

## Unidad didáctica de Óptica

Los principales aspectos de una unidad didáctica que pretenda reflejar los presupuestos de la Teoría de la Elaboración son los siguientes:

### **1. Análisis previo.**

- 1.1. Contextualización y análisis situacional.
- 1.2. Descripción del grupo de alumnos.
- 1.3. Directrices y principios psicopedagógicos del Proyecto Educativo de Centro (PEC).
- 1.4. Finalidades educativas.

### **2. Análisis de la estructura lógica (análisis de contenido).**

- 2.1. Mapa de experto.
- 2.2. Mapa del epítome.
  - 2.2.1. Contenido y/o tópico organizador.
  - 2.2.2. Determinación de la explicación causal básica (ECB).
  - 2.2.3. Contenido de apoyo.
  - 2.2.4. Contenido de planteamiento.

### **3. Objetivos didácticos.**

- 3.1. Objetivos didácticos instruccionales.
- 3.2. Objetivos didácticos expresivos.

### **4. Selección y secuenciación de contenidos.**

- 4.1. Científicos: Conceptuales y procedimentales.
- 4.2. Relación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS).
- 4.3. Actitudinales.

### **5. Niveles de Elaboración.**

- 5.1. Primer Nivel de Elaboración.
  - 5.1.1. Mapa del epítome del Primer Nivel de Elaboración.
- 5.2. Segundo Nivel de Elaboración.

5.2.1. Mapa del epítome del Segundo Nivel de Elaboración.

5.3. Tercer Nivel de Elaboración.

5.3.1. Mapa del epítome del Tercer Nivel de Elaboración.

## **6. Diseño del Tercer Nivel de Elaboración.**

6.1. Actividades.

6.2. Actividades para la detección de teorías implícitas.

6.2.1. Test de teorías implícitas.

6.3. Actividades para el desarrollo del epítome.

6.4. Actividades para el desarrollo del Tercer Nivel de Elaboración.

6.4.1. Aspectos históricos.

6.4.2. Aspectos teóricos.

6.4.3. Aspectos humanos y sociales. Relación C-T-S.

## **7. Evaluación.**

7.1. Respecto del papel que representa el profesor.

7.2. Respecto a los alumnos.

## **8. Bibliografía de la unidad didáctica de Óptica.**

La unidad didáctica que se presenta corresponde a los contenidos de Óptica de la ESO y Bachillerato, aunque sólo se ha desarrollado, de acuerdo con los apartados indicados anteriormente, el Tercer Nivel de Elaboración, que se ha probado con 202 alumnos de 6 centros de la provincia de Badajoz, y los resultados se presentan en el capítulo siguiente.

## **1. ANÁLISIS PREVIO**

### **1.1. Contextualización y análisis situacional**

Optamos en el Primer Nivel de Elaboración por un modelo corpuscular “rudimentario” porque consideramos que así los alumnos construyen el conocimiento y porque en este modelo es donde van a encontrar explicaciones causales.

En el Segundo Nivel de Elaboración seguimos con el modelo corpuscular y nos centramos en la propagación de la luz al cambiar de medios (reflexión y refracción) a través de superficies planas.

En el Tercer Nivel de Elaboración, se profundiza y se explican fenómenos que no se habían considerado en los niveles anteriores (ángulo límite, reflexión total, paradigmas en la Ciencia...). En este nivel nos centramos, siguiendo el modelo dado por la Óptica Geométrica, en el comportamiento de la luz al cambiar de medio y en la formación de imágenes, de forma general, es decir a través de superficies planas y esféricas.

### **1.2. Descripción del grupo de alumnos**

La unidad didáctica que se presenta ha sido elaborada para impartirla a unos alumnos con las siguientes características:

Primer nivel de elaboración está dirigido a los alumnos de edades comprendidas entre 12 y 14 años (1º y 2º de ESO).

El segundo nivel de elaboración está dirigido a los alumnos de edades comprendidas entre 14 y 16 años (3º y 4º de ESO).

Y el tercer nivel de elaboración está dirigido a los alumnos de edades comprendidas entre 16-18 años (1º y 2º de bachillerato). Como en el currículo del primer curso de bachillerato no aparece ningún contenido que haga referencia a la Óptica, este nivel se desarrollará en 2º de Bachillerato.

### **1.3. Directrices y principios psicopedagógicos del Proyecto Educativo de Centro (PEC)**

Son específicas del centro escolar y de su organización.

### **1.4. Finalidades educativas**

Las finalidades o fines educativos pretendidos en esta unidad didáctica concretan algunos de los expresados en los objetivos generales de la etapa a la que pertenece este nivel escolar. Aunque todos van dirigidos al alumno, según su procedencia podemos distinguir tres tipos:

**a) Finalidades centradas en el alumno:**

- Desarrollar la capacidad de comunicación de ideas y sentimientos.
- Lograr la autoestima a través del éxito en experiencias y aprendizaje.
- Crear relaciones maduras con los compañeros y los adultos, aceptando la responsabilidad de sus propias acciones.
- Encontrar en la ciencia el placer de conocer el mundo que nos rodea, descubriendo posibles aficiones e intereses relacionados con ella.

**b) Finalidades centradas en la sociedad:**

- Reconocer y valorar las aportaciones de la ciencia para mejorar las condiciones de existencia de los seres humanos.
- Adoptar una actitud crítica ante los grandes problemas que hoy plantean las relaciones entre ciencia y sociedad.
- Asumir que, en la toma de decisiones, los criterios científicos y tecnológicos deben estar equilibrados con las consideraciones económicas, éticas y sociales.

**c) Finalidades centradas en la ciencia:**

- Comprender hechos, conceptos, procedimientos y teorías científicas mediante el estudio sistemático de los fenómenos físicos propuestos en esta unidad didáctica.
- Valorar el conocimiento científico como un proceso de construcción sometido a evolución y revisión continua.
- Desarrollar actitudes positivas tanto científicas como hacia la ciencia.
- Reconocer a la ciencia como un camino más de búsqueda de una verdad que trasciende a los fenómenos naturales y al hombre mismo.

Las metas educativas propuestas pueden ser conseguidas a través de tres dimensiones del desarrollo de la unidad didáctica:

1. Mediante una adecuada selección de los contenidos a impartir.
2. Mediante una correcta elaboración de las actividades que desarrollarán aquellos contenidos.
3. Mediante una acertada metodología, adecuada a los alumnos y a los contenidos.

Es decir, determinadas finalidades, o determinados aspectos de éstas, se alcanzarán con unos contenidos adecuados, pero otras, en cambio, dependerán o bien del tipo de actividad que se haya elegido para impartir esos contenidos (o sea, para un mismo contenido pueden elaborarse distintas actividades, según sea

la meta educativa pretendida), o bien de la metodología aplicada (expositiva, trabajo cooperativo, etc.).

Por esta última razón, la metodología apropiada la iremos exponiendo al hilo del desarrollo de las actividades. En este aspecto metodológico es en el que, esencialmente, radica el estilo pedagógico utilizado: dos currículos pueden plantear la misma selección de contenidos y ofrecer actividades muy parecidas, pero, si cambia la metodología, las metas educativas de mayor acento pedagógico serán muy distintas.

## 2. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA LÓGICA (ANÁLISIS DE CONTENIDO)

Podríamos definir la estructura lógica de unos contenidos como la organización conceptual exigida por la ciencia oficial en su estado ya elaborado. Pero el camino que ha de seguir el alumno para la asimilación de estos conocimientos no coincide con el orden lógico mencionado, de aquí la necesidad ineludible de distinguir uno del otro. La estructura lógica de la que partimos se representa mediante el siguiente mapa de experto de manera que nos ayude a reflexionar sobre cuál debe ser el estado final del aprendizaje del alumno a nivel meramente cognitivo: construir un esquema de conocimientos análogo al propuesto por la ciencia oficial.

### 2.1. Mapa de experto

El mapa de experto corresponde al mapa de la Estructura Lógica General y debido a su tamaño no se incluye en este apartado. Para consultarlo se encuentra en el capítulo anterior en el apartado 6.2. Macrosecuencia de Óptica.

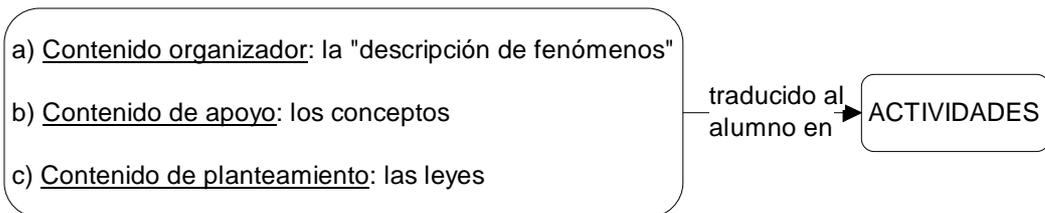
### 2.2. Mapa del epítome

El *epítome* al constituir una especie de visión general de todo el tema, permite al alumno partir de una percepción completa y bien sistematizada de los elementos esenciales que va a estudiar. Asimismo, le facilita situarse en cada momento en qué punto del proceso de aprendizaje se encuentra.

El desarrollo del epítome se hará en dos fases:

1. La primera de ellas, correrá a cargo del profesor, el cual deberá construir la estructura del epítome (es la que a continuación vamos a acometer).
2. La segunda fase, será realizada por el alumno, resolviendo actividades que permitan el desarrollo del epítome (la posponemos hasta llegar a la sección general de “Actividades”).

El epítome consta de:

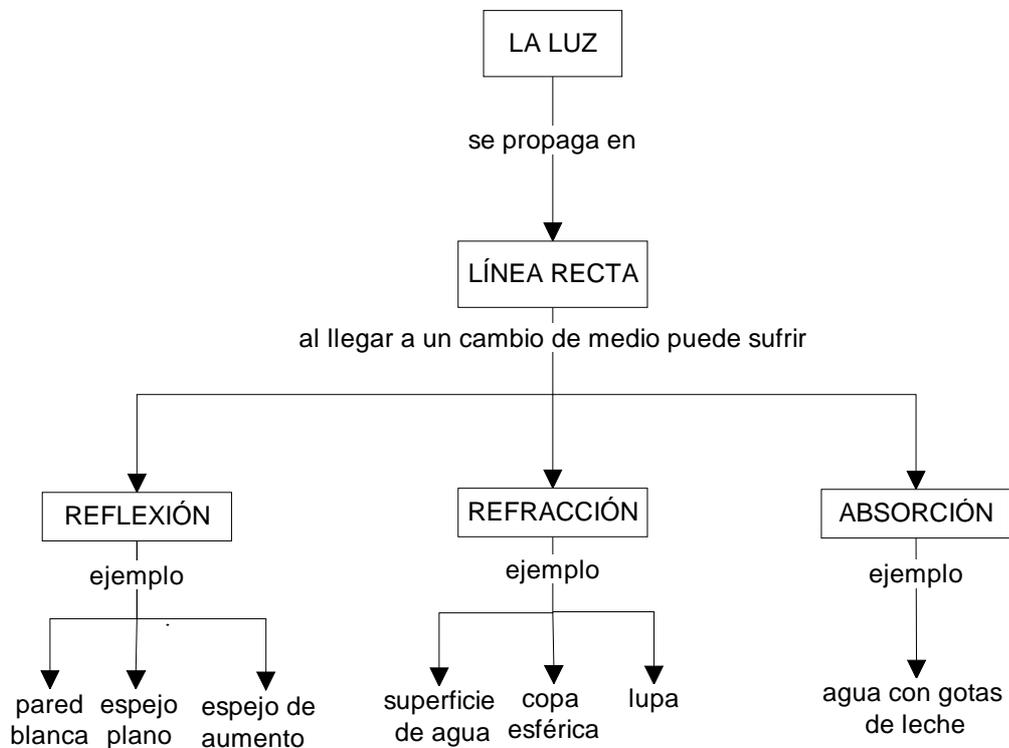


### 2.2.1 Contenido y/o tópico organizador

La secuencia de instrucción la organizaremos a través del contenido organizador que sirve de guía a modo de “mapa de carreteras”. Todos los tipos de contenidos aparecerán en el epítome pero en tanto en cuanto sean necesarios para la comprensión del contenido organizador (a modo de contenidos de apoyo).

En nuestro caso, la organización de la secuencia instruccional la vamos a basar en una *descripción de los fenómenos físicos* fundamentales que el alumno va a estudiar. Creemos que es necesario comenzar por presentar el núcleo en el que se asentará la *experiencia* del alumno. Esta presentación debe hacerse en el grado más *concreto* posible y a un nivel de *aplicación* (es decir, que el alumno lo resuelva).

Teniendo en cuenta la estructura lógica que se ha presentado anteriormente, hacemos la selección, subordinada jerárquicamente (vale decir, caminando de lo más general a lo más particular), de fenómenos físicos que potenciarán en el alumno la adquisición de una experiencia fuertemente sistematizada. La presentamos también en el siguiente diagrama:



### 2.2.2. Determinación de la explicación causal básica (ECB)

Como ya se ha dicho, una vez obtenido la representación jerárquica de los fenómenos que constituyen los contenidos básicos del epítome, el profesor trata de explicitar una explicación causal básica que subyace a los diferentes fenómenos, para poder orientar posteriormente a los alumnos hacia la inducción de un hipotético nexo causal que puede abstraerse de las invariantes perceptivas a partir de la observación de los mismos.

En este caso, **la explicación causal básica es:**

Cuando la luz llega a un cambio de medio puede cambiar de dirección y continuar en el mismo medio, penetrar en el nuevo medio o ser absorbida por él.

Las reflexiones y refracciones que experimenta la luz al chocar con los obstáculos (dioptrios, espejos y lentes) originan imágenes.

#### **Modelo físico subyacente:**

La luz está formada por corpúsculos que se propagan en línea recta. Estas trayectorias rectilíneas “son los rayos de luz” y son modificadas al chocar con los obstáculos.

### 2.2.3. Contenido de apoyo

A través de las actividades que más tarde se elaborarán, el alumno dará una explicación causal de los fenómenos presentados y enunciará los detalles descriptivos básicos de los mismos. Naturalmente, esta descripción a nivel general y concreto, de los hechos físicos debe ir acompañada de una primera **reflexión** en la que necesariamente se ha de utilizar una serie imprescindible de **conceptos**. Es lo que constituye el contenido de apoyo, en este caso formado por los conceptos:

- Rayo luminoso.
- Rayo incidente, rayo reflejado, rayo refractado.
- Ángulo de incidencia, de reflexión y de refracción.
- Objeto e imagen real y virtual.
- Distancia objeto y distancia imagen.
- Espejo plano y espejo esférico cóncavo y convexo.
- Medios de propagación de la luz.
- Medios transparentes, traslúcidos y opacos.
- Índice de refracción.
- Dioptrio plano y esférico cóncavo y convexo.
- Lente convergente y divergente.
- Intensidad de la luz (luminosidad).
- Coeficiente de absorción.

Una cuestión de la cual se debe advertir a los profesores es que es muy frecuente entre ellos la tendencia que hay, tal vez procedente de una forma anterior de concebir el aprendizaje, de “explicar” los contenidos agotando al máximo, desde el primer momento, todos los detalles concretos y abstractos que conforman los conceptos y la teoría; sin embargo, la construcción de los significados por parte del alumno requiere pasar por una fase previa en la cual el concepto aún se encuentra vago o difuso. El espíritu de la Teoría de la Elaboración solicita del profesor la formación, preparación y paciencia (incluso, cierto carisma pedagógico) para que, en estadios iniciales del aprendizaje, el alumno sólo comience a atribuir un significado superficial a los conceptos que está manejando y, al mismo tiempo, se sienta motivado a terminar y completar aquella atribución, siendo metacognoscitivamente consciente de que es él quien construye tales significados y que el profesor es un *mediador* que se lo facilita.

Por lo tanto, no es malo que las ideas queden todavía sin perfilar, sino que, por el contrario, es coherente con una auténtica interpretación de la teoría constructivista del aprendizaje.

#### 2.2.4. Contenido de planteamiento

Las actividades que se proponen al alumno como descripción de fenómenos deben abocarle a plantear las relaciones causales pertinentes (las teorías) entre los conceptos que ha empezado a elaborar. Es un paso más en la reflexión sobre la experiencia anterior, propiciada sobre todo por una representación, como se ha dicho antes, en un nivel de aplicación, es decir, que comprometa la *acción* del alumno en la búsqueda de explicaciones.

Esta fase resulta muy motivante para el alumno, ya que siente la necesidad de encontrar explicaciones causales a lo que ve, todo ello unido a la componente *afectiva* que de aquí pudiera derivarse, si las condiciones y clima de la clase son adecuados, para hacer que el alumno se comprometa de una forma más plena en su propio proceso de aprendizaje.

En esta unidad didáctica las teorías que deben quedar planteadas (no resueltas, ni mucho menos escritas en forma matemática, sino en forma de meras hipótesis) son, entre otras:

- ¿De qué factores depende el tamaño de la sombra de un objeto?
- Conocida la dirección del rayo incidente en un espejo, ¿se puede predecir la dirección del rayo reflejado?
- Conocida la dirección del rayo incidente en una superficie de separación de dos medios transparentes, ¿se puede predecir la dirección del rayo refractado?
- ¿De qué factores depende la cantidad de luz que es absorbida por un medio?
- ¿Cómo explicas que te veas en un espejo y no en una pared?

- ¿Cómo te explicas que no puedas ver a través de un cristal esmerilado?
- Cuando ves un objeto en el fondo de una piscina, ¿te parece que se encuentra más o menos profundo de lo que en realidad está?
- ¿Cómo te explicas que se forme el Arco Iris?
- ¿Cómo te explicas que la luz del sol produzca colores al pasar por algunos vidrios?
- ¿Cómo verías un pez a través de la pared de una pecera esférica?
- ¿Cómo son las imágenes que se forman en los espejos esféricos que hay en algunos cruces de calles?
- ¿Podrías quemar un papel con una lupa? ¿Cómo? ¿Y con una lente divergente?

El epítome, por tanto, puede ser considerado como el preludio dentro de una visión actualizada de las teorías del aprendizaje, en lo cual el profesor juega un importante papel de mediador.

### 3. OBJETIVOS DIDÁCTICOS

Los objetivos didácticos (OD) concretan las intenciones de la unidad didáctica haciendo una referencia explícita a los contenidos (conceptuales, procedimentales y actitudinales) de la misma.

Distinguiremos dos clases de objetivos didácticos: los *instruccionales* y los *expresivos*, que articulan los resultados esperados del proceso de aprendizaje en coherencia con el paradigma pedagógico que lo enmarca.

#### 3.1. Objetivos didácticos instruccionales

Son de cuatro tipos: de Percepción, de Análisis, de Síntesis y de Aplicación.

##### a) De “Percepción”

Tratan tanto de delimitar el *contexto* instruccional más inmediato como de sistematizar la *experiencia* más fundamental. En esta unidad didáctica se han formulado los siguientes:

- a.1. Localizar las teorías implícitas que los alumnos puedan poseer sobre los contenidos de la unidad didáctica.
- a.2. Recordar ideas, sobre los contenidos de la unidad didáctica, adquiridas anteriormente a través de la instrucción, activando los esquemas de conocimiento pertinentes.
- a.3. Situar, de forma sistemática, los conocimientos experienciales básicos (base de datos experiencial) propios de la unidad didáctica.
- a.4. Situar, de forma sistemática, los contenidos teóricos que van a ser tratados en la unidad didáctica.
- a.5. Localizar, perceptivamente, los elementos esenciales de cada fenómeno óptico que se va a tratar, como una de las bases de construcción del conocimiento científico.

##### b) De “Análisis”

Pretenden, además de profundizar en la *experiencia*, iniciar una *reflexión* detallada de la experiencia. En esta unidad didáctica se han formulado los siguientes:

- b.1. Descubrir la existencia de diversos modelos para explicar la naturaleza de la luz, viendo las razones que llevaron a su aceptación.
- b.2. Clasificar los procesos de producción de luz.
- b.3. Descubrir que la luz de las fuentes naturales y las de las fuentes artificiales tienen las mismas características.
- b.4. Explicar el mecanismo de visión.

b.5. Clasificar los distintos medios por su comportamiento frente a la propagación de luz.

b.6. Descubrir los hechos causales que se dan en los distintos fenómenos ópticos que van a ser tratados en la unidad didáctica (propagación rectilínea de la luz, refracción, dispersión, reflexión especular y difusa y absorción.).

b.7. Descubrir los efectos que se producen en aquellos fenómenos ópticos.

b.8. Distinguir los detalles descriptivos básicos de los fenómenos ópticos tratados.

b.9. Clasificar los tipos de fenómenos ópticos tratados.

b.10. Distinguir cuáles son las ideas básicas que constituyen las antiguas teorías sobre la luz.

b.11. Distinguir las características básicas que determinarán los conceptos de rayo de luz, índice de refracción, medio transparente, medio opaco, medio traslúcido, sombra, penumbra, dioptrios, prismas, espejos y lentes.

b.12. Clasificar los fenómenos ópticos por los efectos que producen en la propagación de la luz: Reflexión, refracción y absorción.

b.13. Distinguir los elementos que intervienen en cada fase del método científico.

b.14. Descubrir la relación entre el ángulo de incidencia y el de reflexión.

b.15. Descubrir la relación entre el ángulo de incidencia y el ángulo de refracción.

b.16. Descubrir la relación entre el plano que ocupa el rayo incidente, el rayo reflejado, el refractado y la normal a la superficie de separación.

b.17. Descubrir la relación entre la intensidad inicial y la final en el fenómeno de absorción.

b.18. Descubrir la relación entre índice de refracción de un medio y la longitud de onda de la radiación que incide en ese medio.

b.19. Descubrir los elementos esenciales que forman parte en un sistema óptico centrado (distancia focal y focos, radio y centro de curvatura e índice de refracción).

b.20. Distinguir entre los distintos sistemas ópticos.

b.21. Analizar la formación de imágenes en los distintos sistemas ópticos (espejos planos y esféricos, dioptrios planos y esféricos, lentes).

b.22. Deducir la relación entre las posiciones del objeto y de la imagen para los distintos sistemas ópticos.

b.23. Distinguir entre imagen virtual y real.

b.24. Distinguir entre espejo plano, cóncavo y convexo.

b.25. Distinguir entre dioptrio plano, cóncavo y convexo.

b.26. Distinguir entre lente convergente y divergente.

### c) De “Síntesis”

La *reflexión* que se trataba en el apartado anterior debe culminar siempre en una síntesis de modo que los esquemas de conocimiento queden bien consolidados, lo cual significa resúmenes, comparaciones, relaciones, revisiones, repeticiones, reconciliaciones, formulación de conclusiones, etc. En esta unidad didáctica se han formulado los siguientes:

c.1. Relacionar lógicamente (de forma verbal o matemáticamente) las causas con sus respectivos efectos en los fenómenos ópticos estudiados.

c.2. Relacionar, en una estructura lógica, mediante la utilización de un mapa conceptual, las ideas básicas que desarrollan la “perspectiva general” de la unidad didáctica.

c.3. Resumir, en un listado ilustrado con un ejemplo, los fenómenos ópticos que son tratados en la unidad didáctica.

c.4. Comparar las ideas fundamentales de las distintas teorías antiguas sobre la luz.

c.5. Resumir, en un listado, algunos de los descubrimientos más importantes de la óptica.

c.6. Relacionar, en una estructura lógica, mediante la utilización de un mapa conceptual, los contenidos teóricos de la unidad didáctica.

#### **d) De “Aplicación”**

Los nuevos esquemas de conocimiento obtenidos por el alumno deben, por su propia naturaleza, modificar las conductas de éste. Es decir, deben conducirlo a una *acción* que, instruccionalmente, se traducirá en saber aplicar aquellos conocimientos para resolver situaciones concretas. En esta unidad didáctica se han formulado los siguientes:

d.1. Aplicar el método científico en la investigación de sencillos fenómenos ópticos: identificar el problema, formular hipótesis, elaborar diseños experimentales de comprobación, obtener datos experimentales, analizar e interpretar los resultados obtenidos.

d.2. Transferir al lenguaje matemático la definición de magnitudes ópticas (índice de refracción, ángulo de incidencia, ángulo de refracción, ángulo de reflexión, distancias objeto e imagen, distancias focales) y las relaciones expresadas por las leyes físicas (propagación rectilínea de la luz, leyes de Snell, las expresiones de los puntos conjugados (fórmulas generales) para lentes, espejo y dioptrios).

d.3. Resolver ejercicios numéricos de aplicación de los principales conceptos y leyes.

d.4. Aplicar el “control de variables” para comprobar alguna ley física.

d.5. Aplicar los conocimientos de las leyes de la óptica para el montaje de algún instrumento óptico.

d.6. Aplicar el conocimiento de las leyes físicas para entender el funcionamiento de los instrumentos ópticos (lupa, cámara fotográfica, el microscopio, el telescopio, el ojo humano).

d.7. Transferir el significado de los elementos reales que intervienen en un sistema óptico a un esquema y viceversa.

d.8. Representar con diagramas de rayos la formación de sombras y penumbra.

d.9. Representar con diagramas de rayos la formación de una imagen en dioptrios, espejos y lentes.

d.10. Resolver problemas “abiertos” de Óptica.

d.11. Aplicar los conocimientos científicos sobre la propagación de la luz a situaciones problemáticas de la vida cotidiana.

### **3.2. Objetivos didácticos expresivos**

Estos objetivos didácticos no están relacionados con lo que el alumno va a aprender sino que pretenden estimular ciertas actitudes en orden a la acción.

Son de dos tipos: de actitudes científicas y de actitudes personales y sociales.

#### **A) De actitudes científicas y hacia la ciencia**

A.1. Reconocer la posible existencia de teorías implícitas propias elaboradas espontáneamente.

A.2. Apreciar, a través del estudio de las antiguas teorías, el carácter evolutivo y no dogmático de los conocimientos científicos.

A.3. Comunicar las ideas científicas con precisión y rigor conceptual.

A.4. Mediante el análisis cada vez más detallado de las leyes físicas, apreciar las diferencias epistemológicas entre las teorías implícitas y las oficiales (mayor carácter explicativo, existencia de elementos como el objeto modelo, el sistema físico y el sistema teórico).

A.5. Reconocer las aportaciones que el conocimiento científico, respecto a la “luz”, ha hecho al progreso y al bienestar social.

A.6. Reconocer tanto la necesidad de aplicar una metodología sistemática para la utilización del método científico, como la de aplicar también la imaginación en muchas de sus fases (proceso creativo).

A.7. Aplicar la habilidad manual y los conocimientos a la resolución de problemas ópticos de la vida cotidiana.

A.8. Informar honestamente de los resultados y conclusiones obtenidos en los trabajos experimentales.

#### **B) De actitudes personales y sociales**

B.1. Respetar las ideas de los demás.

B.2. A través de la constatación de la existencia de las teorías implícitas, convencerse de que la explicación científica es consustancial al ser humano.

B.3. Captar, afectivamente, el reto que supone la experimentación científica encaminada al descubrimiento de la realidad.

B.4. A través de los debates, reconocer que las ideas propias contienen un compromiso personal que afecta a nuestros sentimientos.

B.5. Dejarse afectar por los sentimientos que despierta el esfuerzo de los científicos por la búsqueda del conocimiento.

B.6. Dejarse afectar por los sentimientos que despierta la comprobación del propio conocimiento que mediante el estudio se va consiguiendo.

B.7. Apreciar, como experiencia personal, el carácter cooperativo que posee el trabajo científico.

B.8. Participar en las tareas de planificación y realización de actividades tanto individuales como en equipo.

B.9. Valorar el esfuerzo y la superación de dificultades durante el proceso de aprendizaje.

Los objetivos didácticos deben proporcionar un desarrollo armónico y equilibrado de las finalidades educativas, pero, al mismo tiempo, no se debe caer en la “dominación de estos objetivos”. Precisamente, muchas de las metas de más calado educativo no pueden expresarse en forma de objetivos o, en el mejor de los casos, se pueden formular a modo de objetivos expresivos, como más arriba se ha hecho. La excesiva supeditación a objetivos didácticos muy concretos merman las posibilidades formadoras del currículo. Esta es la razón por la que, aunque se ha confeccionado una matriz que relaciona los objetivos didácticos con las actividades (aparece al final de la unidad didáctica), no se ha hecho lo mismo con las finalidades.

## 4. SELECCIÓN Y SECUENCIACIÓN DE CONTENIDOS

La selección de contenidos dentro de una unidad didáctica puede tener múltiples alternativas. En todo caso, deben estar claramente explicitados cuáles son los criterios utilizados para esta selección. En este caso son los siguientes:

- ✓ Que favorezcan lo más posible la consecución, por parte de los alumnos, de las finalidades educativas propuestas.
- ✓ Que sean relevantes para el alumno cultural y científicamente.
- ✓ Que sean interesantes y cercanos para el alumno.

En favor de una mayor claridad didáctica los hemos dividido en tres grupos:

### 4.1.-Científicos: Conceptuales y procedimentales

#### Conceptuales

1. Procedencia y propiedades de la luz.
2. Clasificación de materiales según su comportamiento con la luz: Cuerpos transparentes, traslúcidos y opacos.
3. Percepción de la luz.
4. Naturaleza de la luz.
5. Propagación rectilínea de la luz.
6. Propagación de la luz en los distintos medios: Formación de sombras. Reflexión especular y difusa. Refracción. Fenómenos de absorción.
7. Leyes de la reflexión.
8. Leyes de la refracción.
9. Índice de refracción.
10. Reflexión total.
11. Fenómenos de dispersión. Espectro luminoso.
12. Sistemas ópticos centrados.
13. Dioptrios esféricos. Formación de imágenes en un dioptrio esférico.
14. Dioptrio plano. Formación de imágenes en un dioptrio plano.
15. Espejos esféricos. Formación de imágenes en un espejo esférico.
16. Espejos planos. Formación de imágenes en un espejo plano.
17. Lentes delgadas. Construcción de imágenes en lentes.
18. Instrumentos ópticos.

#### Procedimentales

1. Búsqueda de información sobre temas científicos.
2. Estrategias de percepción, análisis, síntesis y aplicación.
3. Debates sobre temas científicos.
4. Montaje de algún sistema óptico.
5. Planificación y realización de experiencias para contrastar hipótesis.
6. Aplicación del método científico.
7. Recogida y tratamiento de datos mediante representaciones gráficas.

8. Identificación e interpretación de situaciones de la vida cotidiana relacionada con los fenómenos estudiados.
9. Elaboración de mapas conceptuales que sintetizen lo aprendido.

#### **4.2.-Relación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS)**

1. Breve desarrollo histórico de algunos aspectos importantes de la Óptica.
2. La utilización de los instrumentos ópticos en la vida cotidiana.
3. Aportaciones que el conocimiento científico, respecto a la Óptica, ha hecho al progreso y al bienestar social.
4. Las aplicaciones en otras ramas de las ciencias y de la tecnología de los últimos descubrimientos ópticos.

#### **4.3-Actitudinales**

1. Carácter no dogmático y evolutivo de la Ciencia.
2. Valoración afectiva del esfuerzo de los científicos y del propio esfuerzo.
3. Autoestima.
4. Cooperación responsable en el trabajo en grupos.
5. Utilidad práctica del conocimiento científico.
6. Curiosidad e interés por investigar fenómenos relacionados con la luz.
7. Respeto a las conclusiones obtenidas por los compañeros.
8. Valoración de las aportaciones de los conocimientos sobre la luz en la mejora de la calidad de vida.
9. Precisión, orden y claridad en el tratamiento y presentación de datos y resultados.

## 5. NIVELES DE ELABORACIÓN

La Teoría de la Elaboración, como dicen sus autores, actúa como un “zoom”. El epítome corresponde a la visión general y *lejana* de todo el tema. Luego se acerca este “zoom” para conseguir en más profundidad una visión más cercana y completa a partir de los contenidos propuestos.

En esta unidad didáctica se han distinguido tres niveles de elaboración para secuenciar los contenidos seleccionados. Aunque solo se presenta desarrollado el tercer nivel de elaboración, se exponen, junto con el mapa del epítome, los contenidos científicos seleccionados para el primer y segundo nivel de Elaboración.

A continuación hacemos referencia a los contenidos conceptuales ya que los procedimentales, y actitudinales enunciados anteriormente se corresponden para los tres niveles.

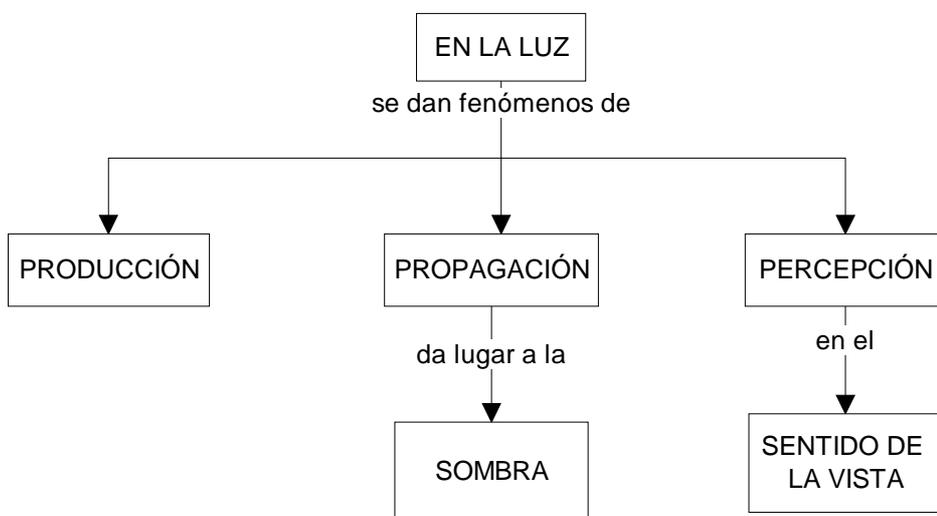
### 5.1. Primer Nivel de Elaboración

Corresponde al nivel mínimo y va dirigido a los alumnos de 1º y 2º de ESO (12-14 años).

Los contenidos seleccionados son tratados en un nivel descriptivo-fenomenológico:

1. Fuentes de luz.
2. Clasificación de los materiales según su comportamiento con la luz en transparentes, translúcidos y opacos.
3. Propagación de la luz: Sombra.
4. Percepción de la luz: el ojo.

#### 5.1.1. Mapa del epítome del Primer Nivel de Elaboración



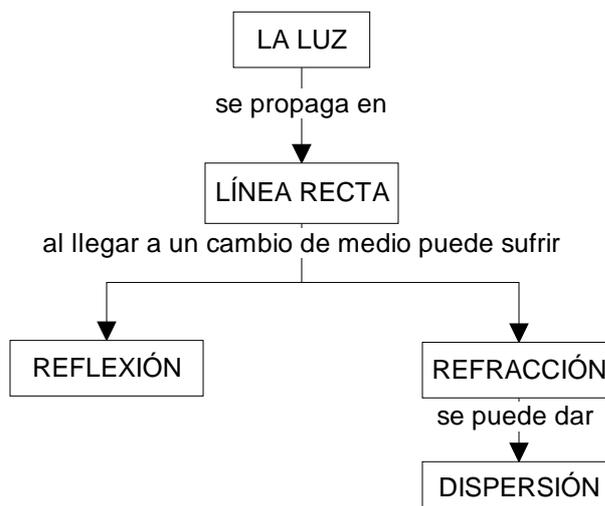
## 5.2. Segundo Nivel de Elaboración

Una vez finalizado el aprendizaje del primer nivel, antes descrito, se procede a retomar de nuevo algunos de los contenidos para ser tratados (a modo de currículo en espiral) con un grado de mayor abstracción y complejidad. Este nivel está dirigido a los alumnos de 3º y 4º de ESO (14-16 años)

Los contenidos científicos correspondientes a este nivel son:

1. Propagación rectilínea de la luz.
2. Reflexión de la luz.
3. Refracción de la luz.
4. Espectro luminoso.

### 5.2.1. Mapa del epítome del Segundo Nivel de Elaboración



## 5.3. Tercer Nivel de Elaboración

Volvemos a retomar nuevamente algunos de los contenidos tratados en el primer y segundo nivel de elaboración (a modo de currículo en espiral) con un grado de mayor abstracción y de complejidad. El Tercer Nivel de Elaboración corresponde a un grado de exigencia más avanzado y dirigido a los alumnos del último ciclo de la Enseñanza Secundaria: 1º y 2º de Bachillerato (16- 18 años).

### A.- Científicos

#### A.1. Conceptuales

1. Naturaleza de la luz.
2. Propagación rectilínea de la luz.

3. Propagación de la luz en los distintos medios: Formación de sombras. Reflexión especular y difusa. Refracción. Fenómenos de absorción.
4. Leyes de la reflexión.
5. Leyes de la refracción.
6. Índice de refracción.
7. Reflexión total.
8. Fenómenos de dispersión. Espectro luminoso.
9. Sistemas ópticos centrados.
10. Dioptrios esféricos. Formación de imágenes en un dioptrio esférico.
11. Dioptrio plano. Formación de imágenes en un dioptrio plano.
12. Espejos esféricos. Formación de imágenes en un espejo esférico.
13. Espejos planos. Formación de imágenes en un espejo plano.
14. Lentes delgadas. Construcción de imágenes en lentes.
15. Instrumentos ópticos.

## **A.2. Procedimentales**

1. Búsqueda de información sobre temas científicos.
2. Estrategias de percepción, análisis, síntesis y aplicación.
3. Debates sobre temas científicos.
4. Montaje de algún instrumento óptico.
5. Planificación y realización de experiencias para contrastar hipótesis.
6. Aplicación del método científico.
7. Recogida y tratamiento de datos mediante representaciones gráficas.
8. Identificación e interpretación de situaciones de la vida cotidiana relacionadas con los fenómenos estudiados.
9. Elaboración de mapas conceptuales que sinteticen lo aprendido.

## **B. De relación Ciencia-Técnica-Sociedad (C-T-S)**

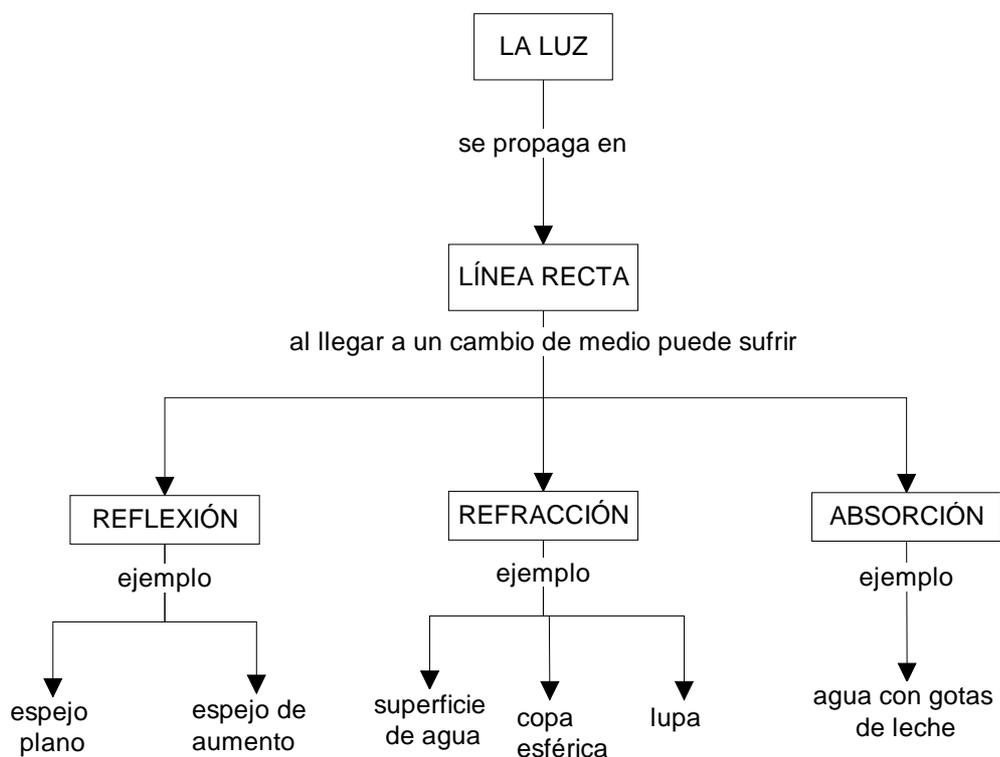
1. Breve desarrollo histórico de algunos aspectos importantes de la Óptica.
2. La utilización de los instrumentos ópticos en la vida cotidiana.
3. Aportaciones que el conocimiento científico, respecto a la Óptica, ha hecho al progreso y al bienestar social.
4. Las aplicaciones en otras ramas de las ciencias y de la tecnología de los últimos descubrimientos ópticos.

## **C. Actitudinales**

1. Carácter no dogmático y evolutivo de la Ciencia.
2. Valoración afectiva del esfuerzo de los científicos y del propio.
3. Autoestima.
4. Cooperación responsable en el trabajo en grupos.
5. Utilidad práctica del conocimiento científico.
6. Curiosidad e interés por investigar fenómenos relacionados con la luz.
7. Respeto a las conclusiones obtenidas por los compañeros.

8. Valoración de las aportaciones de los conocimientos sobre la luz en la mejora de la calidad de vida.
9. Precisión, orden y claridad en el tratamiento y presentación de datos y resultados.

### 5.3.1. Mapa del epítome del Tercer Nivel de Elaboración



## 6. DISEÑO DEL TERCER NIVEL DE ELABORACIÓN

### 6.1.- Actividades

Aunque al tratar las fases de elaboración de la unidad didáctica el desarrollo de las actividades y la metodología se dio de forma separada, vamos, sin embargo, a dar las orientaciones metodológicas al hilo de la exposición de las actividades, según convenga, con objeto de facilitar la labor del profesor.

El desarrollo de cada uno de los anteriores puntos es trabajo personal del profesor que no tiene por que llegar directamente al alumno. En cambio, las actividades que ahora proponemos son a las que el alumno ha de dar respuesta.

Atendiendo a la intencionalidad de los principios educativos que rigen la elaboración de esta unidad didáctica, para mayor claridad vamos a distinguir tres tipos de actividades:

1. El primer paso es el desarrollo de actividades para la detección de las *teorías implícitas* que nuestros alumnos pudieran tener sobre los fenómenos físicos que vamos a tratar.

Estas actividades, por tanto, inciden sobre el *contexto* cognitivo del estudiante.

2. Las actividades para el desarrollo del epítome inciden sobre todo en la *experiencia* del alumno, organizando y potenciando su experiencia inicial (que luego será ampliada a lo largo de toda la unidad didáctica), pero también afecta al contexto cognitivo porque nos brinda una buena ocasión para explorar las ideas instruccionales previas (no nos referimos a las concepciones alternativas o teorías implícitas antes mencionadas).

3. Las actividades para el desarrollo de los contenidos complementan las experiencias inicialmente propuestas y las profundizan, sometiendo al alumno a una *reflexión* sobre las mismas y a una aplicación (*acción*) como consecuencia del deseable compromiso cognitivo y afectivo al que el alumno debe llegar.

### 6.2. Actividades para la detección de teorías implícitas

Es el punto de partida del trabajo del alumno. Es decir, intentamos que nuestros alumnos expliciten las teorías alternativas que sobre fenómenos poseen y que se enfrenten al conflicto conceptual que se produce con las teorías oficiales.

Como “Orientaciones Metodológicas” generales acerca de las actividades sobre ideas previas se puede decir que partir en la instrucción de las teorías implícitas es, además de cognitivamente necesario, una de las opciones más motivadoras para los alumnos. El compromiso que toda persona tiene con sus propios esquemas de conocimiento operativos le implica rápidamente en una experiencia para ella sugestiva y le permite un acercamiento afectivo, elemento

fundamental de nuestro paradigma pedagógico, a los contenidos del tema que se está tratando.

Se puede seguir una de las dos alternativas siguientes de trabajo en la utilización de estas pruebas de “lápiz y papel”:

1. Trabajo individual de los alumnos que culmina en una puesta en común de todo el grupo.
2. Trabajo en pequeños grupos (de 2 a 4 alumnos, por ejemplo).

Cada grupo discute (se debe dar gran importancia al debate dentro del grupo) y acuerda la respuesta. Se termina también en una puesta en común del gran grupo.

El profesor debe valorar si es conveniente desvelar todas o algunas de las respuestas correctas o, por el contrario, es más útil, didácticamente dejar la solución verdadera para ir dándola a lo largo del desarrollo posterior de los contenidos de la unidad didáctica (aspecto que, hábilmente utilizado, puede incrementar la motivación en el alumno). De cualquier forma, en la puesta en común, el profesor debe formular explícitamente las teorías implícitas que hayan reflejado los alumnos a través de sus respuestas. Este trabajo de “exposición” de las ideas espontáneas es fundamental para plantear e intentar resolver el conflicto conceptual existente entre las teorías implícitas y oficiales.

Una precaución que debemos tomar con nuestros alumnos es no llevar a su ánimo la idea de que la existencia de estas preconcepciones es cuestión de una mayor o menor “inteligencia”, ni, por supuesto, ridiculizarlas. Todos los seres humanos las construimos.

Las teorías implícitas que se quieren detectar son:

- ✓ Identificar la luz con sus fuentes o con sus efectos (Guesne, 1989).
- ✓ Ideas previas sobre el mecanismo de la visión (Guesne, 1989).
- ✓ Relacionar el tamaño de las sombras con la luminosidad de la fuente de luz (Hierrezuelo y Montero, 1991).
- ✓ Sobre la propagación de la luz: La luz procedente de una fuente se propaga en unas direcciones preferenciales (Feher y Rice, 1992).
- ✓ Considerar que la propia luz es visible (Viennot y Chauvet, 1997)
- ✓ Idea previa sobre la posición de la imagen formada en un espejo plano (Goldberg y MacDermott, 1986).
- ✓ Considerar que una lupa aumenta la intensidad (cantidad) de la luz (Guesne, 1989).
- ✓ Considerar la existencia de una imagen en ausencia de lentes (Kaminski, 1989).
- ✓ Dificultad en conocer la localización de la imagen real (¿se propaga la luz o las imágenes?)(Galili 1996).

### 6.2.1. Test de teorías implícitas.

1. ?

**En una habitación, hay una lámpara encendida, un espejo, una mesa y varias sillas. ¿Dónde hay luz?:**

- a) La luz está en la lámpara
- b) En la lámpara y en el espejo
- c) En todos los objetos: las paredes, el espejo, la mesa, las sillas....
- d) En toda la habitación

**ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:**

Sugerencias metodológicas:

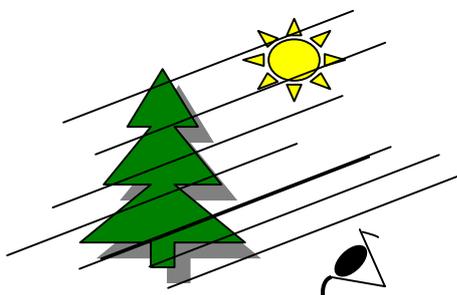
Esta actividad está orientada a detectar las concepciones que los alumnos tienen sobre la naturaleza de la luz. Diversos autores, han comprobado que los alumnos suelen identificar la luz con sus fuentes o con sus efectos y no como una entidad independiente en el espacio.

Objetivos didácticos que desarrolla:

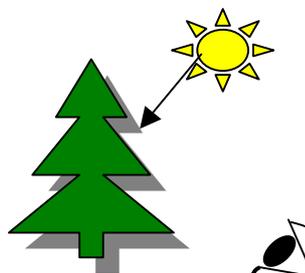
a.1, A.1, B.1, B.2, B.4

2. ?

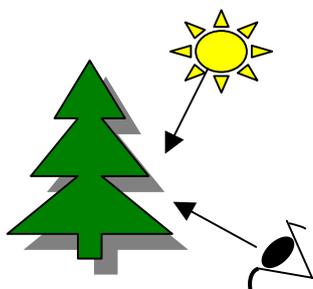
**De los siguientes esquemas ¿Cuál crees tú que explica mejor por qué vemos el árbol?:**



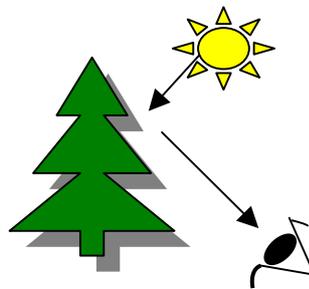
a) La luz del sol llena el espacio



b) El árbol está iluminado por el sol



c) La visión va del ojo al árbol que está iluminado por el sol



d) La luz del sol se refleja en el árbol y llega a nuestros ojos

**ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:**

Sugerencias metodológicas:

Esta actividad está orientada a detectar las concepciones que los alumnos tienen sobre el mecanismo de la visión. Es muy provechoso que las ideas intuitivas aquí explicitadas puedan ser luego utilizadas en el desarrollo de los contenidos históricos, en relación con las teorías antiguas, tanto de los pitagóricos como de Platón, etc... Resulta interesante que los alumnos comprueben que sus preconcepciones coinciden con aquellas teorías. Es una buena ocasión para tratar cuestiones epistemológicas relacionadas con la evolución del conocimiento científico.

Objetivos didácticos que desarrolla:

a.1, A.1, B.1, B.2, B.4

3. ?

**¿Cómo es la sombra de un objeto iluminado por una bombilla que alumbra muy poco con respecto a la sombra del mismo objeto iluminado por una bombilla que alumbra mucho?:**

- a) Más grande
- b) Más pequeña
- c) Del mismo tamaño
- d) No lo sé

**ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:**

Sugerencias metodológicas:

Esta actividad está orientada a detectar las concepciones que los alumnos tienen sobre la formación de sombras. Los distractores están relacionados con la idea de que el tamaño de las sombras depende de la intensidad de la bombilla con la que se ilumine

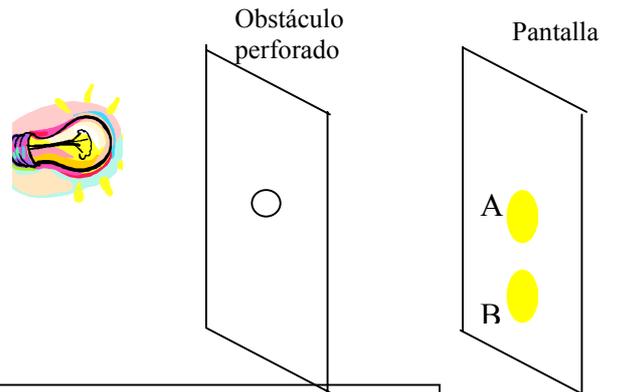
Objetivos didácticos que desarrolla:

a.1, A.1, B.1, B.2, B.4

4. ?

**En la siguiente figura se representa una bombilla, un obstáculo con un orificio y una pantalla. ¿Llegará luz a la pantalla?:**

- a) No
- b) Sí, estará iluminada la zona A
- c) Sí, estará iluminada la zona B
- d) Sí, estarán iluminadas las zonas A y B



**ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:**

Sugerencias metodológicas:

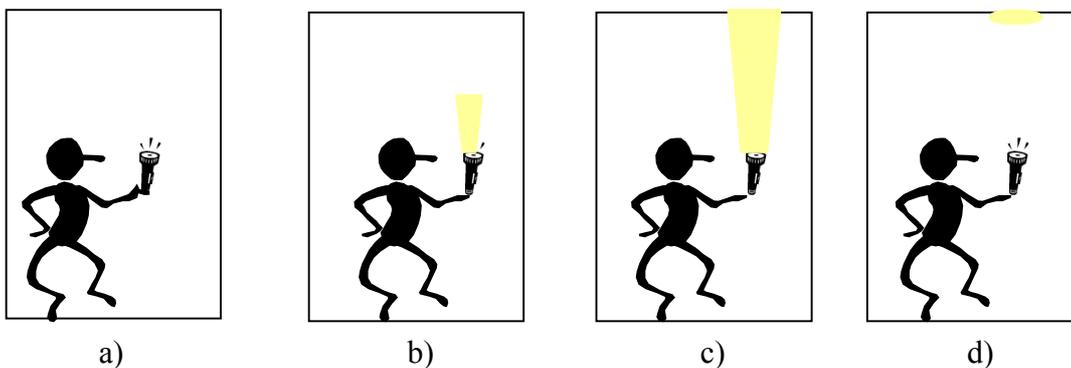
Con esta actividad se pretende detectar las concepciones que los alumnos tienen sobre la propagación rectilínea de la luz, orientadas hacia la idea de que la luz procedente de una fuente se propaga en unas direcciones preferenciales (dirección horizontal normalmente) según la situación que se plantee y no emite rayos en todas las direcciones.

Objetivos didácticos que desarrolla:

a.1, A.1, B.1, B.2, B.4

5. ?

Si en una habitación oscura perfectamente limpia sin polvo ni humo en el aire, encendemos una linterna dirigida hacia el techo. Elige el dibujo que represente lo que observarías:

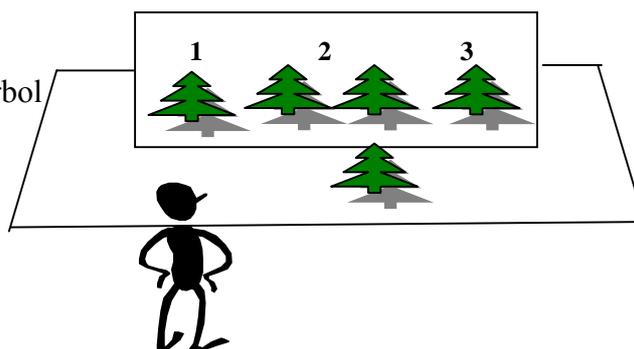


**ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:**  
Sugerencias metodológicas:  
 Los alumnos rechazan la idea de que la luz es invisible y la asemejan a sus efectos, por ejemplo a la difusión de las partículas de polvo cuando un haz de luz entra por la ventana.  
 Las ideas intuitivas aquí explicitadas pueden ser aprovechadas para entender el mecanismo de la visión.  
Objetivos didácticos que desarrolla:  
 a.1, A.1, B.1, B.2, B.4

6. ?

En la figura siguiente, ¿dónde localiza el observador la imagen del árbol en el espejo?:

- a) Posición 1, frente al observador
- b) Posición 2, entre el observador y el árbol
- c) Posición 3, frente al árbol
- d) Posición 4, a la derecha del árbol



**ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:**  
Sugerencias metodológicas:  
 Esta actividad está orientada a detectar las concepciones que los alumnos tienen sobre la relación que guarda la posición de la imagen dada por un espejo y la posición del observador delante del espejo.  
Objetivos didácticos que desarrolla:  
 a.1, A.1, B.1, B.2, B.4

7. ?

**La luz del sol al atravesar una lupa es capaz de quemar un papel. En esta situación se cumple que:**

- a) La cantidad de luz que sale de la lupa es mayor que la que llega a la lupa
- b) La cantidad de luz que sale de la lupa es menor que la que llega a la lupa
- c) La cantidad de luz que sale de la lupa es igual que la que llega a la lupa
- d) La cantidad de luz que llega al papel depende de lo oscuro que sea el papel

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

Sugerencias metodológicas:

Esta actividad está orientada a detectar si los alumnos consideran que una lupa, lente convergente, aumenta la intensidad de la luz.

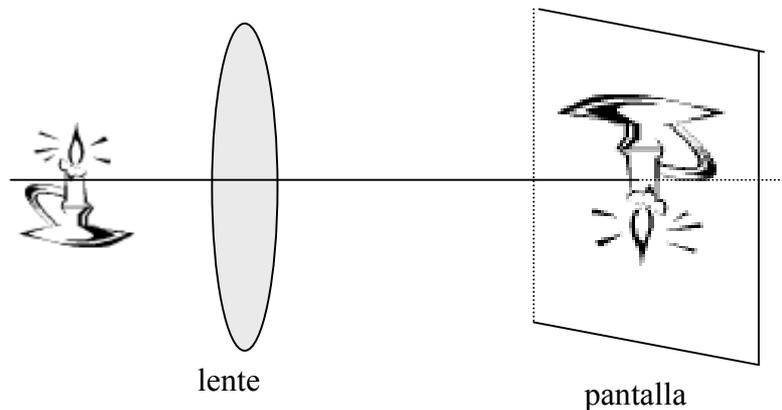
Objetivos didácticos que desarrolla:

a.1, A.1, B.1, B.2, B.4

8. ?

**Observa la imagen invertida que de la vela forma la lente sobre la pantalla. Al quitar la lente:**

- a) La imagen desaparece
- b) La imagen sobre la pantalla se seguirá viendo pero derecha
- c) La imagen sobre la pantalla se seguirá viendo pero más pequeña
- d) La imagen sobre la pantalla se seguirá viendo pero derecha y del mismo tamaño



ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

Sugerencias metodológicas:

Los alumnos suelen considerar que la imagen existe realmente en el lugar donde se ve, por eso al quitar la lente, la imagen puede seguir en aquel lugar.

Objetivos didácticos que desarrolla:

a.1, A.1, B.1, B.2, B.4

9.- 

**Como en la cuestión anterior, observa la imagen formada de una vela por una lente en la pantalla. Al quitar la pantalla**

- a) La imagen no se forma
- b) La imagen no se ve, pero sí se forma
- c) La imagen no desaparece pero está derecha
- d) La imagen no desaparece pero se hace más pequeña

**ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:**

Sugerencias metodológicas:

Esta actividad está orientada a detectar si los alumnos tienen dificultad para distinguir entre "formación de una imagen real" y "percepción de una imagen real". Si se quita la pantalla para la mayoría de los alumnos la imagen no se forma o se transforma en virtual (Salinas y Sandoval 1999). El debate puede ir dirigido hacia el papel que ejerce la pantalla en la formación de imagen.

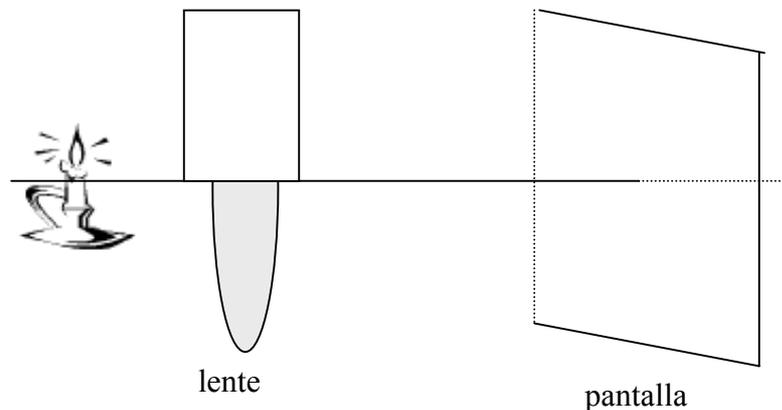
Objetivos didácticos que desarrolla:

a.1, A.1, B.1, B.2, B.4

10.- 

**Siguiendo con la misma figura, si se tapa la mitad de la lente:**

- a) Se formará sólo la mitad correspondiente de la imagen
- b) Se formará la imagen entera
- c) No se formará la imagen
- d) Se formará una imagen de tamaño la mitad que la anterior



**ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:**

Sugerencias metodológicas:

Esta actividad está orientada a detectar si los alumnos tienen dificultad en entender la formación de una imagen real: ¿se propaga la luz o las imágenes?

Los distractores están relacionados con la idea de que cada punto del objeto emite un solo rayo luminoso que porta información estructural del punto origen. Es lo que Galili (1996) llama "imagen proyectada".

Objetivos didácticos que desarrolla:

a.1, A.1, B.1, B.2, B.4

### 6.3. Actividades para el desarrollo del epítome

Tratamos de introducir a los alumnos en el tema, desde lo más general y concreto y al mismo tiempo más cercano. El epítome también proporciona una ocasión más de seguir insistiendo en las teorías ya tratadas.

Es conveniente que dejemos participar a los alumnos libremente, sin rectificarles los naturales errores científicos que puedan cometer, pues se pretende que den descripciones generales partiendo directamente de la percepción de los fenómenos. Se trata de implicarlos en la experiencia y que la vivan con “gusto”: La experimentación debe proporcionar sensaciones que el alumno debe captar a un nivel *afectivo*. Por otra parte, aunque el profesor deba encauzar la discusión y obtener una síntesis mínimamente coherente, no debe caer en la tentación de dar explicaciones a los hechos observados que vayan más allá de la conjetura sobre el **hecho causal fundamental**

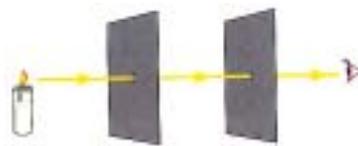
#### ✚ 1. Epítome (Propagación rectilínea de la luz)

**Material:** Dos cartulinas, tijeras, una fuente de luz y una regla.

El profesor realiza un orificio en cada cartulina y las coloca, de forma que los orificios queden alineados, una detrás de la otra separadas unos centímetros, delante del foco de luz. A continuación enciende la fuente de luz y le pide a varios alumnos que miren a través de los orificios.

Se les pide a los alumnos que indiquen cuantos detalles hayan observado. En concreto:

- ¿Qué está ocurriendo? (*hecho causal fundamental*).
- ¿Qué ocurriría si movemos una cartulina? ¿Y si movemos la fuente o el ojo?
- ¿Cómo tenemos que colocar los elementos que forman parte de nuestra actividad para que la luz de la fuente luminosa llegue a los ojos? (*planteamiento de una relación*)



#### ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

El profesor no indicará a los alumnos que los orificios de las cartulinas están alineados sino que montará la actividad como si no hubiese tenido en cuenta esto.

Conceptos de apoyo que han surgido: Rayo luminoso como la trayectoria seguida por la luz en su propagación.

Leyes de planteamiento: Relación entre la propagación de la energía luminosa y el camino que lleva en su propagación.

Como fuente luminosa se puede utilizar una linterna de oftalmólogo.

Objetivos didácticos que desarrolla:

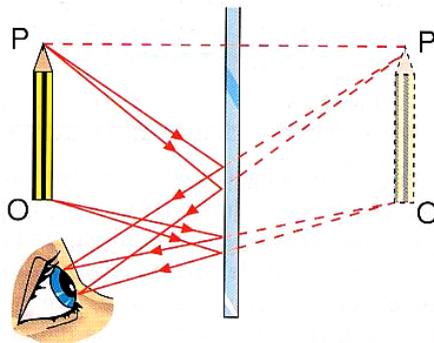
a.2; a.3; a.4; b.6; b.7; b.8; c.1; B.1; B.3; B.4.

## ✚ 2. Epítome (Reflexión y formación de imágenes en espejos planos)

**Material:** Un espejo plano y un lápiz

Con un espejito el profesor trata de captar la luz del sol que entra por la ventana de la clase (o de una fuente artificial, por ejemplo de un puntero láser) y dirigirla (reflejarla) hacia la pared de la clase.

Se pide a los alumnos que den una explicación fenomenológica de lo que están observando. En concreto:



- ¿Qué está ocurriendo? (*hecho causal fundamental*).
- Conocida la dirección del rayo incidente en un espejo, ¿se puede predecir la dirección del rayo reflejado? ¿de qué depende? (*planteamiento de una relación*).
- Conocido el plano en el que se encuentra el haz de luz que llega al espejo, ¿se puede predecir el plano donde se encuentra el rayo reflejado? (*planteamiento de una relación*).

A continuación se coloca un lápiz verticalmente frente al espejo. Les pedimos a los alumnos que observen la imagen en el espejo y expliquen el fenómeno. En concreto:

- Conocido el tamaño del objeto, ¿se puede predecir el tamaño de la imagen? ¿de qué depende? (*planteamiento de una relación*).
- Conocida la distancia, con respecto al espejo, a la que se encuentra el objeto, ¿se puede predecir la distancia a la que se encuentra la imagen? ¿de qué depende? (*planteamiento de una relación*)

### ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

Conceptos de apoyo que han surgido: espejo plano, rayo incidente y reflejado, ángulo de incidencia y de reflexión, plano y normal a un plano en un punto como conceptos provenientes de la instrucción anterior, objeto e imagen, distancia objeto y distancia imagen.

Leyes de planteamiento: relación entre el ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión; relación entre el plano al que pertenece el rayo incidente y el plano al que pertenece el rayo reflejado; relación entre el tamaño del objeto y de la correspondiente imagen; relación entre la distancia al espejo del objeto y la distancia a la que se forma la imagen.

Si no fluye la comunicación con los alumnos el profesor puede plantear preguntas como:

- ¿Cambiaría el tamaño de la imagen al acercar o alejar el lápiz al espejo?

### Objetivos didácticos que desarrolla:

a.2; a.3; a.4; b.6; b.7; b.8; c.1; B.1; B.3; B.4.

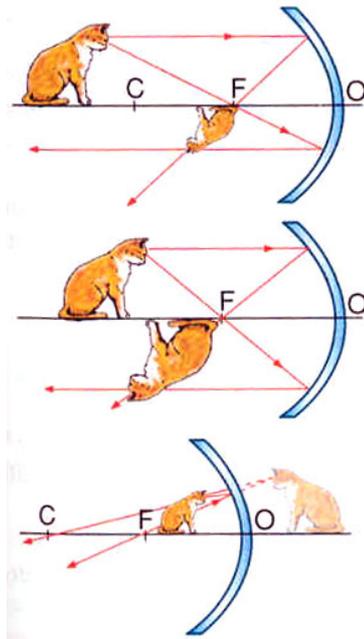
### ⊕ 3. Epítome (reflexión y formación de imágenes en espejos esféricos)

**Material:** Espejo esférico cóncavo (sirve uno de tocador “de los de aumento”).

Se les pide a los alumnos que observen la imagen de su cara (o la de cualquier objeto), formada por el espejo, para distintas distancias del espejo con respecto a la cara.

A) Se les pide a los alumnos que indiquen cuantos detalles hayan observado. En concreto:

- ¿Qué está ocurriendo? (*hecho causal fundamental*).
- ¿Cómo es el tamaño de la cara observada en el espejo con respecto al tamaño real?, ¿de qué depende? (*planteamiento de una relación*).
- Conocida la distancia, con respecto al espejo, a la que se encuentra el objeto, ¿se puede predecir la distancia a la que se encuentra la imagen?, ¿de qué depende? (*planteamiento de una relación*)
- ¿Existe alguna posición cara-espejo donde no se vea la imagen de la cara?
- ¿Que ha ocurrido en este caso?
- ¿Qué diferencias observas con el espejo de la actividad anterior?
- ¿Se cumplirán las mismas leyes (reflexión) que has planteado en la actividad anterior?



B) Se pueden repetir los apartados anteriores pero con un espejo convexo (es opcional)

#### ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

El profesor no dirá que es un espejo esférico, ya que a simple vista no se ha de notar. Con esta actividad tratamos que los alumnos encuentren diferencias entre la imagen dada por este espejo y la debida al espejo plano anterior, aunque en definitiva la explicación causal básica sea la misma: Cuando la luz llega a un cambio de medio puede cambiar de dirección y continuar en el mismo medio.

Si no tenemos un espejo cóncavo serviría una cuchara y además conseguimos también un espejo convexo dando la vuelta a la cuchara.

También se pretende que los alumnos comprendan que las leyes de la reflexión se cumplen siempre, ya sea el espejo esférico o plano.

Conceptos de apoyo que han surgido: espejo, rayo incidente y reflejado, ángulo de incidencia y de refracción, plano y normal a un plano en un punto como conceptos provenientes de la instrucción anterior, objeto e imagen real y virtual, distancia objeto, distancia imagen, superficie esférica, cóncava y convexa, como conceptos provenientes de la instrucción anterior.

Leyes de planteamiento: relación entre el ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión; relación entre el plano al que pertenece el rayo incidente y el plano al que pertenece el rayo reflejado; relación entre el tamaño del objeto y de la correspondiente imagen; relación entre la distancia al espejo del objeto y la distancia a la que se forma la imagen.

Si no fluye la comunicación con los alumnos el profesor podrá plantear preguntas como:

- ¿Cambiaría el tamaño de la imagen al acercar o alejar el espejo a la cara?

Cuantos más aumentos tenga el espejo mejor (de x4 ó x5)

#### Objetivos didácticos que desarrolla:

a.2; a.3; a.4; b.6; b.7; b.8; c.1; B.1; B.3; B.4.

#### ⊕ 4. Epítome (Refracción y formación de imágenes en dioptrios planos)

**Material:** Un recipiente con agua, un lápiz y una canica.

Los alumnos examinarán el recipiente vacío observando principalmente la profundidad de este. A continuación el profesor introduce el lápiz, un poco inclinado, parcialmente en el agua.



A) Se les pide a los alumnos que indiquen cuantos detalles hayan observado respondiendo a las siguientes preguntas:

- ¿Cómo se ve ahora el lápiz?
- ¿Qué está ocurriendo? (*hecho causal fundamental*).
- ¿De qué depende que el lápiz parezca doblarse? (*planteamiento de una relación*).

B) A continuación colocamos una canica en el fondo del recipiente y se les pide a los alumnos que indiquen cuantos detalles hayan observado. En concreto:

- ¿A qué profundidad se observa la canica?
- ¿Qué está ocurriendo? (*hecho causal fundamental*).
- Conocida la profundidad (posición de la canica) del recipiente ¿se puede predecir la distancia a la que se ve la canica? ¿de qué depende? (*planteamiento de una relación*).

En ambos apartados puede preguntarse a los alumnos:

- Conocida la dirección del rayo incidente en la superficie del agua, ¿se puede predecir la dirección del rayo refractado? ¿de que depende? (*planteamiento de una relación*).
- Conocido el plano en el que se encuentra el haz de luz que llega a la superficie del agua, ¿se puede predecir el plano en el que se encuentra el rayo refractado? ¿De qué depende? (*planteamiento de una relación*).

##### ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

Conceptos de apoyo que han surgido: medios de propagación de la luz (como sustancia), medio transparente, dioptrio plano, rayo incidente y refractado, ángulo de incidencia y de refracción, índice de refracción (como magnitud que caracteriza a los medios), plano y normal a un plano en un punto como concepto proveniente de la instrucción anterior, objeto e imagen, distancia objeto, distancia imagen.

Leyes de planteamiento: relación entre los senos de los ángulos de incidencia y refracción y los índices de refracción del primer y segundo medio; relación entre la dirección del ángulo de incidencia y la dirección del ángulo de refracción; relación entre el plano al que pertenece el rayo incidente y el rayo refractado; relación entre el tamaño del objeto y de la correspondiente imagen; relación entre la distancia objeto y la distancia a la que se forma la imagen.

Si no fluye la comunicación con los alumnos el profesor podrá plantear preguntas como:

- ¿Habrá algún caso en el que el lápiz no se doble? (*planteamiento de una relación*)
- ¿Depende del tipo de líquido empleado? ¿Y del material del que está fabricado el lápiz?

##### Objetivos didácticos que desarrolla:

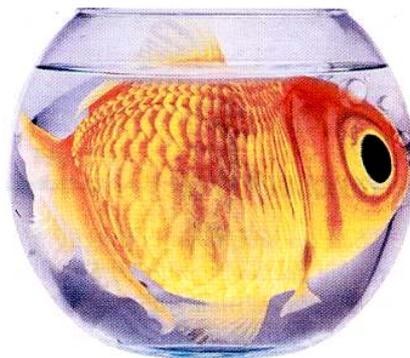
a.2; a.3; a.4; b.6; b.7; b.8; c.1; B.1; B.3; B.4.

## ✚ 5. Epítome (refracción y formación de imágenes en dioptrios esféricos)

**Material:** Un recipiente transparentes de paredes esféricas y unas canicas

Un recipiente transparente de paredes esféricas (una copa), se llena de agua, y se observa a través de las paredes algún objeto que pongamos dentro del agua (por ejemplo unas canicas). Se pide a los alumnos una explicación global de lo que están viendo. En concreto:

- ¿Qué está ocurriendo? (*hecho causal fundamental*).
- ¿Como es el tamaño del objeto observado a través de las paredes de la pecera con respecto al tamaño real?, ¿de qué depende? (*planteamiento de una relación*).
- Conocida la distancia, con respecto a la superficie esférica, a la que se encuentra el objeto, ¿se puede predecir la distancia a la que se encuentra la imagen?, ¿de qué depende? (*planteamiento de una relación*)
- ¿Se cumplirán las mismas leyes (refracción) que has planteado en la actividad anterior?
- Que ocurriría si miramos el interior de la pecera pero a través de la superficie superior (plana) del agua.



### ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

Conceptos de apoyo que han surgido: medios de propagación de la luz (como sustancia), medio transparente, dioptrio esférico, rayo incidente y refractado, ángulo de incidencia y de refracción, índice de refracción (como magnitud que caracteriza a los medios), plano y normal a un plano en un punto como conceptos provenientes de la instrucción anterior, objeto e imagen, distancia objeto, distancia imagen y superficie esférica, cóncava y convexa, como conceptos provenientes de la instrucción anterior.

Leyes de planteamiento: relación entre los senos de los ángulos de incidencia y refracción y los índices de refracción del primer y segundo medio; relación entre la dirección del ángulo de incidencia y la dirección del ángulo de refracción; relación entre el plano al que pertenece el rayo incidente y el rayo refractado; relación entre el tamaño del objeto y de la correspondiente imagen para el dioptrio esférico; relación entre la distancia objeto y la distancia a la que se forma la imagen para el dioptrio esférico.

Objetivos didácticos que desarrolla:

a.2; a.3; a.4; b.6; b.7; b.8; c.1; B.1; B.3; B.4.

## ⊕ 6. Epítome (refracción y formación de imágenes en lentes)

**Material:** Un foco luminoso, una lupa (lente convergente), un folio blanco y una lente divergente (opcional).

A) El profesor enciende el foco de luz y coloca un folio en blanco frente al foco de luz. A continuación intercala la lupa entre el foco y el folio.

Se les pide a los alumnos que:

- Indiquen las diferencias que observan en el aspecto del folio iluminado antes y después de intercalar la lente entre el foco y el folio.
- ¿A qué se debe este cambio? (*hecho causal fundamental*).

A continuación se le sugiere a los alumnos que toquen la lupa, y se les pregunta:

- ¿Qué forma tiene?
- ¿Dependerá el efecto producido, de la forma de la lente? (*planteamiento de una relación*).

B) A continuación se coloca la lupa entre nuestros ojos y una página del libro de Física. Se les pide a los alumnos que expliquen el fenómeno. En concreto:

- ¿Qué está ocurriendo? (*hecho causal fundamental*).
- ¿Cómo es el tamaño de las letras observado a través de la lupa respecto de su tamaño real?, ¿de qué depende? (*planteamiento de una relación*)
- ¿Habrá alguna posición para la cual no se puedan leer las letras a través de la lupa?

• En este caso ¿qué está ocurriendo? (*hecho causal fundamental*).

B) Se puede repetir la actividad con una lente divergente (opcional)



### ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

La lente convergente concentra la energía del haz luminoso y aparece menos porción del folio iluminado pero más intensamente que antes. Al contrario con la lente divergente: aparece más porción de folio iluminado pero de forma más débil. Se aprecia muy bien la divergencia del haz de luz si usamos luz Láser.

En esta actividad ya podemos ir recogiendo sus concepciones sobre la formación de imágenes: qué no se vea la imagen, significa ¿que no se forma?, etc.

Conceptos de apoyo que han surgido: medios de propagación de la luz (como sustancia), medio transparente, lente, rayo incidente y refractado, índice de refracción (como magnitud que caracteriza a los medios), objeto e imagen real y virtual, distancia objeto, distancia imagen, lente convergente y divergente.

Leyes de planteamiento: relación entre el tamaño del objeto y de la correspondiente imagen; relación entre la distancia objeto y la distancia a la que se forma la imagen; relación entre la forma de la lente y la convergencia (o divergencia) de los rayos refractados.

Si no fluye la comunicación con los alumnos, el profesor puede plantear cuestiones como:

- Que le ocurriría a la zona iluminada del folio si alejamos o acercamos el folio
- Y si se perfila el vidrio con distinta forma que la que tiene la lupa, es decir, por los bordes más ancha que por el centro ¿Cómo afectaría a los resultados?
- Si la lupa se hace de un vidrio distinto ¿Cómo afectaría a los resultados? (*planteamiento de una relación*)

Objetivos didácticos que desarrolla:

a.2; a.3; a.4; b.6; b.7; b.8; c.1; B.1; B.3; B.4.

## ⊕ 7. Epítome (Absorción)

**Material:** Recipiente transparente, agua, unas gotas de leche o de tinta, una linterna, un diafragma con una ranura o con un orificio.

El profesor monta la siguiente actividad: Sobre un recipiente transparente que contiene agua y unas gotas de leche, se hace incidir un haz de luz procedente de una linterna después de atravesar un diafragma con una ranura o con un orificio. Se observa y compara la luz que entra en el recipiente con la que sale del mismo.

Se pide a los alumnos que indiquen cuantos detalles hayan observado. En concreto:

- Una explicación fenomenológica de lo que ha ocurrido (*hecho causal fundamental*).
- ¿De qué depende la disminución de intensidad de la luz a la salida del recipiente? (*planteamiento de una relación*).

### ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

Se observa muy bien el fenómeno de absorción utilizando como fuente de luz un láser (o un puntero láser) y en este caso no se necesita el diafragma.

Conceptos de apoyo que han surgido: Intensidad de la luz (luminosidad), como concepto cotidiano, medios de propagación de la luz (como sustancia), coeficiente de absorción (como coeficiente que depende de la naturaleza del medio absorbente).

Leyes de planteamiento: relación del valor de la intensidad inicial y el valor de la intensidad final después de haber recorrido una distancia y con las características del medio (Ley de Lambert-Beer)

Si la comunicación con los alumnos no fluye, el profesor puede plantear cuestiones como:

- Como variará el fenómeno si el recipiente es más largo (mayor camino recorrido por la luz a través del agua con leche o con tinta) (*planteamiento de una relación*).
- ¿Variaría la cantidad de la luz, que sale del recipiente, si éste se llena de otra sustancia?

### Objetivos didácticos que desarrolla:

a.2; a.3; a.4; b.6; b.7; b.8; c.1; B.1; B.3; B.4.

## ⊕ 8. Epítome (síntesis)

Los alumnos realizarán un mapa conceptual en donde expongan, de forma jerárquica y relacional, los tipos de fenómenos descritos a través del desarrollo de las actividades anteriores.

### ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

#### Sugerencias metodológicas:

En las actividades anteriores se ha trabajado en aspectos de la percepción de los fenómenos físicos (base para potenciar la experiencia del alumno) y en el análisis de los mismos (primer paso de la reflexión), dentro de un nivel de aplicación, como es preceptivo en la Teoría de la Elaboración. Es obligado ahora seguir con la reflexión, pero trabajando aspectos de la síntesis que proporcionen al alumno una visión de conjunto de todo lo tratado, así como una consolidación.

Esta actividad está dirigida a la repetición de los conocimientos que el alumno ha debido adquirir. Sería deseable que realizaran un mapa conceptual lo más aproximado posible al que le ha servido de base, al profesor, para elaborar estas actividades, que sirva también de evaluación de la asimilación del alumno.

#### Objetivos didácticos que desarrolla:

a.3; c.2; B.6.

## ⊕ 9. Epítome (síntesis)

Los alumnos deberán confeccionar un resumen en el que figuren los siguientes elementos:

- Cada uno de los tipos de fenómenos referidos a la actividad anterior.
- Un ejemplo práctico de aplicación (en la vida real) de cada uno de ellos.
- Un sencillo esquema de cada uno de ellos.

### ORIENTACIONES METODOLÓGICAS

#### Sugerencias metodológicas:

Ya se ha explicado que el epítome debe proporcionar una perspectiva total de la unidad didáctica, en un nivel muy general (sin profundizar, manejando todavía los conceptos “difusos”, de forma muy concreta y aplicada, planteando y sugiriendo, motivando experiencialmente, etc). En consecuencia debe contar, a este nivel de generalidad al que nos referimos, con todos los elementos que conforman nuestra visión pedagógica fundamental: experiencia, reflexión y acción. Con esta última actividad (una repetición/evaluación más) se cierra el ciclo inicial de aprendizaje, ofreciendo una actividad de síntesis más, en un nivel de aplicación (de acción).

#### Objetivos didácticos que desarrolla:

a.3; a.4; c.3.

#### 6.4. Actividades para el desarrollo del Tercer Nivel de Elaboración

Se propone un número amplio de actividades secuenciadas con la intención de que cada profesor elija las que crea más convenientes a su proyecto didáctico y al tiempo disponible para la instrucción de la unidad didáctica, aunque las mejores actividades serán siempre las que el propio profesor construya. De cualquier forma, en los libros de texto siempre se podrán encontrar muy buenas actividades; lo imprescindible es que la selección que se haga responda a la intención, ritmo y sentido del concepto de enseñanza/aprendizaje que el profesor quiere aplicar.

En cada actividad, dentro de las “Orientaciones Metodológicas”, incluiremos:

- ✓ Sugerencias metodológicas.
- ✓ Referencia a los objetivos didácticos desarrollados.
- ✓ Breve análisis de los tipos de contenidos tratados.

De nuestra experiencia docente y de los resultados obtenidos del test de teorías implícitas, se hace necesario tener en cuenta una serie de recomendaciones, que pueden considerarse como unas orientaciones metodológicas generales, en la realización de las actividades para este tercer nivel de elaboración. Estas son las siguientes:

- Los alumnos deben distinguir entre “formación de una imagen” y “percepción de una imagen”, para poder resolver incomprendiones derivadas de la ausencia de una clara diferenciación entre ambas nociones. Por ejemplo, el papel activo que se asigna incorrectamente a la pantalla en la formación de una imagen real. Si se quita la pantalla para la mayoría de los alumnos la imagen desaparece o se transforma en virtual (Salinas y Sandoval 1999). Si embargo, sin pantalla, la imagen podrá ser observada colocando el ojo en regiones próximas al eje óptico del sistema, detrás de la posición que ocupaba la pantalla, y mirando hacia el objeto a través del sistema óptico (Golberg y McDermott 1987; Salinas y Sandoval 1997).

- Los alumnos deben llegar a la conclusión de que la distinción entre “imagen real” e “imagen virtual” proviene de la “óptica de las imágenes” (es decir del mecanismo físico responsable del haz divergente de rayos que emerge del sistema óptico) y no del mecanismo de su percepción visual, que es idéntico para ambos tipos de imágenes.

- Se debe incorporar sistemáticamente el ojo del observador como parte del sistema óptico que interviene en el proceso complejo formación - percepción de la imagen, a fin de favorecer una adecuada comprensión de los “comportamientos” ópticos observados.

- Seguir los pasos propuestos en lo que nosotros llamamos “La técnica del ojo Grande” para la representación de las imágenes (Pérez y col., aceptado).

Estos pasos pueden resumirse en:

- 1) Construir imágenes de puntos, no de objetos extensos.
- 2) Trazar al menos 2 rayos procedentes de cada punto objeto y que ambos lleguen a un ojo.
- 3) En las imágenes reales, prolongar los rayos más allá del punto donde se crucen (lugar donde se forma la imagen), dirigiéndolos hacia un ojo.
- 4) El ángulo que formen esos 2 rayos debe ser lo más pequeño posible, si no compensarlo pintando el ojo muy grande (técnica del ojo grande).

• Los alumnos deben comprender que el carácter de “objeto” o “imagen” de una entidad óptica no es ontológica (no está “en el ser” de la entidad en cuestión) sino operativa: la imagen formada por una superficie refringente o reflectante puede actuar como objeto para otra superficie. Consideraremos las siguientes definiciones:

- a) “Objeto”, cuando emita rayos divergentes que incida sobre la superficie bajo estudio.
- b) “Imagen real”, cuando a ella lleguen rayos convergentes provenientes de la superficie bajo estudio.
- c) “Imagen virtual”, cuando prolongando los rayos divergentes provenientes de la superficie bajo estudio, éstos parezcan venir de dicha imagen.

(En este nivel no vamos a tener en cuenta los objetos virtuales).

• Advertir a los alumnos del carácter convencional y arbitrario de reglas mnemotécnicas usadas habitualmente en Óptica, como las tablas de signos, con el fin de que adquieran significación, utilidad y funcionalidad ante los alumnos.

A continuación se detallan las actividades seleccionadas para el desarrollo del tercer nivel de elaboración.

#### 6.4.1. Aspectos históricos



##### 1.- Teorías antiguas sobre la explicación de la naturaleza de la luz.

Se propone a los alumnos que hagan un estudio bibliográfico de la evolución histórica sobre la naturaleza de la luz:

- ✓ Las teorías antiguas.
- ✓ La luz como un flujo de partículas (teoría corpuscular de Newton).
- ✓ La luz como una onda.
- ✓ El vacío y el éter.
- ✓ Ondas electromagnéticas.

Se pide a los alumnos que:

- a) En el plano de la experiencia:
- Reseñen los fenómenos ópticos más importantes conocidos en cada época.
  - Perciban el grado de desarrollo tecnológico correspondiente a los aparatos entonces utilizados.
- b) En el plano de la reflexión:
- Descubran la relación de cada teoría con los fenómenos ópticos por aquella época conocidos y su progresión en la explicación de tales fenómenos.
  - Analicen las semejanzas entre muchos de los aspectos de las teorías antiguas y las explicaciones dadas por los alumnos en la fase de “detección de teorías implícitas”.
  - Elaboren un esquema con las características esenciales de aquellas teorías antiguas.

**ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:**

Sugerencias metodológicas: La información se le puede facilitar al alumno según se considere el grado de dificultad que se quiera poner y las disponibilidades de material en el aula. Una forma sería dirigir al alumno a una búsqueda personal de la bibliografía adecuada. Más sencillo es disponer en el aula de algún libro ya identificado para la consulta de estos contenidos. Lo más directo es, desde luego entregarle unas fotocopias con un material ya elaborado por el propio profesor. También se le puede indicar al alumno que haga una búsqueda en Internet, con lo cual el alumno tendría contacto con las nuevas tecnologías. Una dirección apropiada para este fin es: <http://www.pntic.mec.es>.

Se utilizará esta actividad para que el alumno reflexione sobre la evolución de los conocimientos científicos y el carácter no dogmático de los paradigmas de la ciencia. También concurren elementos epistemológicos muy interesantes, que pueden ser sometidos a un breve análisis: necesidad de partir de los hechos, observación muy condicionada por el propio paradigma científico del momento y por las posibilidades de experimentación, necesidad de construir un modelo de lo observado, etc. Es decir, se trata de aprovechar este buen momento para abrir la mente del alumno a las consideraciones más elementales provenientes de la Filosofía de la Ciencia (y en actividades posteriores insistir en ellas).

Objetivos didácticos que desarrolla: b.1; b.10; c.4; A.2; A.3; B.5; B.7



**2. Breve glosario cronológico de los grandes descubrimientos ópticos.**

Los alumnos elaborarán un listado de los grandes descubrimientos, reseñando el año y el autor.

**ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:**

Sugerencias metodológicas:

Se pretende con esta actividad que el alumno disponga de un eje cronológico de las principales efemérides de descubrimientos en el campo de la Óptica, que le permita tener una referencia histórica.

Se puede proporcionar a los alumnos una bibliografía concreta y que ellos elijan los descubrimientos que le parecen más importantes (también cabe la posibilidad de exigir que en la selección entren determinados descubrimientos que el profesor considere imprescindible).

Las dos actividades anteriores las podemos proponer conjuntamente utilizando el trabajo cooperativo de grupo, de la siguiente manera:

En una clase de 20 alumnos se hacen 10 grupos de 2 alumnos cada uno, que se enumeran correlativamente: 1, 2. Los grupos 1 a 5 (que llamaremos ‘a’) desarrollan la primera actividad y los grupos 6 a 10 (que llamaremos ‘b’) la segunda actividad. Una vez finalizadas las actividades se forman otros 10 grupos, con el siguiente criterio: grupo A1, formado por los números 1 de los dos

grupos primitivos 1 y 6; grupo B1, formado por los números 1 de los grupos 2 y 7; C1 formado por los números 1 de los grupos 3 y 8; D1 formado por los números 1 de los grupos 4 y 9; el grupo E1 formado por los números 1 de los grupos 5 y 10. De forma análoga, con los números 2, se formarían los restantes grupos A2, B2, C2, D2, E2. Como en cada grupo hay un elemento de los grupos 'a' y otro de los 'b', se pasan mutuamente la información obtenida en sus grupos originales, la cual corresponde a una de las actividades propuestas.

Objetivos didácticos que desarrolla: c.5; A.3; B.7

Tipo de contenidos de la dos actividades anteriores:

**Conceptuales:**

Modelos Físicos y teóricos de cada teoría antigua.

Cronología histórica.

**Procedimentales:**

Búsqueda bibliográfica.

Debates.

Realización de esquemas.

**Actitudinales:**

Aceptación del carácter no dogmático de la ciencia.

Aceptación de la necesidad de evolución y progreso en la búsqueda de la verdad.

Respeto a las opiniones y argumentaciones de los demás producidas en el debate.

Valoración del esfuerzo humano en los trabajos de la ciencia.

Todos los conocidos que se derivan del *trabajo cooperativo* (Valoración del trabajo de los demás y del propio, responsabilidad de colaborar en el aprendizaje propio y de los demás, idea socializadora del trabajo en común, trabajo como servicio a los demás, etc.).

## 6.4.2. Aspectos teóricos



### **3. Anticipar al alumno que en adelante, como mínimo, deberá conocer:**

- **Conceptos:**

- ✓ Rayo luminoso.
- ✓ Rayo incidente y reflejado.
- ✓ Ángulo de incidencia y de reflexión.
- ✓ Medios de propagación de la luz.
- ✓ Rayo refractado.
- ✓ Ángulo de refracción.
- ✓ Ángulo límite.
- ✓ Dispersión de la luz.
- ✓ Intensidad de la luz (luminosidad), como concepto cotidiano.
- ✓ Coeficiente de absorción.
- ✓ Sistema óptico.
- ✓ Objeto.
- ✓ Imagen real y virtual.
- ✓ Distancia objeto y distancia imagen.
- ✓ Sistema óptico estigmático.
- ✓ Dioptrio esférico.

- ✓ Dioptrio plano.
  - ✓ Espejo esférico.
  - ✓ Espejo plano.
  - ✓ Lente: Lente convergente y divergente.
- **Leyes:**
    - ✓ La relación entre la propagación de la energía luminosa y el camino que lleva en su propagación.
    - ✓ La relación entre el ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión.
    - ✓ La relación entre el plano al que pertenece el rayo incidente y el plano al que pertenece el rayo reflejado.
    - ✓ La relación entre los senos de los ángulos de incidencia y refracción y los índices de refracción del primer y segundo medio.
    - ✓ La relación entre el plano al que pertenece el rayo incidente y el plano al que pertenece el rayo refractado.
    - ✓ La relación entre el índice de refracción de un medio y la longitud de onda de la radiación que atraviesa el medio.
    - ✓ La relación del valor de la intensidad de la luz antes y después de atravesar un medio material.
    - ✓ La relación entre la distancia objeto y la distancia imagen para un dioptrio esférico y para un dioptrio plano.
    - ✓ La relación entre el tamaño del objeto y de la correspondiente imagen formada por un dioptrio esférico y por un dioptrio plano.
    - ✓ La relación entre la distancia objeto y la distancia imagen para un espejo esférico y para un espejo plano.
    - ✓ La relación entre el tamaño del objeto y de la correspondiente imagen dada por un espejo esférico y por un espejo plano.
    - ✓ La relación entre el tamaño del objeto y de la correspondiente imagen formada por una lente.
    - ✓ La relación entre la distancia objeto y la distancia imagen para una lente.
    - ✓ La relación entre la forma de la lente y la convergencia (o divergencia) de los rayos refractados.
    - ✓ La relación entre el índice de refracción de la lente y el índice de refracción del medio exterior.
  - **Procedimientos:**
    - ✓ Medir ángulos.
    - ✓ Representar con un diagrama de rayos la sombra y la penumbra formada, al interponerse un objeto opaco entre la fuente luminosa y una pantalla.
    - ✓ Montar sencillas experiencias donde se observen las leyes de la reflexión y de la refracción.
    - ✓ Representar en un diagrama de rayos las distintas imágenes formadas por un dioptrio esférico y por un dioptrio plano, para las distintas posiciones del objeto.

- ✓ Representar en un diagrama de rayos las distintas imágenes formadas por un espejo esférico y por un espejo plano para las distintas posiciones del objeto.
- ✓ Representar en un diagrama de rayos las distintas imágenes formadas por una lente para las distintas posiciones del objeto.
- ✓ Montar sencillas experiencias donde se observe la formación de las imágenes en los distintos sistemas ópticos estudiados.
- ✓ Resolver problemas numéricos de óptica geométrica.

**ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:**

Sugerencias metodológicas:

Se pretende con esta actividad orientar el aprendizaje del alumno. No se trata solamente de presentar al alumno un listado de estos contenidos (en donde intencionadamente no se han expresado los contenidos actitudinales), sino de ayudarlo a relacionarlo con lo estudiado en el epítome.

El epítome debe ser una continua referencia para resituar al estudiante en cada momento de su aprendizaje (a este efecto es muy útil disponer en todo momento de unas transparencias, por ejemplo, en donde figure la síntesis y el resumen del epítome y presentarla como perspectiva general cuando la situación lo demande), utilizando siempre contenidos cercanos a la realidad del alumno. Es esta actividad una buena ocasión para intentar despertar en ellos una relación afectiva con lo que van a aprender, induciéndoles un sentimiento de identificación y compromiso con su propio aprendizaje.

Objetivos didácticos que desarrolla: a.4; B.6

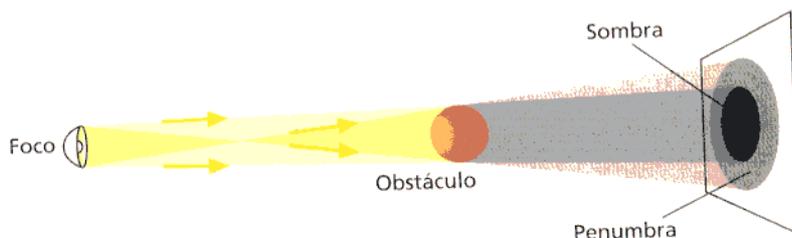
Dada la dificultad para observar las experiencias ópticas y que para la realización de éstas se necesita que el aula esté a oscuras, o como mucho en penumbra, se recomienda que siempre que se pueda, las actividades se realicen en grupos de 3 o 4 alumnos. Si son experiencias de cátedra se acercarán los alumnos al lugar donde se ha montado la práctica en grupos de 6 o 7 alumnos.

Todas las experiencias que proponemos a continuación pueden hacerse con material “casero”, que se describirá en cada actividad, o también con los equipos de Óptica, que pueda haber en cualquier Instituto de Enseñanza Secundaria, ya que el material necesario para el desarrollo de las mismas es económicamente bastante asequible.



#### **4. Propagación rectilínea de la luz y formación de sombras.**

**Material:** Un foco luminoso (extenso), por ejemplo un flexo, linterna de oftalmología (foco luminoso puntual), objeto opaco, pantalla (pared), regla.



El profesor coloca el foco luminoso extenso de modo que un objeto opaco, proyecte una sombra sobre una pantalla o en la pared. A continuación repetirá la actividad pero con el foco puntual, manteniendo fija la posiciones relativas foco luminoso-objeto-pantalla.

- Se le pide a los alumnos, en grupo de dos o tres, que representen en un diagrama lo que están observando y que expliquen verbalmente su esquema.
- ¿Qué diferencias observan entre iluminar con el flexo o iluminar con la linterna puntual?

El profesor, después de haber puesto en común las respuestas de los alumnos, explica la formación de sombra y penumbra mediante un diagrama de rayos. Es el momento de indicarle que esas líneas rectas que hemos dibujado representan el camino que lleva la luz en su propagación (Modelo Geométrico).

- Pregunta abierta: ¿qué sucede con el tamaño de la sombra y la penumbra si la fuente de luz se aleja del objeto manteniendo fija la posición del objeto- pantalla?

El profesor, después de haber puesto en común las respuestas de los alumnos, representa en un diagrama semejante al anterior este nuevo caso.

- Pregunta abierta: ¿qué sucede con el tamaño de la sombra y la penumbra si la fuente de luz se acerca al objeto manteniendo fija la posición del objeto- pantalla?

El profesor, después de haber puesto en común las respuestas de los alumnos, representa en un diagrama semejante al anterior este nuevo caso.

- Pregunta abierta: ¿qué sucede con el tamaño de la sombra y la penumbra si la fuente luminosa es más intensa?

El profesor, después de haber puesto en común las respuestas de los alumnos, explicará, ayudándose de una fuente más o menos luminosa, que el tamaño de una sombra o penumbra depende solamente de las posiciones relativas fuente-objeto opaco-pantalla.

**ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:**

Sugerencias metodológicas:

Con esta actividad se refuerza por un lado la ley de la propagación rectilínea de la luz y por otro la formación de sombras y su dependencia con las fuentes.

Debemos llamar aquí la atención sobre la palabra rayo, ya que para los estudiantes tiene entidad real y lo asemejan a los halos coloreados que se ven alrededor de las fuentes, o a la difusión de las partículas de polvo cuando un haz de luz entra por la ventana (Selley, 1996). Los rayos de luz son constructores teóricos útiles para indicar cada una de las direcciones de propagación desde el objeto luminoso pero que no brillan, ni se muestran como los destellos en el aire con humo o polvo.

También se debe recordar a los alumnos el concepto de objeto opaco.

Objetivos Didácticos que desarrolla: b.6; b.7; b.8; b.11; c.1; d.8;A.4;B.3

Tipo de contenidos de la actividad anterior:

**Conceptuales:**

Propagación rectilínea de la luz.

Formación de sombra y penumbra.

Objeto opaco.

**Procedimentales:**

Búsqueda de la relación lógica, de forma verbal o matemática, de las causas con los respectivos efectos en el fenómeno estudiado.

Planificación y realización de experiencias para contrastar hipótesis.

Representación gráfica de la formación de sombra.

**Actitudinales:**

Aceptación del carácter no dogmático de la ciencia.

Aceptación de la necesidad de evolución y progreso en la búsqueda de la verdad.

Respeto a las opiniones y argumentaciones de los demás producidas en el debate.

Valoración del esfuerzo humano en los trabajos de la ciencia.

Todos los conocidos que se derivan del *trabajo cooperativo* (Valoración del trabajo de los demás y del propio, responsabilidad de colaborar en el aprendizaje propio y de los demás, idea socializadora del trabajo en común, trabajo como servicio a los demás, etc.).



**5. Reflexión de la luz en superficies planas.**

**Material:** Un foco luminoso, un folio, un diafragma de una rendija, un disco de Hartl (círculo de papel graduado) y un espejo.

Se coloca el diafragma entre el foco luminoso y el espejo. Sobre el folio se dibuja una línea recta y se coloca el espejo perpendicular a ella. Se hace coincidir la línea 0°-180° del disco de Hartl con esta línea y se dirige el foco luminoso hacia el espejo:

a) De forma que el haz luminoso incida perpendicular al espejo.

b) Repetir el apartado anterior para distintas direcciones (30°, 45°, 60°) del rayo incidente.

A continuación el profesor dobla el folio por la mitad y coloca el espejo sobre una de las partes. Después orienta la otra parte a distintas posiciones para que entre ambas partes del folio se formen ángulos de 90°, 60°, 45°, ... y 0°.

Preguntas abiertas:

- ¿Cómo son los ángulos incidentes y reflejados en cada caso?

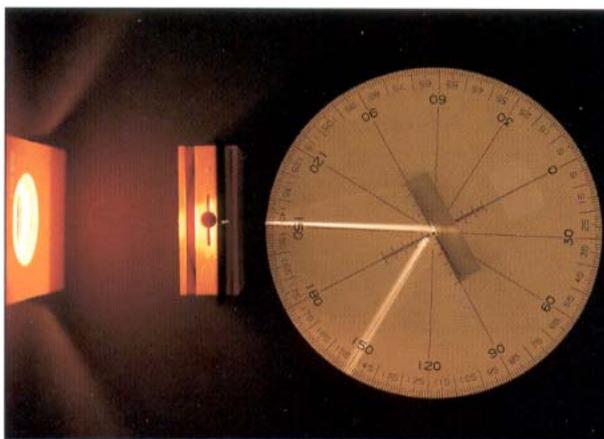
- ¿En qué plano se encuentran el rayo incidente y el rayo reflejado? ¿Cómo es este plano con respecto al espejo?

Se les pide a los alumnos que:

- Dibujen en un diagrama de rayos lo que han observado.

- Planteen, en grupos de dos o tres, las leyes que rigen este fenómeno.

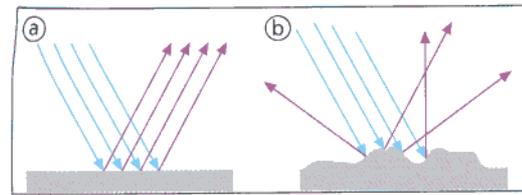
El profesor pone en común estas respuestas y junto con un diagrama de rayos enuncia las dos leyes de la reflexión:



*El rayo incidente, la normal y el rayo reflejado están en el mismo plano*

*El ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión son iguales.*

A continuación el profesor indicará que en realidad la reflexión que acabamos de estudiar es la llamada reflexión especular, pero que además tenemos que tener en cuenta la reflexión difusa (difusión) que es la más común y explicará las diferencias entre ambas.



Reflexión especular (a) y difusa (b).

A partir de la difusión podemos comentar con los alumnos el mecanismo de la visión:

Pregunta abierta:

- ¿Cómo vemos a los objetos que no son luminosos?

El profesor pone en común las respuestas y dará la explicación final.

**ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:**

Sugerencias metodológicas:

Si se utiliza como foco luminoso un puntero láser, no se necesita el diafragma.

Esta actividad se puede realizar a partir de la visión y estudio de la película de vídeo “Las mil y una prácticas”, en el apartado de **Reflexión en espejos planos**.

“Las mil y una prácticas” es un video de practicas de Óptica, realizado en el Área de Óptica del departamento de Física de la Universidad de Extremadura. El video muestra la reflexión de la luz en un espejo plano en donde se pone de manifiesto las leyes de la reflexión:

Se observa que cuando las dos partes del folio forman un ángulo aparece sobre el folio un punto luminoso en la dirección del rayo reflejado, sin embargo si las dos partes del folio forman un ángulo de  $0^\circ$  se puede observar el rayo incidente y reflejado en el mismo plano, siendo este el plano perpendicular al espejo.

Con esta actividad volvemos a incidir sobre el mecanismo de la visión, que ya se trató en una de las actividades de las teorías implícitas.

Objetivos didácticos que se desarrolla: b.4; b.6, b.7; b.8; b.11; b.12; b.14; b.16; c.1; d.2; A.3; B.3

Tipo de contenidos de la actividad anterior:

**Conceptuales:**

Reflexión especular y difusa.

Leyes de la reflexión.

**Procedimentales:**

Planificación y realización de experiencias para contrastar hipótesis.

Debates.

Realización de esquemas.

Búsqueda de la relación lógica, de forma verbal o matemática, de las causas con los respectivos efectos en el fenómeno estudiado.

**Actitudinales:**

Aceptación del carácter no dogmático de la ciencia.

Aceptación de la necesidad de evolución y progreso en la búsqueda de la verdad.

Respecto a las opiniones y argumentaciones de los demás producidas en el debate.

Valoración del esfuerzo humano en los trabajos de la ciencia.

Todos los conocidos que se derivan del *trabajo cooperativo* (Valoración del trabajo de los demás y del propio, responsabilidad de colaborar en el aprendizaje propio y de los demás, idea socializadora del trabajo en común, trabajo como servicio a los demás, etc.).

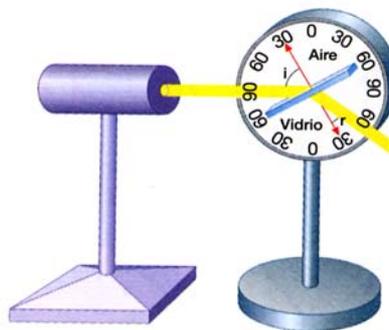
**Otras actividades:** Si llegados a este punto, advertimos que los alumnos no han superados los modelos espontáneos de visión, se les puede proponer que miren en una habitación con sólo una linterna encendida a través de un tubo. El observador sólo podrá ver los objetos a los que le llega la luz emitida por la linterna.



## **6. Refracción de la luz en superficies planas.**

Se trata de una actividad que se desarrollará siguiendo una metodología de descubrimiento dirigido, en grupos de 3 o 4 alumnos, con las fases que más abajo se describen.

**Material:** Cualquier recipiente transparentes de paredes planas (y muy delgadas), un foco luminoso, por ejemplo un puntero láser y un disco de Hartl (círculo de papel graduado).



Comprobación experimental de las leyes de la refracción de la luz.

### **1ª Fase: Motivación**

El profesor plantea la investigación como un problema a resolver, como reto, no sólo a los conocimientos, sino también a la imaginación y sentido creativo, y crea así un contexto adecuado de descubrimiento.

### **2ª Fase: Planteamiento del problema**

El profesor plantea la investigación:

- a) descubrir la posible relación entre el ángulo de incidencia y el ángulo de refracción en la interfase aire-agua.
- b) descubrir la posible relación entre el plano donde se encuentran el rayo incidente, el plano donde se encuentra el rayo refractado y el plano de la superficie de separación de los dos medios.

### **3ª Fase: Formulación de hipótesis:**

Dejando un tiempo prudencial de debate entre los grupos, se pone en común lo acordado, para que todos los grupos trabajen en la misma línea experimental:

Comprobar la relación entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción para distintos valores del ángulo de incidencia, a la vez que observamos el plano en el que se encuentra el rayo incidente y el rayo reflejado, con respecto a la superficie de separación, en cada caso.

### **4ª Fase: Elaboración del diseño experimental**

El profesor explica que es necesario un diseño experimental para aceptar o rechazar las hipótesis formuladas. Se debe explicar que con este diseño se pretende:

- ✓ Medir los valores de las magnitudes que supuestamente están relacionadas (de la fase anterior). Con esos valores se construirá una tabla como la siguiente:

Ángulo de incidencia $\theta_1$	Ángulo de refracción $\theta_2$	$\text{sen } \theta_1 / \text{sen } \theta_2$
15°		
30°		
45°		
60°		
75°		

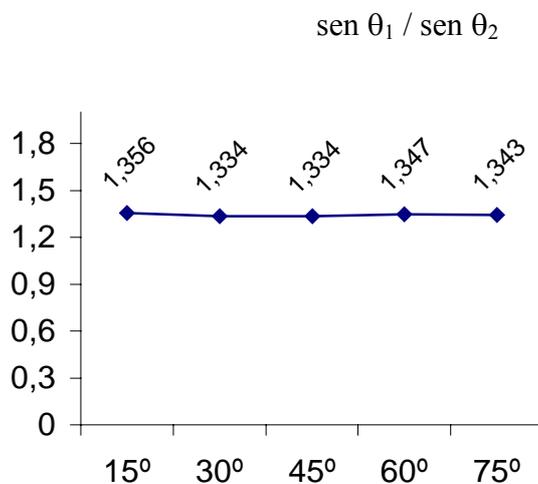
El profesor debe ir revisando por grupos los diseños propuestos y luego hacer una puesta en común en donde se fije para todos un único diseño:

Se llena de agua el recipiente y se coloca sobre el disco graduado de forma que unas de las líneas que se cruzan haga de normal en el punto que elijamos de incidencia. Con el puntero láser se hace incidir el rayo luminoso en el punto de incidencia elegido y se mide el ángulo de refracción.

Repetir la experiencia para distintos ángulos de incidencia.

### 5ª Fase: Obtención y análisis de resultados.

Los alumnos obtienen los datos empíricos y los organizan para su análisis. Sería bueno que los alumnos advirtieran que la mejor forma de analizar los datos es construir con ellos una representación gráfica cartesiana. Si no es así, el profesor lo explicará y todos los grupos construirán sus gráficas de acuerdo con el procedimiento explicado. Debería obtenerse un resultado parecido a:



Aquí el profesor explica la importancia de la imprecisión de las medidas y el ajuste de la curva presentada en esta gráfica.

### 6ª Fase: Interpretación de resultados: Enunciado de la ley.

Se propone a los alumnos que observen tanto los resultados de la tabla como la gráfica obtenida y, a modo de conclusión, escriban la fórmula de la ley descubierta y sinteticen su significado:

- ✓ Relación entre el ángulo de incidencia y el ángulo de refracción en cada caso.
- ✓ Relación de proporcionalidad entre  $\text{sen } \theta_1$  y  $\text{sen } \theta_2$ .

- ✓ Que de la observación en cada medida den la relación entre el plano que ocupa el rayo de incidencia, el de refracción y la superficie de separación.
- ✓ Dibujar en un diagrama de rayos lo que han observado.

**7ª Fase: Resolver algunos ejercicios numéricos con la utilización de la ley obtenida.**

En este momento el profesor explica la relación del cociente del seno del ángulo de incidencia y del ángulo de refracción con la velocidad de la luz en cada medio. A continuación dará la definición de índice de refracción.

Se les propone a los alumnos que hagan un estudio bibliográfico sobre los distintos experimentos, indicados a continuación, que se han realizado para medir la velocidad de la luz:

- ✓ El experimento de Galileo
  - ✓ El experimento de Olaf Römer
  - ✓ El experimento de Fizeau
  - ✓ El experimento de Foucault
  - ✓ Experimento de Michelson
- Se les pide a los alumnos que analicen las principales diferencias entre los experimentos y comparen los resultados obtenidos en ellos.

El profesor vuelve a enunciar la ley de Snell, en este caso en función de los índices de refracción de los dos medios que intervienen:  $n_1 \text{ sen } \theta_1 = n_2 \text{ sen } \theta_2$ .

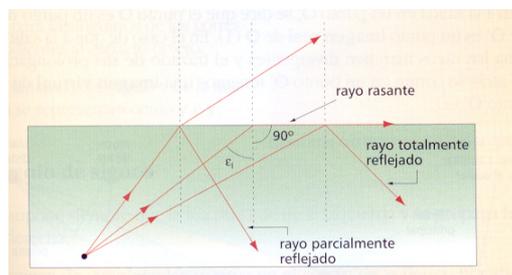
Pregunta abierta:

- ¿Y si la luz pasara del agua al aire como sería el ángulo de refracción con respecto al ángulo de incidencia?

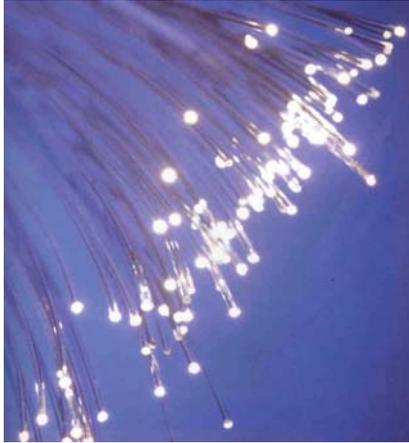
El profesor con el mismo material de esta experiencia hace un montaje de forma que se puedan medir los ángulos de refracción cuando la luz pasa del agua al aire, eligiendo igual que antes, que una de las líneas que se cortan del disco graduado haga de normal a la superficie de separación en el punto de incidencia. Va cambiando el ángulo de incidencia y anotando los ángulos de refracción, hasta que se observe la reflexión total.

Se les pregunta a los alumnos

- ¿Cómo son ahora entre sí los ángulos de incidencia y de refracción?
- ¿Qué ocurre al ir aumentando el ángulo de incidencia en el agua?
- ¿A partir de qué ángulo ocurre esto?
- ¿De que dependerá este ángulo?



El profesor pone en común las respuestas y en este momento explicará el concepto de ángulo límite y como se calcula, para dos medios determinados, a partir de la ley de Snell.



- Se les pide a los alumnos que indiquen alguna aplicación de la reflexión total.

Como aplicación de la reflexión total el profesor les hablará de las fibras ópticas.

- Resolver algunos ejercicios numéricos con la utilización de las leyes obtenidas.

**ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:**

**Sugerencias metodológicas:**

En estas actividades se observará con facilidad el rayo incidente, el reflejado y el refractado, por lo que es buen momento para confirmar que cuando un haz luminoso se encuentra con un cambio de medio parte de su energía se refleja y parte se refracta.

Como resultado de medir los ángulos de refracción nos quedará una tabla como la siguiente:

Ángulo de incidencia $\theta_1$	Ángulo de refracción $\theta_2$	Sen $\theta_1$ / Sen $\theta_2$
15°	11°	1,356
30°	22°	1,334
45°	32°	1,334
60°	40°	1,347
75°	45°	1,343

Para observar más casos de reflexión total, se puede ver la película de vídeo “*Las mil y una prácticas*”, en el apartado Prisma de reflexión. Con la visión del video se pretende que los alumnos afiancen la idea de reflexión total.

Objetivos didácticos que se desarrollan: b.6; b.7; b.8; b.11; b.13; b.15; b.16; c.1; d.1; d.2; d.3; d.4; A.3; A.4; A.6;A.8; B.3;B.6;

**Tipo de contenidos de la actividad anterior:**

**Conceptuales:**

Refracción.  
Leyes de la refracción.  
Índice de refracción.  
Reflexión total.

**Procedimentales:**

Aplicar de forma general y aproximada el método científico.  
Medir ángulos.  
Obtener y analizar gráficas.  
Resolución de ejercicios numéricos de aplicación.  
Búsqueda bibliográfica.  
Debates.

**Actitudinales:**

Aceptación del carácter no dogmático de la ciencia.  
Aceptación de la necesidad de evolución y progreso en la búsqueda de la verdad.  
Respeto a las opiniones y argumentaciones de los demás producidas en el debate.  
Valoración del esfuerzo humano en los trabajos de la ciencia.

Todos los conocidos que se derivan del *trabajo cooperativo* (Valoración del trabajo de los demás y del propio, responsabilidad de colaborar en el aprendizaje propio y de los demás, idea socializadora del trabajo en común, trabajo como servicio a los demás, etc.).

**Otras actividades:**

Observar el fenómeno de la reflexión total en un prisma:

**Material:** Diafragmas, foco luminoso, disco de Hartl, un prisma de 90° y filtros de tres colores.

Colocamos el diafragma de una ranura y hacemos que el haz de rayos incida:

- a) perpendicular a un cateto del prisma. Describir que ocurre.
- b) perpendicular a la hipotenusa del prisma. Describir que ocurre.

¿Podrías dar una explicación de lo que ocurre?

Colocamos el diafragma de tres ranuras y los filtros de tres colores coincidentes con las ranuras.

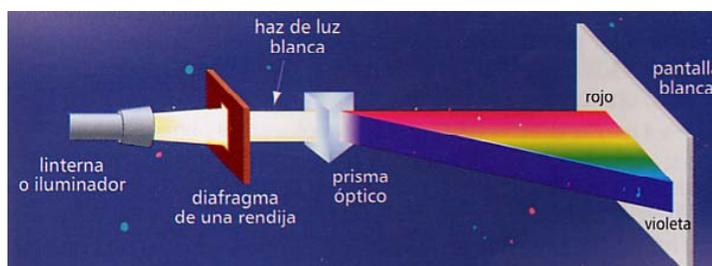
c) Colocar el prisma para que los rayos incidan por un cateto. Indicar cuantos detalles hayas observado. ¿Siempre hay refracción?



**7. Dispersión.**

**Material:** linterna, diafragma de una rendija, prisma y un folio en blanco que hace de pantalla.

Detrás de una linterna se coloca un diafragma, a continuación un prisma sobre el que se hace incidir la luz procedente de la linterna y detrás del prisma el folio en blanco.

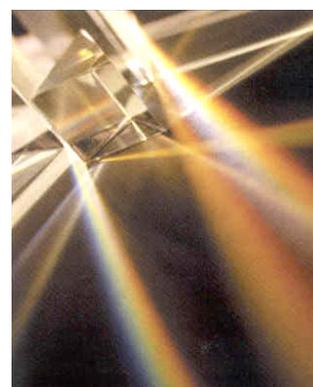


Preguntas abiertas:

- ¿Qué le ocurre al haz que emerge del prisma?
- ¿De qué depende?
- ¿Qué color se desvía más y cual menos?

El profesor, pondrá en común todas las respuestas. En este momento y a partir de la definición de índice de refracción, hecha anteriormente, hará hincapié en la relación de éste con la longitud de onda  $\lambda$  que incide en el medio.

Precisará que se entiende por espectro refiriéndose al espectro electromagnético en general y al visible en particular. Definirá que se entiende por medio dispersivo.



A continuación el profesor cambia el foco luminoso, utilizado anteriormente, por un puntero láser.

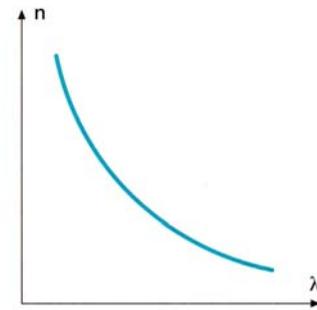
Preguntas abiertas:

- ¿Qué se observa ahora en la pantalla?
- ¿Habrá refracción? y ¿dispersión?

El profesor, pondrá en común todas las respuestas y concretará que se entiende por luz monocromática.

Se les pedirá a los alumnos que:

- Representen en un gráfico el fenómeno
- Relacionen este fenómeno con experiencias análogas de su entorno.
- Planteen la posible ley (cualitativamente) que rige este fenómeno.



Dispersión normal. El índice de refracción de un medio es inversamente proporcional a la longitud de onda de la radiación que lo atraviesa.

El profesor pondrá en común todas las respuestas y dará una explicación del fenómeno.

#### ORIENTACIONES METODOLOGICAS:

Sugerencias metodológicas: Conviene animar y dirigir las opiniones de los alumnos acerca de las hipótesis que se les pide.

El profesor puede presentar unas transparencias donde aparezca el espectro electromagnético y las principales aplicaciones de las distintas radiaciones.

Objetivos Didácticos: b.6; b.7; b.8; b.12; b.18; c.1; d.8; d.10; A.3; B.3; B.7

#### Tipo de contenidos de la actividad anterior:

##### **Conceptuales:**

Dispersión. Espectro luminoso.

##### **Procedimentales:**

Planificación y realización de experiencias para contrastar hipótesis.

Identificación e interpretación de situaciones de la vida cotidiana relacionada con los fenómenos estudiados.

Realización de un esquema del fenómeno estudiado.

Búsqueda de la relación lógica, de forma verbal o matemática, de las causas con los respectivos efectos en el fenómeno estudiado.

##### **Actitudinales:**

Aceptación del carácter no dogmático de la ciencia.

Aceptación de la necesidad de evolución y progreso en la búsqueda de la verdad.

Respeto a las opiniones y argumentaciones de los demás producidas en el debate.

Valoración del esfuerzo humano en los trabajos de la ciencia.

Todos los conocidos que se derivan del *trabajo cooperativo* (Valoración del trabajo de los demás y del propio, responsabilidad de colaborar en el aprendizaje propio y de los demás, idea socializadora del trabajo en común, trabajo como servicio a los demás, etc.).

**Otras actividades para observar la dispersión:**

- Con la luz de un flexo se ilumina una copa que contiene agua. La copa se inclina un poco hasta que se observe en un folio, colocado detrás de la copa, el espectro visible.
- Encendiendo el retroproyector y mirando a la base también se observa la dispersión de la luz.
- También se les puede hacer reflexionar sobre el arco iris: Conviene que el profesor insista en que es un fenómeno muy frecuente, lo que ocurre que con el prisma (que es como viene en todos los libros) se observa muy bien y además se puede precisar que color se desvía más, etc.
- Observa el arco iris en la clase:

**Material:** Un recipiente algo grande lleno de agua, un espejo plano de tocador, una linterna potente que proyecte un haz fino (se puede tapar parcialmente el foco con una cartulina agujereada en el centro), un poco de plastilina par mantener el espejo en la posición correcta.

Con la clase lo más a oscuras posible, se coloca el espejo dentro del agua, con una inclinación de unos 45°, envía el haz de luz al espejo y se observa que la luz reflejada ya no es blanca sino es el arco iris.



**8. Resumen de las dos actividades anteriores.**

Se propone a los alumnos que realicen y expliquen, a modo de resumen, un mapa conceptual, donde de forma jerárquica y relacional expongan los fenómenos descritos en las dos actividades anteriores.

**ORIENTACIONES METODOLOGICAS:**

Sugerencias metodológicas: Conviene ahora hacer una reflexión y sintetizar todo lo tratado en las dos actividades anteriores, para consolidar los esquemas de conocimientos conseguidos.

Los alumnos pueden elaborar el mapa en grupos de 2 o tres y después ponerlos en común.

Por otro lado, esta actividad brinda una excelente oportunidad de insistir en los aspectos afectivos porque se trata de proponer al alumno que haga una reflexión personal para recapacitar sobre tres cuestiones:

1ª Autoevaluación: Qué conocía antes de empezar la unidad didáctica y qué sabe ahora. Es decir que valore cuál ha sido su progreso (hay que ayudarlo en esta valoración porque es muy frecuente que menosprecien lo que han conseguido aprender; el aprendizaje, y sobre todo la evaluación, lo solemos presentar como una interminable carrera de obstáculos que da la impresión al alumno de no conseguir metas importantes).

2ª Que experimente la satisfacción del progreso alcanzado y la posibilidad de conseguir más metas.

3ª Que reconozca y valore la ayuda que ha recibido (aportaciones de la construcción de la ciencia, apoyo del profesor, de otros compañeros,..) y la que él haya podido proporcionar.

(Es necesario tener en cuenta a aquellos alumnos cuya reflexión esté condenada a resultados negativos. Es este el momento, cuando todavía hay tiempo, de invitarles a recuperara lo perdido y que se sientan ayudados de una manera afectiva en ese empeño).

Objetivos Didácticos: b.9; c.2; B.4; B.6; B.9

Tipo de contenidos de la actividad anterior:

**Conceptuales:**

Refracción.  
Leyes de la refracción.  
Índice de refracción.  
Reflexión total.  
Dispersión. Espectro luminoso.

**Procedimentales:**

Elaborar un mapa de conceptos.  
Debate.

**Actitudinales:**

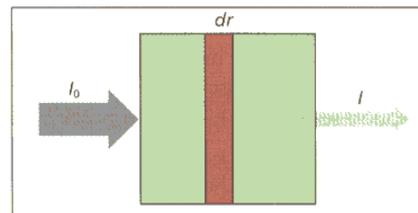
Todos los reseñados para las actividades anteriores.  
Valorar desde un plano más afectivo los sentimientos que despierta la comprobación del propio conocimiento que mediante el estudio se va consiguiendo.



**9. Absorción.**

**Material:** Recipiente transparente, agua, unas gotas de leche, foco luminoso, un diafragma con una ranura o con un orificio.

El profesor monta la siguiente actividad: Sobre un recipiente transparente que contiene agua y unas gotas de leche, se hace incidir un haz de luz procedente de una linterna después de atravesar un diafragma con una ranura o con un orificio. Se observa y compara el haz de luz que entra en el recipiente con el que sale del mismo.



Preguntas abiertas:

- ¿Cómo es el haz luminoso que emerge de la mezcla de agua y leche comparado con el que llega?
- ¿De que depende esta diferencia?
- ¿Cuál es la posible ley que rige este fenómeno?

El profesor pone en común las respuestas y explicará la ley de Lambert-Beer:

$$I = I_0 e^{-\alpha r}$$

$I_0$  es la intensidad del haz incidente

$r$  es el espesor de la sustancia

$\alpha$  es el coeficiente de absorción que depende de las características del medio.

- Resolver algunos ejercicios numéricos con la utilización de la ley obtenida.

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

Sugerencias metodológicas:

Podemos montar la misma experiencia del epítome o hacer referencia a ella (si vamos mal de tiempo).

Hay que tener en cuenta que los alumnos ya han visto absorción de una onda en el bloque temático de Ondas.

Objetivos didácticos que desarrolla: b.6; b.7; b.12; b.17; c.1; A.3; B.1; B.3;

Tipo de contenidos de la actividad anterior:

**Conceptuales:**

Absorción.

**Procedimentales:**

Planificación y realización de experiencias para contrastar hipótesis.

Búsqueda de la relación lógica, de forma verbal o matemática, de las causas con los respectivos efectos en el fenómeno estudiado.

Resolución de ejercicios numéricos de aplicación.

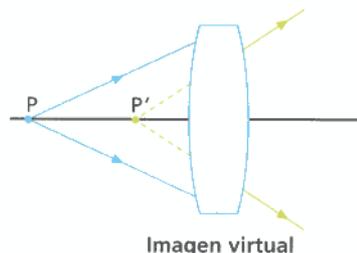
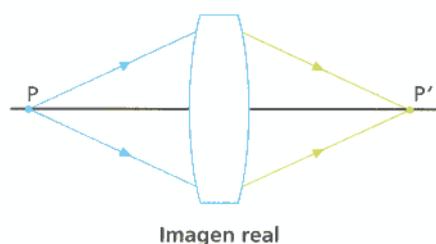
**Actitudinales:**

Todos los reseñados para la actividad 7.

Llegados a este punto el profesor indicará, que con la ayuda de estos fenómenos, se explicará la formación de las imágenes en los distintos sistemas ópticos.

Se comenzará haciendo una descripción de los siguientes conceptos:

- Óptica Geométrica
- Sistema óptico. Clasificación de los sistemas ópticos.
- Objeto. Imagen real y virtual.
- Sistema óptico estigmático.
- Convenio de signos, que vamos a utilizar.
- Aproximación paraxial o zona de Gauss.
- Sistema óptico centrado: Definición de foco objeto  $F$ , distancia focal objeto  $f$ , foco imagen  $F'$ , distancia focal imagen  $f'$ , centro de curvatura, radio de curvatura, vértice, polo o centro óptico, eje principal o eje óptico, eje secundario, distancia objeto  $s$  y distancia imagen  $s'$ .





### 10. Dioptrio esférico.

**Material:** Un recipiente transparentes de paredes esféricas, un disco de Hartl, un foco luminoso, un diafragma de una ranura (con un puntero láser no hace falta el diafragma), un folio en blanco y una regla.

Se llena de agua el recipiente y se coloca sobre el disco graduado de forma que unas de las líneas que se cruzan haga de normal en el punto que elijamos de incidencia. Con el puntero láser se hace incidir el rayo luminoso, en el punto de incidencia con varios ángulos y se van midiendo los ángulos de refracción en cada caso.

Pregunta abierta:

- ¿Se cumplirá la ley de los senos (ley de la refracción) que hemos visto anteriormente?

Se les pide a los alumnos que:

- Completen la tabla siguiente:

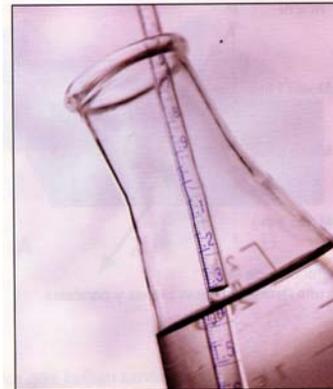
Ángulo de incidencia $\theta_1$	Ángulo de refracción $\theta_2$	Sen $\theta_1$ / Sen $\theta_2$
15°		
30°		
45°		
60°		
75°		

Una vez comprobada la ley de la refracción, el profesor explicará qué se entiende por dioptrio esférico, la diferencia entre el dioptrio esférico cóncavo y convexo y los elementos esenciales de un dioptrio.

El profesor coloca unas canicas en una copa, como en la actividad 5 del epítome.

Preguntas abiertas:

- ¿Se podrá predecir la posición y tamaño de las canicas vistas a través de las paredes de la copa?



El profesor pondrá en común las respuestas de los alumnos y deducirá la ecuación de los puntos conjugados (fórmula general) para el dioptrio esférico.

$$\frac{n'}{s'} - \frac{n}{s} = \frac{n' - n}{R} \quad \text{Fórmula general del dioptrio esférico}$$

Una vez que tengamos la ecuación y con la definición dada anteriormente de F y F' se calcula la distancia focal objeto f y la distancia focal imagen f'. (Se puede hacer un cálculo numérico y un gráfico que representen los ejemplos descritos).

$$f' = \frac{n'R}{n' - n} \quad f = -\frac{nR}{n' - n}$$

Preguntas abiertas:

- ¿Se puede predecir qué dirección llevará el rayo refractado si el incidente llega a la superficie del dioptrio en dirección del centro (o pasando por él)?
- ¿Se puede predecir qué dirección llevará el rayo refractado si el incidente llega a la superficie del dioptrio en dirección del foco objeto(o pasando por él)?
- ¿Se puede predecir qué dirección llevará el rayo refractado si el incidente llega a la superficie del dioptrio en dirección del foco imagen(o pasando por él)?

Con el material inicial de esta actividad, se hace incidir, con distinta inclinación, la luz procedente del foco luminoso sobre las paredes del recipiente esférico, de forma que pase por los (o lleven la dirección de los) puntos definidos anteriormente, que previamente habrán sido calculados con las expresiones deducidas.

Se les pide a los alumnos que:

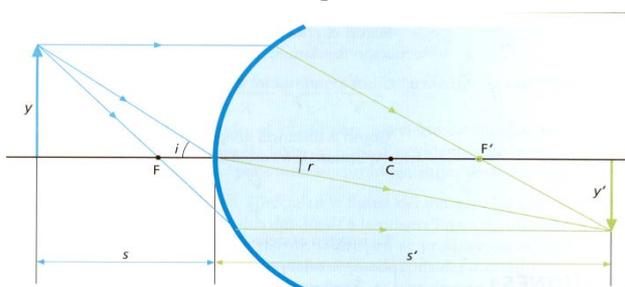
- Representen lo que están observando en un diagrama de rayos y expresen verbalmente que están representando.

El profesor pone en común las respuestas y hace la representación gráfica.

A continuación explica como se representa la formación de imágenes y dibuja todos los casos posibles, para las distintas posiciones del objeto tanto en los dioptrios cóncavos como convexos (haced el ejemplo para  $n' > n$ ).

Preguntas abiertas:

- En cada caso ¿Cuál es la naturaleza de la imagen?(imagen, real o virtual, de menor o mayor tamaño, derecha o invertida)
- ¿Cuál de estas representaciones se corresponde con el ejemplo de las canicas dentro de la copa?



- Si no se corresponde ninguna, se les pide a los alumnos que representen en un diagrama de rayos nuestro caso (canicas dentro de la copa) y que indiquen la naturaleza de la imagen.

- ¿Se puede predecir el tamaño de la imagen?

El profesor pone en común todas las respuestas y define qué se entiende por aumento lateral y su cálculo.

$$A_L = \frac{y'}{y} = \frac{ns'}{n's}$$

- Se les pide a los alumnos que relacionen este fenómeno con experiencias análogas de su entorno
- Resolver algunos ejercicios numéricos con la utilización de las leyes obtenidas.

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

Sugerencias metodológicas:

Puede que algunos alumnos se sorprendan de que los resultados sean los mismos que en la actividad 6, ya que los alumnos tienden a pensar que la ley de refracción es distinta en las superficies planas que en las esféricas (esta conclusión puede que haya surgido en el desarrollo del epítome). En este caso se le puede explicar haciendo las siguientes preguntas:

¿No es igual el agua con la que se llenó el recipiente de paredes planas que este recipiente?

¿Cambia el índice de refracción del agua según la forma del recipiente que lo contenga?

¿Qué diferencia hay entre un punto de una superficie esférica y el de una superficie plana?

Por otra parte, el profesor debe hacer hincapié en que la posición de F y de F' no es fija, es decir, además del signo del radio de curvatura dependerá de que  $n'$  sea mayor o menor que  $n$ .

Objetivos Didácticos que desarrolla: b.6; b.7; b.8; b.11; b.15; b.16; b.19; b.21; b.22; b.23; b.25; d.2; d.3; d.9; d.11; A.3; B.1; B.3.

Tipo de contenidos de la actividad anterior:

**Conceptuales:**

Refracción.

Leyes de la refracción.

Dioptrios esféricos: Formación de imágenes en los dioptrios esféricos.

**Procedimentales:**

Planificación y realización de experiencias para contrastar hipótesis.

Búsqueda de la relación lógica, de forma verbal o matemática, de las causas con los respectivos efectos en el fenómeno estudiado.

Realización de esquemas que representan la trayectoria seguida por la luz, la formación de imágenes, etc.

Resolución de ejercicios numéricos de aplicación.

**Actitudinales:**

Todos los reseñados para la actividad anterior.

Apreciar la utilidad de los conocimientos adquiridos.



**11. Formación de imágenes en el dioptrio plano.**

Pregunta abierta:

- ¿Qué es un dioptrio plano?

El profesor pone en común todas las respuestas y define qué se entiende por dioptrio plano.

A continuación le presenta a los alumnos el ejemplo de la actividad 4 del epítome: el lápiz sumergido en el agua.

Se les pide a los alumnos:

- Que den una explicación de lo que están observando.
- Que representen gráficamente lo que están observando.

El profesor pone en común todas las respuestas y dibuja en la pizarra el gráfico correspondiente.

Pregunta abierta:



- ¿Se puede predecir la distancia a la que vemos (posición aparente o imagen) la punta del lápiz, desde la superficie del agua?

- ¿Cambia el tamaño de la punta de lápiz?
- ¿Cuál es la naturaleza de la imagen?

El profesor pone en común todas las respuestas y a partir de la fórmula general del dioptrio esférico deduce la correspondiente para el dioptrio plano, suponiendo que el “radio de la superficie plana” tiende a infinito.

$$\frac{n'}{s'} = \frac{n}{s}$$

Se les propone a los alumnos:

- Que piensen un ejemplo cotidiano donde se observe el mismo fenómeno que en nuestro ejemplo.

- Que enuncie la posible ley que rige este fenómeno.

El profesor pone en común todas las respuestas y da la explicación final.

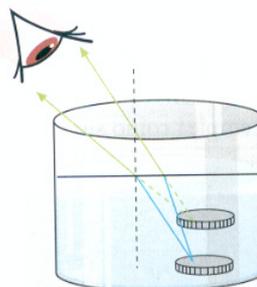
A continuación se les pide a los alumnos:

- Que pongan un ejemplo, de formación de imagen de un dioptrio plano, en el que la luz pase de un medio de menor índice de refracción a otro medio con índice de refracción mayor y lo representen gráficamente.

- ¿Cuál es la naturaleza de la imagen?
- ¿Cuál es la posible ley que rige este fenómeno?

El profesor pone en común todas las respuestas y da la explicación final.

- Se proponen algunos ejercicios de aplicación, a ser posible con referencia a los ejemplos que hayan aparecido.



La moneda se ve más cerca de la superficie de lo que está.

**ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:**

Sugerencias Metodológicas:

Es importante hacer hincapié en el sentido del rayo reflejado porque pueden aparecer preconcepciones sobre la percepción de los objetos (el rayo se dirige desde los ojos a los objetos). El dioptrio plano es un buen ejemplo para que los alumnos entiendan la diferencia entre sistema óptico estigmático y no estigmático.

Objetivos didácticos que desarrolla: b.6; b.7; b.8; b.11; b.21; b.22; b.25; d.2; d.3; d.7; d.9; d.11; A.3; B.1; B.3.

Tipo de contenidos de la actividad anterior:

**Conceptuales:**

Refracción.

Dioptrios planos: Formación de imágenes en los dioptrios planos.

**Procedimentales:**

Planificación y realización de experiencias para contrastar hipótesis.

Búsqueda de la relación lógica, de forma verbal o matemática, de las causas con los respectivos efectos en el fenómeno estudiado.

Realización de esquemas que representan la trayectoria seguida por la luz, la formación de imágenes, etc.

Resolución de ejercicios numéricos de aplicación.

**Actitudinales:**

Todos los reseñados para la actividad anterior.

**Otras actividades:**

**Material:** Una taza (o cualquier recipiente de paredes opacas), una moneda y agua.

Colocar una moneda en el fondo de una taza vacía de forma que quede oculta por las paredes de la taza. Llenando lentamente la taza de agua, la moneda aparece.

Se les pide a los alumnos que den una explicación de lo que ocurre.



**12. Problema abierto.**

*Se ha seguido el método descrito por nuestro grupo de trabajo anteriormente (Grupo Orión, 2001).*

Un rojizo sol está a punto de alcanzar el horizonte tiñendo las nubes de bellos tonos rojo - anaranjados. Mientras con tu amigo o amiga te encuentras mirando este hermoso atardecer, un viejo del lugar, que por allí pasa, os dice: “¿sabáis que ese sol que estáis mirando ya no está ahí?”. Os quedáis perplejos y pensáis que el anciano “debe haber *perdido la cabeza*”. Al volver a casa recuerdas que el profesor de Física te contó hace un par de semanas una lección en la que los rayos de luz cambiaban de dirección y te preguntas: “¿tendrá el viejo algo de razón?”

¿Serías capaz de obtener, de forma aproximada, el valor del ángulo de desviación de los rayos solares en las condiciones del enunciado?

**1ª Fase: Análisis verbal de la situación:**

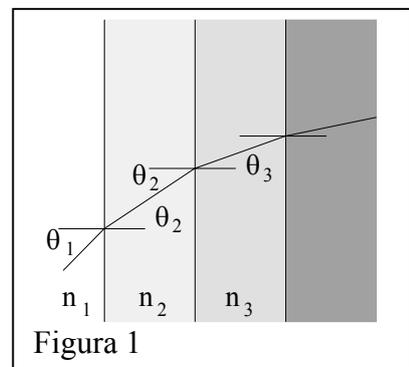
Un rayo solar, hasta llegar a nuestra retina, después de viajar a través del vacío interplanetario, deberá atravesar la atmósfera. Ésta, al ser un medio material, deberá, en alguna medida, impedir la transmisión de la luz, por lo que la velocidad de la luz en ella, aunque muy parecida a la del vacío, no será exactamente la misma; de forma que poseerá un cierto valor para su índice de refracción. Por tanto, surgirá el fenómeno de la refracción y, con él, podrá ocurrir un cambio en la dirección de propagación de un rayo de luz. Luego, tal vez el viejo tenga algo de razón.

Desde luego, para resolver este problema, la ley adecuada es la de Snell:

$$n_1 \text{ sen } \theta_1 = n_2 \text{ sen } \theta_2$$

Siendo  $n_1$  el índice de refracción en el medio desde el cual el rayo de luz incide en la superficie de separación entre dos medios con diferente índice de refracción y  $n_2$  el índice de refracción en el segundo medio.  $\theta_1$  y  $\theta_2$  son, respectivamente los ángulos de incidencia y refracción.

Sólo surge un problema. Como el aire no posee siempre la misma densidad desde que el rayo entra en la atmósfera hasta que llega a nuestros ojos (la atmósfera no es un medio homogéneo), el índice de refracción no será constante en la atmósfera a lo largo de la trayectoria del rayo. Pero, si pensamos un poco, este problema se soluciona fácilmente; ya que,



si suponemos como aproximación que, a tramos, el aire es uniforme, en cada cambio de medio se cumple la ley de Snell y, por tanto, por ejemplo, para tres capas se cumple (fig. 1):

$$n_1 \text{ sen } \theta_1 = n_2 \text{ sen } \theta_2 = n_3 \text{ sen } \theta_3$$

Es fácil observar que este resultado es ampliable a cualquier número de capas. De forma que, si consideramos como medio uno el vacío ( $n_1=1$ ) y como medio final el que nos rodea a nosotros mientras observamos al sol, se cumplirá:

$$\text{sen } \theta_1 = n \text{ sen } \theta_2 \quad (1)$$

siendo  $n$  el índice de refracción de la atmósfera al nivel en que nos encontramos observando al sol. De esta forma, concluimos que el ángulo final refractado sólo depende del ángulo incidente y del índice de refracción al nivel de la superficie terrestre. Nosotros debemos obtener la diferencia entre el ángulo incidente en la capa en la cual consideremos que comienza la atmósfera y el ángulo refractado. Esto es,  $\theta_1 - \theta_2$ .

En la figura 2 hemos hecho una representación, que no se encuentra a escala, dado que el espesor de la capa atmosférica es muy pequeño si lo comparamos con el radio de la Tierra. En ella representamos un rayo que incide sobre la atmósfera, formando un ángulo  $\theta_1$  con la normal a la tangente a la capa atmosférica en el punto de incidencia del rayo, y es refractado con un ángulo  $\theta_2$ , respecto a dicha normal. Por trigonometría se puede conocer fácilmente el ángulo  $\theta_2$  conocido el radio terrestre y el espesor de la capa de atmósfera.

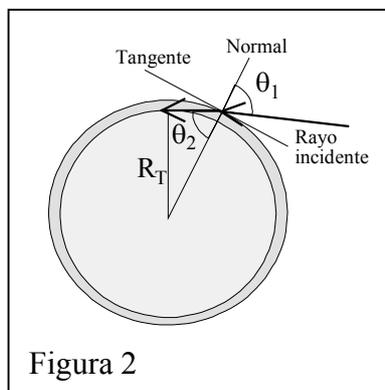


Figura 2

### 2ª Fase: Tabla de datos y resolución

Dado que, como se deduce de la figura 2, para calcular el valor del ángulo  $\theta_2$  necesitamos conocer el valor del radio de la Tierra y el de la capa de atmósfera, buscamos en la bibliografía y encontramos para el primero un valor de 6370 km. El valor del segundo es más difícil de encontrar en la bibliografía y también de precisar exactamente su significado, dado que la atmósfera no posee un final claro. Tomaremos para esta magnitud el valor de la altura de la Troposfera, que es de aproximadamente 10 km, altura a la que la densidad de la atmósfera es la décima parte de la que existe en la superficie.

De esta forma, el valor de  $\theta_2$  lo encontramos por trigonometría en la forma:

$$\text{Sen } \theta_2 = \text{cateto opuesto/hipotenusa} = 6370 / (6370 + 10) = 6370 / 6380$$

$$\theta_2 = \text{arcsen}(6370/6380) = 86,8^\circ$$

Ahora, para poder emplear la expresión (1) necesitamos el valor del índice de refracción de la atmósfera terrestre al nivel de la superficie de la Tierra.

Buscando en la bibliografía, finalmente podremos encontrar el valor de 1,0003. Y aplicando la expresión (1) tendremos que:

$$\theta_1 = \arcsen(n \operatorname{sen} \theta_2) = 87,1^\circ$$

De esta forma, la diferencia entre el ángulo de incidencia y el de refracción es de  $0,3^\circ$ .

El valor obtenido se corresponde con el del ángulo que estando un cuerpo celeste por debajo de la línea del horizonte el objeto seguiría viéndose debido al efecto de la refracción atmosférica, que cambia la dirección del movimiento del rayo de luz, de forma que incide sobre nosotros paralelamente a la superficie de nuestro horizonte.

### 3ª Fase: Interpretación de los resultados y comentarios finales:

En primer lugar hemos comprobado que el viejo tenía, al menos, algo de razón. Desde luego, el Sol no se encontraba en el lugar que se le veía. Ahora bien, para saber si ya no había ninguna parte de Sol sobre el horizonte deberemos obtener el tamaño angular aparente del Sol.

Hemos de decir que el procedimiento seguido para resolver el problema es sólo aproximado, dado que para rayos que inciden en la atmósfera con ángulos tan cercanos al horizonte es imprescindible considerar la curvatura de las diversas capas que va atravesando el rayo luminoso. Lo que implica que la expresión (1), que puede considerarse una aproximación muy buena para cuerpos celeste que formen ángulos respecto a la normal al punto de observación, menores de  $60^\circ$ , conduce a resultados erróneos que son proporcionalmente importantes para ángulos superiores a  $80^\circ$ . Si miramos en la bibliografía, el resultado que se obtiene se encuentra entre  $0,5^\circ$  y  $0,6^\circ$  para cuerpos en las proximidades de la línea del horizonte. El tamaño aparente del Sol, se obtiene con mucha facilidad y su valor es, aproximadamente, de  $0,5^\circ$ , por lo que cuando el Sol se ve justo encima de la línea del horizonte, es que está justo debajo de la misma.

Para ángulos menores de  $60^\circ$ , la curvatura de la Tierra puede despreciarse y, a diferencia de la forma en la cual se ha resuelto el ejercicio, el ángulo de refracción es prácticamente el mismo medido respecto al punto de observación o al punto en el cual consideramos el inicio de la atmósfera.

#### ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

##### Sugerencias Metodológicas:

Esta técnica de los “problemas abiertos” constituye una excelente estrategia encaminada a **enseñar a pensar** a los alumnos y, en consecuencia, a romper la rutina procesual frecuentemente utilizada en la resolución de problemas.

Requiere un entrenamiento por parte de los alumnos y una dirección inicial, sobre todo en la fase del *análisis verbal*. La coherencia, por otra parte, entre los procesos de Percepción, Análisis, Síntesis y Aplicación que venimos utilizando es evidente y es bueno aprovecharla para hacer un ejercicio de metacognición en este sentido.

Por otro lado, se comprueba que la implicación de los alumnos en esta tarea es grande porque el problema lo hacen como algo suyo, con la dimensión afectiva que esto conlleva.

Objetivos didácticos que desarrolla: a.5; b.6; b.7; b.8; c.1; d.10; A.3; B.6.

Tipo de contenidos de la actividad anterior:

**Conceptuales:**

Refracción.  
Leyes de la refracción.  
Índice de refracción.

**Procedimentales:**

Planificación y realización de experiencias para contrastar hipótesis.  
Búsqueda de la relación lógica, de forma verbal o matemática, de las causas con los respectivos efectos en el fenómeno estudiado.

Realización de esquemas que representan la trayectoria seguida por la luz, la formación de imágenes, etc.

Identificación e interpretación de situaciones de la vida cotidiana relacionada con los fenómenos estudiados.

Estrategias de percepción, análisis, síntesis y aplicación.

Resolución de ejercicios numéricos de aplicación.

**Actitudinales:**

Todos los reseñados para la actividad anterior.



**13. Espejos esféricos.**

**Material:** Un foco luminoso, un folio, un diafragma de una rendija, un disco de Hartl (círculo de papel graduado) y un espejo esférico.

A) Se coloca el diafragma entre el foco luminoso y el espejo esférico. Sobre el folio se dibuja una línea recta y se coloca el espejo esférico perpendicular a ella. Se hace coincidir la línea 0°-180° del disco de Hartl con la línea dibujada en el folio y se dirige el foco luminoso hacia el espejo:

a) De forma que el haz luminoso incida perpendicular al espejo.

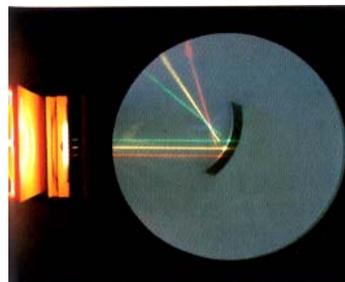
b) Repetir el apartado anterior para distintos ángulos de incidencia (30°, 45°, 60°) del rayo incidente.

A continuación el profesor dobla el folio por la mitad y coloca el espejo sobre una de las partes. Después orienta la otra parte a distintas posiciones para que entre ambas partes del folio se formen ángulos de 90°, 60°, 45°,...y 0°.

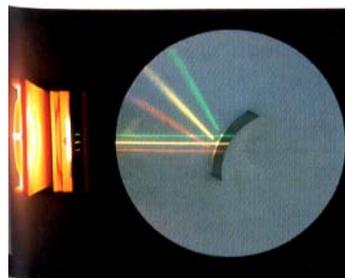
Preguntas abiertas:

- ¿Cuales son las leyes que rigen este fenómeno?

Una vez comprobada la ley de la reflexión, el profesor explicará qué se entiende por espejo esférico, la diferencia entre el espejo esférico cóncavo y convexo y los elementos esenciales de un espejo esférico.



Reflexión de la luz en un espejo cóncavo.



Reflexión de la luz en un espejo convexo.



El profesor vuelve a la actividad 3 del desarrollo del epítome (espejo de aumento), y además puede ofrecer a los alumnos unas cucharas para que observen la imagen formada por ambos lados de éstas.

Preguntas abiertas:

- ¿Se podrá predecir la posición y tamaño de las imágenes formadas?

El profesor pondrá en común las respuestas de los alumnos y deducirá la ecuación de los puntos conjugados (fórmula general) para el espejo esférico.

$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{2}{R}$$

Una vez que tengamos la ecuación y con la definición dada anteriormente de  $F$  y  $F'$  se calcula la distancia focal objeto  $f$  y la distancia focal imagen  $f'$  (Se puede hacer un cálculo numérico y un gráfico que represente nuestro ejemplo).

$$f = f' = \frac{R}{2}$$

Preguntas abiertas:

- ¿Cómo son ente sí  $f$  y  $f'$ ? ¿y con respecto al radio del espejo?
- ¿Se puede predecir qué dirección llevará el rayo reflejado si el incidente llega a la superficie del espejo en dirección de (o pasando por) el centro?
- ¿Se puede predecir qué dirección llevará el rayo reflejado si el incidente llega a la superficie del espejo en dirección del foco objeto (o pasando por él)?
- ¿Se puede predecir qué dirección llevará el rayo reflejado si el incidente llega a la superficie del espejo en dirección del foco imagen (o pasando por él)?

Con el material inicial de esta actividad, se hace incidir, con distinta inclinación, la luz procedente del foco luminoso sobre el espejo esférico, de forma que pasen por (o lleven la dirección de) los puntos definidos anteriormente, que previamente habrán sido calculados con las expresiones deducidas.

Se les pide a los alumnos que:

- Representen lo que están observando en un diagrama de rayos y expresen verbalmente que están representando.

El profesor pone en común las respuestas y hace la representación gráfica.

### B) Imágenes en un espejo cóncavo:

El profesor coloca un objeto entre el foco luminoso y el espejo esférico cóncavo que estará orientado hacia la pantalla (folio) que estará colocada, a un lado, entre el objeto y el espejo:

- Situado el objeto del espejo a una distancia mayor que dos veces la distancia focal, se mueve la pantalla hasta que la imagen sea nítida. Se les pide a los alumnos que observen la imagen sobre la pantalla, que indiquen cómo es la



imagen formada y que dibujen un gráfico que represente como se ha formado esa imagen.

b) Situado el objeto del espejo a una distancia igual a dos veces la distancia focal, se mueve la pantalla hasta que la imagen sea nítida. Se les pide a los alumnos que observen la imagen sobre la pantalla, que indiquen cómo es la imagen formada y que dibujen un gráfico que represente como se ha formado esa imagen.

c) Se repite el apartado anterior en el caso de que el objeto esté situado a una distancia del espejo menor que dos veces la distancia focal y mayor que una vez la distancia focal.

d) Se repite el apartado anterior en el caso de que el objeto esté situado a una distancia del espejo menor que la distancia focal. ¿Se consigue en este caso una imagen sobre la pantalla? Se les deja a los alumnos que discutan este caso y que busquen la imagen. A continuación se les propone a los alumnos (si ellos no lo han descubierto antes) que miren directamente al espejo, que indiquen como es la imagen formada y que dibujen un gráfico que represente como se ha formado esa imagen.

e) ¿Hay alguna distancia objeto – espejo para la cual no se forme imagen alguna? ¿Cómo es la distancia objeto, en este caso, en relación con la distancia focal?

Preguntas abiertas:

- Se les pide a los alumnos que relacionen los casos anteriores con el ejemplo inicial de esta actividad, para distintas posiciones de la cara (objeto) con respecto al espejo cóncavo.

- ¿Se puede predecir el tamaño de la imagen?

El profesor pone en común todas las respuestas y calcula el aumento lateral en el caso de los espejos esféricos.

$$A_L = \frac{y'}{y} = \frac{s' \cdot n}{s \cdot n'} = - \frac{s'}{s}$$

Al final de cada apartado, el profesor, pone en común las respuestas de los alumnos y va dando las explicaciones oportunas.

Se les pide también a los alumnos que en los casos que sea posible midan la distancia entre el objeto y el espejo (distancia objeto) y entre el espejo y la pantalla (distancia imagen) y comprueben la expresión general para los espejos esféricos, calculada anteriormente.

### C) Imágenes en un espejo convexo:

Se puede repetir el apartado anterior para un espejo convexo.

Se coloca el objeto en distintas posiciones respecto al espejo. Para cada posición se mueve la pantalla hasta que la imagen sea nítida. ¿Se consigue en algún caso una imagen sobre la pantalla? Se les deja a los alumnos que discutan estos casos y que busquen la imagen. A continuación se les propone a los alumnos (si ellos no lo han descubierto antes) que miren directamente al espejo y que dibujen un gráfico que



Colocación de un espejo convexo en un cruce para facilitar la visibilidad.

represente como se forman las imágenes en los espejos convexos.

Preguntas abiertas:

- ¿Se puede predecir el tamaño de la imagen?

El profesor pone en común todas las respuestas y con ayuda de la expresión del aumento lateral concluye que siempre es más pequeño el tamaño de la imagen que del objeto.

- Se les pide a los alumnos que relacionen este fenómeno con experiencias análogas de su entorno.
- Resolver algunos ejercicios numéricos con la utilización de las leyes obtenidas.

#### ORIENTACIONES METODOLÓGICAS

##### Sugerencias metodológicas.

Como espejo esférico sirve cualquier objeto pulido en forma esférica (tapaderas, cucharas ...)  
Puede haber sorpresa por parte de los alumnos que pensaban (resultado aparecido en el desarrollo del epítome) que la ley de la reflexión “no se cumple en los espejos esféricos”.

El profesor, en cada caso, pedirá a los alumnos a que comparen el tamaño y la orientación de la imagen con el objeto, así como que se aventuren a asegurar que tipo de imagen es: real o virtual.

También, con el objetivo de reforzar los conocimientos adquiridos, podemos ver en el video “Las mil y una prácticas” los apartados de Reflexión en espejo convexo, Reflexión en espejo cóncavo, Imágenes en los espejos cóncavos e Imágenes en los espejos convexos, donde se muestra la ley de la reflexión y todos los casos de formación de imágenes que se describen en esta actividad.

Objetivos didácticos que desarrolla: b.6; b.7; b.8; b.11; b.14; b.16; b.19; b.21; b.23; b.24; d.2; d.3; d.7; d.9; d.11; A.3; B.1; B.3

Tipo de contenidos de la actividad anterior:

##### **Conceptuales:**

Reflexión.

Leyes de la reflexión.

Espejos esféricos: Formación de imágenes en los espejos esféricos.

##### **Procedimentales:**

Planificación y realización de experiencias para contrastar hipótesis.

Búsqueda de la relación lógica, de forma verbal o matemática, de las causas con los respectivos efectos en el fenómeno estudiado.

Realización de esquemas que representan la trayectoria seguida por la luz, la formación de imágenes, etc.

Resolución ejercicios numéricos de aplicación.

##### **Actitudinales:**

Todos los reseñados para la actividad anterior.

##### **Otras actividades:**

- Localización de focos en un espejo esférico cóncavo.

**Material:** Diafragmas de una y tres ranuras, foco luminoso, espejo cóncavo, folio en blanco y regla.

Encima del folio en blanco se coloca el diafragma de tres ranuras entre el foco luminoso y el espejo. Se les pide a los alumnos:

Que indiquen la dirección que toman los tres rayos que salen del diafragma. ¿Se cortan en algún punto?

A continuación se mueve el espejo de forma que cambie la orientación de éste con respecto al foco luminoso.

¿Qué ocurre con la dirección de los tres rayos?

El profesor les indicará a los alumnos que ese punto donde se cruzan los rayos es el foco y les aclarará cuantas propiedades crea necesarias sobre ese punto, que ya hemos definido.

- Calcular la relación entre el radio de curvatura y la distancia focal.

**Material:** Diafragmas de una y tres ranuras, foco luminoso, espejo cóncavo, folio en blanco y regla.

Repetir la experiencia anterior midiendo la distancia entre espejo y el foco (distancia focal), sobre el eje óptico del espejo.

Sobre el eje óptico del espejo se dibuja otro punto C a una distancia doble de la que hemos medido para la distancia focal. Con el diafragma de una rendija hacemos incidir sobre distintos puntos del espejo un haz luminoso de forma que éste pase antes por el punto C.

¿Qué ocurre con el rayo reflejado?

¿Para qué ángulo de incidencia el rayo incidente y el reflejado tienen la misma dirección? El profesor les indicará (si ellos no lo saben) que en el caso de una esfera esa dirección coincide con un radio de la esfera.

(Para dibujar el eje óptico se hace lo siguiente: en el folio en blanco dibujar con la regla una línea recta. En un extremo del folio se coloca el foco luminoso orientado según esta línea y en el folio, sobre la línea, se coloca el espejo. Entre el foco y el espejo se pone un diafragma de una rendija. Orientar el espejo de forma que el haz que sale de la rendija se refleje en el espejo según la línea que hemos dibujado).

En este caso el profesor encaminará al alumno a que entienda que el radio del espejo es el doble de la distancia focal y el punto C es el centro del espejo.

- Localización de focos en un espejo esférico convexo.

**Material:** Diafragmas de una y tres ranuras, foco luminoso, espejo convexo, folio en blanco y regla.

Encima del folio en blanco se coloca el diafragma de tres ranuras entre el foco luminoso y el espejo. Se le pide a los alumnos:

Que indiquen la dirección que toman los tres rayos que salen del diafragma. ¿Se cortan en algún punto?

A continuación se mueve el espejo de forma que cambie la orientación de éste con respecto al foco luminoso.

¿Qué ocurre con la dirección de los tres rayos?

Como en este caso, los rayos divergen al reflejarse en el espejo, prolongaremos las direcciones de los rayos reflejados y donde se crucen, el profesor les indicará a los alumnos que ese punto es el foco (virtual en este tipo de espejo) y les aclarará cuantas propiedades crea necesarias sobre ese punto, que ya hemos definido.

- Calcular la relación entre el radio de curvatura y la distancia focal.

**Material:** Diafragmas de una y tres ranuras, foco luminoso, espejo convexo, folio en blanco y regla.

Repetir la experiencia anterior midiendo la distancia entre espejo y el foco (distancia focal), sobre el eje óptico del espejo.

Sobre el eje óptico del espejo se dibuja otro punto C a una distancia doble de la que hemos medido para la distancia focal. Con el diafragma de una rendija hacemos incidir sobre el espejo un haz en dirección del punto C.

¿Qué ocurre con el rayo reflejado?

¿Para qué ángulo de incidencia el rayo incidente y el reflejado tienen la misma dirección?

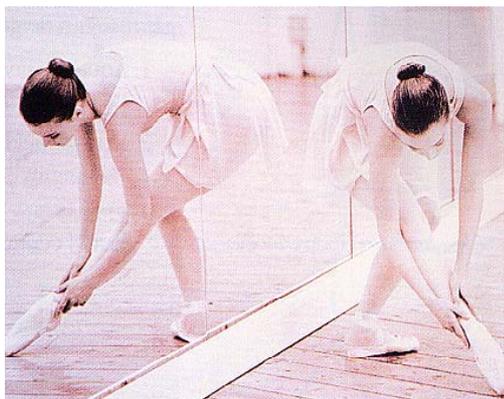
El profesor les indicará que en el caso de una esfera esa dirección coincide con el radio.



## **14. Formación de imágenes en espejos planos.**

**Material:** Un espejo plano, dos lápices iguales de longitud mayor que, al menos, uno de los lados del espejo, una regla y un folio de papel.

Se coloca el espejo perpendicular al folio. Un lápiz se sitúa, verticalmente, frente al espejo y el otro detrás (de forma que sobresalga por la parte superior del espejo) donde parece estar la imagen del primero (los ojos del observador deben



estar a la altura del espejo). Se señalan las posiciones de los dos lápices sobre el folio y se miden con la regla las distancias de estas marcas con respecto al espejo.

Repetir la experiencia para distintas posiciones (distancias distintas) del lápiz frente al espejo.

Preguntas abiertas:

- ¿Qué relación existe entre la posición del objeto y la posición de la imagen formada por el espejo?

- ¿Qué relación existe entre el tamaño del objeto y tamaño de la imagen?

El profesor pone en común todas las respuestas y podrá comparar estas respuestas con la fórmula general para el espejo plano, deducida a partir de la del espejo esférico sin más que suponer que el radio de una superficie plana tiende a infinito.

$$s = -s'$$

- Resolver algunos ejercicios numéricos con la utilización de las leyes obtenidas.

- Se puede proponer a los alumnos, como un trabajo para realizar fuera del aula, que construyan un periscopio, de forma que:

1. Indiquen su utilidad,
2. hagan un boceto de un periscopio y
3. dibujen la trayectoria de la luz dentro del periscopio.

#### ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

##### Sugerencias metodológicas:

Como el espejo plano es siempre un sistema estigmático es el momento de volver a este contenido y diferenciar un sistema óptico estigmático de otro que no lo es, para entender mejor este concepto.

Para la realización del periscopio se les puede dejar a los alumnos que investiguen la forma de hacerlo sugiriéndole la bibliografía adecuada o directamente se les puede proporcionar todo lo necesario. Por ejemplo:

**Material:** Dos cajas vacías de leche, tijeras, cinta adhesiva y dos espejos.

- ✓ Se corta la tapa de dos cajas vacías de leche y se abre con las tijeras una ventanilla a unos tres centímetros del fondo de cada paquete.

- ✓ Se colocan los espejos dentro de los paquetes y se sujetan bien con cinta adhesiva. Se debe poner mucho cuidado en que los espejos queden colocados igual en los dos paquetes.

- ✓ Se introduce un paquete dentro del otro de forma que las ventanillas queden mirando cada una a un lado. Si se quiere que el sistema quede fijo, se pueden sujetar los paquetes con cinta adhesiva.

- ✓ Con un ojo puesto en la ventanilla de abajo, se emplea la otra ventanilla para mirar por encima de un obstáculo: Se les pide a los alumnos que miren lo que hay en un estante al que no lleguen, o que miren por una ventana sin que se asomen.

Objetivos didácticos que desarrolla: b.6; b.7; b.8; b.11; b.14; b.16; b.21; b.22; b.23; b.24; c.1; d.2; d.3; d.5; d.7; d.9; d.11; A.3; A.7; .B.1; B.3; B.6; B.8

Tipo de contenidos de la actividad anterior:

**Conceptuales:**

Reflexión.

Espejos planos: Formación de imágenes en los espejos planos.

**Procedimentales:**

Planificación y realización de experiencias para contrastar hipótesis.

Búsqueda de la relación lógica, de forma verbal o matemática, de las causas con los respectivos efectos en el fenómeno estudiado.

Realización de esquemas que representan la trayectoria seguida por la luz, la formación de imágenes, etc.

Resolución de ejercicios numéricos de aplicación.

Montaje de algún instrumento óptico.

**Actitudinales:**

Todos los reseñados para la actividad anterior.



**15. Lentes.**

El profesor vuelve a la actividad 6 del desarrollo del epítome (lupa y libro de Física) y explica que la lupa es un ejemplo del sistema óptico denominado lente y explicita una definición general de lente (como combinación de dioptrios uno de los cuales, al menos, debe ser esférico).

Preguntas abiertas:

- ¿Se podrá predecir la posición y tamaño de las letras que vemos a través de la lupa?

El profesor pondrá en común las respuestas de los alumnos y a continuación y a partir de la fórmula general de los dioptrios esféricos deduce la fórmula del constructor de lentes para las lentes delgadas.

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = (n - 1) \cdot \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

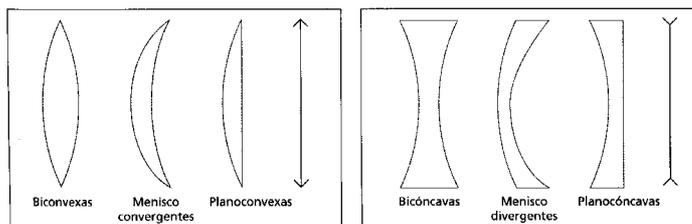
Una vez que tengamos la ecuación y con la definición dada anteriormente para el foco objeto F y para el foco imagen F', se calcula la distancia focal objeto f y la distancia focal imagen f'.

$$(n - 1) \cdot \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = \frac{1}{f'} \quad - (n - 1) \cdot \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = \frac{1}{f}$$

Preguntas abiertas:

- ¿Cómo son entre sí f y f'?

El profesor pondrá en común las respuestas de los alumnos y clasificará a las lentes en convergentes y divergentes.



Además, atendiendo a su forma, dará los nombres de los tipos de lentes en cada caso, clasificándolas también en convergentes y divergentes.

También explicará a los alumnos como se representan las lentes delgadas, según sean convergentes o divergentes.

A continuación se definirá la potencia de una lente, como la inversa de la distancia focal imagen, y la unidad utilizada es la dioptría ( $m^{-1}$ ).

Preguntas abiertas:

- ¿Se puede predecir qué dirección llevará el rayo refractado si el incidente llega a la superficie de la lente en dirección del (o pasando por el) centro óptico?
- ¿Se puede predecir qué dirección llevará el rayo refractado si el incidente llega a la superficie de la lente en dirección del (o pasando por el) foco objeto?
- ¿Se puede predecir qué dirección llevará el rayo refractado si el incidente llega a la superficie de la lente en dirección del (o pasando por el) foco imagen?

Sobre una lente de distancia focal conocida, se hace incidir, con distinta inclinación, la luz procedente del foco luminoso, de forma que pasen por (o lleven la dirección de) los puntos definidos anteriormente.

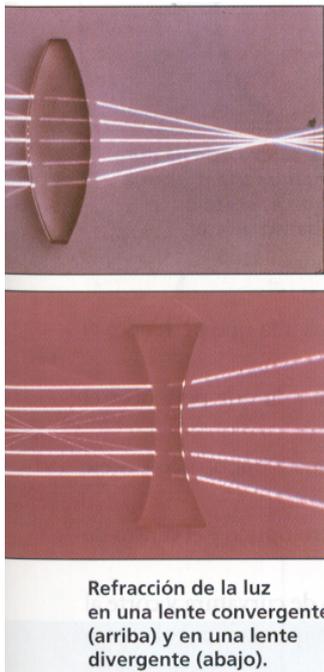
Se les pide a los alumnos que:

- Representen lo que están observando en un diagrama de rayos y expresen verbalmente que están representando.

El profesor pone en común las respuestas y hace la representación gráfica.

#### A) Imágenes en una lente convergente:

El profesor coloca un objeto entre el foco luminoso y la lente y a continuación la pantalla (folio).



a) Situado el objeto, con respecto a la lente, a una distancia mayor que la distancia focal, se mueve la pantalla hasta que la imagen sea nítida. Se les pide a los alumnos que observen la imagen sobre la pantalla, que indiquen como es la imagen formada y que dibujen un gráfico que represente la imagen formada.

b) Situado el objeto, con respecto a la lente, a una distancia igual que la distancia focal, se mueve la pantalla hasta que la imagen sea nítida. ¿Se consigue en este caso una imagen sobre la pantalla? Se les deja a los alumnos que discutan este caso y que busquen la imagen. A continuación se les propone a los alumnos (si ellos no lo han descubierto antes) que miren directamente a la lente ¿Se forma alguna imagen? Y que dibujen un gráfico que represente qué sucede en este caso.

c) Situado el objeto, con respecto a la lente, a una distancia menor que la distancia focal, se mueve la pantalla hasta que la imagen sea nítida. ¿Se consigue en este caso una imagen sobre la pantalla? Se les deja a los alumnos que discutan este caso y que

busquen la imagen. A continuación se les propone a los alumnos (si ellos no lo han descubierto antes) que miren directamente a la lente, que indiquen como es la imagen formada y que dibujen un gráfico que represente como se ha formado esa imagen.

El profesor, al final de cada apartado, pone en común las respuestas de los alumnos y va dando las explicaciones oportunas.

Se les pide también a los alumnos que en los casos que sea posible midan la distancia entre el objeto y la lente (distancia objeto) y entre la lente y la pantalla (distancia imagen) y comprueben la expresión del constructor de lentes calculada anteriormente.

### **B) Imágenes en una lente divergente:**

Se puede repetir el apartado anterior para una lente divergente:

El profesor coloca el objeto en distintas posiciones respecto a la lente. Para cada posición se mueve la pantalla hasta que la imagen sea nítida. ¿Se consigue en algún caso una imagen sobre la pantalla? Se les deja a los alumnos que discutan este caso y que busquen la imagen. A continuación se les propone a los alumnos (si ellos no lo han descubierto antes) que miren directamente a la lente.

Preguntas abiertas:

¿Qué tipo de imagen se forma?

Dibujar un gráfico que represente la imagen formada por las lentes divergentes.

Preguntas abiertas:

- ¿Cuál de los casos, tanto del apartado A) como del B), se corresponde con el ejemplo inicial de esta actividad (mirar las letras de un libro a través de una lupa)?

- ¿Se puede predecir el tamaño de la imagen?

El profesor pone en común todas las respuestas y calcula el aumento lateral en el caso de las lentes.

$$A_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$$

- Se les pide a los alumnos que relacionen este fenómeno con experiencias análogas de su entorno.

- Resolver algunos ejercicios numéricos con la utilización de las leyes obtenidas.

#### **ORIENTACIONES METODOLÓGICAS**

##### Sugerencias metodológicas:

Se debe hacer hincapié en que la unidad de la potencia de una lente, dioptría, es la misma unidad que se utiliza en optometría, ya que es un concepto habitual para el alumno.

Para consolidar conocimientos se puede ver el video “*Las mil y una prácticas*” en los apartados Trayectoria de los rayos y distancia focal en una lente convexa y Trayectoria de los rayos y distancia focal en una lente cóncava.

Así, en los apartados, del mismo, Imágenes en la lente convexa e Imágenes en la lente cóncava, se muestra la formación de imágenes en ambos tipos de lentes.

Objetivos didácticos que desarrolla: b.6; b.7; b.8; b.11; b.19; b.21; b.22; b.26; c.1; d.2; d.3; d.6; d.7; d.9; d.11; A.3; A.7; B.1; B.3; B.6; B.8.

Tipo de contenidos de la actividad anterior:

**Conceptuales:**

Lentes delgadas: Formación de imágenes en lentes.  
Clasificación de las lentes.

**Procedimentales:**

Planificación y realización de experiencias para contrastar hipótesis.  
Búsqueda de la relación lógica, de forma verbal o matemática, de las causas con los respectivos efectos en el fenómeno estudiado.

Realización de esquemas que representan la trayectoria seguida por la luz, la formación de imágenes, etc.

Resolución de ejercicios numéricos de aplicación.

**Actitudinales:**

Todos los reseñados para la actividad anterior.

**Otras actividades:**

Determinación de los focos de una lente.

**Material necesario:** Un foco luminoso, lente convergente, lente divergente, un folio en blanco, una regla y un diafragma de tres ranuras.

a) Colocar el diafragma entre el foco luminoso, y la lente de modo que el rayo intermedio esté dirigido a lo largo del eje óptico.

Se les pide a los alumnos que indiquen cuantos detalles hayan observado.

b) Medir la distancia desde la lente hasta el punto donde se cruzan los tres rayos, para distintas posiciones de la lente respecto al foco luminoso. Anotar el resultado en cada caso.

c) Calcular la inversa de la distancia (en metros) del apartado anterior.

d) Para determinar el foco de una lente divergente, podemos hacerlo de dos formas:

1.- Acoplar una lente divergente a una lente convergente de distancia focal conocida (puede ser la anterior). Colocar el diafragma entre el foco luminoso, y las lentes. ¿Se cortan los tres rayos? ¿Que diferencia existe entre la distancia focal medida para la lente convergente y la obtenida para el doblete? ¿Cuál será la distancia focal de la lente divergente?

2.- Colocar el diafragma entre el foco luminoso y la lente divergente, de forma que los tres rayos sean paralelo al eje óptico. ¿En este caso convergerán los rayos refractados en un punto? Prolongar los rayos refractados. Se les pide a los alumnos que indiquen cuantos detalles hayan observado.

Conviene que la lente convergente sea potente (distancia focal pequeña) y de buena calidad (sino no se aprecia la convergencia del haz luminoso).

El profesor indicará que ese punto donde convergen los rayos luminosos se llama foco.

El profesor indicará a los alumnos que la diferencia entre la potencia de la lente convergente y potencia del doblete es justamente la potencia de la lente divergente (con signo negativo).

• Calcular, utilizando la expresión del constructor de lente, la distancia focal de una lente convergente:

Por ello proponemos utilizar un banco óptico (o cualquier regla) y medir, para distintas posiciones del objeto, las distancias del objeto y de la imagen (distancia lente-pantalla) a la lente. Con estos datos se puede hacer una tabla. ¿Verificarán estos valores las relaciones cuantitativas previstas por el modelo teórico?

(Se les indicará a los alumnos que muevan la pantalla a lo largo del eje óptico del sistema hasta que la imagen formada sobre ella aparezca lo más definida posible)

Se les propone a los alumnos que hagan un diagrama de rayos donde se represente de forma gráfica la formación de la imagen.

• Para algunas posiciones del objeto es imposible conseguir que la imagen se vea sobre la pantalla, en este caso se les pedirá a los alumnos:

a) Que anoten el valor de la distancia objeto y comparen estos valores con el valor obtenido para la distancia focal en el apartado anterior.

b) Que intenten dar una explicación de lo que ocurre en estos casos.

c) A continuación se les pedirá a los alumnos que vuelvan a repetir algunas de estas posiciones para el objeto y que miren hacia el objeto a través de la lente. ¿qué se observa ahora?

d) Hacer un diagrama de rayos donde se represente de forma gráfica la formación de la imagen.

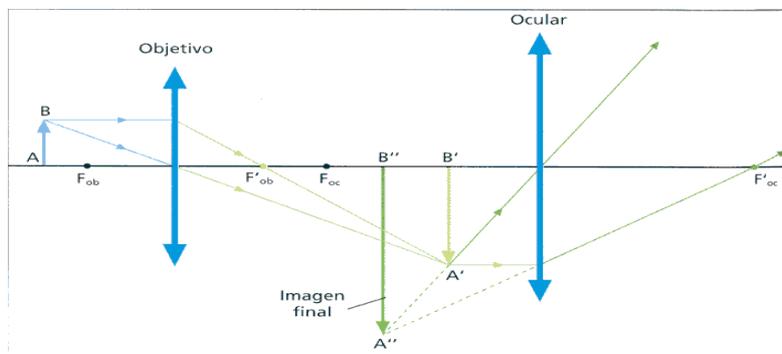
e) ¿Qué diferencias hay entre los dos tipos de imágenes que se forman?



**16. Se propone a los alumnos que hagan un listado de los instrumentos ópticos que conozcan.**

Se les pide que:

- Elaboren un esquema con las características esenciales de cada uno.
- Analicen el funcionamiento de cada instrumento óptico.
- Represente en un diagrama de rayos la trayectoria de la luz en el interior de cada uno de ellos.



Formación de imágenes en un microscopio.

**ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:**

**Sugerencias metodológicas:**

Esta actividad constituye una aplicación directa de lo que el alumno ha aprendido hasta el momento.

Se puede dejar al alumno que haga una búsqueda bibliográfica o bien se le puede proporcionar una lista con los instrumentos ópticos que el profesor considere (el ojo, la lupa, la cámara fotográfica, el microscopio y el telescopio).

Se puede recomendar esta actividad como trabajo cooperativo, de la forma que se ha definido anteriormente.

**Objetivo Didácticos que desarrolla:** b.20; d.6; A.5; B.1; B.6

**Tipo de contenidos de la actividad anterior:**

**Conceptuales:**

Instrumentos ópticos.

**Procedimentales:**

Búsqueda de información.

Elaboración de esquemas, diagramas...

**Actitudinales:**

Todos los reseñados para la actividad anterior.

Valorar desde un plano más afectivo los sentimientos que despierta la comprobación del propio conocimiento que mediante el estudio se va consiguiendo.

## Síntesis del Tercer Nivel de Elaboración:



### **17. Los alumnos elaborarán un mapa conceptual de todos los contenidos expuestos hasta aquí.**

#### ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

##### Sugerencias metodológicas:

Esta actividad constituye el final a la asimilación de los contenidos conceptuales de la Unidad Didáctica. Tales repeticiones son necesarias aunque vayan acompañadas, como es el caso, de otras de síntesis intermedias.

No debe tomarse como un mero ejercicio que hacen los alumnos, sino que es conveniente aprovecharla en una puesta en común para potenciar la repetición, que así se hace más atractiva para ellos.

El instrumento de síntesis no tiene que ser obligatoriamente un mapa conceptual, pero éste se ha revelado como una estrategia muy eficaz y, en este caso, coherente con los planteamientos pedagógicos expuestos aquí. En efecto, el mejor mapa conceptual que podrían plantear los alumnos es el que constituye la estructura lógica de la materia (mapa de experto presentado anteriormente): es así el punto inicial y final de este aprendizaje.

Objetivo Didácticos que desarrolla: c.6; B.6

##### Tipo de contenidos de la actividad anterior:

##### **Conceptuales:**

Todos.

##### **Procedimentales:**

Elaboración de un mapa conceptual.

##### **Actitudinales:**

Todos los reseñados para la actividad anterior.

Valorar desde un plano más afectivo los sentimientos que despierta la comprobación del propio conocimiento que mediante el estudio se va consiguiendo.

### 6.4.3. Aspectos humanos y sociales. Relación C-T-S



#### **18. Aspectos humanos de la ciencia.**

Los alumnos leen *Telescopios. Evolución de los espejos*, páginas 189, 190 y 191 del libro de Física de 2º Bachillerato de Santillana y responden a las siguientes preguntas:

1. ¿Qué aspectos humanos destacan en estas notas bibliográficas?
2. ¿Qué problemas daban los espejos?
3. ¿Qué materiales se utilizaban en su construcción?
4. ¿Qué diferencia hay entre un telescopio refractor y uno reflector?
5. ¿Conoces algún telescopio que se encuentre en España?

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

Sugerencias metodológicas: Es una típica actividad para desarrollar en trabajo en grupo. Se pretende enfatizar los aspectos humanos y sociales de la ciencia para despertar en el alumno sentimientos de mayor cercanía personal al trabajo científico. Es decir, se trata de potenciar la dimensión afectiva.

Este tipo de actividad es conveniente realizarla cuando ya el alumno ha asimilado todos los conocimientos teóricos de la unidad didáctica, para que así pueda valorar mejor los aspectos que aquí se destacan.

Objetivos Didácticos que desarrolla: d.6; A.5; B.3; B.4; B.5



**19. Relación Ciencia, Tecnología y Sociedad.**

Los alumnos leen *Aplicaciones recientes y futuro de la Óptica*, paginas 192 y 193 del libro Física 2º Bachillerato de Santillana, y responden a las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son las diferencias entre Ciencia y Tecnología?
2. ¿Cuál es el descubrimiento que más ha influido en el desarrollo reciente de la Óptica?
3. Enumera las aplicaciones en otras ramas de las ciencias y de la tecnología de los últimos descubrimientos ópticos.

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

Objetivos Didácticos que desarrolla: A.5; B3; B.4; B.5

## 7. EVALUACIÓN.

### 7.1. Respeto del papel que representa el profesor.

Se trata de la evaluación de fines y de medios propuestos en el desarrollo de la unidad didáctica. Estará basada tanto en la reflexión sobre la forma de realizarse el proceso de enseñanza-aprendizaje, como en la autoevaluación del propio profesor (sería deseable poder disponer de algún medio de observación externo: participación esporádica como oyente de otro profesor, grabación en vídeo de alguna clase, etc.). Pueden ser considerados, entre otros, los siguientes aspectos (se sugieren algunos criterios de evaluación):

1. Evaluación de los objetivos:
  - ✓ Las finalidades, ¿están bien identificadas?, ¿están bien formuladas?, ¿se adecúan a los alumnos?
  - ✓ Los objetivos didácticos, ¿desarrollan, suficiente y equilibradamente, las finalidades?
2. Evaluación de contenidos:
  - ✓ ¿Son adecuados para la obtención de las metas didácticas?
  - ✓ ¿Están adaptados al desarrollo psicoevolutivo de los alumnos?
  - ✓ ¿Son relevantes y suficientemente cercanos a los alumnos?
3. Evaluación de la metodología:
  - ✓ ¿Es variada, atendiendo a las diferencias individuales?
  - ✓ ¿Es adecuada a los contenidos?
  - ✓ ¿Es motivadora?
4. Evaluación de materiales curriculares:
  - ✓ ¿Es suficientemente diverso: audiovisual, pizarra, equipos experimentales, etc.?
  - ✓ ¿Es adecuado a la metodología utilizada y a los fines propuestos?
  - ✓ ¿Se da una utilización equilibrada de guías, libros de textos, información bibliográfica, etc.?
5. Evaluación del desarrollo de la clase:
  - ✓ ¿Hay un buen ritmo de progresión en los contenidos?
  - ✓ ¿Se consigue implicar a los alumnos en las actividades?
  - ✓ ¿Se consigue una buena comunicación con los alumnos?
  - ✓ ¿Se mantiene un buen clima de trabajo?
  - ✓ ¿Se aplica una buena técnica de preguntas?

Como respuestas a estas preguntas presentamos los comentarios que al respecto han expresado, tanto los profesores que han llevado a cabo la fase experimental, como la profesora que ha participado como oyente en el transcurso de la experiencia:

Una vez impartida la Unidad Didáctica de Óptica basada en la secuenciación de contenidos de la Teoría de la Elaboración de Reigeluth y Stein es conveniente realizar las siguientes consideraciones:

1ª.- Existe una buena relación entre los objetivos previstos y los contenidos programados, de forma que ha sido posible alcanzar las capacidades que inicialmente nos habíamos fijado sin necesidad de realizar ninguna modificación. El hecho de que cada experiencia lleve indicada que objetivos didácticos persigue ayuda al profesor a sintetizar la finalidad de la misma y le simplifica el proceso de enseñanza.

2ª.- Respecto a los contenidos seleccionados indicar que el hecho de comenzar por contenidos muy relacionados con la experiencia cotidiana del alumno nos lleva a conseguir una mejor motivación hacia la clase, que se ve potenciada por la metodología utilizada. La realización de experiencias previas en cada apartado “despierta” en el alumno un interés que de otra forma, hoy en día, es prácticamente imposible de conseguir. En este punto es interesante introducir alguno de los comentarios que realizaban los alumnos al comenzar la clase: “¿que experiencia nos vas a realizar hoy?”, “¡que pena!, hoy no trae la bolsa de las experiencias”. El bajo costo del material que se usa en estas experiencias es un aliciente más para el profesorado, que siempre nos quejamos de que no realizamos prácticas por falta de presupuesto económico.

3ª.- La propia dinámica de la Unidad Didáctica lleva implícito el uso de muy diverso material curricular (experiencias prácticas, realización de mapas conceptuales, búsqueda bibliográfica usando las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación, etc.) que provoca una clase más abierta y participativa, implicando a los alumnos en el proceso de enseñanza/aprendizaje y consiguiendo un buen clima de trabajo. Este buen clima de trabajo se ve beneficiado por las continuas preguntas que la metodología utiliza, consiguiendo que el alumno no “desconecte” del ritmo de la clase y se sienta parte integrante del proceso.

4ª.- El método de elaboración de la Unidad Didáctica nos ha permitido integrarla perfectamente con el libro de texto que venían siguiendo los alumnos durante el resto del curso, lo que ha beneficiado la continuidad en la programación general de la asignatura y del Departamento, y su integración con el Proyecto Educativo del Centro. Así mismo, conseguimos que el alumno no sienta “desconfianza” al abandonar un libro de texto que venía utilizando asiduamente y que seguirá utilizando en las unidades didácticas siguientes.

5ª.- Para finalizar indicar que los dos mayores inconvenientes que he encontrado a la hora de impartir la Unidad Didáctica han sido el tiempo que ha requerido su desarrollo (no debemos olvidar que se ha impartido en 2º de Bachillerato y este curso cuenta con un menor número de horas lectivas) y el elevado número de alumnos que tenía uno de los grupos (40 alumnos).

## 7.2. Respeto a los alumnos.

Consiste en evaluar lo aprendido por los alumnos (*lo que saben, no lo que no saben*) y también las dificultades de aprendizaje que estos presentan. Se trata, en consecuencia, de poner el énfasis no tanto en calificar a los alumnos en sobresalientes, notables, etc., sino en aplicar técnicas de identificación de logros de aprendizaje que proporcionen a los mismos alumnos una información significativa y motivante de su propio progreso y maduración. Cuatro características fundamentales ha de poseer el sistema de evaluación de los alumnos:

1. Que sea una **evaluación continua**: las actividades propuestas han de permitir la constatación de la evolución del alumno. Esta exigencia se cumple si tales actividades implican claramente al alumno, de tal manera que su conducta ofrezca al profesor la posibilidad de una continua interacción.

2. Que sea **formativa**: es decir, que produzca en el alumno la suficiente retroalimentación para facilitarle su progreso. En este sentido, puede conseguirse si la secuencia de instrucción ofrece la posibilidad de dar:

- ✓ Momentos de repeticiones y reflexiones metacognitivas sobre el proceso de aprendizaje.
- ✓ Momentos de autoevaluación del alumno.
- ✓ Debates grupales y puestas en común.

3. Que sea **sumativa**: que al final del proceso el profesor tenga datos suficientes para dar una calificación suficientemente fiable de los logros obtenidos por el alumno. En este punto se han de tener en cuenta los dos aspectos siguientes:

1º. Ciertas capacidades, a veces, las de contenido más profundamente pedagógico, son difícilmente evaluables en conductas y, en consecuencia, traducibles a una calificación.

2º. Las mismas actividades que desarrollan los contenidos de la unidad didáctica proporcionan en muchos de los casos la posibilidad de obtener los datos necesarios para dar la evaluación sumativa. En este sentido, los mismos objetivos didácticos instruccionales y expresivos ofrecen una buena aproximación a los *criterios de evaluación* en donde se ha de apoyar este proceso.

4. Que evalúe **capacidades**: los fines últimos del proceso de enseñanza-aprendizaje son el desarrollo de las capacidades. La evaluación ha de ser coherente con estas metas. Los objetivos didácticos concretan estas capacidades, por lo que es en la realización de las actividades, que son las encargadas de aplicarlas, en donde se ha de encontrar la evaluación de dichas capacidades. Cualquier prueba de evaluación añadida debe elaborarse en una línea semejante

# **Matriz de relación “objetivos didácticos-actividades”.**

Los objetivos didácticos son los elementos puente entre las finalidades propuestas y las actividades que los alumnos realizan para alcanzar aquellas. En la matriz que a continuación se expone se expresan gráficamente estas relaciones, indicando el número de ellas en cada caso.

Act./OD	Percepción	Análisis	Síntesis	Aplicación	Actitudes científicas	Actitudes personales	Total
1.t.i. <sup>1</sup>	1				1	3	5
2.t.i.	1				1	3	5
3.t.i.	1				1	3	5
4.t.i.	1				1	3	5
5.t.i.	1				1	3	5
6.t.i.	1				1	3	5
7.t.i.	1				1	3	5
8.t.i.	1				1	3	5
9.t.i.	1				1	3	5
10.t.i.	1				1	3	5
1.e. <sup>2</sup>	3	3	1			3	10
2.e.	3	3	1			3	10
3.e.	3	3	1			3	10
4.e.	3	3	1			3	10
5.e.	3	3	1			3	10
6.e.	3	3	1			3	10
7.e.	3	3	1			3	10
8.e.	1		1			1	3
9.e.	2		1				3
1		2	1		2	2	7
2			1		1	1	3
3	1					1	2
4		4	1	1	1	1	8
5		8	1	1	1	1	12
6		7	1	4	4	2	18
7		5	1	2	1	2	11
8		1	1			3	5
9		4	1		1	2	8
10		11		4	1	2	18
11		7		5	1	2	15
12	1	3	1	1	1	1	8
13		10		5	1	2	18
14		10	1	6	2	4	23
15		8	1	6	2	4	21
16				1	1	2	4
17			1			1	2
18				1	1	3	5
19					1	3	4

<sup>1</sup> Teorías implícitas.

<sup>2</sup> Epítome

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Andrés D. M<sup>a</sup>., Antón J. L., Barrio J., de la Cruz M<sup>a</sup> C. y González. F. (1996): *Física 2º Bachillerato*. Ed. Editex, S.A. Madrid.
- Armas F., Caballero T. y otros. (1996): *Física 2º Bachillerato*. Ed. Samat, S.L. Villanueva de la Serena (Badajoz).
- Enciso E., Sendra F., S., Quílez J. y Chorro F. (1998). *Física 2º Bachillerato*. Ed. Ecir, S. A. Valencia.
- Feher, E. y Rice, K. (1992): *Children's Conception of Color*. Journal of Research in Science Teaching, 29(5), pp. 505-520.
- Fidalgo J. A y Fernández M. R. (1998): *Física 2º Bachillerato*. Ed. Everest, S.A. Leon.
- Galili, I. (1996): *Student's conceptual change in geometrical optics*. Internacional Journal of Science Education, 18(7), pp. 847-868
- Galindo A., Moreno A., Benedí A. y Valera P. (1998): *Física 2º Bachillerato*. Ed. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. Madrid.
- Goldberg, F.M. y Mcdermott, L.C. (1986): *Student difficulties in understanding image formation by plane mirror*" The Physics Teacher, November, pp. 472-480.
- Goldberg, F.M. y Mcdermott, L.C. (1987). *An investigation on student understanding of the real image formed by a converging lens or concave mirror* American Journal of Physics, 55(2), pp. 108-119.
- Guesne, E. (1989): *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Ed. Morata. Madrid.
- Grupo Orión. (2001): *Física 2º Bachillerato*. Ed. Santillana, S.A. Madrid.
- Hierrezuelo, J. Y Montero, A. (1991): *La Luz en La ciencia de los alumnos*. Ed. Elzevir, Málaga.
- Kaminski, W. (1989): *Conceptions des enfants (et des autres) sur la lumière*. Bulletin de l'union des physiciens, 716, pp. 973-996.
- Martín J., Ruiz E. y Fraile J. M<sup>a</sup>. (1997): *Física 2º Bachillerato*. Ed. Santillana, S.A. Madrid.
- Ministerio de Educación y Cultura.(1999): *Programa de nuevas tecnologías de la información y de la comunicación*. <http://www.pntic.mec.es>.
- Morales J. V., Arribas C. J. y Sánchez J. A. (1998): *Física 2º Bachillerato*. Ed. Luis Vives. Zaragoza.
- Pérez, A.L.; Suero; M.I.; Pardo, P.J y. Gil J. (aceptado): *Como hacer comprensibles los dibujos que suelen ilustrar la formación de imágenes*. Journal of Science Education.
- Salinas, J. y Sandoval, J. (1997): *Óptica y visión: hacia un aprendizaje más integrado*. Revista Española de Física, 11(1), pp. 38-43.
- Salinas, J. y Sandoval, J. (1999): *Objetos e imágenes reales y virtuales en la Enseñanza de la Óptica Geométrica*. Revista Española de Física, 12(2), pp. 23-36.
- Satoca J., Tejerina Fernando y Dalmau J. F. (1998): *Física 2º Bachillerato*. Ed. Grupo Anaya, S.A. Madrid,
- Selley, N. J. (1996): *Children's ideas on light and vision*. . Internacional Journal of Science Education, 18(6), pp. 713-723.

- Solbes J. y Tarín F. (1996): *Física 2º Bachillerato*. Ed. Octaedro, S.L. Barcelona,
- Suero, M. I., Pérez, A. L., Pardo, P. J., Antequera, J. A. y Naranjo, F. L. (2000): *Las mil y una prácticas*. Video. Publicaciones Universidad de Extremadura.
- Viennot, L. y Chauvet, F. (1997): *Two dimensions to characterize reserarch-based teaching strategies: examples in elementary optics*. *Internacional Journal of Science Education*, 10, pp. 1159-1168.