



FUNDAMENTOS ÓPTICOS E INSTRUMENTACIÓN (OP-004)

Resumen del curso:

El curso es una introducción a todos los conceptos físicos necesarios para comprender los aspectos ópticos de la Instrumentación científica, en particular la astronómica. Desde el concepto de fotón, se expone una visión unificada de los fenómenos ópticos. Se explican las bases de la electrodinámica cuántica para a continuación revisar en este marco la variada casuística del comportamiento óptico. El curso contiene también principios básicos de óptica geométrica y un repaso de los conceptos utilizados en el diseño óptico de instrumentos: desde los más simples a los más complejos, con especial énfasis en las aplicaciones astronómicas en óptico e infrarrojo. Todo el curso cuenta además con demostraciones prácticas y pequeños experimentos, que apoyan las explicaciones teóricas y facilitan la comprensión de los fenómenos físicos, resultando un curso esencial y ameno para físicos, astrónomos, e ingenieros de otras disciplinas diferentes de la Óptica, que participen en el diseño de instrumentación científica.

Resumen del contenido de los módulos

Módulo 1: Los fotones y su comportamiento: electrodinámica cuántica

En este primer módulo se hace una introducción a la naturaleza de la luz. Se revisa el concepto de fotón y se enmarcan y sobrepasan las teorías anteriores al siglo XX con la introducción la teoría cuántica y la electrodinámica cuántica, como herramienta esencial para comprender los procesos de propagación de la luz: reflexión, refracción, difracción, interferencias. etc. Para finalizar se describen las principales aberraciones de los sistemas ópticos.

Módulo 2: Sistemas Ópticos

Se describen en primer lugar los conceptos básicos de la óptica geométrica, y las particularidades de los sistemas visibles e infrarrojos, para a continuación ir detallando algunos sistemas ópticos importantes: desde los más simples como un colimador o una cámara, hasta los más complejos, como los espectrógrafos y los telescopios. Se detalla un sistema de óptica adaptativa con su simulador de telescopio. Por último, se resumen las principales características y tipos de fotómetros y microscopios.

Módulo 3: Dispersión espectral

Este módulo está específicamente dedicado a la Espectroscopia. Se comienza por la definición de los parámetros básicos para a continuación profundizar en los sistemas utilizados en Astronomía para la dispersión espectral: prismas, redes de difracción, grismas y redes holográficas volumétricas.

Módulo 4: Instrumentación para medida y cualificación óptica

El último módulo se dedicará a ejemplos de instrumentos específicos para el análisis óptico.



FUNDAMENTOS ÓPTICOS E INSTRUMENTACIÓN (OP-004)

Módulo 1: Los fotones y su comportamiento: electrodinámica cuántica

En este primer módulo se hace una introducción a la naturaleza de la luz. Se revisa el concepto de fotón y se enmarcan y sobrepasan las teorías anteriores al siglo XX con la introducción la teoría cuántica y la electrodinámica cuántica, como herramienta esencial para comprender los procesos de propagación de la luz: reflexión, refracción, difracción, interferencias. etc. Para finalizar se describen las principales aberraciones de los sistemas ópticos.

Módulo 1.1. Fotones y electrones. Presentación de sus características

- ❖ Marco de las teorías físicas
- ❖ Los fotones
- ❖ Los electrones
- ❖ Interacción fotón-electrón
- ❖ Interacción moléculas-electrones
- ❖ El índice de refracción

Módulo 1.2. La Electrodinámica Cuántica (EC)

- ❖ Presentación de la teoría
- ❖ Concepto de probabilidad
- ❖ Reglas de cálculo
- ❖ Ejemplos “clásicos” en la perspectiva de EC:
 - ✚ Propagación sin obstáculos
 - ✚ Patrón de Airy
 - ✚ La refracción
 - ✚ La reflexión
 - ✚ La interferencia

Módulo 1.3. Las deformaciones del frente de amplitud. Las aberraciones

- ❖ Definición
- ❖ Foco
- ❖ Esférica
- ❖ Apuntado
- ❖ Coma
- ❖ Astigmatismo
- ❖ Otras aberraciones
- ❖ Descripción matemática

Módulo 2: Sistemas ópticos

Se describen en primer lugar los conceptos básicos de la óptica geométrica, y las particularidades de los sistemas visibles e infrarrojos, para a continuación ir detallando algunos sistemas ópticos importantes: desde los más simples como un colimador o una cámara, hasta los más complejos, como los espectrógrafos y los telescopios. Se detalla un sistema de óptica adaptativa con su simulador de telescopio. Por último, se resumen las principales características y tipos de fotómetros y microscopios. El módulo se completa con demostraciones prácticas.



Módulo 2.1. Análisis geométrico.

- ❖ Conceptos generales
- ❖ Ecuación paraxial
- ❖ Trazados paraxiales
- ❖ Fórmula del fabricante de lentes
- ❖ Apertura del sistema, pupilas y campos
- ❖ Pupilas en telescopios visibles e infrarrojos
- ❖ Ejemplos de análisis paraxiales

Módulo 2.2. Telescopios.

- ❖ Calidad de superficie refractiva
- ❖ Calidad de superficie reflectiva
- ❖ Reflectores
- ❖ Catadióptricos
- ❖ Refractores
- ❖ Ejemplos de escala y placa
- ❖ Elementos de resolución y escala de placa
- ❖ Operación limitada por difracción
- ❖ Operación limitada por turbulencia
- ❖ Instrumentación de GTC y elementos de resolución

Módulo 2.3. Espectrógrafos

- ❖ Concepto
- ❖ Ejemplos de espectrógrafos en visible
- ❖ Ejemplos de espectrógrafos en infrarrojos
- ❖ Fibras ópticas
- ❖ Ejemplos de espectrógrafo de fibras
- ❖ Guía para el diseño instrumental

Módulo 2.4. Colimadores y Cámaras

- ❖ Conceptos y funcionalidad
- ❖ Ejemplos

Módulo 2.5. Otros sistemas ópticos (I)

- ❖ Sistema de Óptica Adaptativa (OA)
- ❖ Simulador de telescopio para OA

Módulo 2.6. Demostraciones de sala

Módulo 2.7. Otros sistemas ópticos (II)

- ❖ Fotómetros
- ❖ Radiometría
- ❖ Esfera integradora
- ❖ Microscopios
 - 📐 Resolución de microscopios
 - 📐 Tipos de microscopios



Módulo 3: Dispersión espectral

Este módulo está específicamente dedicado a la Espectroscopía. Se comienza por la definición de los parámetros básicos para a continuación profundizar en los sistemas utilizados en Astronomía para la dispersión espectral: prismas, redes de difracción, grismas y redes holográficas volumétricas.

- ❖ Fundamentos
- ❖ Dispersión lineal y la resolución espectral
- ❖ Tamaño de rendija, tamaño de pupila y dispersión angular
- ❖ Fileteadores de imagen (rendija)
- ❖ Prismas dispersores
 - ❖ Dispersión angular
 - ❖ Índices de refracción (dependencia con λ)
- ❖ Redes de difracción
 - ❖ Ecuación de red
 - ❖ Dispersión angular
 - ❖ Órdenes múltiples
 - ❖ Factor anamórfico
 - ❖ Configuración Littrow
 - ❖ Blaceado
- ❖ Grismas
 - ❖ Criterios de diseño
- ❖ Redes holográficas volumétricas

Módulo 4: Instrumentación para medida y cualificación óptica

El último módulo se dedicará a ejemplos de instrumentos específicos para el análisis óptico. La mayor parte de los ejemplos se ilustrarán con demostraciones en la sala.

- ❖ Interferómetro de Fizeau
- ❖ Interferómetro de Michelson
- ❖ Interferómetro de desplazamiento lateral
- ❖ Prueba de PSF "star test"
- ❖ Prueba de Hartmann
- ❖ Prueba de Foucault
- ❖ Medida de radios de curvatura
- ❖ Medida de distancia focal trasera
- ❖ Prueba de Ronchi
- ❖ Prueba de Schlieren

Apéndice

- ❖ Espectros de lámparas
- ❖ Materiales
- ❖ Radiación de cuerpo negro
- ❖ Montaje de interferómetros
- ❖ Pupilas y planos focales
- ❖ Filtros interferenciales
- ❖ Polarización