

1970 6F  
- E52

Programa de Física II - Óptica

Segundo cuatrimestre 1970 (C. Contreras)

1) Óptica geométrica.

Concepto de rayo luminoso. Leyes de la óptica geométrica: de la reflexión y de la refracción. Principio de reversibilidad. Trayectoria óptica. Principio de Fermat: deducción de las leyes de la óptica geométrica a partir del mismo. Dispersión de la luz. Reflexión y refracción en una superficie plana de separación de dos medios transparentes. Incidencia de un haz paralelo sobre una superficie de este tipo. Angulo crítico y de reflexión total. Propiedades focalizadoras de una superficie plana: reflexión y refracción de un haz homocéntrico. Aproximación paraxial. Lámina de caras paralelas. Refracción de un rayo en un prisma. Desviación mínima. Prismas delgados. Prismas de visión directa. Prismas acromáticos.

Refracción en una superficie esférica. Propiedades focalizadoras. Focos y distancias focales. Aumento de una superficie esférica refringente. Imágenes virtuales. Puntos y planos conjugados. Fórmula de Gauss. Convención de signos. Aberrancias reducidas. Aproximación paraxial. Fórmula de Newton. Superficies planas como caso particular. Unidad de potencia de una superficie esférica. Distintas expresiones que puede tomar un aumento lateral. Aumento angular; significado de los parámetros que entran en su definición. Invariante de Lagrange-Helmholtz. Su significado. Su invariancia al pasar a través de  $N$  dioptras.

Combinación de  $N$  dioptras cuyos centros están alineados. Sistemas ópticos centrados. Lentes. Eje óptico de un sistema óptico centrado. Eje óptico de una dioptra. Definición y propiedades de los planos principales. Convención de signos en un sistema óptico centrado. Fórmula de Gauss y fórmula de Newton: su validez para un sistema óptico centrado. Combinación de dos sistemas ópticos centrados. Casos particulares: lente gruesa, lente delgada. Combinación de lentes delgadas. Fórmulas del constructor. Puntos nodales: su propiedad. Planos nodales.

Superficies esféricas reflectoras: propiedades focalizadoras. Convención de signos. Su inclusión en las fórmulas de los sistemas ópticos centrados. Fórmulas de Gauss y de Newton. Aumento lateral. Planos nodales, principales y focales. Espejos planos como caso límite.

Fotometría. Magnitudes fotométricas: flujo luminoso; intensidad luminosa; brillo fotométrico e iluminación. Unidades en que se miden estas magnitudes. Diafragmas. Diafragma de abertura y diafragma de campo. Pupilas de entrada y de salida en un sistema óptico. Método para localizar al diafragma de abertura y a las pupilas. Campos del objeto y de la imagen. Brillo de una imagen producida por un sistema óptico.

Consideraciones sobre sistemas ópticos reales. Aberraciones. Diferencia entre aberraciones y defectos de construcción. Clasificación de las aberraciones: monocromáticas y cromáticas. Descripción cualitativa de las aberraciones de esfericidad, de coma, astigmatismo, curvatura de campo, y distorsión. Superficies aplanáticas. Condición de Abbe. Aberraciones cromáticas: lateral y longitudinal. Doblete acromático. Minimización de la aberración cromática en un sistema de dos lentes delgadas.

Instrumentos ópticos. Objetivos fotográficos. Valor  $f$ . Velocidad de una lente. Teleobjetivo. Lupas. Ojo. Aumento de una lupa. Oculares y objetivos. Microscopio. Telescopio. Aumento de estos dos instrumentos. Aumento normal en un telescopio.

## 2) Ondas.

Ondas progresivas y estacionarias. Ecuación de las ondas. Ondas sinusoidales. Significado físico de los parámetros que entran en la expresión matemática de una onda sinusoidal. Analogía entre longitud de onda y período, y entre frecuencia y número de onda. Fase. Velocidad de fase. Diferencia de fase. Principio de superposición. Suma de ondas escalares sinusoidales. Velocidad de grupo. Ondas planas: frente de ondas. Ondas transversales y longitudinales. Energía que lleva una onda. Intensidad de una onda plana. Ondas esféricas y cilíndricas: principio de conservación de la energía. Relación entre la intensidad y la amplitud de una onda elástica transversal. Paquetes de onda. Carácter electromagnético de los fenómenos luminosos. Descripción de las propiedades de los campos  $E$  y  $H$  de una onda luminosa. Carácter vectorial de las ondas luminosas. Suma de movimientos sinusoidales que vibran en planos perpendiculares. Polarización de una onda. Polarización plana, elíptica y circular. Sentido horario y antihorario. Base linealmente polarizada para describir una onda. Base circularmente polarizada para describir una onda. Uso de expresiones complejas para describir una onda sinusoidal. Variación de la longitud de onda al pasar de un medio a otro. Espectro de las radiaciones electromagnéticas. Distintas zonas. Efecto Doppler clásico: caso en que el observador está en reposo y la fuente en movimiento. Caso en que la fuente está en reposo y el observador en movimiento. Teorema de Fourier. Interferencia constructiva, y destructiva. Superposición coherente e incoherente de paquetes de onda.

## 3) Interferencia en óptica.

Interferencia por división del frente de ondas. Principio de Huygens. Modificaciones introducidas por Fresnel: principio de Huygens-Fresnel. Factor de oblicuidad. Longitud de coherencia. Carácter aleatorio de la fase con que emiten las fuentes luminosas. Experimento de Young: aproximaciones que se realizan y significado de la aplicación del principio de Huygens-Fresnel para estudiarlo. Distribución de la intensidad en la imagen de interferencia producida. Biprisma de Fresnel. Espejo de Lloyd. Cambio de fase en la reflexión. Principio de reversibilidad aplicado a la reflexión y refracción de una onda en la superficie de separación de dos medios transparentes. Espejos de Fresnel.

Interferencia por división de amplitud. Franjas localizadas y no localizadas. Franjas de igual inclinación. Cuña de aire. Interferencia en una lámina de caras paralelas. Relaciones de fase entre los distintos rayos transmitidos. Condiciones de interferencia constructiva, y destructiva. Intensidad de los máximos de interferencia. Anillos de Newton. Capas anti-reflectoras. Relaciones entre los índices del medio, del film y de la base.

#### 4) Difracción.

Diferencia entre difracción de Fresnel y de Fraunhofer. Construcción de Fresnel. Zonas de Fresnel. Cálculo de la contribución de una zona de Fresnel. Difracción por una abertura circular. Variación de la intensidad a lo largo del eje. Difracción por un disco circular opaco. Red de zonas. Su comportamiento como una lente. Distancias focales. Fórmula de Gauss. Relaciones entre las distintas distancias focales.

Difracción de Fraunhofer. Difracción por una rendija rectangular: caso en que sean válidas las leyes de la óptica geométrica. Caso en que el ancho es mucho menor que el largo. Uso de una fuente puntual y de una fuente lineal. Rendija rectangular cuyas dos dimensiones sean comparables. Separación angular entre máximos consecutivos. Semiancho angular del máximo principal de difracción. Imagen de difracción producida en el plano focal de una lente convergente.

Difracción de Fraunhofer por dos rendijas. Diferencia entre interferencia y difracción. Comparación de este experimento con el de Young. Términos de interferencia y de difracción. Posición de los máximos y de los mínimos. Variación relativa de las imágenes de interferencia y de difracción cuando se cambia la relación entre el ancho de cada rendija y la separación entre las mismas.

Difracción de Fraunhofer por una abertura circular: poder resolutor de un telescopio. Criterio de Rayleigh. Intensidad en el punto intermedio.

Red de difracción. Términos de interferencia y de difracción en la distribución de las intensidades. Máximos principales de interferencia. Ordenes ausentes. Caso en que la luz no incide normalmente sobre la red.

#### 5) Carácter vectorial de la luz y propagación en medios anisótropos.

Experimento de Malus. Ángulo de polarización. Ley de Malus y ley de Brewster. Luz natural. Dicroísmo. Filtros de polarización. Luz parcialmente polarizada. Justificación del tratamiento escalar en interferencia y difracción. Polarización parcial por transmisión.

Obtención de luz circularmente polarizada. Láminas retardadoras: de cuarto de onda, de media onda, de  $3/4$  de onda, y de onda entera.\*Análisis de luz elípticamente polarizada. Uso de la luz blanca para iluminar un polariscopio en el que se ha colocado una lámina retardadora. Longitudes de onda que no pueden transmitirse: intervalo entre las mismas. Influencia del espesor de la lámina.

\*Análisis de luz circularmente polarizada.

Dependencia de la velocidad de una onda con la dirección de propagación y de vibración. Elipsoide de Fresnel. Cristales monoaxiales. Eje óptico. Cristales negativos y cristales positivos. Birefringencia, rayo ordinario, y extraordinario. Sección principal. Estados de polarización de los rayos ordinario y extraordinario. Principio de Huygens aplicado a sustancias anisótropas. Dirección y velocidad de la onda y del rayo. Prisma de Nicol. Anisotropía para la luz circularmente polarizada: actividad óptica. Sustancias levógiras y sustancias dextrógiras.

-- 0 --

Bibliografía: El curso se basó fundamentalmente en los libros de: Jenkins y White ( Fundamentos de Optica, editado por Aguilar);

Valasek ( Introduction to Theoretical and Experimental Optics, editado por John Wiley & Sons, Inc.)

Rossi (Optica, editado por Reverté)

Al primero de estos libros, se lo consideró el libro de texto.

Del segundo, se ha tomado la parte de sistemas ópticos contrados.

Del tercero, la parte de propagación en medios anisótropos.

Durante el curso se han citado varios libros de muy distinto nivel que pueden ser útiles para los estudiantes que quieren ampliar los conceptos presentados en el programa:

Longhurst (Geometrical and Physical Optics, editado por Longmans)

Sears (Optica, editado por Aguilar)

Parucca (Física General y Experimental, vol. II, editado por Labor)

Strong (Concepts of Classical Optics, editado por Freeman and Co.)

Stone (Radiation and Optics, editado por McGraw-Hill Books Co.)

Born y Wolf (Principles of Optics, editado por Pergamon Press)

The Feynman Lectures on Physics, vol. I, editado por Addison Wesley.

Minnaert (The Nature of Light and Color in the Open Air, editado por Dover)

Fowles (Introduction to Modern Optics, editado por Holt, Rinhart and Winston, Inc)

Tolansky (Revolution in Optics, editado por Pelican).

Edington (La Naturaleza del Mundo Físico, Editorial Sudamericana)

Whittaker (A History of the Theories of Aether and Electricity, editado por Harper Torchbooks).

Alonso y Finn (Fundamental University Physics, vol. II, editado por Addison Wesley)

Ante el paro de personal no docente que afecta a la Facultad, POLONIO ha colaborado en la impresión de este programa.-