



Universidad
Nacional
de Córdoba



FAMAF
Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EX-2025-00111784- -UNC-ME#FAMAF

PROGRAMA DE ASIGNATURA	
ASIGNATURA: Agujeros Negros y Singularidades.	AÑO: 2025
CARACTER: Especialidad	UBICACIÓN EN LA CARRERA: 5° año 1° cuatrimestre
CARRERA: Licenciatura en Física	
REGIMEN: Cuatrimestral	CARGA HORARIA: 120 horas

FUNDAMENTACIÓN Y OBJETIVOS

FUNDAMENTOS

El estudio de agujeros negros requiere del manejo de técnicas de geometría semi Riemanniana no enseñadas en un curso introductorio de Relatividad General (RG). Es, a la vez una motivación natural para aprender estas técnicas. El contenido de este curso excede el estándar de dar la definición tradicional de agujeros negros y analizar casos estacionarios asintóticamente simples. Se introduce el concepto de superficies atrapadas, horizontes aparentes, etc, que son relevantes en el análisis numérico de colapso, y de la coalescencia de agujeros negros.

CONTENIDO

Singularidades

Singularidades de coordenadas, ejemplos “de juguete” y casos de interés: cartas en agujeros negros de Schwarzschild, Reissner Nördstrom y Kerr. Singularidades reales: bordes del espaciotiempo Extensiones maximales. Incompletitud de métricas Lorentziana, contraste con el caso Riemanniano.

Subvariedades en Relatividad General

Subvariedades semi-riemannianas: métrica inducida, segunda forma fundamental y vector de curvatura media. Relaciones de Gauss y Codazzi. Hipersuperficies espaciales y formulación de valores iniciales en Relatividad General. Integración en variedades. Variedades con borde: teoremas de Stokes y Gauss.

Horizontes

Hipersuperficies nulas, generadores. Horizontes de Killing, gravedad de superficie: casos degenerado y no degenerado. Expansión de generadores de hipersuperficies nulas: áreas transversales. Agujeros negros estacionarios: definición de carga, masa y momento angular. La solución de Kerr-Newman. Congruencias de geodésicas temporales y espaciales, expansión, shear y twist. Condiciones de energía, ecuación de Raychadhuri.

Agujeros negros

Métricas conformemente relacionadas, compactificación, espaciotiempos asintóticamente simples, diagramas de Penrose, infinito nulo. Definición estándar de agujero negro, limitaciones. Agujeros negros estacionarios: i) teoremas de unicidad, ii) extensiones maximales, iii) casos sub-extremo, extremo y súper-extremo, iv) leyes análogas a las de Termodinámica en agujeros negros estacionarios. Singularidades desnudas, conjeturas débil y fuerte de censor cósmico. Inestabilidad de singularidades desnudas

Colapso

Agujeros negros no-estacionarios. Superficies atrapadas. Colapso esférico. Horizontes aparentes. Solución de Vaidya. Solución de Oppenheimer-Snyder.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

EX-2025-00111784- -UNC-ME#FAMAF

- 1) General Relativity; R. Wald, Chicago University Press (1984)
- 2) A Relativist's Toolkit, The Mathematics of Black-Hole Mechanics; Eric Poisson, CUP (2004)
- 3) P. K. Townsend, Black holes: Lecture notes, gr-qc 9707012

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- [1] Barrett O'Neill, Semi-Riemannian Geometry with Applications to Relativity, Academic Press (1983).
- [2] Introduction to smooth manifolds; John T. Lee, GTM, Springer
- [3] Geometry, Topology and Physics; M. Nakahara, Graduate Students Series in Physics, IoP. (2003)
- [4] Numerical Relativity: Solving Einstein's Equations on the Computer; Baumgarte T.W., Shapiro S.L., CUP (2010)
- [5] Stephani, H., Kramer, D., MacCallum, M., Hoenselaers, C., & Herlt, E. (2003). Exact Solutions of Einstein's Field Equations (2nd ed., Cambridge Monographs on Mathematical Physics). Cambridge: Cambridge University Press.
- [6] Griffiths, J., & Podolský, J. (2009). Exact Space-Times in Einstein's General Relativity (Cambridge Monographs on Mathematical Physics). Cambridge: Cambridge University Press.
- [7] Juan A. Valiente Kroon, Conformal Methods in General Relativity, Cambridge University Press (2016).
- [8] Black Holes, New Horizons, edited by Sean Hardware. World Scientific (2013)

EVALUACIÓN

FORMAS DE EVALUACIÓN

Evaluaciones parciales basadas en proyectos asignados

REGULARIDAD

Cumplir un mínimo de 70% de asistencia a clases teóricas, prácticas, o de laboratorio.
Aprobar al menos el 60% de los Trabajos Prácticos.

CORRELATIVIDADES

Para cursar regularizada: Relatividad General.

Para rendir aprobada: Relatividad General.