LINX, UN ESPECTRÓGRAFO DE BAJA RESOLUCIÓN

Joan Guarro

LINX es un espectrógrafo de baja resolución, con un poder de resolución aproximado de R = 1.500, concebido para observar estrellas y otros objetos que quedan fuera del alcance práctico de determinados espectrógrafos échelle de mayor resolución. El objetivo es alcanzar fuentes más débiles sin renunciar a la identificación de rasgos espectrales de interés científico.

El instrumento se ha diseñado para cubrir un intervalo muy amplio de longitudes de onda, aproximadamente desde 3.700 hasta 10.000 Å. Los primeros ensayos han dado resultados satisfactorios y acordes con lo previsto. Se han construido dos unidades: una está destinada a un telescopio del observatorio de Piera, cuya puesta en funcionamiento se estaba preparando en el momento de la conferencia; la otra todavía no tenía un destino asignado.

Diseño óptico y control remoto

La luz procedente del telescopio pasa primero por un reductor focal y llega al sistema de rendija. Mediante espejos y un elemento colimador, el haz se dirige a la red de difracción y, posteriormente, al objetivo y a la cámara que registra el espectro. El diseño combina una trayectoria óptica compacta con la posibilidad de modificar a distancia los ajustes esenciales.

Uno de los retos del proyecto ha sido dotar al espectrógrafo de control por Wi-Fi. Desde el ordenador pueden regularse la orientación de la rendija, el enfoque del objetivo de la cámara y la inserción o retirada de un filtro de corte. Este filtro es necesario en determinadas observaciones del infrarrojo para evitar la superposición de distintos órdenes de difracción.

La electrónica, los motores y el programa de control han sido diseñados y construidos por Toni Jové. El objetivo es que el instrumento pueda funcionar de forma remota y que el observador no tenga que intervenir físicamente cada vez que cambie la configuración espectral.

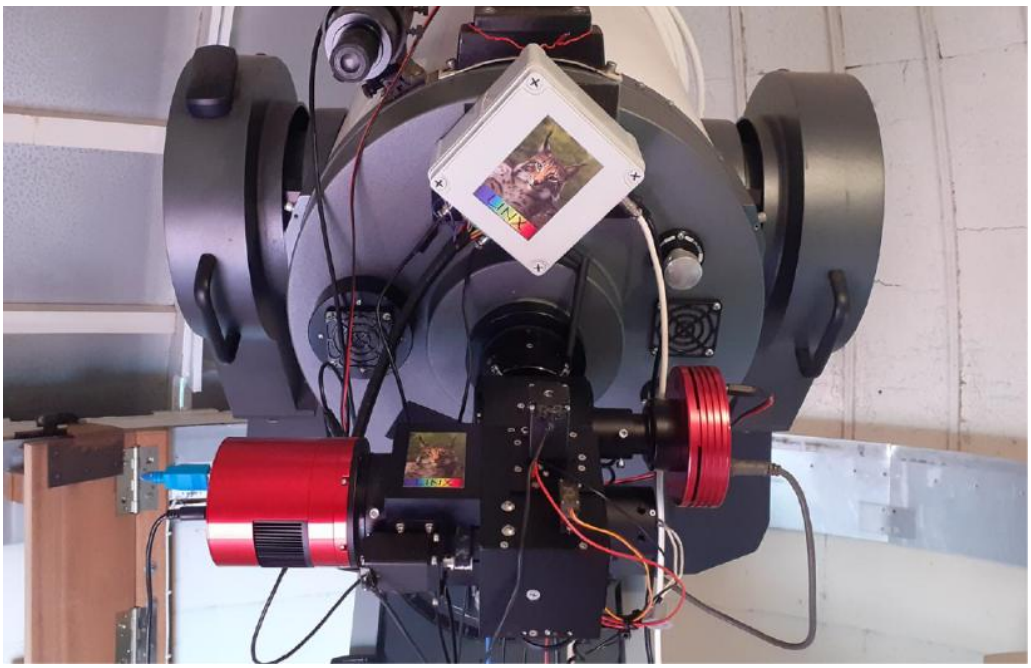


Figura 1. El Lynx listo para observar

Primeras pruebas y sensibilidad en el infrarrojo

Antes de instalar definitivamente el instrumento se ensamblaron sus elementos ópticos y se efectuaron pruebas con luz diurna. La combinación de dos registros permitió explorar un intervalo cercano a 3.500–10.000 Å. Estas primeras observaciones confirmaron el buen comportamiento general del sistema.

Sin embargo, la sensibilidad obtenida en el visible no se mantenía en el infrarrojo. Es una limitación relacionada, entre otros factores, con la caída de eficiencia cuántica de los sensores CCD y CMOS de silicio a longitudes de onda largas. Para mejorar los resultados se incorporó una segunda red de difracción de 600 líneas por milímetro, optimizada para trabajar hacia el extremo infrarrojo del intervalo de observación.

La configuración permite obtener por separado el espectro visible y el infrarrojo y unirlos posteriormente. No se trata de una única exposición que abarque de forma simultánea todo el intervalo: es necesario efectuar las tomas con la configuración apropiada para cada región espectral.

Primera luz y estrellas de referencia

En las primeras observaciones astronómicas se registró el espectro de una estrella de Auriga utilizando las dos redes de difracción. La combinación de los registros permitió cubrir aproximadamente desde 3.573 hasta 10.000 Å, con líneas identificables de las series de Balmer y Paschen del hidrógeno.

Las pruebas también sirvieron para evaluar la calidad de imagen y las aberraciones ópticas. Con un objetivo Nikon de 85 mm se apreciaba cromatismo residual, que desapareció al sustituirlo por otro de 105 mm. Este ajuste mejoró la nitidez de los rasgos espectrales.

La observación de estrellas de referencia es indispensable para corregir la respuesta instrumental y comparar perfiles de distinta naturaleza. En una de las demostraciones se empleó el espectro de β Aurigae para corregir el registro de UV Aurigae, una estrella simbiótica formada por una gigante roja rica en carbono y una enana blanca. El espectro observado refleja la contribución de ambos componentes.

Líneas de hidrógeno, calcio y otros elementos

Las observaciones de distintas estrellas permiten examinar la riqueza del espectro en regiones muy separadas. En el azul y el violeta aparecen líneas de las series del hidrógeno y el doblete H y K del calcio ionizado, mientras que en el rojo y el infrarrojo pueden identificarse el triplete del calcio y líneas de la serie de Paschen.

La interpretación exige tener en cuenta los solapamientos. La línea H del calcio está muy próxima a una línea de hidrógeno, mientras que la K se reconoce con mayor independencia. En la región infrarroja, las líneas del triplete del calcio también pueden coincidir parcialmente con líneas de Paschen y modificar la apariencia de las absorciones.

Se mostraron asimismo ejemplos de estrellas binarias espectroscópicas y de objetos con líneas intensas de helio, nitrógeno, hidrógeno y oxígeno. En algunas regiones se intentó corregir el efecto de la absorción de la atmósfera terrestre, que puede superponerse a los rasgos propios de la fuente observada. Estas correcciones son especialmente relevantes cuando se comparan perfiles de emisión débiles.

El espectro reflejado de Júpiter

LINX también se ha utilizado para estudiar la luz reflejada por Júpiter. Al comparar el espectro del planeta con el de una estrella de tipo solar, es posible aislar las características de la reflexión y las absorciones producidas por su atmósfera.

En el intervalo aproximado de 8.500 a 9.500 Å se aprecian bandas de absorción asociadas al metano. Esta prueba ilustra el interés de disponer de cobertura infrarroja: algunas características atmosféricas de los planetas resultan mucho más evidentes fuera de la región visible habitual.

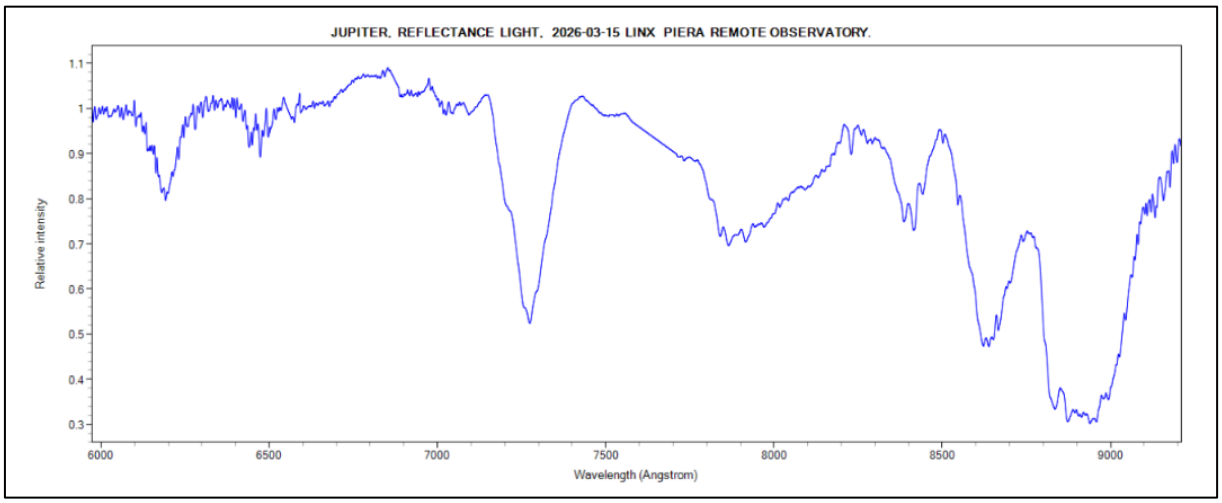


Figura 2. Espectro reflejado de Júpiter

Medidas de desplazamiento al rojo

Entre las aplicaciones mostradas figura la estimación del desplazamiento al rojo de galaxias y núcleos activos. La técnica consiste en identificar líneas espectrales conocidas, medir su posición observada y compararla con su longitud de onda en reposo. Para desplazamientos pequeños puede expresarse el resultado como una velocidad radial aproximada; para valores mayores es necesario distinguir esta aproximación del tratamiento cosmológico completo.

En uno de los ejemplos se obtuvo una velocidad cercana a 713 km/s a partir de una línea de calcio. En NGC 4051 se utilizó como referencia una línea de oxígeno próxima a 5.007 Å y se mostró una velocidad del orden de 718 km/s. Otro objeto proporcionó un valor próximo a 928 km/s.

En Mrk 205 se presentó un desplazamiento de unos 355 Å, equivalente, según el cálculo mostrado, a una velocidad aproximada de 21.255 km/s. También se examinó OJ 287, ya cerca del límite instrumental para la configuración utilizada, con un desplazamiento indicado de 1.551 Å y una velocidad aproximada de 92.865 km/s. Estas cifras se presentaron como resultados preliminares; las identificaciones de líneas y las correcciones necesarias deben comprobarse antes de utilizarlas como medidas definitivas.

Observatorios, telescopios y colaboración amateur

El proyecto se integra en una infraestructura de observación remota. Se mostró un telescopio de 16 pulgadas equipado con un espectrógrafo échelle en Santa Maria de Montmagastrell, así como las instalaciones de Piera, donde existe otro telescopio de 16 pulgadas con un espectropolarímetro.

La rehabilitación de una segunda cúpula de Piera permitirá instalar otro telescopio de 16 pulgadas y disponer de dos espectrógrafos, uno de alta resolución y LINX de baja resolución. La idea es que el observador remoto pueda escoger el instrumento más adecuado para cada programa sin desmontar ni reajustar manualmente el equipo.

La Agrupación Astronómica Aster ha impulsado un grupo abierto de observadores interesados en trabajar con estos telescopios a distancia. Se pretende facilitar la participación de aficionados desde sus domicilios y fomentar programas de seguimiento con continuidad temporal y utilidad científica.

Preguntas

¿En qué objetivos científicos queréis centrar las observaciones con LINX?

Nos interesa especialmente el seguimiento espectroscópico de estrellas simbióticas. Ya existen grupos internacionales y bases de datos que reúnen observaciones de estos sistemas, y queremos contribuir con medidas que tengan continuidad. También pensamos en supernovas y otros objetos transitorios. Un espectrógrafo échelle de resolución cercana a 9.000, instalado en un telescopio de 40 cm, puede quedarse alrededor de la magnitud 12; con LINX pretendemos acercarnos a la magnitud 15, aunque conservando una resolución aproximada de 1.500 y un intervalo espectral amplio. Esa es la razón de ser del proyecto.

¿Cómo puede incorporarse alguien al grupo de observadores?

Estamos formando un equipo bajo el amparo de la Agrupación Astronómica Aster, en Barcelona. Queremos que sea un grupo abierto: quien esté interesado puede ponerse en contacto con la entidad y estudiar cómo participar. La intención es que las observaciones se hagan remotamente, desde casa, aprovechando los telescopios disponibles y los que se vayan incorporando.

¿Qué ventaja ofrece esta resolución frente a un espectrógrafo de resolución mucho menor?

Con una resolución de alrededor de 140 puedo detectar el continuo y algunas líneas muy destacadas, pero hay detalles finos que no puedo distinguir. Con LINX, al trabajar cerca de R = 1.500, podemos separar mejor determinadas estructuras espectrales sin perder tanta sensibilidad como con un échelle de alta resolución. Es un compromiso que consideramos adecuado para estudiar estrellas simbióticas y objetos relativamente débiles.

¿Podrían compartirse los espectros y establecerse colaboraciones científicas?

Sí. Esa es precisamente una de las posibilidades que queremos impulsar. Ya hay observadores que colaboran en bases de datos internacionales, y sería muy interesante ampliar esas relaciones. Si conseguimos reunir un grupo que observe regularmente y comparta sus resultados, podremos contribuir al seguimiento de estrellas variables, supernovas y otros fenómenos.

¿Para cubrir el visible y el infrarrojo hay que realizar dos exposiciones?

Sí. Para obtener todo el intervalo hacemos una toma con la configuración del visible y otra con la del infrarrojo; después combinamos los espectros. Para pasar de una a otra modificamos la configuración óptica y el filtro correspondiente. Todo ello puede controlarse a distancia, incluido el enfoque y la inserción o retirada del filtro.

¿Por qué es necesario utilizar un filtro de corte al observar en el infrarrojo?

Porque una red de difracción genera varios órdenes espectrales que pueden superponerse. Por ejemplo, la radiación de unos 3.700 Å observada en segundo orden puede coincidir en el detector con radiación de aproximadamente 7.400 Å del primer orden. Si no eliminamos esa contribución, el espectro infrarrojo queda contaminado. Por eso utilizamos un filtro de corte apropiado para aislar el orden que queremos registrar.