



OPTOMECÁNICA AVANZADA (OP-007)

Resumen

Este curso se enfoca en la opto-mecánica aplicada a instrumentos astronómicos, asumiendo que los asistentes ya tienen nociones básicas de óptica y mecánica. Se abunda en detalles de ejemplos prácticos de diseños existentes de instrumentos en diseño u operación en grandes telescopios. Incluye opto-mecánica para criogenia, y ejemplos de aplicaciones espaciales.

Módulo 1: Introducción a la opto-mecánica

El primer módulo es una introducción a la opto-mecánica, enfocado sobre todo al campo de la instrumentación astronómica y a telescopios ópticos y de infrarrojo, en tierra y en el espacio.

Módulo 2: Conocimientos previos: Óptica y Mecánica

En este apartado se revisan conceptos de la teoría de estructuras, los principales métodos de unión, normas, ajustes y tolerancias, así como los materiales y los elementos ópticos más habituales que se usan en los sistemas opto-mecánicos.

Módulo 3: Estrategias de diseño opto-mecánico

En este módulo se estudian las distintas aproximaciones y conceptos específicos del diseño opto-mecánico para optimizar las prestaciones del sistema óptico y lograr un diseño seguro y repetible, inmune a cambios de temperatura y a vibraciones; se profundiza primero en los distintos enfoques para controlar la flexión, explicando a continuación los diseños isostáticos y atermales y después las estrategias para controlar las vibraciones. También se estudia la influencia de distintos métodos de fabricación y montaje, la elección de las tolerancias adecuadas y otros aspectos a tener en cuenta para lograr un buen diseño opto-mecánico, terminando este módulo con el método de elementos finitos y el software para realizar análisis de este tipo aplicados al diseño opto-mecánico.

Módulo 4: Desarrollo de ejemplos prácticos.

En este módulo se desarrolla el diseño de varios sistemas opto-mecánicos usuales, estudiando las particularidades de cada uno y su ejecución detallada, desde la idea inicial hasta su fabricación y montaje. Se aplican, pues, los conceptos estudiados previamente y constituyen una buena base para acometer diseños similares.

Módulo 5: Sistemas ópticos infrarrojos.

En este módulo se introducen los sistemas ópticos infrarrojos (IR) y sus particularidades. Se estudian los principios básicos del diseño térmico, la criogenia y los sistemas de vacío, explicando las diferentes tipologías que se usan actualmente, con un enfoque práctico aplicado al uso de la opto-mecánica en criogenia para instrumentos astronómicos, estudiando algunos ejemplos de instrumentos existentes.



Módulo 6: Criogenia y vacío.

Se estudian los principios básicos del diseño térmico, la criogenia y los sistemas de vacío, explicando las diferentes clases de criostatos que se usan actualmente, con un enfoque práctico aplicado a los instrumentos astronómicos.

Módulo 7: Opto-mecánica en criogenia.

Partiendo de la base del módulo anterior, detallamos cómo aplicar los principios del diseño en criogenia y vacío para los sistemas opto-mecánicos, focalizándonos en el uso de materiales ópticos para infrarrojos, montaje de elementos ópticos como espejos, redes o lentes y los mecanismos más habituales en este campo.

Módulo 8: Ejemplos de sistemas reales.

Este módulo nos detalla ejemplos de instrumentos reales de IR tanto en tierra como en espacio, explicando las particularidades de cada uno.



Módulo 1: Introducción a la opto-mecánica

Módulo 2: Conocimientos previos: Óptica y Mecánica

Módulo 2.1. Instrumentos y elementos ópticos

- ❖ Espectrógrafos
- ❖ Proceso de diseño
- ❖ Elementos de sistemas ópticos
 - ✚ Lentes
 - ✚ Espejos
 - ✚ Prismas

Módulo 2.2. Materiales

- ❖ Para elementos opto-mecánicos
- ❖ Para espejos

Módulo 2.3. Espejos segmentados

Módulo 2.4. Adhesivos

- ❖ Cementos ópticos
- ❖ Adhesivos estructurales

Módulo 2.5. Birrefringencia

Módulo 3: Estrategias de diseño opto-mecánico

Módulo 3.1. Control de la flexión

- ❖ Posibles fuentes de flexión.
- ❖ Enfoques de control de la flexión.
- ❖ Control de la flexión para vigas.
- ❖ Soporte en puntos de Airy.
- ❖ Viga Serrurier.
- ❖ Estructuras rígidas.
- ❖ Estructuras triangulares.
- ❖ Diseño atermal con triángulos.

Módulo 3.2. Diseño isostático

- ❖ El diseño isostático o cinemático.
- ❖ Whiffle- Tree.
- ❖ Soportes Whiffle- Tree para espejos.

Módulo 3.3. Diseño atermal

- ❖ Los efectos de la temperatura.
 - ✚ El desalineado.
 - ✚ Variación del índice del aire con la temperatura.
 - ✚ Variación de la focal de las lentes.



- ❖ Elección de materiales.
 - ✚ Compensador bimetalico.
 - ✚ Material único.
- ❖ Ballestas y muelles.

Módulo 3.4. Control de vibraciones

- ❖ Control de vibraciones.
- ❖ Dispositivos aislantes.
- ❖ Vibraciones en grandes telescopios.

Módulo 3.5. Ajustes

- ❖ Ajustes en el montaje. Tipos básicos.
- ❖ Componentes básicos de un sistema de ajuste.
- ❖ Movimiento lineal y tip-tilt.

Módulo 3.6. Método de elementos finitos. Software.

- ❖ El método de elementos finitos.
- ❖ Aplicación al cálculo estructural.
- ❖ Convergencia.
- ❖ Procedimiento de análisis.
- ❖ Aplicaciones y ejemplos.

Módulo 4: Desarrollo de ejemplos prácticos

Módulo 4.1. Fases del diseño

Módulo 4.2. Diseño de una cámara con sub-celdas

- ❖ Montaje de ventanas y lentes.
- ❖ Descripción del trabajo.
- ❖ Análisis de movimiento de imagen.
- ❖ Cálculo del juego radial.
- ❖ Cálculo de la tensión de Hoop al ajustar la lente en la celda.
- ❖ Diferencia de camino óptico debido a las tensiones.
- ❖ Tensión radial y atermalización.
- ❖ Desplazamiento radial en la junta de adhesivo.
- ❖ Esfuerzos en dirección axial debidos a la precarga y a la temperatura.
- ❖ Barriles para montaje de lentes.
 - ✚ Esfuerzos de ajuste en el barril.
- ❖ Análisis de la ventana del criostato
- ❖ Distorsiones en el frente de onda
 - ✚ Distorsión debida a la variación del índice con la temperatura
 - ✚ Distorsión debida a las tensiones en el interior de la lente
 - ✚ Distorsión debida al cambio de forma de la lente
- ❖ Descripción del diseño final. Fabricación
- ❖ Ejemplos de atermalización de cámaras.

Módulo 4.3. Diseño de monturas de ventanas y filtros

- ❖ Particularidades.
- ❖ Ventanas de vacío



- ❖ Montaje adecuado de ventanas.
- ❖ Ejemplos.

Módulo 4.4. Diseño de la montura de un espejo

- ❖ Elementos ópticos en reflexión. Particularidades del montaje.
- ❖ Ejemplo: espejos de doblado.
 - ✚ Descripción.
 - ✚ Cálculo de los puntos óptimos de soporte del espejo.
 - ✚ Dimensionado del área de adhesivo.
 - ✚ Modelo global de elementos finitos.

Diseño de las ballestas.

- ✚ Diseño de la montura.
- ✚ Diseño de la montura. FEA.
- ✚ Ensayo de adhesivo.
- ✚ Análisis de las estructuras soporte. FEA preliminar.
- ✚ Diseño de detalle final.
- ❖ Espejos pequeños

Módulo 4.5. Diseño de monturas de elementos dispersivos

- ❖ Monturas para elementos de dispersión (prismas, grismas, redes holográficas).
 - ✚ Particularidades.
 - ✚ Parámetros de partida.
 - ✚ Ejemplos.

Módulo 4.6. Montaje de un CCD en un criostato

- ❖ Diseño de una cabeza CCD.
 - ✚ Introducción.
 - ✚ Vista general.
 - ✚ Detector.
 - ✚ Montura del detector.
 - ✚ Diseño de una cabeza CCD: cuerpo exterior, modelo térmico, montaje, metrología.
 - ✚ Montaje del detector en la cabeza. Conexión al criostato.

Módulo 5: Sistemas ópticos infrarrojos

Módulo 5.1. Detectores IR

Módulo 5.2. Instrumentos astronómicos para IR

Módulo 5.3. Parámetros importantes

Módulo 6: Criogenia y vacío

Módulo 6.1. Principios básicos del diseño térmico

- ❖ Objetivos de un sistema criogénico
- ❖ Tránsito de calor por conducción
- ❖ Capacidad calorífica
- ❖ Expansión térmica
- ❖ Tránsito de calor por radiación
 - ✚ MLI
 - ✚ Ejemplo MLI@ HST



Módulo 6.2. Criogenia

- ❖ Líquidos criogénicos
- ❖ Criostatos de baño
- ❖ Cryocoolers
 - ✚ Gifford & McMahon
 - ✚ Tubos pulsados
 - ✚ Joule Thomson Cryotiger
 - ✚ Criostatos de flujo continuo
 - ✚ Peltier cooler
 - ✚ Stirling cryocoolers
- ❖ Diseño térmico de instrumentos
 - ✚ Inputs
 - ✚ Pre-cooling
 - ✚ Ejemplo: SCORPIO
- ❖ Mapas térmicos
 - ✚ EMIR
 - ✚ SCORPIO

Módulo 6.3. Vacío

- ❖ Aplicaciones
- ❖ Niveles y tecnología
- ❖ Bombas de vacío
- ❖ Cámaras de vacío. Diseño.
- ❖ Juntas tóricas

Módulo 6.4. Ejemplo: diseño de una cabeza CCD

Módulo 7: Opto-mecánica en criogenia

Módulo 7.1. Materiales ópticos para IR

- ❖ Propiedades ópticas de vidrios en infrarrojo
- ❖ Factores de riesgo

Módulo 7.2. Montaje de lentes en criogenia

- ❖ Ejemplos de montajes de lentes
- ❖ Adhesivos para criogenia

Módulo 7.3. Montaje de espejos y redes

- ❖ Espejos
- ❖ Redes en transmisión
- ❖ Apoyos semi-isostáticos
- ❖ Ejemplos

Módulo 7.4. Mecanismos

- ❖ Rodamientos
- ❖ Motores
- ❖ Husillos. Materiales
- ❖ Ruedas dentadas



Módulo 8: Ejemplos de sistemas reales

Módulo 8.1. Instrumentos IR en tierra

- ❖ CanariCam
- ❖ Gemini NIRI
- ❖ Flamingos 2
- ❖ CRIRES
- ❖ HAWK-1

Módulo 8.2. Espacio

- ❖ HST & WFC3
- ❖ JWST & instrumentos
- ❖ GAIA