

Academia de Óptica y Acústica.

SUGERENCIAS PARA LA IMPARTICIÓN DE LA ASIGNATURA ACÚSTICA Y ÓPTICA.

Objetivo(s) del curso:

El alumno comprenderá los aspectos fundamentales del comportamiento de la luz y del sonido, adquiriendo suficiente familiaridad con los modelos matemáticos que los describen, para poder abordar, en cursos posteriores y en el ejercicio profesional los problemas relacionados con la generación, transmisión, detección y procesamiento de señales ópticas y acústicas.

Temario

NÚM.	NOMBRE	HORAS
1.	Conceptos básicos	4.0
2.	Ondas	8.0
3.	Ondas mecánicas	4.0
4.	Ondas electromagnéticas	4.0
5.	Fenómenos de reflexión y refracción	12.0
6.	Fenómenos de propagación	8.0
7.	Interferencia	8.0
8.	Difracción	8.0
9.	Polarización	8.0
Actividades experimentales (prácticas de laboratorio)		64.0
		32.0
Total		96.0

Introducción

El estudio de la Óptica y de la Acústica ha cobrado gran relevancia a partir de vertiginoso desarrollo de la tecnología basada en ellas. Con el advenimiento de las computadoras digitales se logró un gran adelanto en el diseño de sistemas ópticos complejos, que llevaron a descubrir todo un panorama amplio de instrumentos, así como sistemas de comunicaciones basados en la Óptica y en la Acústica. La fusión de la óptica con la Electrónica ha llevado a desarrollar toda una rama técnica de aplicaciones que actualmente se conoce como Optoelectrónica. Esta asignatura responde a la relevancia que adquieren estas partes de la Física en la Ingeniería Eléctrica y Electrónica, por lo que forma parte de su mapa curricular como asignatura obligatoria.

TEMA 1. Conceptos básicos.

Objetivo: El alumno conocerá los conceptos fundamentales para el estudio de la acústica y de la óptica.

1.1 Naturaleza de la luz y del sonido. Establecer la naturaleza de los fenómenos luminoso y acústico dentro de los límites de la Física Clásica.

1.2 Rayos de luz. Sombras y penumbras. Emplear los conceptos de rayo de luz y rayo de sonido con la finalidad de describir regiones de sombra y de penumbra, en cada caso.

1.3 Reflexión y refracción. Comprender los fenómenos de la reflexión y la refracción como aplicaciones intuitivas del concepto de rayo de luz o rayo de sonido, introduciendo ejemplos de fácil verificación.

1.4 Comportamiento ondulatorio. Interferencia y difracción. Aclarar la existencia de fenómenos como la interferencia y la difracción, que requieren del establecimiento de la naturaleza ondulatoria de la luz y del sonido; describiéndolos brevemente por separado y ejemplificándolos de manera sencilla.

1.5 Polarización. Introducir el concepto de polarización de ondas luminosas para distinguir algunos fenómenos, presentes en forma natural, que requieren del modelo ondulatorio para su descripción.

1.6 Comportamiento cuántico de la luz. Fotones. Analizar brevemente, en el caso del fenómeno luminoso, la naturaleza corpuscular de la radiación y las situaciones en que este formalismo tiene validez. Introducir, en este caso, el concepto de partícula luminosa.

TEMA 2. Ondas.

Objetivo: El alumno describirá matemáticamente el comportamiento de algunos tipos de ondas, con base en los conceptos fundamentales del movimiento ondulatorio.

2.1 Concepto de onda. Introducir el concepto de onda como una perturbación, a un estado de equilibrio, auto-sostenida que evoluciona espacial y temporalmente. Conocer las propiedades relevantes de las ondas, en términos de la masa y la energía transportada. Clasificar a las ondas bajo el hecho de si requieren, o no, de un medio para propagarse. En el caso de ondas que requieran de un medio para propagarse destacar la clasificación de: Ondas transversales y ondas longitudinales

2.2 Función de onda. Ondas periódicas. Introducir el concepto de función de onda, unidimensional, dependiente de las variables espacial y temporal. Mostrar que tal función describe el estado de perturbación de las ondas y puede estar asociada a distintos parámetros físicos. Recordar, de cursos antecedentes, la definición de función periódica de una o dos variables destacando el concepto de período espacial y/o temporal.

2.3 Ecuación diferencial de onda. Introducir o recordar, de cursos antecedentes, la forma más simple, unidimensional, de la ecuación diferencial de onda así como las condiciones necesarias y suficientes para la existencia de sus soluciones. Emplear tales conocimientos para justificar la forma más general de la solución a la ecuación de onda unidimensional, haciendo énfasis en el sentido de propagación de la perturbación.

2.4 Ondas armónicas. Conocer la forma armónica de la función de onda unidimensional destacando aquellos parámetros que la caracterizan, tales como: La amplitud, la frecuencia o el período, la longitud de onda o el número de onda, así como la rapidez de propagación. Validar la importancia del uso de las funciones de ondas armónicas a partir de su simplicidad operativa, forma exponencial compleja, en el estudio posterior de funciones de onda en dos y tres dimensiones.

2.5 Grupos y paquetes de ondas. Velocidades de fase y de grupo. Emplear el principio de superposición para dos soluciones, muy próximas, a la ecuación de onda unidimensional para introducir el concepto de modulación en amplitud de una onda. Con base en lo anterior definir la velocidad de grupo a partir de la razón de cambio entre la frecuencia y el número de onda; para distinguirla de la velocidad de fase que simplemente se obtiene como el cociente de tales parámetros.

2.6 Coherencia.

Definir los conceptos: Tiempo de coherencia y longitud de coherencia, como parámetros que describen de manera cuantitativa el grado de coherencia de una onda. Ejemplificar casos que pongan de relieve la diversidad que existe en grados de coherencia para fenómenos ondulatorios reales. Destacar la importancia que el concepto de coherencia tiene en relación con los fenómenos de interferencia que se analizarán posteriormente.

2.7 Ondas amortiguadas. Emplear el concepto de modulación de una función para introducir el estudio de aquellas soluciones, a la ecuación de onda unidimensional, que explican fenómenos ondulatorios con amortiguamiento. Validar los parámetros que describen la rapidez de propagación y la rapidez del amortiguamiento en el estudio, posterior, de los índices adimensionales de refracción y atenuación.

2.8 Ondas planas y ecuación diferencial de onda tridimensional. Establecer la forma general de las funciones de onda para ondas planas con base en los conceptos de frente de onda y de ecuación vectorial de un plano. Emplear el modelo de función de onda armónica para describir matemáticamente, en distintos sistemas coordenados, los casos más conocidos de ondas planas. Identificar, con base en lo anterior, la forma que adopta la ecuación de onda bidimensional y tridimensional.

2.9 Ondas esféricas. Introducir la ecuación diferencial de onda tridimensional en coordenadas esféricas, así como las funciones armónicas correspondientes, para obtener la forma más general de las soluciones a tal ecuación. Establecer la naturaleza escalar o vectorial de los parámetros físicos representados para las funciones de onda estudiadas.

2.10 Efecto Doppler. Considerar, por simplicidad, el estudio cinemático de una fuente y un observador en movimiento relativo unidimensional. Con base en lo anterior, derivar una expresión que involucre a los parámetros: Frecuencia en reposo, frecuencia aparente, rapidez de la fuente, rapidez del observador y rapidez de la perturbación en reposo; aplicable en el estudio de la luz y el sonido.

TEMA 3. Ondas mecánicas.

Objetivo: El alumno conocerá las propiedades básicas de las ondas mecánicas, así como la forma de calcular su intensidad y potencia.

3.1 Velocidad del sonido. Introducir a la ecuación de onda que describe al fenómeno acústico empleando para ello conceptos tales como: Compresión adiabática, presión acústica, densidad de equilibrio y módulo adiabático del volumen. Con base en lo anterior, conocer expresiones que permitan calcular la rapidez del sonido como función, por ejemplo, de la temperatura.

3.2 Características de la presión acústica. Distinguir, claramente, conceptos tales como: La presión instantánea, la presión de equilibrio y la presión acústica en un fluido compresible; así como: La densidad instantánea, la densidad de equilibrio y la condensación. Identificar tales conceptos en el marco de un proceso de compresión adiabática conocido como proceso acústico.

3.3 Análisis espectral del sonido. Establecer el espectro de las frecuencias audibles para el ser humano introduciendo conceptos tales como tono y timbre. Definir los límites del espectro de frecuencias audibles para conocer las regiones asignadas al umbral auditivo y al umbral del dolor.

3.4 Potencia acústica. Introducir, a partir del concepto de densidad de energía para una onda armónica, la expresión correspondiente para la densidad de energía acústica. Definir los conceptos de amplitud de presión y la amplitud de desplazamiento. Encontrar, a partir de las ideas expuestas, una identidad que permita definir a la potencia acústica.

3.5 Intensidad del sonido. Definir el concepto de flujo o intensidad transmitida a partir de la potencia acústica. Hallar, en el caso de una onda acústica, la expresión para la intensidad acústica como función de la frecuencia, la velocidad de propagación, la densidad de equilibrio y las amplitudes de presión o desplazamiento. Introducir los conceptos de sonoridad, nivel de intensidad o intensidad relativa a partir de la definición de decibelio.

TEMA 4. Ondas electromagnéticas.

Objetivo: El alumno conocerá las propiedades básicas de las ondas electromagnéticas, así como la forma de calcular y medir la energía que transportan.

4.1 Leyes de Maxwell. Corriente de desplazamiento. Recordar, de cursos antecedentes, las formas integrales de las leyes del electromagnetismo, a saber: ley de Gauss para el campo eléctrico, ley de Gauss para el campo magnético, ley de Faraday y ley de Ampere. Destacar, si es el caso, la naturaleza de las fuentes que dan origen al campo eléctrico y al campo magnético. Introducir, en la ley de Ampere, el concepto de

corriente de desplazamiento como una consecuencia directa del principio de conservación de la carga eléctrica.

4.2 Forma diferencial de las leyes de Maxwell. Emplear sendos teoremas del cálculo vectorial para conocer las formas diferenciales de las leyes del electromagnetismo citadas en el apartado anterior. Identificar, en los casos pertinentes, a las constantes propias del sistema de unidades empleado; así como la naturaleza de las fuentes de los campos que aparecen en este formalismo.

4.3 Ecuaciones de onda de los campos eléctricos y magnéticos. Emplear conocidas identidades del cálculo vectorial, en ausencia de fuentes y en el espacio vacío, a los campos descritos en el apartado anterior para hallar las ecuaciones de onda de los campos eléctrico y magnético. Identificar, en tales expresiones, a la rapidez de propagación de las ondas electromagnéticas escritas como función de las constantes propias del sistema de unidades empleado.

4.4 Características de los campos en las ondas electromagnéticas. Escribir, en su forma armónica, expresiones vectoriales para los campos eléctrico y magnético destacando la naturaleza ortogonal de los mismos. Hallar, a partir del empleo de la ley de Faraday, la relación que guardan los valores máximos del campo eléctrico y magnético con la rapidez de propagación de las ondas electromagnéticas. Identificar, en su caso más simple, la relación que guardan las direcciones de los campos con la dirección del vector de propagación.

4.5 Espectro electromagnético. Describir, en su forma más simple, el espectro de las ondas electromagnéticas a partir de su longitud de onda o de su frecuencia; desde las ondas de radio, luz visible, radiación ultravioleta, rayos X y rayos gama. Destacar, en dicho espectro, los límites de la radiación visible así como las regiones pertinentes para identificar los distintos colores que percibe el ojo humano.

4.6 Transporte de energía. Irradiancia. Introducir el concepto de polarización lineal o plana, expresada como una función armónica en coordenadas cartesianas, para calcular la densidad de energía que transporta una onda electromagnética. Hallar, con base en lo anterior, las expresiones correspondientes para la potencia y el flujo de energía radiadas. Introducir el vector de Poynting como función de los campos eléctrico y magnético. Definir a la irradiancia como el promedio temporal, valor eficaz, de la magnitud del vector de Poynting.

TEMA 5. Fenómenos de reflexión y refracción.

Objetivo: El alumno analizará las ecuaciones que describen el comportamiento de los rayos luminosos y el de las ondas acústicas en algunos sistemas simples, y las utilizará en la resolución de problemas relacionados con dichos sistemas.

5.1 Principio de Fermat. Introducir el concepto de índice de refracción como una propiedad de los medios materiales. Relacionar dicho concepto con la razón de la rapidez de propagación de la luz en el vacío y la rapidez de propagación de la luz en un medio material; por ejemplo, a la luz de la teoría electromagnética. Introducir, a partir del índice de refracción, el concepto de longitud de camino óptico. Establecer el principio de Fermat, en el estudio del fenómeno luminoso, como un proceso de optimización para la longitud de camino óptico.

5.2 Leyes de la reflexión y refracción. Emplear el cálculo diferencial y el principio de Fermat para verificar la ley de la reflexión y la ley de la refracción en interfaces planas. Reconocer la validez y los alcances de las leyes de la reflexión y la refracción como fundamentos sólidos en el estudio de la óptica geométrica. Introducir los conceptos de ángulo de incidencia, ángulo de reflexión, ángulo de transmisión y línea normal a una interfaz plana.

5.3 Superficies reflectoras planas y esféricas. Estudiar, estableciendo los modelos matemáticos pertinentes, los casos de superficies reflectoras planas y esféricas. Introducir los conceptos de distancia objeto, distancia imagen y aumento lateral para superficies reflectoras. Establecer las convenciones de signo pertinentes para distinguir los casos de imágenes reales o virtuales, así como los casos de imágenes derechas o invertidas formadas por superficies reflectoras. En el caso de superficies reflectoras esféricas, distinguir los casos de superficies cóncavas y convexas. Conocer el método geométrico para determinar la naturaleza de las imágenes formadas por superficies reflectoras

5.4 Superficies refractoras planas y esféricas. Estudiar, estableciendo los modelos matemáticos pertinentes, los casos de superficies refractoras planas y esféricas. Analizar, para el caso de una superficie refractora plana, el modelo matemático que permite conocer el ángulo de transmisión como función del ángulo de incidencia, el grosor de la muestra y la desviación del haz de luz. Para el caso de superficies refractoras esféricas, establecer el modelo matemático que permite explicar la formación del arcoíris por reflexión primaria.

5.5 Reflexión interna total. Principio de operación de la fibra óptica. Establecer las condiciones necesarias para explicar el fenómeno de la reflexión interna total a partir de la ley de la reflexión, la ley de la refracción y los índices de refracción de dos medios limitados por una interfaz plana. Introducir el concepto de ángulo crítico, como ángulo de incidencia, en el estudio del fenómeno de la reflexión interna total. Identificar los componentes básicos y la naturaleza de los mismos en el estudio de las fibras ópticas. Calcular, como ejemplo, el ángulo máximo de proyección de la información hacia una fibra óptica, desde el aire, como función de los índices de refracción de la fibra y su cubierta.

5.6 Prismas. Establecer la diferencia y utilidad, en cada caso, de prismas reflectores y prismas dispersores. Para el caso de un prisma dispersor introducir los conceptos de ángulo de dispersión, ángulo de desviación y ángulo de desviación mínima. Conocer el modelo

matemático que permite calcular el índice de refracción de un prisma a partir del ángulo de desviación mínima y el ángulo que forman aquellas caras del prisma que toman parte en la dispersión.

5.7 Lentes esféricas gruesas y delgadas. Introducir los conceptos de distancia objeto, distancia imagen y aumento lateral para superficies refractoras esféricas. Establecer las convenciones de signo pertinentes para distinguir los casos de imágenes reales o virtuales, así como los casos de imágenes derechas o invertidas formadas por superficies refractoras esféricas. Para el caso de superficies refractoras esféricas, establecer la forma gaussiana para las lentes delgadas distinguiendo los casos para lentes convergentes y divergentes. Conocer el método geométrico para determinar la naturaleza de las imágenes formadas por lentes delgadas.

5.8 Sistema de lentes. Conocer los modelos matemáticos y la nomenclatura pertinente en el estudio de los sistemas formados por lentes delgadas. Estudiar, en sus versiones elementales, la naturaleza de las imágenes formadas por: El microscopio simple, el microscopio compuesto, el telescopio astronómico, el telescopio terrestre y el telescopio de Galileo. Identificar, en cada caso, conceptos tales como: Objetivo, ocular, aumento angular del ocular, aumento lateral del objetivo, aumento total del instrumento, poder de amplificación y pupila de salida, entre otros. Conocer el método geométrico para determinar la naturaleza de las imágenes formadas por sistemas de lentes

TEMA 6. Fenómenos de propagación.

Objetivo: El alumno conocerá los parámetros y las ecuaciones que se requieren para describir la propagación de la luz y la del sonido a través de la materia, y los utilizará para resolver problemas sencillos relacionados con dicha propagación.

6.1 Impedancia acústica, impedancia acústica específica e impedancia acústica de radiación. Introducir el concepto de impedancia acústica como la razón entre la presión acústica y el flujo acústico. Con el fin de distinguir a la resistencia o impedancia característica del medio, definir la impedancia acústica específica como la razón entre la presión acústica y la velocidad de propagación que caracteriza a un medio. Con base en lo anterior, introducir a la impedancia acústica de radiación como la impedancia acústica específica por unidad de superficie vibrante.

6.2 Índices de refracción y de atenuación. Introducir la notación compleja del índice de refracción para distinguir al índice de refracción, definido anteriormente como el cociente entre las velocidades de propagación en el vacío y en un medio material, como la parte real y al coeficiente de atenuación como la parte imaginaria en la citada notación.

6.3 Coeficiente de atenuación y profundidad de penetración. Definir el coeficiente de atenuación como aquella característica, de un medio material, que mide la rapidez con la que se reduce la intensidad de una onda electromagnética que se propaga en dicho medio. Establecer el modelo matemático que permita conocer la intensidad de una

onda electromagnética, que incide en un medio material, como función de la intensidad inicial, el coeficiente de atenuación y la distancia recorrida por la onda en el medio. Definir el concepto de profundidad de penetración como el recíproco del coeficiente de atenuación y resaltar la dependencia de este con: Las características propias del medio y la naturaleza de la onda incidente.

6.4 Dispersión. Frecuencias de resonancia y bandas de absorción. Reconocer el fenómeno de la dispersión, de las ondas acústicas o electromagnéticas, como la variación del índice de refracción o la impedancia acústica específica con la longitud de onda de las mismas. Con base en lo anterior identificar, en cada caso, las frecuencias resonantes, donde ocurren los máximos, y las de absorción, donde ocurren los mínimos, para distintos materiales.

6.5 Esparcimiento (descripción clásica). Distinguir al fenómeno del esparcimiento, del fenómeno de la dispersión, como la absorción y reemisión de la luz incidente sobre un medio material. Identificar las variedades de dispersión según la longitud de onda que se absorbe y se reemite en un medio material. Conocer los casos de esparcimiento de la luz visible más comunes y evaluar la utilidad de este estudio en la identificación de las propiedades, ópticas, más relevantes de algunas sustancias.

6.6 Birrefringencia. Conocer e identificar el concepto de anisotropía óptica. Introducir los términos de rayo e índice de refracción ordinario y extraordinario en el estudio del fenómeno de la birrefringencia. Estudiar los casos de birrefringencia y materiales birrefringentes más comunes; así como los modelos matemáticos necesarios en el estudio de este fenómeno.

6.7 Coeficientes y relaciones de Fresnel. Ángulo de Brewster. Estudiar el caso de la incidencia oblicua de una onda electromagnética a través de una interfaz que separa dos medios con distinto índice de refracción, o la impedancia acústica característica en el caso de ondas acústicas, para conocer las expresiones de las ondas incidente, reflejada y transmitida. Con base en lo anterior, definir las relaciones de Fresnel correspondientes en términos de los cocientes para la onda reflejada y transmitida con respecto de la onda incidente. Hallar la condición de Brewster a partir de la relación entre la onda transmitida y la onda incidente para el caso de ondas electromagnéticas.

6.8 Reflectividad y transmitividad de las fases. Identificar las condiciones de continuidad en la frontera de dos medios para el caso de ondas acústicas y ondas electromagnéticas para derivar los coeficientes de reflexión y de transmisión para el caso de incidencia normal. Identificar las condiciones de continuidad en la frontera de dos medios para el caso de ondas acústicas y ondas electromagnéticas para derivar los coeficientes de reflexión y de transmisión para el caso de incidencia oblicua. Establecer las relaciones pertinentes, en cada caso, que vinculan a dichos coeficientes.

TEMA 7. Interferencia.

Objetivo: El alumno describirá matemáticamente los patrones de interferencia asociados con algunos sistemas interferométricos comunes.

7.1 Concepto de interferencia. Patrón de interferencia. Conocer las condiciones necesarias, superposición y coherencia, en el estudio de la interferencia de las ondas acústicas y electromagnéticas. Conocer los conceptos que definen los tipos coherencia, a saber: Espacial y/o temporal. Estudiar, cualitativamente, las condiciones que definen patrones de interferencia constructiva y patrones de interferencia destructiva.

7.2 Interferencia de ondas armónicas planas y esféricas. Estudiar, cuantitativamente, los casos de superposición de ondas armónicas planas y esféricas. Distinguir las condiciones de interferencia constructiva e interferencia destructiva en el cálculo de la amplitud resultante de la superposición. Analizar, para el caso de ondas sonoras, el fenómeno de las pulsaciones para perturbaciones que al superponerse exhiben frecuencias muy próximas.

7.3 Fuentes coherentes. El láser. Conocer, como ejemplo de una fuente de luz monocromática y coherente, el principio de operación de una fuente de luz láser. Recuperar, de cursos antecedentes, los conceptos relacionados con el estudio de los estados excitados de los electrones en un gas. Conocer el concepto de estado meta-estable de los electrones de un gas excitado para entender el fenómeno de la luz amplificada por emisión estimulada de radiación.

7.4 Experimento de Young. Estudiar el caso bien conocido de interferencia por división de frente de onda, conocido en la literatura como experimento de Young. Conocer, para el caso citado, los modelos matemáticos que permiten establecer las condiciones para la interferencia constructiva y la interferencia destructiva, a partir del concepto de diferencia de camino óptico. Estudiar, para el caso de una abertura doble alejada una distancia fija de una pantalla, la ubicación y magnitud de los máximos y mínimos de intensidad.

7.5 Interferencia por doble reflexión. Estudiar el caso bien conocido de interferencia por división de amplitud, conocido en la literatura como interferencia por reflexiones múltiples. Conocer, para el caso citado, los modelos matemáticos que permiten establecer las condiciones para la interferencia constructiva y la interferencia destructiva, a partir del concepto de diferencia de camino óptico. Estudiar, para el caso de una película delgada de grosor conocido, la ubicación y magnitud de los máximos y mínimos de intensidad.

7.6 Interferómetros de Michelson y Fabry – Perot. Conocer y estudiar las modalidades de interferómetros: Por división de frente de onda, interferómetro de Michelson, y por división de amplitud, interferómetro de Fabry-Perot, Establecer los modelos matemáticos

pertinentes, en cada caso, que permitan conocer las condiciones para la interferencia constructiva y la interferencia destructiva a partir del concepto de diferencia de camino óptico.

TEMA 8. Difracción.

Objetivo: El alumno describirá matemáticamente el fenómeno de difracción de la luz, producido por algunas aberturas de geometría sencilla.

8.1 Principio de Huygens – Fresnel. Conocer y validar el principio de Huygens-Fresnel para explicar el concepto de la difracción, de ondas electromagnéticas, como la deformación del frente de onda en la proximidad de un obstáculo; cuyas dimensiones son comparables con la longitud de onda. Introducir el concepto de función de apertura asociada a un obstáculo.

8.2 Difracción de Fraunhofer por aberturas rectangulares y circulares. Conocer las modalidades de difracción de campo lejano, Fraunhofer, y de campo cercano, Fresnel; estableciendo las diferencias en la complejidad de su tratamiento. Estudiar, en este contexto, los casos de la apertura rectangular y apertura circular, simples, para obtener el modelo matemático que relaciona al ancho o diámetro de la apertura con la longitud de onda y el orden de la difracción.

8.3 Rejilla de difracción. Conocer los parámetros que definen a una red de difracción, tales como: Número de líneas por unidad de longitud, anchura de las aberturas, orden de la difracción y poder de resolución de la red. Introducir el modelo matemático que relaciona a los parámetros anteriores. Establecer la utilidad de la red de difracción en el estudio de la espectroscopia.

8.4 Difracción de Fresnel por aberturas circulares. Zona de Fresnel.

Conocer los conceptos y fundamentos matemáticos necesarios para el estudio de aberturas circulares en el formalismo de Fresnel, tales como: Función de apertura circular, funciones e integrales de Fresnel y espiral de Cornu. Introducir el modelo matemático que permite conocer las variaciones de la intensidad transmitida como función del radio de la apertura, el orden de la difracción y la longitud de onda, entre otros parámetros.

TEMA 9. Polarización.

Objetivo: El alumno describirá matemáticamente los estados de polarización de la luz y explicará la forma de producirlos físicamente. Aplicará la ley de Malus para resolver problemas sencillos.

9.1 Estados de polarización lineal y elíptica. Conocer, con fundamento en la teoría electromagnética, los estados de polarización plana, circular y elíptica, a partir del estudio de los modelos matemáticos pertinentes. Distinguir los casos de polarización natural, por

reflexión mediante la condición de Brewster, de aquella producida por la transmisión de ondas electromagnética a través de medios polarizadores.

9.2 Dicroísmo. Introducir el concepto de dicroísmo en el contexto de la absorción selectiva de los campos, eléctricos o magnéticos, producido por materiales transparentes empleados en la industria. Definir, en cada caso, los conceptos de eje de transmisión y eje de polarización para un polarizador; así como los conceptos de polarizador y analizador entre pares de polarizadores.

9.3 Ley de Malus. Establecer el modelo matemático, ley de Malus, empleado para conocer el estado de polarización y la intensidad transmitida por un par de polarizadores dicroicos ideales. Deducir un modelo matemático que permita calcular la intensidad transmitida a través de "n" polarizadores dicroicos tales que sus ejes de transmisión formen siempre un ángulo igual a 45 grados.

9.4 Retardadores. Definir los conceptos de eje ordinario y eje extraordinario en un retardador. Distinguir los conceptos de lámina de un cuarto de onda, lámina de media onda y lámina de onda completa en el estudio de los retardadores. Relacionar los modelos matemáticos que caracterizan a cada uno de los casos estudiados con el estudio previo de la polarización circular y elíptica.