

**FICHA IDENTIFICATIVA****Datos de la Asignatura**

Código	43298
Nombre	Relatividad General
Ciclo	Máster
Créditos ECTS	6.0
Curso académico	2012 - 2013

Titulación(es)

Titulación	Centro	Curso	Periodo
2150 - M.U. en Física Avanzada 12-V.2	Facultad de Física	1	Primer cuatrimestre

Materias

Titulación	Materia	Caracter
2150 - M.U. en Física Avanzada 12-V.2	3 - Astrofísica avanzada	Optativa

Coordinación

Nombre	Departamento
FONT RODA, JOSE ANTONIO	16 - Astronomía y Astrofísica
MORALES LLADOSA, JUAN ANTONIO	16 - Astronomía y Astrofísica

RESUMEN

Fundamentos de Relatividad. Observadores en un campo gravitatorio. Formulación de las leyes físicas en espacios curvos. Tensores de energía. Hidrodinámica relativista. Ecuaciones de Maxwell. Ecuaciones de Einstein. Linealización. Isometrías i campos de Killing. Simetría esférica. Soluciones exactas. La geometría de Schwarzschild: extensiones y generalizaciones. Colapso gravitatorio esférico. Formación de agujeros negros: propiedades características. Formalismo evolutivo de la Relatividad. Formulación 3+1 de las ecuaciones fundamentales. Relatividad Numérica: aplicaciones en Astrofísica Relativista. Radiación gravitatoria.

CONOCIMIENTOS PREVIOS



Relación con otras asignaturas de la misma titulación

No se han especificado restricciones de matrícula con otras asignaturas del plan de estudios.

Otros tipos de requisitos

COMPETENCIAS

2150 - M.U. en Física Avanzada 12-V.2

- Que los/las estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- Que los/las estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- Que los/las estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- Que los/las estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo
- Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- Ser capaces de obtener y de seleccionar la información y las fuentes relevantes para la resolución de problemas, elaboración de estrategias y asesoramiento a clientes.
- Ser capaz de gestionar información de distintas fuentes bibliográficas especializadas utilizando principalmente bases de datos y publicaciones internacionales en lengua inglesa.
- Saber organizarse para planificar y desarrollar el trabajo dentro de un equipo con eficacia y eficiencia.
- Ostentar la preparación para tomar decisiones correctas en la elección de tareas y en su ordenación temporal en su labor investigadora y/o profesional.
- Poseer la capacidad para el desarrollo de una aptitud crítica ante el aprendizaje que le lleve a plantearse nuevos problemas desde perspectivas no convencionales.
- Estar en disposición para seguir los estudios de doctorado y la realización de un proyecto de tesis doctoral.



- Comprender de una forma sistemática el campo de estudio de la Física y el dominio de las habilidades y métodos de investigación relacionados con dicho campo.
- Concebir, diseñar, poner en práctica y adoptar un proceso sustancial de investigación con seriedad académica.
- Realizar un análisis crítico, evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas en el área de la Física.
- Analizar una situación compleja extrayendo cuales son las cantidades físicas relevantes y ser capaz de reducirla a un modelo parametrizado.
- Evaluar la validez de un modelo o teoría propuesto por otros miembros de la comunidad científica.
- Saber modelizar matemáticamente los problemas físicos sencillos nuevos, conectados con problemas conocidos. Ser capaz de expresar en términos matemáticos nuevas ideas.
- Elaborar una memoria clara y concisa de los resultados de su trabajo y de las conclusiones obtenidas en el área de la Física.
- Exponer y defender públicamente el desarrollo, resultados y conclusiones de su trabajo en el área de la Física.
- Comprender los aspectos formales y el aparato matemático de la relatividad general, y desarrollar la capacidad de intuición espaciotemporal en cuatro dimensiones.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Al finalizar el proceso de enseñanza-aprendizaje el estudiante habrá aprendido a:

1. Seleccionar y utilizar correctamente distintas fuentes de información tanto en formato tradicional como electrónico. Conocer las bases de archivos propias del campo: inspire, spires, arXiv.
2. Manejar e interpretar correctamente datos físicos cuantitativos y cualitativos que dan validez a las teorías conocidas en el campo.
3. Analizar información de los sistemas físicos.
4. Preparar documentos e informes presentados en un texto escrito de forma comprensible organizada, documentada e ilustrada.
5. Articular un discurso oral, estructurado, coherente, con buena dicción y empleo de vocabulario técnico.
6. Comprender los argumentos utilizados en el campo de la Astronomía y Astrofísica.
7. Comprender la descripción matemática de los procesos físicos que gobiernan la formación y evolución de los objetos celestes tanto a escala estelar como cosmológica.
8. Utilizar a nivel básico instrumentación astronómica profesional. Aproximación al hecho observacional.
9. Comprender la metodología de la elaboración, interpretación y utilización de catálogos de objetos celestes.
10. Ser capaz de desarrollar y manejar las técnicas matemáticas para la aplicación, en casos sencillos, de las ecuaciones de Einstein de la gravitación.



DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS

1. Parte I: Fundamentos de Relatividad General.

El espacio-tiempo y la gravitación.

- (a) Relatividad Restringida. Relatividad de la simultaneidad.
- (b) El espacio-tiempo de Minkowski. Subespacios espaciales, temporales e isótopos.
- (c) El campo gravitatorio y el espacio-tiempo curvo. Tensor de curvatura.

2. Partículas prueba en un campo gravitatorio.

- (a) Observador local. Tiempo propio y espacio propio de un observador.
- (b) Sistemas de posicionamiento relativistas. Coordenadas de emisión.
- (c) Coordenadas adaptadas a un observador. Transporte de Fermi-Walker. Movimiento de un cuerpo prueba.
- (d) Energía y momento de una partícula respecto de un observador. Desplazamiento espectral en un campo gravitatorio conformemente estacionario y en un universo en expansión.

3. Fluidos relativistas.

- (a) Aceleración, rotación, distorsión y expansión de una congruencia temporal.
- (b) Tensor energía-momento de un fluido.
- (c) Ecuaciones de la hidrodinámica relativista.
- (d) Fluido perfecto. Variables termodinámicas.

4. Electromagnetismo en un espacio-tiempo curvo.

- (a) Campo electromagnético. Ecuaciones de Maxwell.
- (b) Tensor energía-momento del campo electromagnético.
- (c) La aproximación de la óptica geométrica.

5. Ecuaciones de Einstein.

- (a) Unicidad de las ecuaciones de Einstein: teorema de Cartan.
- (b) El límite newtoniano: campo gravitatorio débil estático.
- (c) Campos estacionarios débiles. Precesión de giroscopos.
- (d) Ecuaciones de Einstein linealizadas. Ondas gravitatorias.



6. Part II: Métodos y soluciones exactas. Curvatura del espacio-tiempo.

- (a) Curvatura y tensor de Weyl. Tensor de Cotton. Identidades de Bianchi.
- (b) Identidades de Ricci: evolución de la expansión y la distorsión.
- (c) Métricas conformes. Caracterización de los espacios conformemente planos.
- (d) Clasificación algebraica del tensor de Ricci y del tensor de Weyl.

7. Isometrías.

- (a) Simetrías. Campos de Killing. Leyes de conservación.
- (b) Campos gravitatorios estacionarios.
- (c) Álgebra de Lie de los campos de Killing. Simetría maximal.
- (d) Espacios-tiempos con simetría esférica.
- (e) Principio Cosmológico. Métricas de Robertson-Walker.

8. Interpretación de soluciones exactas.

- (a) La solución de Schwarzschild. Expresiones de la métrica. Extensión de Kruskal-Szekeres.
- (b) Interiores de Schwarzschild estáticos. Masa crítica.
- (c) La solución de Reissner-Nordström.
- (d) La solución de Kerr.

9. Part III. Formalismo evolutivo y Relatividad Numérica.

Formalismo evolutivo de la Relatividad.

- (a) Foliaciones espaciales. Métrica inducida. y curvatura extrínseca.
- (b) Función paso y vector desplazamiento.
- (c) Expresión de la métrica en coordenadas adaptadas a la foliación.
- (d) Ecuaciones de Einstein en formalismo evolutivo. Variables dinámicas.

10. Relatividad Numérica.

- (a) Breve introducción histórica de la Relatividad Numérica.
- (b) Ecuaciones de Einstein adaptadas a un enfoque numérico. Formulación $3 + 1$.
- (c) Hidrodinámica y MHD relativista numérica.
- (d) Esquemas de alta resolución de captura de choques.

11. Aplicaciones de la Relatividad Numérica: Astrofísica Relativista.

- (a) Estrellas relativistas en rotación.
- (b) Colapso gravitatorio.
- (c) Acreción sobre agujeros negros.
- (d) Colisión de agujeros negros y de estrellas de neutrones

**12. Radiación gravitatòria.**

- (a) Campos gravitatorios débiles. Ondas gravitatorias.
- (b) Fuentes de radiación gravitatoria.
- (c) Detección de ondas gravitatorias.

VOLUMEN DE TRABAJO

ACTIVIDAD	Horas	% Presencial
Clases de teoría	39,50	100
Otras actividades	4,00	100
Seminarios	2,50	100
Preparación de clases de teoría	52,00	0
Preparación de clases prácticas y de problemas	52,00	0
TOTAL	150,00	

METODOLOGÍA DOCENTE

MD1 - Clases teóricas lección magistral participativa.

MD5 – Seminarios.

MD6 – Visita a instalaciones científicas externas y empresas

MD8 – Conferencias de expertos.

EVALUACIÓN

SE1 – Exámenes escritos sobre las clases de teoría y prácticas: basados en los resultados del aprendizaje y en los objetivos específicos de cada asignatura.

SE3 – Evaluación continua del estudiante en las clases de teoría y prácticas: asistencia participativa y realización de ejercicios en el aula.

SE5 – Evaluación de las actividades no presenciales relacionadas con las clases de teoría y prácticas: memorias y/o informes de las prácticas entregados.

SE7 – Presentación oral y exposición de trabajos en el aula.



REFERENCIAS

Básicas

- E.ourgoulhon, Relativite Reinstreinte des particules a l'Astrophysique (EDP Sciences, CNRS Editions, 2010).
- N. Straumann, General Relativity and Relativistic Astrophysics (Springer-Verlag, Berlin, 1984).
- H. Stephani, General Relativity, (Cambridge University Press, Cambridge, 1982).
- R. d'Inverno, Introducing Einstein's Relativity, (Clarendon Press, Oxford, 1998).
- W. Rindler, Relativity, Special, General, and Cosmological (Oxford University Press, 2a ed., 2006).
- R. M. Wald, General Relativity (The University of Chicago Press, Chicago, 1984).
- E.ourgoulhon, 3+1 Formalism and bases of Numerical Relativity, Lecture Notes in Physics 846, (Springer, 2012); arXiv: gr-qc/0703035.

Complementarias

- S. Weinberg, Gravitation and Cosmology (Wiley, New York, 1972).
- L. Landau and E. M. Lifshitz, The Classical Theory of Fields, (Elsevier, Amsterdam, Fourth ed., 1975. Reprinted, 2007).
- F. de Felice, C. J. S. Clarke, Relativity on Curved Manifolds (Cambridge U.P., Cambridge, 1990).
- L. P. Hughston, K. P. Tod, An Introduction to General Relativity, (Cambridge U. P. 1990).
- J. Plebanski, A. Krasinski, An Introduction to General Relativity and Cosmology, (Cambridge U. P. 2006).
- H. Stephani, D. Kramer, M. Maccallum, C. Hoenselaers and E. Herlt, Exact Solutions to Einstein's Field Equations, Second edition (Cambridge Univ. Press, 2003).
- L. P. Eisenhart, Riemannian Geometry (Princeton U.P., Princeton, 1949).
- M. Alcubierre, Introduction to 3+1 Numerical Relativity, Oxford University Press (2008).
- Y. Choquet-Bruhat, General Relativity and the Einstein Equations, Oxford University Press (2008).
- J. A. Font, Numerical hydrodynamics and magneto-hydrodynamics in general relativity, Living Reviews in Relativity, 7 (2008), <http://www.livingreviews.org/lrr-2008-7>
- L. Smarr and J.W. York, Jr., Kinematical conditions in the construction of spacetime., Phys. Rev. D. 17, 2529-2551 (1978).
- J.W. York, Jr. The initial value problem and dynamics, en "Sources of Gravitational Radiation" edited by L. Smarr, (Cambridge Univ. Press: Cambridge, 1979) pp. 175-201.
- J. Winicour, Characteristic evolution and matching, Living Reviews in Relativity, 3 (2009), <http://www.livingreviews.org/lrr-2009-3>



- New frontiers in Numerical Relativity, M. Campanelli and L. Rezzolla Eds., Classical and Quantum Gravity, 24 12 (2007)

