

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

Introducción a la Astrofísica Relativista

CARRERA: LICENCIATURA EN ASTRONOMÍA

CARGA HORARIA SEMANAL: 4 HORAS DE TEORÍA Y 4 HORAS DE PRÁCTICA

CARÁCTER: SEMESTRAL

PROFESOR A CARGO: GUSTAVO E. ROMERO

OBJETIVOS

La astrofísica relativista surgió hace casi medio siglo con el descubrimiento de los cuásares y la postulación de la existencia de los agujeros negros. Pronto se convirtió en una disciplina científica en rápido desarrollo gracias a asombrosos descubrimientos en el campo de la astronomía de rayos X y rayos gamma. Resultado de la aplicación de la física de partículas y la Relatividad General al estudio de los procesos más energéticos que ocurren en el Universo, la astrofísica relativista es hoy una herramienta indispensable para la comprensión del Cosmos.

En este curso se presenta una introducción actualizada a la astrofísica relativista, comenzando por conocimientos de física básica (espacio-tiempo, interacciones de partículas, ondas de choque, *jets*, etc.) y mecanismos de aceleración de rayos cósmicos, cubriendo luego de forma exhaustiva los procesos radiativos que sufren las partículas de muy alta energía, y por último describiendo los instrumentos y técnicas de observación de fuentes de rayos gamma, neutrinos y rayos cósmicos. Se estudian también sistemas astrofísicos como los núcleos galácticos activos, púlsares, supernovas, cuásares, microcuásares, eruptores de rayos gamma y *fast radio bursts*.

La materia está dirigida tanto a estudiantes de grado como de posgrado.

CONTENIDO TEMÁTICO

1. Partículas elementales. Modelo estándar. Quarks. Leptones. Fuerzas fundamentales. Interacciones. Decaimientos. Estudio experimental de las partículas elementales. Aceleradores. Detectores.

2. Aceleración de partículas cargadas. Movimiento de una partícula en un campo electromagnético. Aceleración en campos intensos. Mecanismos de aceleración difusiva. Mecanismo de Fermi. Aceleración en ondas de choque astrofísicas. Ejemplos.

3. Procesos radiativos I. Conceptos básicos. Radiación térmica de altas energías. Radiación sincrotrón. Radiación de curvatura. Radiación Cherenkov. Radiación Compton inversa.

4. Procesos radiativos II. Bremsstrahlung relativista. Radiación gamma por interacciones hadrónicas. Emisión por decaimiento de piones neutros. Radiación por secundarios del decaimiento de piones cargados. Radiación por procesos foto-hadronicos. Producción de neutrinos.

5. Absorción. Absorción de fotones por núcleos. Absorción fotón-fotón. Cálculo de opacidades en distintas condiciones astrofísicas. Absorción en un campo magnético intenso.
6. Detectores. Telescopios Cherenkov. Técnicas de observación. Instrumentos satelitales: energías bajas: 1-10 MeV, energías medias: 10-100 MeV, energías altas: 100 MeV-1000 GeV. Telescopios de neutrinos. Observatorios de rayos cósmicos. Observatorios de ondas gravitacionales.
7. Fuentes astrofísicas. Sistemas binarios con objetos compactos. Púlsares. Remanentes de supernova. Microquásares. Núcleos activos. Explosiones de rayos gamma. Magnetares. *Fast radio bursts*. Estrellas binarias. Estrellas fugitivas.
8. Aspectos cosmológicos. Radiación gamma en el universo temprano. Efectos del medio intergaláctico en la propagación de los rayos gamma.

BIBLIOGRAFÍA

Libros sobre rayos cósmicos y astrofísica de altas energías

- Van Putten M. H. P. M. & Levinson A., *Relativistic Astrophysics of the Transient Universe: Gravitation, Hydrodynamics and Radiation*, Cambridge University Press (2012)
- Romero G. E. & Paredes J. M., *Introducción a la Astrofísica Relativista*, Universitat de Barcelona Edicions (2011)
- Aharonian F. A., *Very High Energy Cosmic Gamma-Ray Radiation*, World Scientific Publishing (2004)
- Schlickeiser R., *Cosmic Ray Astrophysics*, Astronomy and Astrophysics Library Series, Springer (2002)
- Padmanabhan T., *Theoretical Astrophysics (Vol. I, II y III)*, Cambridge University Press, Cambridge (2000, 2001, 2002)
- Longair M., *High Energy Astrophysics (Vol. I y II)*, Cambridge University Press, Cambridge (1992, 1994)
- Berezhinskii V. S., Bulanov S. V., Dogiel V. A., Ginzburg V. L. (ed.), & Ptuskin V. S., *Astrophysics of Cosmic Rays*, North-Holland, Amsterdam (1990)
- Gaisser T. K., *Cosmic Rays and Particle Physics*, Cambridge University Press, Cambridge (1990)
- Rybicki G. B. & Lightman A. P., *Radiative Processes in Astrophysics*, J. Wiley, New York (1979)
- Hillas A. M., *Rays*, Pergamon Press, Oxford (1972)
- Hayakawa S., *Cosmic Ray Physics*, Wiley, New York (1969)
- Roben S. (ed.), *Selected Papers on Theories of the Origin of Cosmic Rays*, Dover Publications, New York (1969)
- Ginzburg V. L. & Syrovatskii S. I., *The Origin of Cosmic Rays*, Pergamon Press, Oxford (1964)

Libros sobre astronomía de rayos gamma y astrofísica

- Dermer C. D. & Menon G., *High-Energy Radiation from Black Holes*, Princeton University Press, Princeton (2009)
- Melia F., *High-Energy Astrophysics*, Princeton University Press, Princeton (2009)
- Paredes J. M., Reimer O., & Torres D. F. (eds.), *The Multimessenger Approach to High-Energy Gamma-Ray Sources*, Astrophysics & Space Science, Vol. 309, No. 1-4, Berlin: Springer (2008)

- Vietri M., *Foundations of High-Energy Astrophysics*, University of Chicago Press, Chicago (2008)
- Cheng K. S., & Romero G. E. (eds.), *Cosmic Gamma-Ray Sources*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht (2004)
- Weekes T. C., *Very High-Energy Gamma-Ray Astronomy*, IoP, Bristol (2003)
- Aharonian F. A. & Volk H. J. (eds.), *High-Energy Gamma-Ray Astronomy*, AIP Press, Melville, New York (2001)
- Carramiña A., Reimer O., & Thomson D. J. (eds.), *The Nature of the Unidentified Galactic High-Energy Gamma-Ray Sources*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht (2001)
- Schoenfelder V. (ed.), *The Universe in Gamma Rays*, Springer, Berlin (2001)
- Fitchel C. L. & Trombka J., *Gamma-Ray Astrophysics*, NASA 1386 (1997)
- Ramana Murphy P. V. & Wolfendale A. W., *Gamma-Ray Astronomy, second edition*, Cambridge University Press, Cambridge (1993)
- Hillier R., *Gamma-Ray Astronomy*, Clarendon Press, Oxford (1984)
- Massey H., Wolfendale A. W., & Wills R. D. (eds.), *Gamma-Ray Astronomy, a Royal Society Discussion*, The Royal Society, London (1981)
- Chupp E. L., *Gamma-Ray Astronomy*, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht (1976)
- Stecker F. W., *Cosmic Gamma Rays*, NASA SP-249 (1971)

Artículos de revisión

- Hinton J. A. & Hofmann W., *Teraelectronvolt Astronomy*, Ann. Rev. Astron. Astrophys. 47, 523 (2009)
- Torres D. F., Romero G. E., Dame T. A., Combi J. A., & Butt Y. M., *Supernova Remnants and Gamma-Ray Sources*, Physics Reports 382, 303 (2003)
- Mészáros P., *Theories of Gamma-Ray Bursts*, Ann. Rev. Astron. Astrophys. 40, 137 (2002)
- Piran T., *Gamma-Ray Bursts: a Puzzle Being Resolved*, Physics Reports 333, 529 (2000)
- Mirabel I. F. & Rodríguez L. F., *Sources of Relativistic Jets in the Galaxy*, Ann. Rev. Astron. Astrophys. 37, 409 (1999)
- Ong R. A., *Very High-Energy Gamma-Ray Astronomy*, Physics Reports 305, 93 (1998)
- Aharonian F. A. & Akerlof C. W., *Gamma-Ray Astronomy with Imaging Atmospheric Cerenkov telescopes*, Ann. Rev. Nuc. Part. Sci. 47, 273 (1997)
- Bloemen H., *Diffuse Galactic Gamma-Ray Emission*, Ann. Rev. Astron. Astrophys. 27, 469 (1989)
- Weekes T. C., *Very High-Energy Gamma-Ray Astronomy*, Physics Reports 160, 1 (1988)
- Bignami G. F. & Hermsen W., *Galactic Gamma-Ray Sources*, Ann. Rev. Astron. Astrophys. 21, 67 (1983)
- Trombka J. I. & Fitchel C. E., *Gamma-Ray Astrophysics*, Physics Reports 97, 175 (1983)
- Ramaty R. & Lingenfelter R. E., *Gamma-Ray Astronomy*, Ann. Rev. Nuc. Part. Sci. 32, 235 (1982)
- Fazio G. G., *Gamma Radiation from Celestial Objects*, Ann. Rev. Astron. Astrophys. 5, 481 (1967)