



Equipo de grabación de *teleuned* elaborando el programa: "Crónica de un eclipse anunciado".



Lección magistral en el acto de inauguración del curso académico 2005-06.

torios, ..., para ampliar conocimientos sobre algo que probablemente sólo ha contado con el tiempo suficiente para ser apenas esbozado.

Cuando la imagen se carga de contenido, la televisión difunde el conocimiento y podemos experimentar la inmensa alegría que supone, aunque sea a horas absurdas e incomprensibles de la mañana, el aprender algo nuevo, algo lleno de vida.

Ángela Ubreva Amor
Directora Técnica del CEMAV

Nuevos métodos para las prácticas de laboratorio: simulaciones, laboratorios virtuales, ...

El laboratorio de Óptica del Departamento de Física de los Materiales

INTRODUCCIÓN

Todos los que trabajamos en esta Universidad hemos oído acerca de las especiales características de la educación a distancia, la metodología específica requerida, los materiales de apoyo, el perfil del alum-

nado y todo este tipo de cuestiones de carácter pedagógico. Muchos de nosotros, además, hemos sido en algún momento de nuestra vida estudiantes de Ciencias, o lo podemos ser en la actualidad. Y creo que a bastantes de nosotros, en esa época de estudiante, tanto si se trataba de

educación a distancia como presencial, nos hubiera gustado disponer de un laboratorio al que poder acceder cómodamente, con libertad de horario y sin limitación de tiempo, y en el que poder experimentar "a discreción", hasta donde nuestras inquietudes y conocimientos nos llevaran.

Hoy en día, con las llamadas Nuevas Tecnologías, nos podemos acercar bastante a la idea del "laboratorio en casa", con todas las ventajas y posibilidades que ello ofrece. Si nos damos un paseo por Internet, no es difícil encontrar sitios de contenidos educativos, tanto programas oficiales de centros docentes como

páginas personales de entusiastas de las Ciencias, donde se proponen experimentos de laboratorio que, de alguna manera, pueden ser llevados a cabo desde nuestro propio ordenador personal. Analizando con mayor detenimiento estos contenidos, se constata que son dos las tendencias que en la actualidad se siguen a la hora de desarrollar lo que se ha dado en llamar "laboratorios virtuales" de cualquier rama de la Ciencia. Estas dos tendencias son: el acceso remoto y la simulación.

La primera de las soluciones mencionadas, el acceso remoto, consiste en la adecuación de un laboratorio real para que los estudiantes puedan acceder, de manera remota (desde un PC) y en tiempo real, a los dispositivos experimentales allí preparados. Esta opción requiere adaptar los dispositivos según cada experimento; por ejemplo, dotarlos de sistemas de automatización de movimientos mecánicos, adquisición de datos, vídeo digital para visualizar el experimento, software para el control de todo el sistema, accesos permanentes a Internet y de velocidad aceptable, etc. Además de toda esta importante infraestructura de tipo material, también se precisa la atención, periódica o permanente, de personal técnico especializado para el mantenimiento del sistema y garantizar su correcto funcionamiento. Por todo ello, aunque se trata de una opción bastante atractiva, no resulta muy económica, por lo que este tipo de iniciativas suelen ser desarrolladas por empresas o centros educativos con importantes asignaciones presupuestarias.

La segunda solución adoptada, alternativa al acceso remoto a los laboratorios, es la propia simulación de los experimentos, algo que resulta no menos interesante pero sí bastante más económico, tanto desde el punto de vista del autor (sólo precisa desarrollo de software) como del estudiante o usuario final (este tipo de software, con fines docentes, suele distribuirse gratuitamente en la Red).

En este punto, cabe distinguir entre dos modalidades ligeramente di-

ferentes a la hora de "virtualizar" un experimento de laboratorio mediante la simulación. Se pueden crear simulaciones para su ejecución "on-line" (el estudiante debe acceder y ejecutar los programas vía Web, en la/s página/s que el autor prepare para tal fin) o se pueden crear simulaciones a modo de programas independientes que, una vez distribuidos por la vía que se elija, pueden ser ejecutados en nuestros PC's cuantas veces se desee (ejecución "off-line").

Aunque a primera vista pueda parecer que la simulación *on-line* se acerca más a la idea del acceso remoto, lo cierto es que toda la interactividad allí permitida en tiempo real puede ser simulada mediante el empleo de técnicas informáticas adecuadas, cualquiera que sea la forma de ejecutar la simulación. Empleando un entorno de programación adecuado (LabView, TestPoint, Visual Basic, Java, etc.) e incluyendo, de manera complementaria, fotografía y vídeo digital, es posible desarrollar simulaciones de muchos de los experimentos montados en los laboratorios de alumnos de Ciencias de Primer Ciclo universitario.

En particular, vamos a mostrar aquí ejemplos de simulaciones de

algunas de las prácticas propuestas en el laboratorio de Óptica de la UNED (3^{er} Curso), que hemos venido desarrollando durante los últimos años.

PRIMERA FASE: DISEÑO DEL EXPERIMENTO REAL DE LABORATORIO

La primera fase a la hora de planificar la elaboración de una simulación es, obviamente, diseñar el experimento científico que se quiere simular y, a ser posible, montarlo físicamente y realizarlo en su totalidad en el laboratorio. Esto, además de probar su viabilidad y poner de manifiesto las dificultades que puedan presentarse, también permite adquirir fotografías y/o vídeo del montaje experimental, que serán muy útiles para la posterior simulación.

En nuestro caso, el laboratorio de Óptica de la UNED ya contaba con una serie de prácticas diseñadas y montadas por los profesores Carmen Carreras y Manuel Yuste, suficientemente probadas por alumnos y profesores durante varios cursos, por lo que nos dispusimos a virtualizar estos mismos experimentos. Son los siguientes:

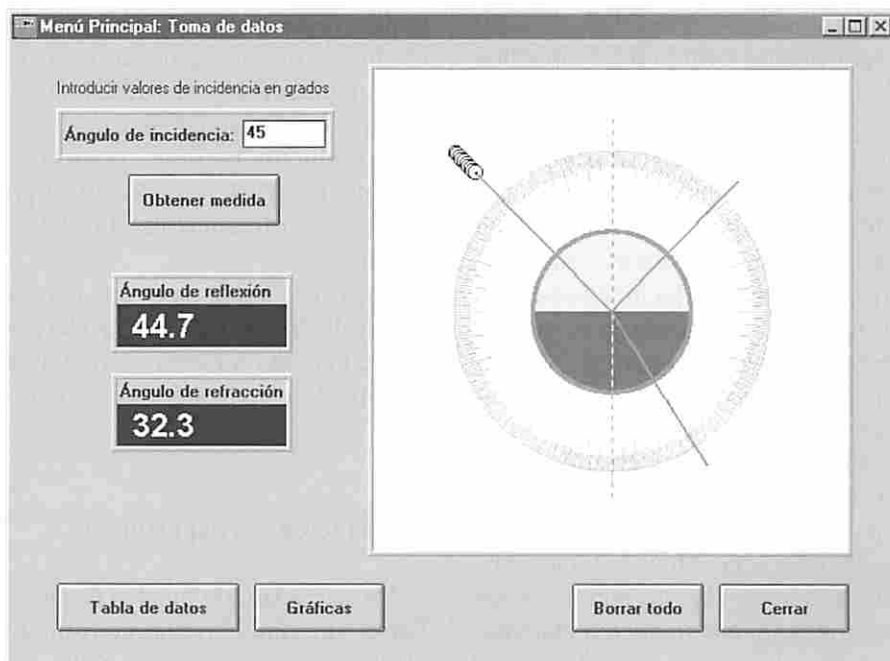


Figura 1. Leyes de la reflexión y la refracción de la luz.

- Leyes de la reflexión y de la refracción de la luz: Ley de Snell
- Ecuaciones de Fresnel
- Lentes delgadas
- Difracción de la luz: aproximaciones de Fresnel y de Fraunhofer
- Polarización de la luz: Ley de Malus y birrefringencia del papel celofán

SEGUNDA FASE: DISEÑO Y DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN

Cuando nos planteamos la elaboración de este material, optamos por el modelo de simulación *off-line* con la idea de distribuir entre los alumnos el software final en el CD-ROM adjunto a la Guía del Curso o a través de la página web de la asignatura, mediante descarga libre.

En cuanto al diseño y orientación de estas simulaciones, hemos pretendido acercarnos, en la medida de lo posible, a la situación que el alumno se encuentra en la realidad en su paso por el laboratorio de la Facultad, tratando de prever su actuación y dirigiéndola según las mismas pautas marcadas en los Guiones de Prácticas. Los programas generan medidas experimentales semejantes a las que allí obtiene, incluyendo un cierto porcentaje de error aleatorio que simula el error experimental debido a los aparatos de medida y demás factores. Además, dicho porcentaje puede ser controlado a discreción, para simular medidas tomadas con otros aparatos más o menos precisos. Una vez obtenidas las mediciones correspondientes, se ha incluido en los programas el aparato matemático necesario para el posterior tratamiento de los datos y su interpretación física.

La elección de la herramienta de programación vino marcada por varios factores. Se requería un lenguaje de programación visual, pero primaba la necesidad de incluir en los programas el citado núcleo matemático (amplio uso de librerías matemáticas), con numerosas gráficas y

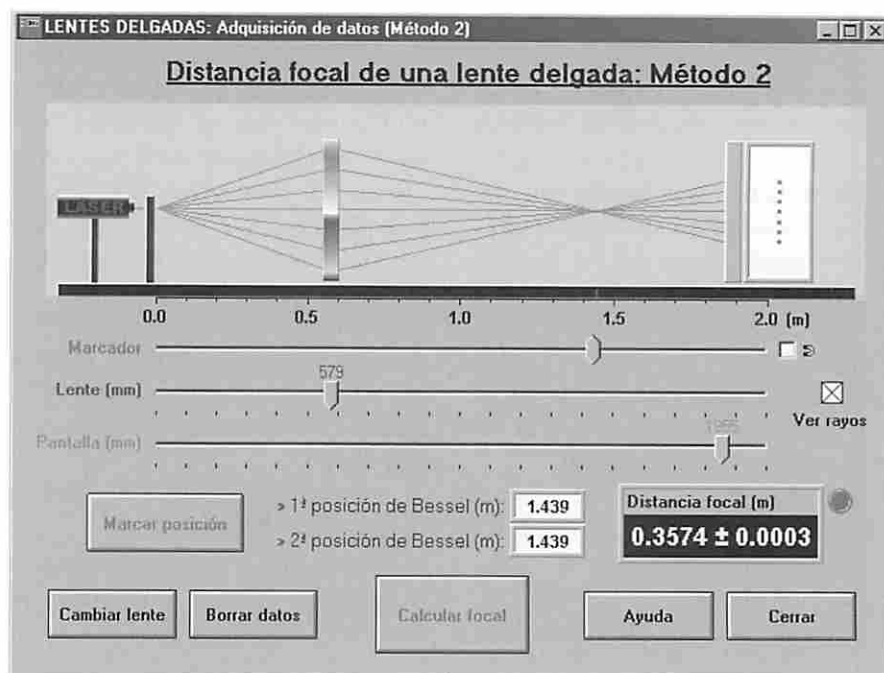


Figura 2. Lentes delgadas.

tablas de datos. Por otro lado, puesto que se optó por la ejecución *off-line*, no era necesario integrar nuestros programas en páginas HTML. Además, no nos interesó tanto la simple manipulación de instrumentos de medida virtuales (que podría ser el aspecto más atractivo desde un punto de vista ajeno a la Física), como el estudio de los problemas físicos propuestos, verdadero objetivo de estas prácticas. Por todo ello, optamos por un lenguaje de programación visual específico para desarrollar *drivers* de instrumentos de medida (software para control de instrumentación): TESTPOINT™. Aunque en el mercado existen algunos productos mejores, como por ejemplo LabView™, el precio y tipo de licencia ofrecidos resultó determinante.

Todas las simulaciones que hemos desarrollado obedecen al mismo patrón en cuanto a diseño. Dividimos su contenido en tres grandes apartados:

Descripción del experimento

En este apartado pueden desarrollarse “tutoriales” (guías en formato electrónico) más o menos extensos, consistentes en una sucesión de pan-

tallas explicativas con texto, esquemas, fotos, vídeo, etc. Además, si en el laboratorio real se dispone de Guiones de Prácticas, algo que suele ser habitual, estos pueden digitalizarse y ofrecerse también en este apartado (por ejemplo, en formato PDF).

Adquisición de datos

Este apartado depende totalmente del tipo de experimento, pues se trata de simular, de la manera más veraz posible, el dispositivo experimental real y su funcionamiento. Desde el punto de vista del programador es la parte más imaginativa, donde la creatividad juega un papel fundamental.

Con una herramienta de programación como la elegida por nosotros, se puede por ejemplo combinar el empleo de paneles de instrumentos virtuales con secuencias de vídeo o animaciones 2D ó 3D, asociadas a acciones sobre los instrumentos. De este modo, se intenta que parezca que desde los instrumentos se está manejando realmente un dispositivo que existe físicamente. También se pueden añadir aquí pantallas o ventanas de ayuda.



Figura 3. Difracción de la luz.

Análisis de resultados

Los datos experimentales simulados por la máquina en el apartado anterior quedan almacenados en tablas (y/o ficheros) para su posterior tratamiento matemático e interpretación física. Este apartado, por lo tanto, contiene tablas, gráficas, ajustes matemáticos a curvas conocidas, ventanas de ayuda, etc.

VALORACIÓN FINAL

Una vez distribuidas estas simulaciones como una colección de pequeñas aplicaciones independientes (de momento, sólo han sido desarrolladas para Windows), los alumnos pueden instalarlas en sus PC's y ejecutarlas cuando y cuantas veces lo deseen, pues no precisan conexión a Internet (ni a Intranet).

Pensamos que puede ser, y así lo confirman las versiones de prueba distribuidas hasta la fecha, un material didáctico complementario de gran valor, que ayude al alumno en su estudio de la asignatura, facilitándole la comprensión de los fenómenos ópticos allí tratados.

Una de las principales ventajas de disponer de este material es que

permite la simultaneidad entre el estudio teórico y la experimentación sobre un mismo fenómeno, ya que en la enseñanza de las ciencias experimentales la época en que se imparten las clases teóricas suele estar muy alejada de la época en que se realizan las prácticas de laboratorio. No obstante, admitiendo

sus limitaciones, este material no será sustitutivo de las sesiones prácticas obligatorias en nuestro laboratorio.

Personalmente, recordando mi época de estudiante, como comenzaba este artículo, y como aficionado a la Informática que soy, como casi todos los estudiantes actuales, creo sinceramente que este tipo de materiales didácticos resultan bastante atractivos y de gran valor para las carreras experimentales. En particular, la simulación de experimentos por software resulta muy económica y relativamente sencilla, pues sólo se requiere el diseño de los experimentos y el empleo de un lenguaje de programación adecuado para plasmarlos "virtualmente". Desde aquí, me gustaría animar a todos los profesionales de la enseñanza en las carreras de Ciencias a que se planteen introducir en sus asignaturas este tipo de materiales. Creo que vale la pena el esfuerzo.

Juan Pedro Sánchez Fernández
Departamento de Física
de los Materiales

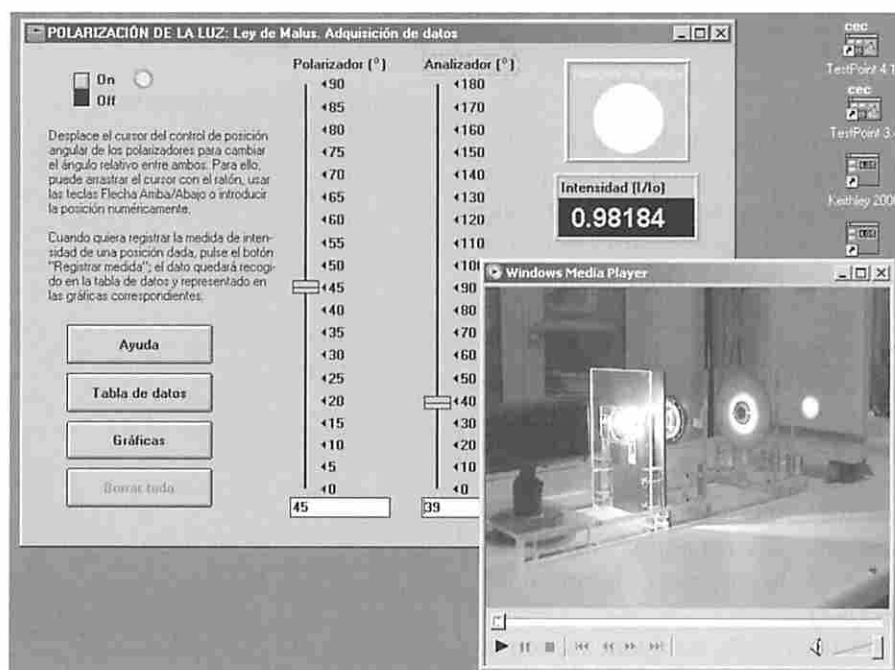


Figura 4. Polarización de la luz.