La luz: Cuando la física se convierte en matemáticas · Iván Nadal Latorre

Esta experiencia fue presentada a los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química.

La propuesta parte de la observación de diferentes fenómenos relacionados con la luz y plantea una conexión entre Física y Matemáticas. Sus objetivos generales son:

- Valorar la importancia de la comprensión interdisciplinar de distintos fenómenos relacionados con la luz.
- Aplicar, en el ámbito de las matemáticas y, en concreto, en las funciones de primer grado, la representación gráfica de estos fenómenos.
- Analizar los datos obtenidos a partir del estudio de imágenes fotográficas que permiten asociar la propagación de luz a formas lineales.
- Trabajar de manera cooperativa, siendo crítico con la metodología seguida y los resultados obtenidos.

La actividad pretende tener un contexto interdisciplinario. Para ello se vincula con las competencias específicas:

- Física y Química: relacionadas con la interpretación de fenómenos y con el desarrollo y comunicación de procesos científicos.
- Matemáticas: relacionadas con la representación, el razonamiento, las conexiones entre representaciones y la aplicación de las matemáticas en otras disciplinas.

La idea propuesta se resume en la siguiente secuencia: La fotografía provoca → La Física explica → Las Matemáticas modelizan. La realización de la actividad está pensada para 2º de ESO en adelante. Finalmente, la duración prevista de la misma es de 4 h semanales distribuidas en 4 sesiones.

Fundamento

En la naturaleza existen numerosos ejemplos para explicar la transmisión de la luz. Es fácil observar cómo su propagación sigue una línea recta si ponemos una fuente de luz detrás de una superficie opaca y sólo abierta por un agujero muy pequeño. También podemos verlo en los primeros rayos solares del día. Por último, como un rayo láser permite medir una distancia determinada. La propagación rectilínea de la luz se produce mientras se propaga en un mismo medio. Cuando ocurre de un medio a otro, puede cambiar su velocidad y dirección, fenómeno llamado refracción. Es el caso de ver una cuchara "torcida" cuando se observa media fuera y la otra parte dentro del agua. Por último, la propagación rectilínea de la luz también se puede estudiar en un espejo. Además, el fenómeno que se produce, llamado reflexión, permite obtener imágenes como "suma" de los puntos de reflexión de los diferentes rayos que devuelven desde la superficie del espejo y que son interpretados por nuestro cerebro para formar la imagen especular.

Por tanto, podemos ver que la luz es un tema interdisciplinar que se puede explicar desde la física o la biología (fisiología humana, funcionamiento del ojo...). Y entonces, ¿dónde actúan aquí las matemáticas? Pues, para empezar, puede asociarse la transmisión rectilínea de la luz con una función de primer grado, a una recta. Si consideramos que esta recta que, por definición, es infinita, tiene un origen definido, el Sol, puede hablarse de semirrecta. A partir de ahí, la limitación de su longitud permite estudiar los segmentos. Si se produce una refracción, podemos hablar de segmentos concatenados (por ejemplo, en una cañita de beber). O también, en un espejo, además de estos segmentos, también pueden tratarse los ángulos, o trabajar con fenómenos de convergencia o divergencia.

La propuesta se inicia con un fragmento del episodio sobre Newton de la serie *Érase una vez... Los inventores*, que presenta las investigaciones de Newton sobre la luz y permite situar el estudio de la óptica en su contexto histórico. A partir de esta introducción, el alumnado pasa de la observación de fenómenos luminosos a su explicación física y a su representación matemática.

Materiales

Para la demostración experimental asociada: recipiente transparente, agua, varilla metálica recta u objeto similar y dispositivo para hacer fotografías.

Para el desarrollo de los retos: herramientas de dibujo (colores, reglas...), GeoGebra, hoja de cálculo, papel milímetro y dispositivos digitales (tabletas/ordenadores).

Procedimiento experimental

Demostración experimental asociada:

- Llenar parcialmente un vaso de precipitados con agua. Introducir una varilla recta de manera inclinada, dejando una parte dentro del agua y otra fuera. Observar la varilla desde una posición lateral.
- Comprobar que la parte sumergida parece desplazarse respecto a la parte que permanece fuera del agua. Modificar ligeramente el punto de observación para comprobar que se trata de un efecto óptico. Fotografiar el montaje.
- Se explica que la aparente discontinuidad de la varilla no corresponde a una deformación real, sino al efecto de la refracción de la luz.

Desarrollo de los retos:

En total se han diseñado **6 retos de complejidad creciente** cuya metodología se describe brevemente, aunque se puede consultar en el material docente indicado en la bibliografía:

- **Preparativos**: Se forman grupos de 3-4 alumnos, se introduce el tema mediante un fragmento del vídeo sobre Newton y se trabaja con fotografías, papel de acetato o GeoGebra.

- **Reto 1. Un rayo de luz**: Se representan sobre unos ejes de coordenadas distintos puntos obtenidos de una fotografía y se identifica el cuadrante en el que se sitúan.
- **Reto 2. Haces de luz**: Se representan las semirrectas de los haces de luz y se determinan sus ecuaciones y pendientes, identificando imagen y antiimagen.
- **Reto 3. Divergencia matinal**: Se representan los rayos de luz, se determinan sus puntos de corte con el horizonte y se analiza la posición de éstos en los cuadrantes.
- **Reto 4. Discontinuidad**: Se analiza la apariencia de discontinuidad producida por la refracción y se determinan las ecuaciones de los dos tramos representados.
- **Reto 5. Roto, plegado**: Se estudia la refracción asociada como una función definida a trozos, se calculan las pendientes y se comprueba el paralelismo entre segmentos.
- **Reto 6. ¿Reflexionamos?**: Se representan los rayos incidente, refractado y reflejado, se calculan sus pendientes y se determinan las ecuaciones de las rectas asociadas.

Además, con el propósito de que la actividad sea lo más inclusiva posible, cada reto presenta tablas y preguntas de dificultad creciente siguiendo la idea del semáforo. Finalmente, cada grupo rellena el bloque de trabajo realizado, y de autoevaluación y coevaluación, indicando también posible uso o no de herramientas IA.

Conclusiones

Entre las conclusiones más importantes, caben destacar:

- La demostración transforma un fenómeno óptico cotidiano en una situación de aprendizaje interdisciplinaria.
- La observación de una varilla aparentemente rota permite formular una pregunta: ¿podemos representar matemáticamente aquello que estamos observando?
- La fotografía se convierte en una fuente de información; la Física permite explicar el fenómeno y las Matemáticas proporcionan herramientas para representarlo, analizarlo y comunicarlo.
- La propuesta muestra la progresión desde la observación hacia la modelización: fotografía → fenómeno físico → representación matemática → interpretación.
- Además de trabajar contenidos de Física y Matemáticas, la actividad incorpora trabajo cooperativo, herramientas digitales y procesos de autoevaluación y coevaluación.

Iván Nadal Latorre
Institut Carles Vallbona (Granollers, Barcelona)
Contacto: *ivan.nadal@icv.cat*

Bibliografía

- Erase una vez... Los inventores. Newton: *https://youtu.be/-AhD_ZzLt_g*
- Materiales del autor: *https://drive.google.com/file/d/1scWahPp31X2LUd3Zi0-HA5nBYYiJ4clC/view?usp=sharing*