

INFORME FINAL DE EJECUCIÓN DE PROYECTO DE INNOVACIÓN DOCENTE

CONVOCATORIA	2012/2013
TÍTULO	Implementación de actividades experimentales interactivas complementarias a problemas en los seminarios de Óptica I, en coordinación con la asignatura Laboratorio de Óptica
REFERENCIA	iD2012/254
COORDINADOR	Íñigo J. Sola Larrañaga
PROFESORES COLABORADORES	Isabel Arias Tobalina Ana García González
ASIGNATURAS IMPLICADAS	Óptica I (Grado de Física) Laboratorio de Óptica (Grado de Física) Óptica II (Grado de Física)

28/04/2013

1. Introducción

En la presente memoria se relata la ejecución, resultados y conclusiones del proyecto de innovación docente “Implementación de actividades experimentales interactivas complementarias a problemas en los seminarios de Óptica I, en coordinación con la asignatura Laboratorio de Óptica”, referencia iD2012/254.

Se ha estructurado el documento comenzando por una sección en la que se recuerdan los objetivos del proyecto. A continuación se detalla el desarrollo del proyecto, incluyendo las características comunes e individuales de los experimentos realizados. Se finaliza con la discusión de conclusiones extraídas del presente proyecto.

2. Objetivos

A continuación se recuerdan los objetivos propuestos en el presente proyecto:

- Desarrollar módulos de experimentos que se puedan efectuar en el aula de seminario y que complementen problemas vistos en las clases de problemas, o desarrollados simultáneamente, cubriendo conceptos fundamentales de la asignatura.
- Implementarlo en los seminarios.
- Involucrar a los alumnos para que realicen dichas experiencias en el seminario, al tiempo que se establezca una discusión entre ellos sobre el fondo físico que entra en juego en la experiencia. Con ello se pretende potenciar su sentido crítico, capacidad de interpretación de observaciones experimentales, elaboración de explicaciones plausibles y defensa de las mismas frente al resto de la clase, dando argumentos o refutaciones.
- Incrementar la relación y coordinación entre las asignaturas Óptica I y Laboratorio de Óptica.

3. Desarrollo

Como se comentó en la propuesta del Proyecto de Innovación, la filosofía general seguida a lo largo del Proyecto y su ejecución consistirá en:

- 1) Presentar de una forma clara e intuitiva fenómenos y conceptos clave de la asignatura
- 2) Reforzar partes de teoría o de problemas con las que se pueda combinar
- 3) Permitir el concurso de los alumnos, que podrán manipular el material para probar teorías, argumentos, etc. Por lo tanto, los montajes deben ser compactos y robustos.
- 4) No presentar gran complejidad de instalación y ser fácilmente transportables al aula de seminarios
- 5) Permitir su conexión con los sistemas audiovisuales del aula, a fin de que todos los alumnos puedan seguir en vivo los resultados de los experimentos.

A lo largo del presente curso el Proyecto se ha concretado en cuatro experiencias en el aula, presentando las siguientes características comunes:

1. Fueron realizadas en sesiones de seminarios. En el curso 2012-2013 la clase se desdobló en dos grupos de seminarios, lo que implicó impartir por duplicado las experiencias, si bien a un número relativamente reducido de alumnos (15-20), por lo que el acceso de los estudiantes a los experimentos era más fácil y la dinámica de interacción, más fluida.
2. Se pusieron los montajes sobre la mesa del profesor. Se invitó a los alumnos a aproximarse y manipularlos.
3. Se proyectaron los resultados en vivo a través del cañón de luz de la clase, por lo que todos los alumnos veían las medidas.
4. Se plantearon preguntas y se solicitaron interpretaciones de lo que se estaba viendo.
5. Las experiencias se complementaron con material adicional (recursos en red, simulaciones, videos, etc.). Las sesiones seguían un esquema proyectado en la pantalla, a fin de que el alumno siguiera la lógica de la clase. Dichos esquemas, junto con todo el material relevante, fueron colocados en la plataforma *Studium* de la Universidad de Salamanca, a disposición del alumnado.

Dentro del contexto de Óptica I y Laboratorio de Óptica (las dos en el primer cuatrimestre) se implementaron dos experiencias, las dos en el tema de polarización. Visto el éxito, se prepararon otras dos para la asignatura Óptica II (continuación natural de Óptica I, ya en el segundo cuatrimestre):

- Experimento 1. Polarización (comportamiento de láminas de onda).
- Experimento 2. Polarización (actividad óptica).
- Experimento 3. Refracción cónica
- Experimento 4. Fibras ópticas

4. Experimento 1: Polarización (láminas de retardo y polarizadores)

Motivación:

Se pretende presentar al alumno, de una forma dinámica y cercana, fenómenos relacionados con la polarización de la luz y el comportamiento de materiales frente a ella. En particular, se trabajó con un montaje estándar de análisis de polarización, láminas de retardo.

Material:

- 2 polarizaciones lineales dicróicos; 2 polarizadores lineales Wollaston
- 1 espectrómetro visible/infrarrojo conectorizado con fibra óptica
- 1 fuente de luz blanca (flexo)
- Láminas retardadoras ($\lambda/2$, $\lambda/4$)
- Ordenador portátil
- Base, monturas, vástagos y fijaciones para el material optomecánico.

Montaje base:

El montaje base consta de una fuente de luz blanca, que será un flexo, dos polarizadores cruzados de forma que extingan la luz a la salida del segundo, una fibra óptica para captar la luz resultante y la guíe dentro de un espectrómetro. La señal, medida en un ordenador portátil, es proyectada mediante el cañón de luz de la clase sobre la pantalla, de manera que todos los alumnos vean en vivo los resultados del experimento.

Se efectúa el montaje desde cero, presentando cada elemento y discutiendo su naturaleza y la física que lo explica, con lo que se entronca con la teoría vista en el tema. En particular, se comentan los tipos de polarizadores lineales, presentando los dicróicos y los Wollaston, discutiendo su fundamento y cómo para los propósitos del experimento el segundo par es mejor. Se discute el tipo de fuente de luz (cuerpo negro), así como el funcionamiento del espectrómetro.

Entre los dos polarizadores lineales se irá introduciendo diversos elementos ópticos y se analizará cómo influyen en la radiación detectada por el espectrómetro. En todo momento se anima a los alumnos a acercarse al montaje y manipularlo. Los resultados son inmediatamente proyectados en la pantalla y discutidos con la clase.

El espectrómetro se pone en modo de transmisión, de forma que queden patente las longitudes de onda en las que llega radiación y las que no.

Medidas de láminas

Se coloca primero una lámina $\lambda/2$ para 800 nm y se pide a alguno de los alumnos que la gire. Se verá que para algunos ángulos (ejes formando 45° , 135° , 225° , 315° con la dirección de polarización del primer polarizador), en ciertas longitudes de onda (entre ellas 800 nm) la transmisión pasa del 0% al 100%. Esto es debido a que en esas longitudes de onda la lámina trabaja como $\lambda/2$ y en la orientación comentada rota la polarización en 90° , de forma que no le afecta el segundo polarizador. Se fomenta la discusión sobre este fenómeno. Así mismo se pregunta para qué longitudes de onda trabajaría como $\lambda/4$ y cómo conseguirían tener un sistema menos dependiente de la longitud de onda.

Se complementaron estos resultados con simulaciones hechas con Matlab sobre el comportamiento de las láminas con el grosor y la longitud de onda.

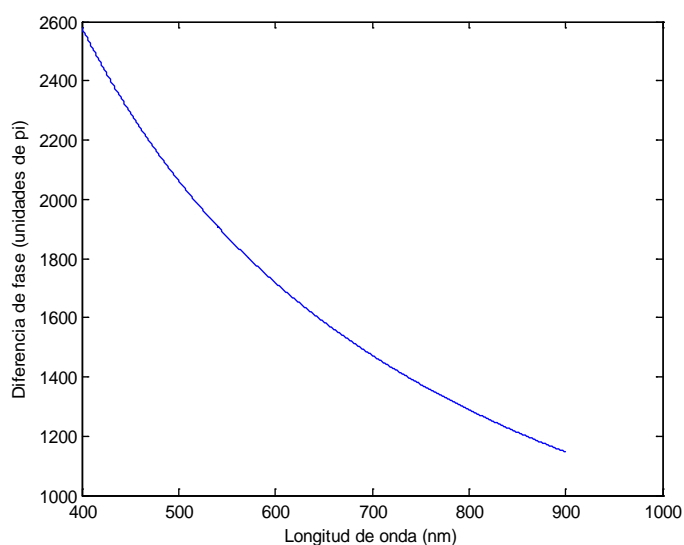


Figura 1. Cálculo de desfases entre componentes extraordinaria y ordinaria introducidos por 3mm de calcita.

Relación con problemas y la asignatura de Laboratorio de Óptica:

Se efectuaron las experiencias la semana posterior a la presentación teórica del tema de polarización en la asignatura Óptica I y en la misma semana en la que se trabajaba en Laboratorio de Óptica experimentos del mismo tema. Por lo tanto, la sincronía de las experiencias fue total con las dos asignaturas.

5. Experimento 2: Polarización (actividad óptica)

Motivación:

La misma que en el experimento 1. En particular, se trabaja el concepto de actividad óptica a través de un ejemplo cotidiano y sus aplicaciones.

Material:

- 2 polarizaciones lineales dicróicas; 2 polarizadores lineales Wollaston
- 1 espectrómetro visible/infrarrojo conectorizado con fibra óptica
- 1 fuente de luz blanca (flexo)
- Botella cuadrada llena de agua.
- Botella cuadrada llena de una disolución de azúcar en agua.
- Ordenador portátil
- Base, monturas, vástagos y fijaciones para el material optomecánico.

Montaje:

Como el experimento 1.

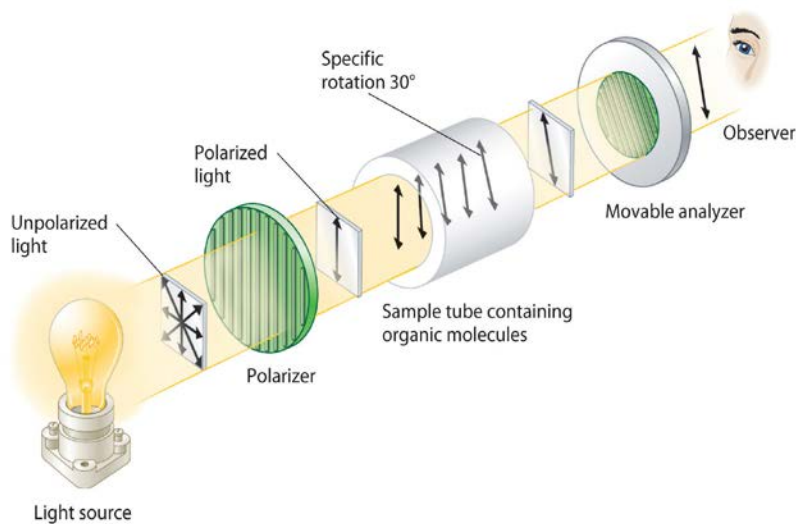


Figura 2. Esquema del montaje experimental de actividad óptica

Se utilizaron dos recipientes cuadrados (para evitar focalización de la luz por superficies curvas), llenos de agua y agua con azúcar, respectivamente. Se colocó cada uno de los recipientes entre los polarizadores cruzados y se observó el espectro de la luz captada por el espectrómetro. Se instó a los alumnos a discutir los resultados. Esencialmente se observa:

- No se detecta luz cuando se emplea sólo agua. No presenta actividad óptica.
- Cuando se emplea la disolución de azúcar, se detecta luz, con una clara dependencia espectral: a menor longitud de onda, mayor es la transmisión. Se debe girar el segundo polarizador un cierto ángulo para compensar el efecto de la disolución, pero este giro depende de la longitud de onda que se observe. De aquí se infiere que la disolución presenta actividad óptica, y que ésta depende de la longitud de onda.

Se aportan datos a la discusión, como que este tipo de técnicas es la que se emplean para determinar la concentración de azúcar en refrescos y bebidas.

Relación con problemas y la asignatura de Laboratorio de Óptica:

Se efectuaron las experiencias la semana posterior a la presentación teórica del tema de polarización en la asignatura Óptica I y en la misma semana en la que se trabajaba en Laboratorio de Óptica experimentos del mismo tema. Por lo tanto, la sincronía de las experiencias fue total con las dos asignaturas.

6. Experimento 3: Refracción cónica

Motivación:

Se muestra un ejemplo de refracción cónica. Este tipo de fenómenos tradicionalmente suelen ser obviado en el estudio de medios anisótropos. Con esta experiencia se pretende ilustrar este caso (demasiado complejo para ser abordado en la asignatura de forma rigurosa y matemática), de una forma fenomenológica y próxima, a fin de que el alumno tenga una visión general del comportamiento de los materiales en ese contexto.

Material:

- Base.
- Optomecánica.
- 2 láminas $\lambda/4$.
- 1 lente de 10 cm. de focal.
- 1 lente de 20 cm. de focal.
- 1 diodo láser.
- 1 polarizador lineal dicroico.

Montaje:

Se prepara el montaje sobre una base transportable, para facilitar su movimiento al aula. Sobre dicha base se dispone un diodo láser como fuente de luz. El haz pasa por una lámina de cuarto de onda y una primera lente, que lo focaliza sobre el cristal de refracción cónica. El haz de salida es colimado por una segunda lente y proyectado sobre una pantalla o pared del aula. Colocando un polarizador lineal a la salida del haz se puede estudiar el comportamiento de la polarización.

Se jugó con el alineamiento del sistema, viendo los diferentes casos de refracción. Al emplear el polarizador lineal, los alumnos tuvieron que interpretar que la polarización giraba en función de la componente acimutal. Se aprovecha este caso para introducir el concepto de singularidad.



Figura 3. Montaje de difracción cónica

7. Experimento 4: Fibras ópticas

Motivación.

Se quiere mostrar de de forma palpable y aplicada el significado de apertura numérica y modos de una fibra óptica. Así mismo, se pretende que el alumno se familiarice con la manipulación de fibras ópticas.

Material

- Fibra óptica multimodo (soporta un número bajo de modos para poder diferenciarlos)
- Láser HeNe
- Posicionador del láser
- Objetivo de microscopio y posicionador
- Monturas y base
- Pantalla

Montaje:

Al igual que en los otros experimentos, el montaje se efectúa sobre una base fácil de transportar al aula. Se instaló el láser HeNe y se alineó el objetivo de microscopio y la entrada de la fibra, para obtener un óptimo acoplamiento de la luz en la fibra. La salida de la fibra se proyecta sobre una pantalla.

Se efectuaron las siguientes manipulaciones y problemas experimentales:

- Alineamiento
- Estudio de las pérdidas a la entrada, manifestándose como iluminación del plástico de protección de la fibra.
- Concepto de apertura numérica: los alumnos observan el cono que forma la luz a la salida de la fibra.
- Forma de modos a la salida: alterando el acoplamiento de entrada se inducen diversos modos, que se observan como diversas distribuciones de luz en la pantalla.
- Pérdidas inducidas por torsión de la fibra.

- Modificación. Pérdidas por torsión.

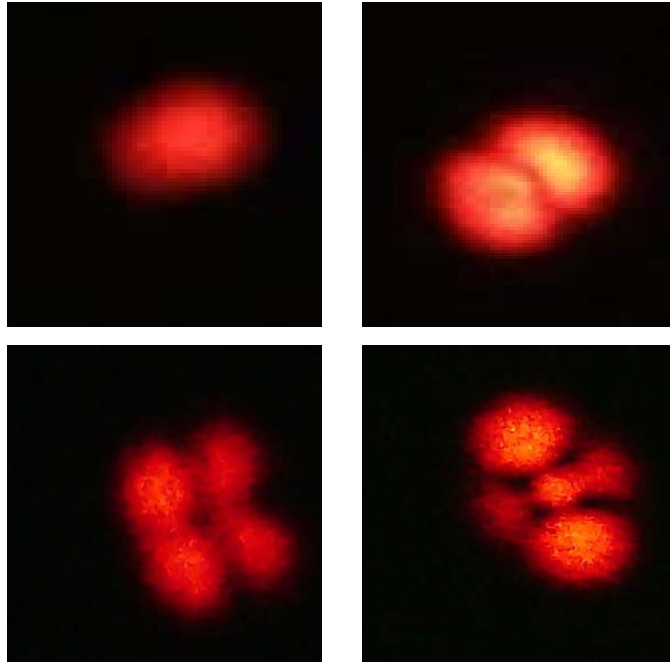


Figura 4. Ejemplo de modos transversales a la salida de la fibra óptica

8. Conclusiones generales

En líneas generales se puede considerar la experiencia como muy positiva:

- Hubo participación de los alumnos, tanto en la manipulación de los montajes como en la discusión de los resultados.
- Se observó que esta ruptura en la dinámica normal de las clases llamó su atención y despertó su interés, máxime cuando en otras actividades fueron más pasivos.
- En el caso de los experimentos 1 y 2, se sincronizaron las actividades con los temas afines de Óptica I y Laboratorio de Óptica. Dado a la sincronía previa entre las dos primeras, la contextualización de las actividades fue bastante fácil de efectuar. De esta manera se refuerzan los vínculos entre ambas asignaturas, de naturaleza complementaria.
- Se extendió la idea a dos experimentos relacionados con el contenido de la asignatura Óptica II (segundo cuatrimestre).
- El material empleado ya estaba disponible en el Área de Óptica, ya fuese de docencia o de investigación. Por lo tanto, el proyecto se ejecutó a coste cero.

De cara al futuro, se juzga altamente aconsejable mantener estas actividades e incluso realizar nuevos módulos.