

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

Código	34270
Nombre	Relatividad y Cosmología
Ciclo	Grado
Créditos ECTS	4.5
Curso académico	2020 - 2021

Titulación(es)

Titulación	Centro	Curso	Periodo
1105 - Grado en Física	Facultad de Física	4	Segundo cuatrimestre

Materias

Titulación	Materia	Caracter
1105 - Grado en Física	16 - Complementos de Física	Optativa

Coordinación

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

RESUMEN

La asignatura Relatividad y Cosmología, optativa cuatrimestral de cuarto curso del Grado de Física, tiene asignados 4.5 créditos (30 horas de clases teóricas y 15 horas de sesiones de trabajo).

La asignatura es una introducción a la teoría del espacio-tiempo en presencia de gravitación, es decir a la teoría de Einstein de la gravitación, también conocida como teoría de la relatividad general (RG). El lenguaje básico de esta teoría es la geometría riemanniana (los espacios curvados), así pues esta asignatura será también una introducción a las nociones básicas de los espacios curvados. Los estudios de la RG pueden continuarse en el programa del máster de física avanzada.

La RG está vigente en un rango muy ancho de escalas espaciales:

- La ingeniería relacionada con el GPS (dól) o el Galileo (EU) necesita tener en cuenta correcciones relativistas igual que se necesitarán por explicar el adelantamiento del periheli de Mercurio.



- La evolución de objetos de gran masa, el colapso estelar, la formación de agujeros negros y los procesos energéticos por ellos producidos son tópicos habituales de la astrofísica relativista en los que la R.G. es necesaria.
- Las lentes gravitatorias son una consecuencia inevitable de RG que ha encontrado una aplicación importante en la detección de materia oscura en zonas muy alejadas.
- La expansión acelerada de el Universo detectada en la observación de supernovas lejanas ha puesto de manifiesto una componente misteriosa de energía, desconocida por el momento (energía oscura), que está estimulando gran cantidad de estudios y especulaciones.
- En la otra dirección, el estudio de la gravitación a escalas cuánticas ha acontecido otro tópico teórico importante.
- Por último, señalar que así como el acelerador LHC puede abrir perspectivas a la física de partículas, los detectores de ondas gravitatorias ya construidos, lo pueden hacer también para la física de la gravitación.

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

Se recomienda cursar "RIC" después de haber cursado las asignaturas básicas de "Física" y "Matemáticas".

COMPETENCIAS

1105 - Grado en Física

- Poseer y comprender los fundamentos de la Física en sus aspectos teóricos y experimentales, así como el bagaje matemático necesario para su formulación.
- Saber aplicar los conocimientos adquiridos a la actividad profesional, saber resolver problemas y elaborar y defender argumentos, apoyándose en dichos conocimientos.
- Ser capaz de reunir e interpretar datos relevantes para emitir juicios.
- Ser capaz de transmitir información, ideas, problemas y soluciones tanto a un público especializado como no especializado.
- Desarrollo de habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un elevado grado de autonomía.
- Resolución de problemas: Ser capaz de evaluar claramente los órdenes de magnitud, de desarrollar una percepción de las situaciones que son físicamente diferentes pero que muestran analogías, permitiendo, por lo tanto, el uso de soluciones conocidas a nuevos problemas.



- Modelización y resolución de problemas: Ser capaz de identificar los elementos esenciales de un proceso/situación y de establecer un modelo de trabajo del mismo. Ser capaz de realizar las aproximaciones requeridas con el objeto de reducir un problema hasta un nivel manejable. Pensamiento crítico para construir modelos físicos.
- Investigación básica y aplicada: Adquirir una comprensión de la naturaleza de la investigación Física, de las formas en que se lleva a cabo, y de cómo la investigación en Física es aplicable a muchos campos diferentes, por ejemplo la ingeniería; habilidad para diseñar procedimientos experimentales y/o teóricos para: (i) resolver los problemas corrientes en la investigación académica o industrial; (ii) mejorar los resultados existentes
- Destrezas generales y específicas en lenguas extranjeras: Haber mejorado el dominio del inglés (o de otra lengua extranjera de interés) a través de: acceso a bibliografía fundamental, comunicación oral y escrita (inglés científico-técnico), cursos, estudios en el extranjero, reconocimiento de créditos en universidades extranjeras etc.
- Búsqueda de bibliografía: Ser capaz de buscar y utilizar bibliografía en Física y otra bibliografía técnica, así como cualquier fuente de información relevante para trabajos de investigación y desarrollo técnico de proyectos.
- Capacidad de aprendizaje: Ser capaz de iniciarse en nuevos campos de la Física y de la ciencia y tecnología en general, a través del estudio independiente.
- Comunicación oral y escrita: Ser capaz de transmitir información, ideas, problemas y soluciones mediante la argumentación y el razonamiento propios de la actividad científica, utilizando los conceptos y herramientas básicas de la Física.
- Cultura General en Física: Haberse familiarizado con los aspectos más importantes de la materia, y con enfoques que abarcan y relacionan diferentes áreas de la física.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Se espera conseguir un nivel fundamental en el uso de la teoría de Einstein de la gravitación. A tal fin se adquirirá un nivel básico en los puntos más relevantes de la geometría de los espacios curvos, y su relación con la física de la gravitación:

-Cálculo tensorial: algebraico y diferencial.

-Las propiedades geométricas y las consecuencias físicas de tres espacios métricos básicos: Schwarzschild, Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker, y ondas gravitatorias linealizadas, que conducirán a: el fenómeno del agujero negro, los modelos cosmológicos y la generación y análisis de la radiación gravitatoria respectivamente.

-Las geodésicas temporales y nulas y el problema del movimiento de las partículas prueba y de los rayos de luz. Familias de geodésicas, la ecuación de desviación y el correspondiente significado físico.

-Al fin y al cabo debe proporcionar una destreza en la visión geométrica, que se materializará en el uso de diagramas espacios temporales, en la discusión de los problemas físicos.



Otros propios de la titulación:

- Desarrollar la capacidad de razonamiento crítico y la aplicación del método científico.
- Ser capaz de identificar problemas, incluyendo los parecidos con otras la solución de las cuales es conocida, e idear estrategias para su solución.
- Desenrollar la capacidad de planificar y organizar el propio aprendizaje, basándose en el trabajo individual, a partir de la bibliografía y otras fuentes de información.
- Evaluar las diferentes causas de un fenómeno y su importancia relativa.
- Identificar los elementos esenciales de una situación compleja, realizar las aproximaciones necesarias para construir modelos simplificados que lo describan y poder así entender su comportamiento en otras situaciones.
- Ser capaz de efectuar una puesta al día de la información existente sobre un problema concreto, ordenarla y analizarla.
- Fomentar la capacidad para trabajar en equipo a la hora de abordar problemas complejos que requieren colaboración con otras personas.
- Potenciar la adquisición de recursos de expresión oral y escrita para llevar a término una argumentación científica clara y coherente.
- Estimular la capacidad de comunicación de los conceptos físicos involucrados en un problema por la vía de expresión oral y escrita.
- Potenciar la comprensión y el uso de las nuevas tecnologías de la información.

DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS

1. Relatividad especial.

Estructura afín del espacio-tiempo. Bases inerciales. Conos de luz, rectas temporales y espaciales. Un modelo de reloj geométrico. Quadrivector momento. Energía y 3-momento respecto un observador inercial. Tensores de Minkowski y elemento de volumen.

2. El principio de equivalencia.

El principio de equivalencia de Einstein. Interpretación geométrica del desplazamiento al rojo gravitatorio. La hipótesis cronométrica.

3. Espacio-tiempo curvado.

Variedad Lorentziana 4-dimensional. Espacio tangente. Campos tensoriales. Tensor métrico. Base coordenada. Bases ortonormales y sistemas localmente inerciales. Hipersuperficies espaciales. Hipersuperficies nulas.



4. Geodésicas.

Las geodésicas como curvas extremales. Ecuación de las geodésicas. Geodésicas nulas, geodésicas temporales y principio de equivalencia. Simetrías e integrales primeras de las geodésicas. Vectores de Killing.

5. Conexión métrica.

Derivada covariante de campos vectoriales. Derivada covariante de campos tensoriales. Conexión métrica.

6. Curvatura y geodésicas.

El tensor de curvatura de Riemann. Ecuación de la desviación de las geodésicas (EDG). EDG en un sistema localmente inercial. Relación con las fuerzas de marea newtonianas.

7. Las ecuaciones de Einstein.

El tensor energía-momento. Conservación local del tensor energía-momento. Las ecuaciones de Einstein.

8. Las ecuaciones de Einstein linealizadas.

Perturbaciones de Minkowski en coordenadas armónicas. El límite newtoniano.

9. La métrica de Schwarzschild.

Geometría de la solución de Schwarzschild. Geodésicas temporales y nulas. Extensión de Filkenstein-Lemaitre. Agujero negro.

10. Radiación gravitatoria.

Ondas gravitatorias en el vacío. Polarización de las ondas. Fundamento de los detectores. Emisión de radiación.

11. Modelos cosmológicos.

Espacio-tiempos homogéneos e isótropos. Espacios con curvatura cero, positiva y negativa. Desplazamiento al rojo cosmológico. El horizonte. Modelos con singularidad inicial. Ecuaciones de evolución. Materia y energía oscura.



VOLUMEN DE TRABAJO

ACTIVIDAD	Horas	% Presencial
Clases de teoría	45,00	100
	0,00	100
Lecturas de material complementario	22,50	0
Preparación de clases de teoría	22,50	0
Preparación de clases prácticas y de problemas	22,50	0
TOTAL	112,50	

METODOLOGÍA DOCENTE

La asignatura constará de dos tipos de clases bien diferenciadas:

a) El desarrollo matemático se irá desarrollando gradualmente, acompañado de la discusión del problema físico gravitatorio. Se prestará poca atención a la resolución de las ecuaciones de Einstein para obtener métricas del espacio-tiempo, frente a la comprensión de las consecuencias que se derivan de ellas. Se estudiarán: métricas con simetría esférica, las de máxima simetría y las perturbaciones de Minkowski. Serán abundantes los ejemplos, la discusión de paradojas y de experimentos “imaginarios”, para poner de manifiesto la influencia de la gravitación en las relaciones espacio-temporales. Parece que el estilo del libro de Hartle será conveniente.

b) Sesiones de trabajo (1 h por semana). Las horas del seminario de RIC estarán a cargo a los estudiantes. Individualmente o por grupos muy reducidos expondrán la solución a cuestiones y problemas seleccionados durante el desarrollo de la teoría. Se pedirá que previamente hayan discutido los problemas con el profesor de la asignatura.

EVALUACIÓN

Los sistemas de evaluación son los siguientes:

1) **Exámenes escritos** (80%): una parte evaluará la comprensión de los aspectos teórico-conceptuales y el formalismo de la asignatura, tanto mediante preguntas teóricas como a través de cuestiones conceptuales y numéricas o casos particulares sencillos. Otra parte valorará la capacidad de aplicación del formalismo, mediante la resolución de problemas, así como la capacidad crítica respecto a los resultados obtenidos. En ambas partes se valorarán una correcta argumentación y una adecuada justificación.

2) **Evaluación continua** (20%): valoración de trabajos y problemas presentados por los estudiantes, cuestiones propuestas y discutidas en el aula, presentación oral de problemas resueltos o cualquier otro método que suponga una interacción entre docentes y estudiantes.



REFERENCIAS

Básicas

- "Gravity. An introduction to Einsteins general relativity". J.B. Hartle, Addison Wesley 2003.
- "Relativity and Cosmology". Wolfgang Rindler, Oxford 2005
- General Relativity. Woodhouse N.M.J. Springer 2007

Complementarias

- Relativity. An introduction to special and general relativity . Hans Stephany, Cambridge. U.P. 2005.
- Spacetime and geometry . Sean M. Carroll. Addison Wesley. 2003
- General relativity an introduction to physicists Hobson, M.P., Efstathiou G.P., Lasenby, A.N., Cambridge 2006
- A first course in general relativity Bernard Schutz 1985
- "General relativity". Bob. Wald 1995
- La relativité générale. Une approche geometrique Malcolm Ludvigsen Dunod, 2000
- Gravity from the ground up Bernard Schutz. Cambridge. 2003.
- New perspectives in astrophysical cosmology Martin Rees. Cambridge. 1995-2000.

ADENDA COVID-19

Esta adenda solo se activará si la situación sanitaria lo requiere y previo acuerdo del Consejo de Gobierno

ADENDA GENÉRICA A la GUÍA DOCENTE

De acuerdo con los nuevos ajustes de la docencia de las titulaciones oficiales de la UVEG para el inicio del segundo cuatrimestre del curso 2020-21, y que se recoge en la resolución de la rectora de la Universitat de València, de 28 de enero de 2021, <https://links.uv.es/8kXO6vG> añadimos esta adenda genérica a las Guías Docentes de las asignaturas de segundo cuatrimestre:

METODOLOGÍA DOCENTE:

Durante el mes de febrero 2021, la docencia de teorías y seminarios-trabajos tutelados, pasan a modalidad de videoconferencia síncrona impartida en el horario fijado por la asignatura y el grupo.

A partir del 1 de marzo, se seguirá la modalidad docente indicada en la Guía Docente y a las modalidades docentes aprobadas en las Comisiones Académicas de Título de los meses de julio 2020 y noviembre 2020, respectivamente, salvo que las autoridades sanitarias y Rectorado indiquen una nueva reducción de presencialidad, en este caso se volvería a la modalidad de videoconferencia síncrona.