

Título: Emisión de rayos gamma de objetos estelares jóvenes y descubrimiento de variabilidad superorbital a altas energías

Autor: Daniela Hadasch (hadasch@ieec.uab.es)

Tesis doctoral dirigida por: Prof. Dr. Diego F. Torres, Prof. Dr. Lluís Font Guiteras

Centro: Universitat Autònoma de Barcelona, Institute of Space Sciences (IEEC-CSIC)

Fecha de lectura: 30 de julio de 2013

Se puede dividir esta tesis en tres partes:

1. Estudios de la emisión gamma a altas energías de los sistemas binarios LSI +61 303, LS5039 y PSR B1259-63 con el Fermi Large Area Telescope (Fermi-LAT) y el primer descubrimiento de variabilidad superorbital de la fuente LSI +61 303 a altas energías

Con estos resultados tenemos por primera vez la posibilidad de usar observaciones en gamma para estudiar los discos de estrellas masivas en sistemas binarios excéntricos.

Los sistemas binarios de rayos gamma son sistemas estelares. Su espectro tiene su máximo a altas energías (sin tener en cuenta su emisión térmica). LSI +61 303 ha sido detectado en un rango desde las ondas de radio hasta los rayos gamma (en TeV). La fuente muestra una variabilidad muy alta en todas las frecuencias. Una característica de la variabilidad de este sistema es la modulación de su emisión a 26.496 días, que coincide con su período orbital.

En esta tesis presento el estudio más extensivo de este sistema binario a altas energías.

Estudiamos el comportamiento del espectro de LSI +61 303 con la mejor estadística disponible hasta el momento. Encontramos que la forma espectral se puede describir mejor con una ley de potencias que posee una disminución brusca de tipo exponencial hacia el final, y que no se ve afectada por la posición en la órbita. En este contexto, mostramos por primera vez que la emisión gamma de LSI +61 303 también posee una variabilidad sinusoidal al período de 1667 días conocido de otras frecuencias. Esta modulación está más presente en fases orbitales alrededor del apastro (punto más alejado de la órbita), aunque no introduce ningún cambio visible cerca del periaastro (punto más cercano de la órbita). Además, la modulación se encuentra también en la aparición y la desaparición de la variabilidad orbital en el espectro de potencias de los datos. Este comportamiento se puede explicar por una evolución cuasi-cíclica del disco ecuatorial de la estrella acompañante (estrella de tipo Be). Las características del disco influyen en las condiciones para generar los rayos gamma. Eso mostramos por primera vez en esta tesis.

Además hice el análisis de contrastación de los datos del Fermi-LAT para el sistema binario PSR B1259-63 cuando pasó por su periaastro.

2. Estudios de la emisión gamma de magnetares a altas y muy altas energías con el Fermi-LAT y con los telescopios Cherenkov MAGIC.

Las magnetares son una clase particular de estrellas de neutrones que muestran emisión desde radio hasta unos centenares de keV. Se caracterizan por sus explosiones en rayos X y sus pérdidas de energía a lo largo del tiempo. Estas pérdidas son demasiado pequeñas para poder ser responsables de la luminosidad en rayos X que observamos. Por esta razón, la teoría más aceptada es que la emisión X de la estrella de neutrones está suministrada por el decaimiento y las inestabilidades de sus fuertes campos magnéticos. En esta tesis, estudio estos objetos por primera vez a altas y muy altas energías con el Fermi-LAT y los telescopios MAGIC. Pusimos las primeras cotas a la posible emisión gamma de estos objetos. Nuestros resultados, además, fuerzan una revisión del espacio de parámetros aplicable a la visibilidad del modelo de “outer gap” Cheng & Zhang (2001) y Zhang & Cheng (2002) para cada magnetar.

3. Predicciones para la astronomía Cherenkov con la red de telescopios CTA.

La siguiente generación de telescopios Cherenkov será CTA. Ahora mismo, este experimento está en la fase de diseño. En esta tesis, evalúo las capacidades de CTA para estudiar la física no-térmica de sistemas binarios de rayos gamma. Para ello se requieren observaciones de fenómenos a altas energías a tiempos y a escalas espaciales diferentes. En concreto, estudié los sistemas binarios de rayos gamma en el contexto de la física conocida o esperada de estas fuentes. CTA será capaz de demostrar con una resolución espectral, temporal y espacial muy alta los procesos físicos que generan la emisión gamma en los sistemas binarios. Además, el número de las fuentes conocidas incrementará significativamente. Con nuestros estudios, encontramos que la sensibilidad de CTA resultará en curvas de luz y espectros de alta calidad a escalas de tiempo muy cortas. Además, con CTA se podrá monitorear fuentes a lo largo de mucho tiempo usando solo una parte de los telescopios, y aún así alcanzará una sensibilidad 2 ó 3 veces mayor que cualquier instrumento actual operando a muy altas energías. En general, CTA reducirá órdenes de magnitud los errores de los flujos y de los índices espectrales.

Apéndice: En el apéndice describo el descubrimiento de la nova en el sistema binario simbiótico V407 Cygni a altas energías. En este caso hice el análisis de contrastación de los datos tomados con Fermi-LAT. Como ha sido la primera detección de una nova a altas energías, este tipo de fuente se convirtió en una nueva clase de fuentes a altas energías.

Artículos en prestigiosas publicaciones como autor correspondiente

- The Fermi-LAT Collaboration. **Long-term modulation of the γ -ray emission from LS I +61°303**. The Astrophysical Journal Letters, Volume 773, Issue 2, article id. L35, 7 pp. (2013).
- The MAGIC collaboration. **Observations of the magnetars 4U0142+61 and 1E 2259+586 with the MAGIC telescopes**. Astronomy & Astrophysics, Volume 549, id.A23, 4 pp. (2013).
- Paredes J. M., Bednarek W., Bordas P., Bosch-Ramon V., De Cea del Pozo E., Dubus G., Funk S., **Hadasch D.**, Khangulyan D., Markoff S., Moldo'n J., Munar- Adrover P., Nagataki S., Naito T., de Naurois M., Pedalletti G., Reimer O., Ribo' M., Szostek A., Terada Y., Torres D. F., Zabalza V., Zdziarsk A. A. for the CTA Consortium. **Binaries with the eyes of CTA**. Astroparticle Physics, Volume 43, p. 301-316 (2013).
- **Hadasch D.**, Torres D. F., Tanaka T., Corbet R. H. D., Hill A. B., Dubois R., Dubus G., Glanzman T., Corbel S., Li J., Chen Y. P., Zhang S., Caliandro G. A., Kerr M., Richards J. L., Max-Moerbeck W., Readhead A., Pooley G. **Long-term Monitoring of the High-energy gamma-Ray Emission from LSI+61°303 and LS 5039**. The Astrophysical Journal, Volume 749, Issue 1, article id. 54, 12 pp. (2012).
- The MAGIC collaboration. **High zenith angle observations of PKS 2155-304 with the MAGIC-I telescope**. Astronomy & Astrophysics, Volume 544, id.A75, 9 pp. (2012).

Artículos en prestigiosas publicaciones como co-autor

- Caliandro, G. A., Hill, A. B., Torres, D. F., **Hadasch, D.**, Ray, P., Abdo, A., Hessels, J. W. T., Ridolfi, A., Possenti, A., Burgay, M., Rea, N., Tam, P. H. T., Dubois, R., Dubus, G., Glanzman, T., Jogler, T. **The missing GeV γ -ray binary: searching for HESS J0632+057 with Fermi-LAT**. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 436, Issue 1, p.740-749 (2013).
- Li J., Torres D. F., Zhang S., **Hadasch D.**, Rea N., Caliandro G. A., Chen Y., Wang J. **Unveiling the Super-orbital Modulation of LS I +61°303 in X-Rays**. The Astrophysical Journal Letters, Volume 744, Issue 1, article id. L13, 5 pp. (2012).
- The Fermi-LAT Collaboration. **Discovery of High-energy Gamma-ray Emission from the Binary System PSR B1259-63/LS 2883 around Periastron with Fermi**. The Astrophysical Journal Letters, Volume 736, Issue 1, article id. L11, 6 pp. (2011).
- Rea, N., Torres D. F., Caliandro G. A., **Hadasch D.**, van der Klis M., Jonker P. G., M'endez M., Sierpowska-Bartosik A. **Deep Chandra observations of TeV binaries - II. LS5039**. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 416, Issue 2, pp. 1514-1521 (2011).
- Li, J., Torres D. F., Zhang S., Chen Y., **Hadasch D.**, Ray P. S., Kretschmar P., Rea N., Wang J. **Long-term X-Ray Monitoring of LSI+61°303: Analysis of Spectral Variability and Flares**. The Astrophysical Journal, Volume 733, Issue 2, article id. 89, 12 pp. (2011).
- Torres D. F., Zhang S., Li J., Rea N., Caliandro G. A., **Hadasch D.**, Chen Y., Wang J., Ray P. S. **Variability in the Orbital Profiles of the X-ray Emission of the γ -ray Binary LS I +61°303**. The Astrophysical Journal Letters, Volume 719, Issue 1, pp. L104-L108 (2010).
- The Fermi-LAT Collaboration. **Gamma-Ray Emission Concurrent with the Nova in the Symbiotic Binary V407 Cygni**. Science, Volume 329, Issue 5993, pp. 817-821 (2010).