

## Programa

**Materia:** Introducción a la Astronomía de Rayos X.

**Docente:** Jorge Combi

**Contacto:** jcombi@fcaglp.unlp.edu.ar

### Contenidos:

- 1. Elementos de astronomía de rayos X:** Inicios de la astronomía de rayos X. Unidades. Concepto de electrón-voltio. Opacidad de la atmósfera terrestre. Primeros detectores de rayos X. Colimadores y óptica de rayos X.
- 2. Procesos radiativos:** Emisión de rayos X térmica y no térmica. Radiación de cuerpo negro. Radiación sincrotrón. Dispersión Compton inversa. Radiación de frenado. Absorción.
- 3. Emisores de rayos X:** Objetos del sistema solar. Estrellas. Enanas blancas. Variables cataclísmicas. Novas clásicas. Púlsares y estrellas de neutrones aisladas. Estrellas de neutrones acrentantes. Agujeros negros en sistemas binarios. Supernovas y remanentes de supernova. El medio interestelar. El centro galáctico. Galaxias cercanas. Núcleos de galaxias activas. Cúmulos de galaxias.
- 4. Instrumentación:** Contadores proporcionales. Contadores de centelleo. Contadores proporcionales de imagen. Modulación de apertura en telescopios. Óptica Wolter. Detectores CCD. Espectroscopía de alta resolución.
- 5. Telescopios de última generación:** Primeros telescopios de rayos X. Observatorios *XMM-Newton* y *Chandra*. Características y equipamiento. Funcionamiento y modos operativos. Ventajas y desventajas de uno respecto al otro.
- 6. Obtención de observaciones de rayos X de bases de datos:** Información en línea. Interpretación. Búsqueda y obtención de datos. Primeros pasos en manipulación de datos crudos.
- 7. Software de reducción y análisis de datos:** Instalación de Heasoft (software para análisis de datos), SAS (software de *XMM*), CIAO (software de *Chandra*) y paquetes de software adicionales. Configuración de variables de entorno (bash y tcsh).
- 8. Calibración de datos en *XMM*:** Procesamiento de datos. Reducción de observaciones de rayos X. Obtención y construcción de archivos de calibración. Extracción de información instrumental y observacional. Calibración de datos.
- 9. Construcción de archivos de eventos:** Meta-tasks (emproc y epproc). Filtrado de observaciones. Correcciones por altos niveles de background. Manipulación de archivos de eventos de nivel 2.

**10. Extracción de imágenes:** Construcción de imágenes en diferentes rangos de energía. Combinación y manipulación de imágenes. Algoritmos de búsqueda, detección y extracción de fuentes. Consideraciones en la determinación de regiones de extracción de fotones. Metodología.

**11. Curva de luz y análisis de variabilidad:** Extracción de curva de luz. Análisis de variabilidad en fuentes puntuales y extendidas. Métodos de optimización.

**12. Espectros de rayos X:** Construcción de espectros para diferentes cámaras. Combinaciones. Construcción de matriz de respuesta y área efectiva. Modelos de ajuste y ajuste de espectros. Utilización de XSPEC. Pruebas de ajuste a través de la variación de parámetros. Estadística  $\chi$  cuadrado y C.

**13. Calibración de datos de Chandra:** Procesamiento de datos. Reducción de observaciones de rayos X. Obtención y construcción de archivos de calibración. Extracción de información instrumental y observacional. Calibración de datos.

**14. Construcción de imágenes en diferentes rangos de energía X con Chandra:** Construcción de imágenes en diferentes rangos de energía. Combinación y manipulación de imágenes. Consideraciones en la determinación de regiones de extracción de fotones. Metodología.

**15. Combinación de diferentes observaciones en Chandra:** Como usar tareas de Chandra para combinar más de 2 observaciones de ACIS. Análisis de fuentes extendidas, detección y extracción de fuentes puntuales.

**16. Curva de luz y análisis de variabilidad:** Extracción de curva de luz. Análisis de variabilidad en fuentes puntuales. Métodos de optimización.

**17. Espectros de rayos X:** Construcción de espectros para diferentes detectores. Combinaciones. Construcción de matriz de respuesta y área efectiva.

**18. Modelos de absorción y emisión - ajuste de espectros:** Utilización de XSPEC para datos de Chandra. Variación de parámetros y optimización del ajuste.

### **Aspectos de la materia para diferentes modalidades, carga horaria, evaluación y conocimientos previos:**

La materia es cuatrimestral y se dicta en el primer cuatrimestre de cada año. Para todas las modalidades, se dictan 8 horas semanales que se reparten en 4 horas de clases teóricas y 4 horas de clases prácticas.

La carga horaria para el seminario de grado es de 70 horas repartidas en 10 semanas, e incluye los contenidos de las unidades 1 a la 13. La carga horaria para las modalidades de materia de grado y curso de posgrado es de 112 horas repartidas en 16 semanas, e incluye los contenidos de las unidades 1 a la 18.

La forma de evaluación para todas las modalidades, comprende la realización de un trabajo de investigación sobre los contenidos de la materia para una observación

determinada (obtenida de las bases de datos públicas), y el conocimiento de como se estructura una publicación científica. Una vez que el trabajo es aprobado, el alumno debe defenderlo en una presentación oral de 20 minutos.

### **Recursos especiales:**

Los recursos mínimos necesarios para cursar la materia son: una computadora personal (con sistema operativo Linux o Mac) o las PCs disponibles en la sala de computación de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la UNLP.

Conocimientos previos: se recomienda conocimientos de Astronomía general, Computación (para Astronomía) y Electromagnetismo I.

### **Bibliografía básica:**

-Plasma Physics for Astrophysics. R.M. Kulsrud. Princeton University Press, 2005.

-High Energy Astrophysics: Volume I y II. Particles, Photons and their Detection. M.S. Longair, 1992.

-The *XMM-Newton* ABC Guide: An introduction to *XMM-Newton* Data Analysis. ([http://xmm.esac.esa.int/external/xmm\\_user\\_support/documentation/sas\\_usg/USG/](http://xmm.esac.esa.int/external/xmm_user_support/documentation/sas_usg/USG/)).

-An introduction to *Chandra* Data Analysis. (<http://cxc.harvard.edu/ciao/guides/>)

-An X-Ray Spectral Fitting Package (XSPEC) - HEASOFT Homepage (<http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/software/lheasoft/xanadu/xspec/manual/manual.html>)

### **Bibliografía adicional:**

-The Universe in X-Rays: Eds: Joachim E. Trumper, Gunther Hasinger. Astronomy and Astrophysics Library, Springer, 2008.

-X-ray Astronomy: Stellar endpoints, AGN, and the Diffuse X-ray Background. American Institute of Physics, Chicago, 2001.

-Frontiers of X-ray Astronomy. A. C. Fabian, Ken Pounds & Roger D. Blandford. Cambridge University Press, 2004.