rango dado por el fabricante de 630nm a 680nm .

Posteriormente se utilizará el diodo láser como fuente de luz en experimentos diseñados para estimular muestras (escaneo), realización de análisis de muestras mediante el fenómeno de la dispersión y absorción de la luz, la construcción de hologramas y la aplicación de técnicas de ensayos ópticos no destructivos entre otras aplicaciones.

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Entre los resultados obtenidos en el trabajo, merecen ser resaltados los siguientes aspectos:

- Análisis de las principales dificultades que se reportan en el mundo en la enseñanza aprendizaje de la Física en Carreras de Ingeniería
- Análisis de la importancia y factibilidad de la utilización de punteros láser como medio de enseñanza de la física en carreras de ingeniería.
- Definición de las funciones de los medios de enseñanza en el orden pedagógico y psicológico que sirven de base a la propuesta de utilización de los punteros láser en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la física.
- Estudio de las características de los punteros láser y realización de diferentes experimentos básicos para obtener experiencias en su manipulación con vistas a su posterior aplicación en las prácticas de laboratorio que se están desarrollando.
- Motivación lograda en los estudiantes de ingeniería por el estudio de la óptica con el objetivo de encontrar aplicaciones en las diferentes carreras.
- Inicio del trabajo de desarrollo de experimentos de óptica básica y aplicada con la utilización de punteros láser como fuente de emisión de luz.
- Participación en el proyecto de estudiantes y docentes de diferentes carreras no solo de la Universidad Libre de Colombia sino también de las Universidades Javeriana y Distrital.

Los diodos láser en la Enseñanza de la Física en Ingeniería

- Posibilidad de utilización de los experimentos realizados y sus resultados para su aplicación en diferentes áreas del conocimiento.

IV. CONCLUSIONES

Los punteros de diodos láser por sus cualidades constituyen un importante medio de enseñanza de la física en carreras de ingeniería fundamentalmente para el estudio de la óptica y sus aplicaciones.

Con la utilización de los punteros láser en las prácticas de laboratorio se ha iniciado el trabajo de desarrollo de un sistema de experimentos de óptica basado en el uso de diodos láser como medios de enseñanza, como contribución a lograr el incremento en la comprensión de las leyes y conceptos estudiados, la motivación y al desarrollo de habilidades prácticas y de observación en la enseñanza aprendizaje de la Física para Ingeniería.

RECONOCIMIENTOS

Merecen especial reconocimiento por su aporte para el desarrollo de éste trabajo los estudiantes de pregrado Jesús Penagos y Mauricio Sanabria de la Universidad Distrital y los trabajadores del laboratorio de microscopía electrónica de la Universidad Javeriana de Bogotá en donde se desarrolló gran parte del trabajo experimental, el circuito electrónico y el software para su control.

REFERENCIAS

- [1] Ferrat, A., *La resolución de problemas de Física. Un estudio para propiciar su aprendizaje mediante el uso de estrategias de solución*, (Tesis Doctoral, Cuba, 1999).
- [2] Patiño, A., *Una concepción de Modernización para la disciplina Física General en Ciencias Técnicas*, (Tesis Doctoral, Cuba, 2000).
- [3] Falcón, H., *Una concepción de profesionalización desde la Disciplina Física General en Ciencias Técnicas*, (Tesis Doctoral, Cuba, 2003).
- [4] Serra, R., *La utilización del holograma como medio de enseñanza y de educación social en Cuba a través del vínculo Investigación – Docencia – Extensión Universitaria*, (Tesis Doctoral, Cuba, 2004).
- [5] Alejo, A., *Una propuesta didáctica para la enseñanza-aprendizaje en contextos de la disciplina física general en las carreras de ingeniería: aplicación en la carrera de ingeniería en telecomunicaciones y electrónica*, (Tesis Doctoral, Cuba, 2006).
- [6] Sinclair, I. R. and Dunton, J., *Practical Electronics Handbook*, (Sixth Edition, Great Britain, 2007).
- [7] Vaden, L., *Discos Ópticos y sus unidades*, 2001, disponible en <www.monografias.com>. (Consultado agosto 29 de 2008)