



FIBRAS ÓPTICAS EN ASTRONOMÍA (OP-006)

Resumen del curso:

El curso se concentra en la aplicación de fibras ópticas en Astronomía. Partiendo de los principios básicos de propagación de la luz dentro de las fibras, se hace un repaso de los diversos materiales empleados según el intervalo espectral desde el UV hasta el IR medio. El curso describe los parámetros más importantes utilizados para especificar y caracterizar las fibras ópticas de un instrumento: degradación de la relación focal (FRD), ruido modal, “scrambling” etc., los cuales tienen un impacto directo en las prestaciones finales del instrumento, así como en los montajes ópticos de laboratorio que se necesitan para medirlos. Se detallan los enlaces de fibras desde el plano focal hasta la rendija, y los requerimientos asociados para alimentar un instrumento por fibras, tratado desde el punto de vista práctico el proceso de pegado de microlentillas a fibras ópticas. Se describen las diferentes tecnologías usadas en espectroscopía multi-objeto (MOS) para posicionar las fibras. Se resume el proceso de manufactura (fabricantes, informes de calidad recomendados, plazos de entrega, etc.), así como los aspectos prácticos de empaquetado, e integración en telescopio. Finalmente, se describe la funcionalidad del software vinculado a los instrumentos de fibras. El curso está basado en experiencia práctica y contiene numerosos ejemplos de instrumentos reales.

Resumen del contenido de los módulos

Módulo 1: Introducción a las fibras ópticas

En este módulo se hace un repaso desde el punto de vista histórico del uso de fibras ópticas desde sus inicios hasta nuestros días describiendo las partes generales que componen las fibras actuales. Se describe la propagación de la luz dentro de las fibras ópticas desde dos perspectivas: 1) desde el punto de vista de la Óptica Geométrica, tratando la luz como rayos, aplicando la Ley de Snell, el proceso de reflexión total interna, y la apertura numérica de las fibras, así como de la propagación de rayos meridionales y no meridionales y 2) desde el punto de vista de la Óptica Física, tratando la luz como ondas electromagnéticas para explicar fenómenos como la propagación de modos electrónicos. El módulo finaliza con la introducción de fibras mono-modo y multi-modo, así como la estructura índice en escalón e índice gradual.

Módulo 2: Principales parámetros de las fibras ópticas y montajes de laboratorio para medirlos

El objetivo es comprender qué parámetros de las fibras son importantes medir de cara a su uso en un instrumento astronómico, y su impacto en la eficiencia final del mismo. Los parámetros tratados son la atenuación y transmisión de las fibras, la degradación de la relación focal y su impacto en la transmisión final del instrumento. También se explican los parámetros que ponen restricciones a los instrumentos dedicados a la búsqueda de planetas como son el ruido modal y el “scrambling”. Se presentarán los métodos de medida en laboratorio de los parámetros de las fibras, para finalizar hablando del uso de fibras ópticas en interferometría.



Módulo 3: Fibras ópticas en Astronomía según el intervalo espectral

En este módulo se detallan qué tipo de fibras y qué tipo de materiales y elementos se usan para propagar la luz en distintos intervalos espectrales, desde el ultravioleta (UV) hasta el infrarrojo medio (MIR).

Módulo 4: Nuevas guías de onda y tecnologías

En este módulo se repasan las nuevas tecnologías asociadas a la transmisión de luz por fibras ópticas aplicadas a la Astronomía. Se presentan fibras con cambio gradual del tamaño del núcleo (fibras cónicas); fibras fotónicas explicando cómo se propaga la luz a través de las estructuras dieléctricas de las mismas por donde se permite el paso de energía; fibras de Bragg, y su utilidad como filtros en Astronomía; nuevas tecnologías basadas en linternas fotónicas que permiten pasar de fibras multi modo a mono modo y viceversa, y fibras activas, dopadas con elementos pertenecientes a tierras raras de la tabla periódica.

Módulo 5: Enlaces de fibras en Astronomía

El uso de fibras ópticas en Astronomía supuso un antes y un después en el desarrollo del campo de la instrumentación astronómica. Entre otras muchas cosas, permitió desacoplar los instrumentos de la estructura del tubo del telescopio, lo que además de liberar de peso al telescopio, ayuda a minimizar el impacto de las flexiones, lo que ha permitido conectar con el telescopio mediante las fibras instrumentos más grandes y complejos. Las fibras permiten adaptar los instrumentos en entornos de mayor estabilidad mecánica y térmica, alcanzando la precisión requerida en espectrógrafos de muy alta resolución. Por último, y no menos importante, las fibras permiten conservar la anchura de la rendija (al tener la pupila de entrada en el propio núcleo de la fibra) y por tanto la resolución espectral.

Sin embargo, el éxito de las ventajas de las fibras, no son concebibles sin la ayuda de los enlaces de fibras. En este módulo se explica la importancia del uso del enlace de fibra, así como los requerimientos necesarios para especificarlo, el uso de microlentillas y cómo minimizar el impacto de la degradación de la relación focal (FRD). Se describen conectores de fibras, el proceso de pegado de microlentillas a las fibras, tipos de pegamentos y epoxy, y otros materiales necesarios. Se hace una breve introducción a las unidades de campo integral (IFU) y se describen las distintas formas de IFU basadas en fibras. Por último, en el otro extremo del enlace, se encuentra la pseudo-rendija, y se detallarán los distintos tipos de soluciones para alinear las fibras en la rendija de entrada al espectrógrafo, con ejemplos reales en distintos instrumentos astronómicos.

Módulo 6: MOS. Tecnologías usadas en el posicionamiento de fibras

En este módulo se introduce la espectroscopía multi objeto para profundizar en las diversas tecnologías usadas para posicionar las fibras en el plano focal del telescopio, y de ese modo permitir la observación simultánea de varios objetos. Cada tecnología presenta sus ventajas e inconvenientes, y por tanto diferencias a la hora de poder observar un campo más o menos denso de objetos.

Módulo 7: Proceso de fabricación

En este módulo se resume el proceso de fabricación: las especificaciones de los diferentes subsistemas y componentes de los enlaces de fibras, los fabricantes de fibras y microlentillas, los informes de calidad



recomendados, y los tiempos de entrega a tener en cuenta en el plan de gestión para el desarrollo e integración del instrumento.

Módulo 8: Integración y pruebas en el telescopio

El módulo se dedica al proceso desde el laboratorio al telescopio: empaquetado de fibras para su traslado, pasos a tener en cuenta en la integración de fibras en el telescopio, interfases con el telescopio y pruebas previas al envío recomendadas. Se describen las pruebas de los instrumentos con fibras en el telescopio, así como la caracterización de un instrumento de fibras en cielo.

Módulo 9: Herramientas y software de un instrumento de fibras

El módulo se concentra en la descripción de las diferentes herramientas de software necesarias para el éxito de un instrumento de fibras: reducción de datos de espectros de fibras (simuladores durante el desarrollo, calibración y su aplicación en los pasos de la reducción), importancia del software de visualización de cubos de datos (reconstrucción de cubos MOS o IFU en tiempo real), así como la necesidad de un asistente de configuración y asignación de posicionadores para observar un determinado campo de objetos.



FIBRAS ÓPTICAS EN ASTRONOMÍA (OP-006)

Módulo 1: Introducción a las fibras ópticas

Módulo 1.1. Introducción

Módulo 1.2. Anatomía de una fibra óptica

Módulo 1.3. Propagación de la luz dentro de una fibra óptica

- ❖ Óptica Geométrica
 - ✚ Ley de Snell
 - ✚ Reflexión Total Interna
 - ✚ Apertura Numérica
 - ✚ Rayos meridionales y no meridionales
- ❖ Óptica Física
 - ✚ Ondas electromagnéticas
 - ✚ Frente de onda
 - ✚ Modos electromagnéticos

Módulo 1.4. Fibras monomodo. “Step index”

Módulo 1.5. Fibras multimodo. “Step” y “graded index”

Módulo 2: Principales parámetros de las fibras ópticas y montajes de laboratorio para medirlos

Módulo 2.1. Atenuación

Módulo 2.2. Transmisión

- ❖ Medida de la transmisión

Módulo 2.3. Degradación de relación focal (FRD)

- ❖ FRD vs. longitud, tamaño del núcleo, y curvatura de las fibras
- ❖ FRD en fibras “step” y “graded index”
- ❖ FRD en fibras de diferentes geometrías
- ❖ FRD y su origen:
 - ✚ Micro-curvaturas
 - ✚ Terminación de la fibra: Pulido y corte
- ❖ Cómo medir el FRD

Módulo 2.4. Ruido modal

- ❖ Límites a la SNR
- ❖ Difusores dinámicos
- ❖ Agitadores
- ❖ Cómo medir el ruido modal

Módulo 2.5. Polarización

Módulo 2.6. Scrambling

- ❖ Ganancia de Scrambling



- ❖ Scramblers ópticos
- ❖ Guías de luz
- ❖ Distribuidores de haz
- ❖ Homogeneizador de haz
 - ✚ Homogeneizador de pupila
 - ✚ Homogeneizador de imagen
- ❖ Scramblers mecánicos:
 - ✚ Exprimidores
 - ✚ Vibradores
- ❖ Scrambling fibras con otras geometrías

Módulo 2.7. Filtrado. Interferometría

- ❖ Combinadores de haz:
 - ✚ Acoplador en X
 - ✚ Acoplador en Y
- ❖ Enmascaramiento de pupila
- ❖ Interferometría de bloqueo

Módulo 3: Fibras ópticas en Astronomía según el rango espectral

Módulo 3.1. Fibras para ultravioleta (UV)

Módulo 3.2. Fibras para visible e infrarrojo cercano (VIS/NIR)

- ❖ Fused Silica.
- ❖ ZBLAN y fibras de fluoruro

Módulo 3.3. Fibras para infrarrojo medio (MIR)

- ❖ Calcogenuros
- ❖ Haluros de plata
- ❖ Fibras fotónicas

Módulo 4: Nuevas guías de onda y tecnologías

Módulo 4.1. Fibras Cónicas

Módulo 4.2. Fibras fotónicas de núcleo sólido y núcleo hueco

Módulo 4.3. Linternas fotónicas

Módulo 4.4. Fibras de Bragg

Módulo 4.5. Fibras activas

Módulo 5: Enlaces de fibras en Astronomía

Módulo 5.1. Definición de enlace de fibras

Módulo 5.2. Requerimientos según número F

Módulo 5.3. Impacto del enlace de fibras en el FRD



Módulo 5.4. Requerimientos del enlace según la apertura numérica

Módulo 5.5. Conector de fibras

- ❖ Tipos de casquillos
- ❖ Conectores según el tamaño del casquillo
- ❖ Unión de fibras por fusión

Módulo 5.6. Unidades de Campo Integral, IFUS

- ❖ Con lentes
- ❖ De fibras con lentes
- ❖ De fibras sin lentes
 - ❖ “Sparse bundles”
 - ❖ “Hexabundles”
- ❖ Fileteadores de imagen

Módulo 5.7. Proceso de pegado de microlentes

- ❖ Requerimientos
- ❖ Descripción de la estación de pegado
- ❖ Trucos y recomendaciones durante la fase de pegado
- ❖ Pegamentos y resinas ópticas

Módulo 5.8. Pseudo-slits

- ❖ V-groove
- ❖ Stack core
- ❖ Sliced slits
 - ❖ Bowen Wolraven slicer
 - ❖ Slicers de dos espejos
- ❖ Perfil de las pseudo-slit

Módulo 6: Espectroscopía Multi-Objeto (MOS). Tecnologías de posicionamiento de fibras

Módulo 6.1. Robots “Pick and place”

Módulo 6.2. Posicionadores de espigas

Módulo 6.3. Robots R- θ y θ - ϕ

Módulo 6.4. Starbugs

Módulo 7: Proceso de fabricación

Módulo 7.1. Especificaciones y requerimientos de fibras

Módulo 7.2. Fabricantes de fibras y microlentes

Módulo 7.3. Plan y proceso de fabricación

Módulo 7.4. Tiempo de fabricación y entrega



Módulo 7.5. Informes de calidad

Módulo 7.6. Tubos protectores de fibras

Módulo 8: Integración y pruebas en el telescopio

Módulo 8.1. Empaquetamiento para transporte

Módulo 8.2. Integración en telescopio

Módulo 8.3. Pruebas de instrumentos de fibras en telescopio

Módulo 9: Herramientas y Software de un instrumento de fibras

Módulo 9.1. Introducción

Módulo 9.2. Reducción de datos

Módulo 9.3. Visualización de cubos de datos

- ❖ Reconstrucción de datos IFU
- ❖ Reconstrucción de datos MOS

Módulo 9.4. Herramienta de posicionado de robots