

# Lentes gravitacionales en astrofísica y cosmología

Fechas tentativas: 19/ago a 6/dic, días y horarios: a definir

**Docente: Martín Makler**

## Motivación:

El efecto de lente gravitacional es una de las consecuencias más espectaculares de la desviación de la luz por la gravedad. A lo largo del siglo XXI las lentes gravitacionales pasaron de ser una curiosidad de la teoría de la relatividad general a transformarse en una herramienta fundamental para la cosmología y la astrofísica.

El efecto de lente gravitacional genera magnificaciones y distorsiones de objetos astronómicos, pudiendo generar imágenes múltiples, arcos y anillos (lentes fuertes), entre otros efectos. En la actualidad se usan esos efectos en una amplia gama de escalas que abarca desde exoplanetas (microlentes) hasta la estructura del universo en grandes escalas (lentes débiles). Las lentes gravitacionales nos permiten sondear la distribución de materia en esas escalas y la geometría del Universo, además de estudiar galaxias distantes gracias a su magnificación (efecto de telescopio gravitacional). Usando ese fenómeno es posible probar modelos de materia oscura, estudiar la energía oscura y testear alternativas a la relatividad general.

En la actualidad, tener nociones de lentes gravitacionales es un ingrediente importante en cualquier formación en el área de astrofísica y cosmología. Este curso se propone hacer una introducción general y amplia a esa temática, ya sea para complementar esa formación o para sentar las bases de aquellas personas que se especializarán en ese campo. En el desarrollo del curso habrá clases teóricas, listas de ejercicios, trabajos prácticos con programación y el preparo de una ponencia final con temática a ser elegida por los y las participantes.

## Programa analítico:

### Parte I: Introducción y visión general

Introducción a las lentes gravitacionales y sus aplicaciones actuales

Deflexión de la luz y ecuación de la lente

Lentes puntuales

Mapeo de lentes, magnificación, cáusticas y curvas críticas

### Parte II: Microlentes gravitacionales

Revisión de conceptos astronómicos

Curvas de luz de microlentes y microlentes por astrometría

Estadística de lentes

### Parte III: Lentes en el contexto cosmológico

Revisión de cosmología: de la expansión del Universo a la formación de estructuras

Ecuación de la lente en un universo en expansión

Materia oscura

Radiación cósmica de fondo y sus anisotropías

#### Parte IV: Efecto fuerte de lentes y sus aplicaciones

Efectos en escalas de galaxias y cúmulos y sus aplicaciones  
Modelado de la lente  
Retraso temporal

#### Parte V: Efecto débil de lente gravitacional

Fundamentos de *weak lensing*, regímenes y métodos  
Procesamiento de imágenes para medidas de *weak lensing*  
Más allá del plano único: lentes y estructura en gran escala  
Lentes y tests de la gravedad  
*Lensing* de la radiación cósmica de fondo

#### Parte VI: Tópicos avanzados

Lentes en gravedad modificada  
*Lensing* de ondas gravitacionales  
Óptica ondulatoria

#### Bibliografía y referencias sugeridas

- **Gravitational Lensing and Microlensing**, Mollerach S., Roulet E., 2002, World Scientific
- **Introduction to Gravitational Lensing Lecture scripts**, Massimo Meneghetti, [https://www.ita.uni-heidelberg.de/~jmerten/misc/meneghetti\\_lensing.pdf](https://www.ita.uni-heidelberg.de/~jmerten/misc/meneghetti_lensing.pdf)
- **Introduction to Gravitational Lensing With Python Examples**, Massimo Meneghetti, 2021, Springer-Verlag
- **Lecture notes and slides**, Massimo Meneghetti, 2017, <http://pico.oabo.inaf.it/~massimo/teaching.html>
- **Gravitational Lensing**, Dodelson S., 2017, Cambridge University Press
- **Gravitational Lenses**, Schneider P., Ehlers J., Falco E.E., 1992, Springer-Verlag
- **Gravitational Lensing: Strong, Weak & Micro, Proceedings of the 33rd Saas-Fee Advanced Course**, Schneider P., Kochanek C., Wambsganss J., 2004, Springer-Verlag
- **Modern Cosmology**, Dodelson S., 2003, Elsevier Academic Press
- **Physical Foundations of Cosmology**, Mukhanov V., 2005, Cambridge University Press
- **The Early Universe**, 1990, Kolb E., Turner M., Addison-Wesley
- **Cosmological Physics**, Peacock J., 1999, Cambridge University Press