



Lupita: banco óptico virtual

M. Hernández Calviño

Facultad de Física, Universidad de La Habana, Cuba; mhernan@fisica.uh.cu

Recibido el 1/06/2007. Aprobado en versión final el 15/06/2007

Sumario. El trabajo describe las posibilidades de empleo del programa denominado *LUPITA: Banco óptico virtual* en la enseñanza, tanto en nivel medio como universitario, del comportamiento de sistemas ópticos formados por lentes convergentes y divergentes. Para realizar los cálculos, el programa utiliza el modelo simple de las lentes delgadas. Se describen con cierto detalle las opciones del Menú Principal, para demostrar que es un programa de simulación amistoso con el usuario y que emula razonablemente las facilidades de trabajo de un banco óptico real. Se sugieren algunos experimentos virtuales que podrían ser realizados mediante su uso, así como aquellas modalidades docentes donde podría ser más eficaz su empleo. Desde hace dos años se utiliza regularmente con buenos resultados en la enseñanza práctica de la óptica geométrica en la Facultad de Física de la Universidad de La Habana. El desarrollo de este programa no tiene fines lucrativos y está a la disposición de alumnos y profesores que deseen utilizarlo.

Abstract. This paper describes the employ facilities of the software package named *LUPITA: Virtual optical bench* in teaching, at senior or college level, the behaviour of optical systems built of convergent and divergent lenses. The software uses the wells know formula of thin lenses to make all calculations. The Main Menu is described, in order to demonstrate that the program is user friendly and reasonable emulates the working facilities of a real optical bench. Some virtual experiments that can be done with the aid of LUPITA and the teaching modalities of its use are also suggested. By two years, the program has been successfully employed at the Optical Lab at the Faculty of Physics, University of Havana as an aid in doing practical works. The development of this software had not lucrative purpose and is shared free and available for any student or professor interested in use it.

Palabras clave. Computers optical 42.79.Ta, teaching methods 01.40.gb

1 Introducción

Desde la década de los ochenta en que los ordenadores personales (PC) comenzaron a ser utilizados masivamente, numerosos programas de modelación o simulación de fenómenos físicos han aparecido en el mercado o han sido desarrollados por instituciones educativas, para ser utilizados en la enseñanza de las Ciencias Naturales y la Ingeniería. Los primeros programas en aparecer en el mercado, fueron los simuladores de circuitos como *MicroCap*, *CircuitMaker* y otros donde se simula el comportamiento estacionario y transitorio de un circuito, mediante la solución numérica de las ecuaciones que lo caracterizan. Estos programas de forma general constan de un editor de circuitos, donde es posible incluir diver-

sos tipos de componentes provenientes de una biblioteca predefinida y un núcleo de simulación (en este caso Spice, un programa originalmente desarrollado para Mainframes y posteriormente adaptado para PC). La idea se extendió a otros campos de la Física, donde aparecieron programas para calcular la distribución de campo eléctrico, magnético o temperatura en un dominio con una geometría general y donde el usuario especifica las propiedades eléctricas, magnéticas o térmicas del dominio y las condiciones de frontera.

En Cuba también varios trabajos han sido realizados en este sentido^{1,2}. Sin embargo, la óptica geométrica nunca había sido objeto de atención y solo recientemente apareció un trabajos³ donde se incluyen prácticas simuladas de óptica geométrica. Sin embargo, la estructura de las prácticas virtuales que allí aparecen es muy rígida, en

el sentido de que solo es posible estudiar el comportamiento de una sola lente (convergente o divergente), por lo que son muy pobres los experimentos virtuales que pueden realizarse.

Inspirado en la generalidad que tienen los programas de simulación eléctrica, el objetivo principal de este trabajo fue desarrollar un programa donde fuera posible simular el comportamiento óptico de un sistema formado por varias lentes y donde el usuario tuviera razonablemente las mismas libertades que cuando trabaja con un banco óptico real. El programa fue desarrollado utilizando LabVIEW, un potente lenguaje visual y gráfico orientado al desarrollo de instrumentos virtuales y con numerosas facilidades para crear la interfaz de usuario.

2 Modelo físico y matemático de lupita

LUPITA modela las lentes de una forma muy sencilla, utilizando el modelo de las lentes delgadas y aplicando sucesivamente la conocida Ley de Descartes⁴ a partir de un objeto ideal en forma de flecha, para encontrar las sucesivas imágenes reales o virtuales. En este sentido, cada lente es simplemente caracterizada por su tipo (convergente o divergente) y por su distancia focal que se supone igual para ambos focos. Al tomar esta decisión, se tuvo en cuenta que es un programa para uso docente y que se pretende pueda ser utilizado tanto en el nivel superior como el medio (preuniversitario, enseñanza profesional, etc.), donde solo se imparte la teoría de las lentes delgadas. Sin embargo, aún utilizando este modelo sencillo, puede simular sistemas ópticos complejos formados por varias lentes convergentes y/o divergentes y colocadas en cualquier orden

3 El menú principal y la pantalla de usuario de lupita

La Figura 1 muestra el aspecto que tiene la pantalla de usuario de LUPITA. En la parte superior aparece el Menú Principal con las opciones *Archivo*, *Editar*, *Componentes*, *Ver*, *Análisis* y *Ayuda*. La mayor parte de la pantalla la cubre el área de trabajo o lo que constituye propiamente el banco óptico virtual. La línea recta horizontal, simula el rail del banco óptico donde los diferentes componentes pueden ser colocados y desplazados. Tiene una longitud equivalente de 1,5 m y los componentes pueden ser colocados con una precisión de 2 mm. Para desplazar un componente se puede utilizar el ratón o las teclas del cursor. Cada componente tiene asociado un pad o círculo de color (verde o rojo). Cuando se hace click en dicho pad, el componente cambia a color azul para indicar que ha sido seleccionado y entonces puede ser arrastrado con el cursor o mediante las teclas \rightarrow y \leftarrow . En la parte inferior aparece la ventana donde se muestra el nombre del archivo que ha sido cargado o donde se va a almacenar la configuración actual (en este caso *Demo.LTA*) y dos botones que cambian radicalmente el modo de trabajo de LUPITA. En el *Modo Configu-*

rar es posible añadir o suprimir componentes, editar sus parámetros, cambiar el aspecto de la pantalla y almacenar o recuperar archivos. En el *Modo Animación* solo es posible desplazar los componentes, ya que el Menú Principal queda deshabilitado.

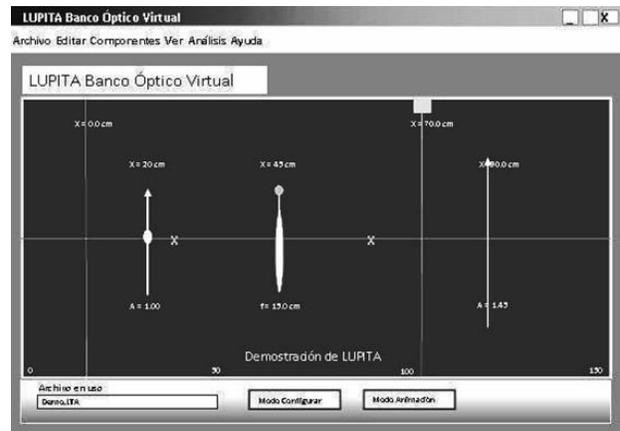


Figura 1. Aspecto que presenta la pantalla de usuario de LUPITA



Figura 2. Ventana de edición de componentes

La opción *Componentes* del Menú Principal permite añadir lentes convergentes o divergentes y cursores. Cuando se añade una lente, por omisión ésta tiene una distancia focal de 10 cm. Los cursores aparecen como una línea vertical con un pad de arrastre en la parte superior y son sumamente útiles para medir distancias o marcar la posición que ocupaba una lente o una imagen. Una lente convergente puede ser convertida a divergente o viceversa, simplemente seleccionándola y utilizando la opción *Intercambiar* pueden ser colocados en el banco óptico, lo que es más que suficiente en la mayoría de las aplicaciones. Adicionalmente, en este sub-menú hay opciones que permiten *Remover* un componente del banco, *Mover el Objeto* hacia el infinito por la derecha o por la izquierda y *Reiniciar la Configuración*. Cuando se ejecu-

ta esta última acción, todos los componentes son removidos del banco y el objeto se coloca en su posición inicial. *Tipo*. Hasta diez componentes diferentes pueden ser colocados en el banco óptico, lo que es más que suficiente en la mayoría de las aplicaciones. Adicionalmente, en este sub-menú hay opciones que permiten *Remove* un componente del banco, *Mover el Objeto* hacia el infinito por la derecha o por la izquierda y *Reiniciar la Configuración*. Cuando se ejecuta esta última acción, todos los componentes son removidos del banco y el objeto se coloca en su posición inicial.

La Figura 2 muestra la ventana que aparece cuando hay un componente seleccionado y se invoca la opción *Editar*. El aspecto de esta ventana es contextual, es decir, depende del tipo de componente seleccionado para editar. En el recuadro superior aparece el tipo de componente, en este caso una lente convergente. A continuación aparecen dos recuadros que contienen la distancia focal actual en cm. y el poder de convergencia en dioptrías. Cualquiera de los dos valores puede ser cambiado utilizando los botones o escribiendo en el recuadro. El otro parámetro se actualiza automáticamente. El siguiente recuadro permite asignar diferentes colores a la lente. Esto es muy útil porque LUPITA colorea las imágenes producidas por cada lente con su color correspondiente, a fin de poderlas asociar e identificar fácilmente cuando hay varias de ellas presentes. Finalmente, marcando el recuadro *Inmovilizado*, evitamos que este componente pueda ser desplazado involuntariamente en posteriores manipulaciones. El pad de arrastre cambia de color verde a rojo para señalarnos esta condición. Al hacer click sobre el botón *Aceptar*, cambian los parámetros y atributos del componente seleccionado y esta ventana desaparece.

La opción *Ver* del Menú Principal permite decidir si en la pantalla aparecerán las *Etiquetas* y la *Línea de Texto*. Al seleccionar *Etiquetas*, encima de cada componente aparecerá su coordenada X con relación al origen de coordenadas actual. Este valor se actualiza en tiempo real si el componente es desplazado y sirve para que el usuario pueda posicionar el componente en la coordenada requerida. En la parte inferior de cada lente aparecerá su distancia focal. En el caso de las imágenes, aparecerá su aumento con relación al Objeto. La *Línea de Texto* sirve para colocar en la parte inferior de la pantalla un texto alusivo a la configuración que se está simulando, por ejemplo "*Microscopio Simplificado*"

La opción *Análisis* permite mostrar todas las imágenes formadas o simplemente la última de ellas. También es posible *Eliminar* todas las imágenes para comenzar un nuevo estudio. Aquí hay disponible también dos opciones muy útiles *Excluir* e *Incluir* una lente. La primera opción y como su nombre lo indica, excluye la lente en cuestión del análisis, pero ésta permanece presente en el banco óptico. Para indicar que ha sido excluida, solo se muestra su pad de arrastre y su posición (si las etiquetas están visibles). Esta opción es muy útil cuando se desea mostrar el efecto que tiene la presencia o no de una lente en un sistema óptico complejo. La opción *Incluir* provo-

ca que la lente vuelva a ser tenida en cuenta durante el análisis. Finalmente la opción *Redefinir Origen X* permite cambiar el punto que se toma como origen de coordenadas. Para realizarlo, simplemente se selecciona un componente (lente o cursor) y se hace click en esta opción. A partir de ese momento, todas las coordenadas que se muestran estarán referidas a ese punto. Esta opción le permite al usuario colocar el origen de coordenadas en el punto más conveniente para mostrar las relaciones entre la distancia-objeto y la distancia-imagen.

La opción *Archivo* permite almacenar y recuperar todos los datos de una configuración y el status del programa, de forma tal que el usuario pueda crear ejemplos o demostraciones de antemano e invocarlas rápidamente o simplemente continuar el trabajo iniciado en otra sesión anterior. Finalmente, la opción *Ayuda* permite acceder en línea a un pequeño Manual de Usuario que explica todas las opciones mediante el uso de enlaces a temas relacionados. LUPITA es un programa compilado y provisto de un instalador, que permite instalarlo y ejecutarlo en PC que dispongan de Windows ME, 2000 o XP ocupando solamente 512 Kilobytes en el disco duro

Una de las características más útiles de LUPITA es que puede trabajar en el llamado *Modo Animación*, al cual se accede haciendo click en el botón de ese mismo nombre que se encuentra en la parte inferior de la pantalla. En este modo solo es posible desplazar el Objeto, las lentes o los cursores y el programa calcula y muestra continuamente en tiempo real la posición de todas las imágenes. Si las etiquetas están visibles, sus valores también son actualizados. De esta forma, toda vez que el banco óptico ha sido configurado y los parámetros de los componentes editados convenientemente, es posible entrar a este modo y estudiar el comportamiento del sistema óptico cuando se altera su geometría, lo cual puede ser utilizado por ejemplo para ilustrar el mecanismo de enfoque o de Zoom.

4 Ejemplos de sistemas ópticos sencillos que pueden ser estudiados mediante lupita

Como todo buen programa de simulación, las aplicaciones de LUPITA dependen mucho de las habilidades y la imaginación del usuario. Para ilustrar lo versátil que puede ser su uso, a continuación relacionamos algunas de estas posibles aplicaciones.

- Estudio de una lente individual (convergente o divergente). Se puede ilustrar la relación matemática entre distancia focal, objeto e imagen, la Ley de Newton, así como el aumento. Utilizando el *Modo Animación* se pueden estudiar todos los casos de formación de imágenes reales y virtuales.
- Estudio del principio de la lupa.
- Estudio del principio de la corrección de la miopía y la hipermetropía.
- Ilustración de los métodos utilizados para medir la distancia focal de una lente convergente o divergente.

- Estudio de sistemas ópticos simplificados del microscopio, telescopio, oculares, objetivos, Zoom u otros totalmente arbitrarios.

5 Modalidades docentes donde puede utilizarse Lupita

El programa LUPITA puede ser utilizado en la enseñanza de la Óptica Geométrica de diversas maneras. A continuación relacionamos algunas de estas posibles modalidades:

- Para realizar prácticas totalmente virtuales, en centros donde no se dispone de bancos ópticos reales.
- Durante la realización de prácticas de laboratorio reales, como herramienta auxiliar para hacer comprobaciones teóricas o cálculos.
- Como apoyo durante las conferencias, ya sea como medio audiovisual o para hacer demostraciones de clase.
- Durante el trabajo independiente no presencial de los alumnos, en la realización de ejercicios de tarea o en la preparación teórica previa a la realización de una práctica de laboratorio.

6 Conclusiones

Se desarrolló un programa de simulación que emula el comportamiento de un banco óptico real. Por sus facilidades, el programa es muy versátil y amistoso con el usuario y permite estudiar el comportamiento de un sistema óptico arbitrario, que puede constar de hasta diez lentes. Utiliza para los cálculos, la Fórmula de Descartes para las lentes delgadas. Hasta donde se tiene conocimiento, no existe antecedente comercial en el extranjero o el país de un programa con tal generalidad.

El programa LUPITA puede ser utilizado en el nivel de enseñanza media, técnica o profesional y universitaria, para organizar prácticas virtuales y suplir las carencias de una base material de estudio inadecuada, en demostraciones de clase o en el trabajo independiente (no

presencial) de los alumnos. Desde el punto de vista de su programación, representa una aplicación novedosa del lenguaje *LabVIEW*, que usualmente es empleado en la creación de instrumentos electrónicos virtuales.

Desde hace dos años se emplea regularmente con buenos resultados en la enseñanza práctica de la óptica geométrica en la Facultad de Física de la Universidad de La Habana, según lo aprecian los profesores que lo utilizan. El programa está registrado en la Sociedad de Derecho de Autor, no tiene fines lucrativos y está a disposición de alumnos y profesores que deseen emplearlo.

Agradecimientos

El autor desea expresar su agradecimiento a los profesores Armando Pérez Perdomo, Adriana Fornés y Teresita Molina del Colectivo de Óptica de la Facultad de Física de la Universidad de La Habana, por utilizar el programa en condiciones reales y por sus numerosos reportes y sugerencias que sirvieron para mejorarlo.

Referencias

1. M. H. Calviño, C. Márquez, Utilización de LabVIEW en el desarrollo de programas destinados a la enseñanza de la Física General, Proc. II Taller Iberoamericano de Enseñanza de la Física Universitaria, Facultad de Física, Universidad de La Habana. (Enero de 2000).
2. M. H. Calviño, E. Larramendi, Estudio experimental de la conducción del calor en una barra metálica con la ayuda de una computadora personal, Proc. II Taller Iberoamericano de Enseñanza de la Física Universitaria, Facultad de Física, Universidad de La Habana, (Enero de 2000).
3. J. Vidal, A. Fornés, A. Pérez, M. Hernández, T. Molina y C. Drake, Propuesta de sistema interactivo de estudio en las prácticas de óptica de la Facultad de Física, Proc. VII Taller sobre la Educación Superior y sus perspectivas, Universidad 2004, IV Congreso Internacional de Educación Superior, C. Habana, Cuba, (Febrero de 2004).
4. Manuel F. Gran, Elementos de Física, Tomo II, Capítulo IV, Editora del Consejo de Universidades, (1967).