

# Astrofísica de altas energías

Alberto Carramiñana, Aldo Batta (INAOE)

Tonantzintla, 15 de enero de 2024

## Temario

1. **Partículas astrofísicas** [3, 4, 5]
  - 1.1. Procesos radiativos y radiación de alta energía  
Relatividad especial y electrodinámica clásica; el límite cuántico; Compton; bremsstrahlung; sincrotrón; radiación Cherenkov.
  - 1.2. Procesos electrodinámicos  
interacciones electrón - fotón; procesos de un vértice.
  - 1.3. Interacciones entre partículas  
decaimiento radiactivo; partículas; colisiones; producción de piones y decaimiento.
  - 1.4. Neutrinos; decaimiento beta.
2. **Rayos cósmicos** [8]
  - 2.1. Descubrimiento.
  - 2.2. Detección de rayos cósmicos con satélites.
  - 2.3. Cascadas atmosféricas y arreglos de superficie.
  - 2.4. Composición, espectro y energética.
  - 2.5. Propagación y aceleración.
  - 2.6. Rayos cósmicos de energías ultra altas.
3. **Observatorios y observaciones de rayos gamma**
  - 3.1. Bandas astrofísicas.

- 3.2. Telescopios espaciales; catálogos y poblaciones de fuentes de rayos  $\gamma$ .
- 3.3. Cascadas atmosféricas; radiación Cherenkov en la atmósfera.
- 3.4. Detectores de superficie; catálogos y poblaciones de fuentes de rayos  $\gamma$  de muy alta energía.
- 3.5. La interacción de rayos  $\gamma$  de muy alta energía con fondos de radiación

#### 4. **Neutrinos**

- 4.1. Neutrinos.
- 4.2. Neutrinos solares; oscilaciones.
- 4.3. SN 1987A.
- 4.4. Detectores de gran volumen.
- 4.5. Astrofísica con IceCube.
- 4.6. Efecto Askaryan y próxima generación de detectores.

#### 5. **Acreción en objetos compactos**

- 5.1. Procesos de acreción.
- 5.2. Acreción en sistemas estelares.
- 5.3. Núcleos activos de galaxias y hoyos negros supermasivos.
- 5.4. Hoyos negros, acreción y jets.

#### 6. **Relatividad y gravitación** [6, 7]

- 6.1. Fundamentos de relatividad y gravitación
- 6.2. Métricas de sistemas astrofísicos: Minkowsky, Schwarzschild, Kerr.
- 6.3. Ondas gravitacionales

#### 7. **Fuentes astrofísicas de rayos gamma y neutrinos**

- 7.1. Fuentes estelares: estrellas masivas y regiones de formación estelar; supernovas; estrellas de neutrones y pulsares; sistemas binarios y hoyos negros; gamma-ray bursts.
- 7.2. Emisión difusa en la Galaxia, en galaxias normales y starburst.

7.3. Burbujas de Fermi.

7.4. Galaxias activas: núcleos activos, radio-galaxias, blazares.

## 8. Core Collapse Supernovae

## 9. Ondas gravitacionales

9.1. Ondas gravitacionales: parámetros.

9.2. Detectores interferométricos

9.3. Algunas observaciones: GW 150914; GW 170817; GW 190521

9.4. Próxima generación de instrumentos

## 10. Otros objetos de interés

10.1. Hoyos negros primordiales (PBHs).

10.2. Fast Radio Bursts (FRBs).

10.3. Violación a la invariancia de Lorentz y otros tests de física fundamental.

10.4. Fuentes en el sistema solar: el Sol, la Luna, la Tierra y algunas tormentas.

## Referencias

- [1] "High energy astrophysics", M. Longair, ed. Cambridge.
- [2] "Introduction to particle and astroparticle physics", A. De Angelis, M. Pimenta, ed. Springer
- [3] "Classical electrodynamics", J.D. Jackson, ed. Wiley.
- [4] "Introduction to elementary particles", D. Griffiths, ed. Wiley.
- [5] "Quantum electrodynamics", V.B. Berestetskii, E.M. Lifshitz, L.P. Pitaevskii, ed. Pergamon Press.
- [6] "Gravitation and cosmology: principles and applications of general relativity", Weinberg

- [7] “Spacetime and geometry: an introduction to general relativity”, S. Carroll, ed. Addison-Wesley.
- [8] “Cosmic rays and particle physics”, Thomas Gaisser, ed. Cambridge.
- [9] “Accretion power in astrophysics”, Frank, King & Raine
- [10] Artículos ARAA, ApJ, . . . arxiv