

DATOS IDENTIFICATIVOS							
Asignatura	Geometría de Espacio-Tiempos Relativistas					Código	0000
Enseñanza	Oficial					Curso	1
Descriptores	Crd. total	Crd. T	Crd. P	Tipo	Periodo	Ciclo	
	6	4	2		Docencia	Master	
Idioma	Español						
Prerrequisitos	Conocimientos básicos de Geometría Diferencial						
Departamento	Geometría y Topología						
Coord./profesor	Alfonso Romero Sarabia Miguel Sánchez Caja				e-mail	aromero@ugr.es sanchezm@ugr.es	
Web							
Descripción general	<p>Con este curso se proporciona un contenido básico sobre aspectos matemáticos relevantes de los espacio-tiempos de la Relatividad General (R.G.)</p> <p>Desde que Einstein extendió en 1915 el espacio-tiempo de Lorentz-Minkowski a una variedad de Lorentz curvada para modelar campos gravitatorios, la Geometría de Lorentz, en su aspecto local, ha sido la herramienta fundamental en esta rama de la Física. En la década de los setenta, a partir de los trabajos de Hawking, Penrose, Geroch y otros sobre la estructura global del universo ("big bang", colapso gravitatorio, propiedades de los agujeros negros etc.) la necesidad de desarrollar nuevas técnicas geométricas para el estudio de los modelos cosmológicos pasó a un primer plano. Esto ha constituido un gran aliciente para el espectacular desarrollo contemporáneo de la Geometría de Lorentz global.</p> <p>El curso se dirige a alumnos procedentes de Física y Matemáticas con el objetivo de que adquieran conocimientos en R.G. desde ambos puntos de vista. Así, el matemático no sólo aprenderá herramientas y problemas geométricos de candente interés, sino que deberá asimilar el punto de vista y motivaciones de los físicos relativistas. Los físicos deberán estudiar la formulación matemáticamente rigurosa de la R.G., la cual resulta imprescindible para un conocimiento claro, profundo y puesto al día de la R.G.</p>						

COMPETENCIAS	
Específicos (tipo A)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conocer los elementos geométricos básicos de las variedades semi-riemannianas, con especial atención a las diferencias y similitudes entre los casos positivo definido (riemanniano) e indefinido (especialmente lorentziano) 2. Conocer (reales o "gedanken") experimentos en R.G., y ser capaz de analizar sus implicaciones en los posibles modelos de espacio-tiempos. 3. Desarrollar habilidades en el cálculo tensorial de variedades semi-riemannianas. 4. Conocer rigurosamente los modelos geométricos más clásicos de espacio-tiempos relativistas, así como el modelo matemático de campo electromagnético. 5. Ser capaz de modelar matemáticamente conceptos físicos relativistas. 6. Ser capaz de valorar el interés o la aplicabilidad en física de problemas matemáticos naturales en Geometría de Lorentz.

Transversales (Tipo B)	Instrumentales <ol style="list-style-type: none"> 1. Capacidad de análisis y síntesis 2. Capacidad de organización y planificación 3. Capacidad de comunicación oral y escrita en lengua nativa 4. Conocimiento de una lengua extranjera 5. Conocimientos de informática relativos al ámbito de estudio 6. Capacidad de resolución de problemas Personales <ol style="list-style-type: none"> 7. Capacidad para trabajar en equipo y colaborar eficazmente con otras personas 8. Capacidad para trabajar en equipos de carácter multidisciplinar 9. Razonamiento crítico Sistémicas <ol style="list-style-type: none"> 10. Capacidad para pensar de forma creativa y desarrollar nuevas ideas y conceptos 11. Iniciativa 12. Mostrar interés por campos diversos del conocimiento Otras Competencias <ol style="list-style-type: none"> 13. Capacidad de autocrítica: ser capaz de valorar la propia capacidad de forma crítica 14. Saber valorar la capacidad personal, y conocer las propias competencias y limitaciones 15. Relaciones profesionales: ser capaz de establecer y mantener relaciones con otros investigadores e instituciones relevantes 16. Saber obtener información de forma efectiva a partir de libros y revistas especializadas, y de otra documentación 17. Ser capaz de obtener información de otras personas de forma efectiva
	Nucleares (Tipo C) <ol style="list-style-type: none"> 18. Conocer las diferencias y similitudes entre las geometrías de espacios llanos y curvos, y entre las geometrías definidas positivas (euclídea/riemanniana) y e indefinidas (lorentziana/einsteiniana) 19. Entender las motivaciones físicas que conducen a la geometrización conjunta del espacio y el tiempo.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	COMPETENCIAS RELACIONADAS
Conocer el papel de las geometrías euclídeas y no euclídeas al modelar el espacio físico.	Síntesis de elementos conocidos.
Estudiar la necesidad de métricas riemannianas para modelar espacios curvos, y de métricas lorentzianas para incluir el tiempo.	Capacidad de análisis crítico.
Estudiar los elementos geométricos básicos de geometría semi-riemanniana, con especial hincapié en la lorentziana.	Base matemática teórica de los restantes apartados
Entender las motivaciones para la definición geométrica de diversos conceptos físicos (observadores, campos electromagnéticos) o espacio-tiempos (Robertson-Walker, Schwarzschild, etc.)	Capacidad de modelar matemáticamente
Derivar consecuencias físicas de los resultados geométricos: existencia de singularidades, agujeros negros, etc.	Capacidad de aplicar conocimientos teóricos
Estudiar rigurosamente problemas geométricos derivados de conceptos físicos: predictabilidad e hipersuperficies de Cauchy, problemas de valores iniciales.	Capacidad de análisis y desarrollo matemáticos.

CONTENIDOS	
Bloque/tema/módulo	Descripción
1	Geometría Afín Lorentziana: Relatividad Especial.
2	Variedades de Lorentz. Espacio-tiempos.
3	Campos Electromagnéticos. Ecuaciones de Maxwell.
4	La Ecuación de campo de Einstein. Problema de valores iniciales.

METODOLOGÍA	
Tipología	Descripción
Presentación	Entrevista personal a cada alumno matriculado por el profesorado del curso acerca de sus intereses y expectativas en el campo de estudio del curso.

Lecciones magistrales	30 horas sobre los contenidos básicos de la asignatura.
Acontecimientos científicos o divulgativos	Asistencia a posibles conferencias sobre temas relacionados con el curso Contacto con otros grupos de investigación que utilicen técnicas semejantes o desarrollen investigaciones relacionadas.
Prácticas de laboratorio	
Prácticas autónomas	Realización de un trabajo personal sobre un tema del curso. Revisión bibliográfica de antecedentes, metodología y recursos y elaboración de un posible trabajo de iniciación a la investigación.
Prácticas a través de TIC	Recopilación, análisis e informe acerca de los contenidos de los contenidos en diversos portales Web.
Prácticas externas (de campo/salidas)	

PLANIFICACIÓN							
Tipología de la actividad	Atención personalizada	Evaluación	A Horas de clase	B Horas presenciales fuera del aula	C Factor de Trabajo del alumno	D Horas de trabajo personal del alumno	E Horas totales
<i>¿Qué se hace en la asignatura?</i>	<i>La actividad implica atención personalizada</i>	<i>Tiene implicación en la cualificación?</i>	<i>Aula ordinaria</i>	<i>Entorno académico guiado</i>		<i>(A o B x C)</i>	<i>(A+B+D)</i>
Actividades introductorias	Entrevista	Encuesta final al alumno	0	1	0	1	1
Lección magistral	Tutorías	Cuestionario de autoevaluación	30	0	2	60	90
Acontecimientos científicos o divulgativos	Comunicación, puesta en contacto con otros grupos	Resumen de la conferencia o informe del responsable del grupo de investigación visitado	0	10	1.5	10	15
Prácticas de laboratorio y autónomas	Tutorización en el laboratorio	Búsqueda de información. Realización de un trabajo y proyecto tutorizado	0	10	3	30	40
Prácticas externas (de campo/salidas)							
Atención personalizada	Tutorías de teoría y prácticas autónomas		0	4	0	4	4
							150

ATENCIÓN PERSONALIZADA	
Tipología	Descripción
Tutoría	Las tutorías se realizarán durante el periodo comprendido entre el inicio de curso y el final del Master. Las vías de comunicación serán tanto presenciales como a través de TIC (correo electrónico, foros, etc.)

EVALUACIÓN		
Tipología	Descripción	%

Evaluación continua	Cumplimentación de autoevaluación en línea	10
	Prácticas (ejercicios proporcionados por el profesor de manera individualizada)	40
	Prácticas Autónomas: Trabajo tutelado y Proyecto de investigación	40
	Asistencia	10

FUENTES DE INFORMACIÓN	
Básica	<p>J.K. Beem, P.E. Ehrlich and K.L. Easley, Global Lorentzian Geometry, Second Edition, Pure and Appl. Math. 202, Marcel Dekker, 1996.</p> <p>S.W. Hawking and G.F.R. Ellis, The Large Scale Structure of Space-time, Cambridge Univ. Press, 1973.</p> <p>S. Hawking and R. Penrose, The Nature of Space and Time, Princeton University Press, 1996.</p> <p>B. O'Neill, Semi-Riemannian Geometry with Applications to Relativity, Academic Press, New York, 1983.</p> <p>B. O'Neill, The Geometry of Kerr Black Holes, A.K. Peters, 1995.</p> <p>R.K. Sachs and H. Wu, General Relativity for Mathematicians, Graduate texts in Math., 48, Springer-Verlag, 1977.</p> <p>R.K. Sachs and H. Wu, General Relativity and Cosmology, Bull. Amer. Math. Soc., 83 (1997), 1101-1164.</p> <p>B. Thide, Electromagnetic Field Theory, Upsilon books, 2004.</p> <p>R.M. Wald, General Relativity, University of Chicago Press, Chicago, 1984.</p>
Complementaria	<p>"Living Reviews"</p> <p>http://relativity.livingreviews.org/</p>

Otros recursos

Autores (p.o. de firma): A. Romero y M. Sánchez
Título: New properties and examples of incomplete Lorentzian tori
Publicado en: J. Math. Phys, **69** (1994), 1992-1997.

Autores (p.o. de firma): A. Romero y M. Sánchez
Título: Completeness of compact Lorentz manifolds admitting a timelike conformal-Killing vector field
Publicado en: Proc. Amer. Math. Soc., **123** (1995), 2831-2833.

Autores (p.o. de firma): A. N. Bernal y M. Sánchez
Título: On smooth Cauchy hypersurfaces and Geroch splitting theorem
Publicado en Commun. Math. Phys., **243** (2003), 461-470.

Autores (p.o. de firma): A. N. Bernal y M. Sánchez
Título: : Smoothness of time functions and the metric splitting of globally hyperbolic space times
Publicado en Commun. Math. Phys., **257** (2005), 43-50.

Autores (p.o. de firma): F.J. Palomo y A. Romero
Título: Certain actual topics on modern Lorentzian geometry
Capítulo del Libro: Handbook of Differential Geometry
Volumen: 2 Páginas, inicial: 513 final: 546 Fecha: 2006
Publicado en: Elsevier (editado por F. Dillen y L. Verstraelen)

—

Direcciones Web:

<http://sol.sci.uop.edu/~jfalward/relativity/relativity.html>

<http://www.hawking.org.uk/home/hindex.html>

<http://www.damtp.cam.ac.uk/user/gr/public/index.html>

<http://www-ma4.upc.edu/Lorentz2005/>

RECOMENDACIONES