

	PROCESO DE DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx (P/CL009_FC)		 Facultad de Ciencias
	Asunto: Plan docente Curso 2023-24	Código: P/CL009_D002	

PLAN DOCENTE DE LA ASIGNATURA

Curso académico: 2023-24

Identificación y características de la asignatura			
Código	500795	Créditos ECTS	6
Denominación (español)	Gravitación y Cosmología		
Denominación (inglés)	Gravitation and Cosmology		
Titulaciones	Grado en Matemáticas		
Centro	Facultad de Ciencias		
Semestre	8	Carácter	Optativo
Módulo	Formación Optativa		
Materia	Física		
Profesor/es			
Nombre	Despacho	Correo-e	Página web
Juan J. Ruiz Lorenzo	B-202	ruiz@unex.es	www.eweb.unex.es/eweb/fisteor/juan
Área de conocimiento	Física Teórica		
Departamento	Física		
Profesor coordinador (si hay más de uno)	Juan J. Ruiz Lorenzo		

Competencias
1. CB1: Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.
2. CB2: Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.
3. CB3: Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.

	PROCESO DE DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx (P/CL009_FC)		 Facultad de Ciencias
	Asunto: Plan docente Curso 2023-24	Código: P/CL009_D002	

4. CB4: Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.

5. CB5: Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

6. CG1: Desarrollar en el estudiante las capacidades analíticas, de abstracción, de intuición así como el pensamiento lógico y riguroso.

7. CG2: Capacitar al estudiante para que los conocimientos teóricos y prácticos que adquiera pueda utilizarlos en la definición y planteamiento de problemas y en la búsqueda de sus soluciones tanto en contextos académicos como profesionales.

8. CG3: Promover en el estudiante la curiosidad y el interés por las Matemáticas y animarle a mantenerla y transmitirla una vez finalizados los estudios.

9.CG4: Que el estudiante conozca la presencia y el uso de las Matemáticas en la Física, la Química, la Biología, etc.

10. CG5: Que el estudiante pueda seguir estudios posteriores en otras disciplinas, tanto científicas como tecnológicas, lo que posibilitará desarrollar una actividad profesional en campos como la Enseñanza de las Matemáticas en la Educación Secundaria y en la Educación Universitaria, u otros campos relacionados con la Física, la Informática, etc.

11. CT4: Ser capaz de evaluar críticamente el propio aprendizaje y la actividad profesional así como llevar a cabo estrategias de mejora.

12. CE9: Relacionar las Matemáticas con otras ciencias y saber aplicarlas.

	PROCESO DE DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEX (P/CL009_FC)		 Facultad de Ciencias
	Asunto: Plan docente Curso 2023-24	Código: P/CL009_D002	

Contenidos
Breve descripción del contenido
Teoría Newtoniana de la Gravitación. Gravitación y geometría. Teoría de Einstein de la Gravitación. Tests clásicos de la teoría de Einstein de la gravitación. La expansión del Universo. Modelos cosmológicos.
Temario de la asignatura
Denominación del tema 1: Gravedad Newtoniana. Contenidos del tema 1: Teoría Newtoniana de la Gravitación. Masa Inercial y Gravitacional. Éxitos y dificultades. Actividades Prácticas: Resolución de problemas del tema 1.
Denominación del tema 2: Relatividad Espacial. Contenidos del tema 2: Espacio-tiempo. 4-vectores y tensores: Cinemática y Dinámica. Actividades Prácticas: Resolución de problemas del tema 2.
Denominación del tema 3: Gravitación y Geometría. Contenidos del tema 3: Principio de equivalencia. Geometría del espacio-tiempo. Vectores y tensores. Geodésicas. Transporte paralelo. Curvatura: Tensores de Riemann y Ricci. Actividades Prácticas: Resolución de problemas del tema 3.
Denominación del tema 4: Ecuación de Einstein. Contenidos del tema 4: Tensor de energía-momento. Ecuación de Einstein. Ondas Gravitacionales. Actividades Prácticas: Resolución de problemas del tema 4.
Denominación del tema 5: Geometría de Schwarzschild. Contenidos del tema 5: Tests clásicos de la Relatividad General: Deflexión gravitacional de la luz, retraso gravitacional del tiempo y precesión del perihelio de Mercurio. Actividades Prácticas: Resolución de problemas del tema 5.
Denominación del tema 6: Colapso Gravitacional y Agujeros Negros. Contenidos del tema 6: Etapas de la evolución estelar: Enanas blancas y estrellas de neutrones. Agujeros Negros de Kerr-Newman. Horizonte de sucesos. Evaporación de los agujeros negros: radiación de Hawking. Actividades Prácticas: Resolución de problemas del tema 6.
Denominación del tema 7: Principios Cosmológicos. Contenidos del tema 7: Principio Cosmológico. Métrica de Robertson-Walker. Desplazamiento espectral cosmológico. Medidas de distancias estelares: Escalera cósmica de distancias. Ley de Hubble. Ecuaciones de Friedmann. Constante Cosmológica. Parámetros cosmológicos. Actividades Prácticas: Resolución de problemas del tema 7.
Denominación del tema 8: Modelo Cosmológico estándar. Contenidos del tema 8: Historia térmica del Universo primitivo. Nucleosíntesis. Recombinación. Fondo Cósmico de microondas. Síntesis de los elementos químicos ligeros. Parámetros cosmológicos actuales: materia oscura. Futuro del Universo. Problemas del modelo

	PROCESO DE DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEX (P/CL009_FC)		 Facultad de Ciencias
	Asunto: Plan docente Curso 2023-24	Código: P/CL009_D002	

cosmológico estándar: Posibles soluciones (Inflación).
 Actividades Prácticas: Resolución de problemas del tema 8.

	PROCESO DE DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEX (P/CL009_FC)		 Facultad de Ciencias
	Asunto: Plan docente Curso 2023-24	Código: P/CL009_D002	

Actividades formativas								
Horas de trabajo del alumno por tema		Horas	Horas actividades prácticas				Horas actividad de seguimiento	Horas. No presencial
Tema	Total		GG	PCH	LAB	ORD		
1	4	1				1		2
2	9	3				1		5
3	29	8				4		17
4	17	4				2		11
5	17	4				2		11
6	7	2				1		4
7	25	9				1		15
8	28	10				3		15
Evaluación	14	4						10
TOTAL	150	45				15		90

GG: Grupo Grande (100 estudiantes).
 PCH: prácticas clínicas hospitalarias (7 estudiantes)
 LAB: prácticas laboratorio o campo (15 estudiantes)
 ORD: prácticas sala ordenador o laboratorio de idiomas (30 estudiantes)
 SEM: clases problemas o seminarios o casos prácticos (40 estudiantes).
 TP: Tutorías Programadas (seguimiento docente, tipo tutorías ECTS).
 EP: Estudio personal, trabajos individuales o en grupo, y lectura de bibliografía.

Metodologías docentes
1. Explicación y discusión de los contenidos. 2. Resolución, análisis y discusión de problemas. Realización, exposición y defensa de trabajos/proyectos. 3. Actividades experimentales como prácticas en laboratorios, aulas de informática y trabajos de campo. 4. Actividades de seguimiento individual o por grupos del aprendizaje. 5. Trabajo autónomo del alumno.
Resultados de aprendizaje
Comprensión de la aplicabilidad y limitaciones de la teoría General de la Relatividad. Capacidad de análisis (cualitativo y cuantitativo) de algunos problemas sencillos en Gravitación donde haya que aplicar la Relatividad General. Comprensión de la

	PROCESO DE DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx (P/CL009_FC)		 Facultad de Ciencias
	Asunto: Plan docente Curso 2023-24	Código: P/CL009_D002	

aplicabilidad y limitaciones de las teorías cosmológicas actuales.

Capacidad de análisis (cualitativo y cuantitativo) de algunos problemas sencillos en Cosmología.

Sistemas de evaluación

Se contemplan dos sistemas alternativos de evaluación:

- Evaluación continua.
- Evaluación con una única prueba final de carácter global.

La elección entre un sistema u otro corresponde al estudiante, quien deberá comunicarlo al profesor de acuerdo con la normativa legalmente vigente y en los plazos que esta determine.

Cuando un estudiante no realice esa comunicación, se entenderá que opta por el sistema de evaluación continua.

Una vez elegido el sistema de evaluación, el estudiante no podrá cambiarlo en la convocatoria ordinaria de ese semestre y se atenderá a la normativa de evaluación para la convocatoria extraordinaria.

A continuación se describe el sistema de **evaluación continua**.

1. Criterios de evaluación:

1. Resolver problemas y realizar tareas complementarias, trabajando en equipo (15%).
2. Exponer la solución de uno de los problemas asignados de forma concisa y eficaz al resto de la clase mediante una exposición oral de 5 a 10 min. (10%).
3. Mostrar una participación activa en clase a lo largo del curso (5%).
4. Demostrar la comprensión de los conceptos y aplicaciones fundamentales de la materia mediante un examen escrito (70%).

2. Actividades e instrumentos de evaluación:

1. *Actividades complementarias* (30% de la calificación final). Estas actividades no son susceptibles de recuperación en las pruebas finales.

1. Resolución de problemas y trabajos de ampliación (15% de la calificación final)

- Cada alumno se incluirá en un equipo de 2-4 alumnos. Los equipos se

	PROCESO DE DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEX (P/CL009_FC)		 Facultad de Ciencias
	Asunto: Plan docente Curso 2023-24	Código: P/CL009_D002	

formarán durante las dos primeras semanas del curso, no pudiendo incorporarse nuevos integrantes con posterioridad a su constitución.

- Cada grupo resolverá tres/cuatro problemas a lo largo del curso.
- En un plazo de dos semanas desde su asignación cada equipo entregará al profesor (en formato electrónico a través del campus virtual) el trabajo asignado. Una vez comprobada su corrección, el trabajo se publicará en la página del campus virtual de la asignatura en forma de fichero pdf.
- Cada trabajo se evaluará de acuerdo con el siguiente criterio: A (muy bien; 4/4), B (bien; 3/4), C (aceptable; 2/4), D (deficiente; 1/4) y E (no realizado; 0/4). En esa evaluación se tendrá en cuenta la claridad del trabajo, la prontitud en la entrega y el número de iteraciones que hayan sido precisas hasta que el trabajo se considere al menos aceptable.
- La calificación de esta actividad se irá publicando en forma de tabla a través del campus virtual a medida que se vaya realizando.
- Es responsabilidad de los miembros del equipo procurar que los trabajos sean realizados mediante un auténtico trabajo en equipo, informando al profesor en el caso de que alguno de los integrantes no participe activamente en el grupo para que sea dado de baja en esta actividad.

2. Exposiciones orales (10% de la calificación final)

- I) Cada alumno hará una breve exposición de uno de los problemas asignados a su equipo. La asignación del problema a exponer la realizará el profesor.
- II) Se valorará la concisión, claridad y originalidad en la exposición y presentación, así como la calidad de las respuestas a las preguntas formuladas por el profesor y el resto de los alumnos. El baremo a aplicar será el siguiente: A (muy bien; 4/4), B (bien; 3/4), C (aceptable; 2/4), D (deficiente; 1/4) y E (no realizado; 0/4).

3. Participación activa (5% de la calificación final)

- Se valorará la participación activa del alumno mediante la asistencia regular a clase, la respuesta a preguntas abiertas formuladas en clase, la detección de posibles errores o erratas en la exposición del profesor, el planteamiento de dudas o cuestiones interesantes, la propuesta de mejoras en el curso, la búsqueda de recursos en la red de interés para la asignatura, el uso eficaz de las horas de tutoría, etc.
- Las posibles valoraciones serán: A (participación muy alta; 4/4), B (participación alta; 3/4), C (participación media; 2/4), D (participación baja; 1/4) y E (participación muy baja o nula; 0/4).

	PROCESO DE DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx (P/CL009_FC)		 Facultad de Ciencias
	Asunto: Plan docente Curso 2023-24	Código: P/CL009_D002	

2. *Examen* (70% de la calificación final). Esta actividad es susceptible de recuperación en convocatorias extraordinarias.

- La evaluación en este apartado se basará en los resultados de un examen escrito llevado a cabo en la convocatoria ordinaria o en la extraordinaria, según corresponda.
- Esta prueba incluirá los contenidos teórico-prácticos impartidos, así como la resolución de ejercicios, debiéndose indicar claramente el proceso seguido para la resolución de los mismos. La puntuación de cada ejercicio se indicará en el enunciado.
- El alumno podrá utilizar durante el examen un guión elaborado por él mismo con una extensión no mayor de una hoja.
- De acuerdo con el grado de corrección de la respuesta a cada cuestión, se le asignará una calificación de 4/4 (muy bien), 3/4 (bien), 2/4 (aceptable), 1/4 (deficiente) o 0/4 (muy deficiente) puntos. Se valorará fundamentalmente la comprensión de los conceptos más que la aplicación repetitiva o memorística de esquemas o fórmulas.

Tanto en la convocatoria ordinaria como en la extraordinaria la calificación se obtendrá aplicando la ponderación descrita anteriormente (30% por las actividades complementarias realizadas a lo largo del curso y 70% por el examen), redondeándose la nota final al decimal más próximo.

Si el alumno ha estado matriculado en la asignatura en un curso académico anterior, comunicará al profesor por escrito durante las dos primeras semanas del semestre si desea realizar nuevamente todas las actividades complementarias (Resolución de problemas y trabajos de ampliación, Exposiciones orales y Participación activa) o bien prefiere que se le mantengan las calificaciones obtenidas por esas actividades en el curso anterior.

Los criterios de evaluación anteriores podrán adaptarse en el caso de alumnos con necesidades especiales, de acuerdo con el informe y recomendaciones de la [Unidad de Atención al Estudiante](#).

Bibliografía (básica y complementaria)

Teoría

- J. B. Hartle. "Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity", Addison Wesley, New York, 2002.
- S. Weinberg, "Gravitation and Cosmology", John Wiley & Son, New York, 1972.
- B. Schutz, "A First Course in General Relativity". Cambridge University Press, Cambridge, 2009.
- A. Zee, "Einstein Gravity in a Nutshell". Princeton University Press, 2013.

	PROCESO DE DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx (P/CL009_FC)		 Facultad de Ciencias
	Asunto: Plan docente Curso 2023-24	Código: P/CL009_D002	

- S. M. Carroll, “An Introduction to General Relativity: Spacetime and Geometry”, Addison Wesley, New York, 2004.
- R. D’Inverno, “Introducing Einstein’s Relativity”, Oxford University Press, Oxford, 1992.
- C. W. Misner, S. K. Thorne y J. A. Wheeler, “Gravitation”, W. H. Freeman, San Francisco, 1970.
- R. M. Wald, “General Relativity”, The University of Chicago Press, Chicago, 1984.
- B. Janssen, “Gravitación y Geometría: Una introducción moderna a la Teoría de la Relatividad General”. Editorial de la Universidad de Granada, Granada, 2022.
- P. M. Alsing and P. W. Milonni, “Simplified derivation of the Hawking–Unruh temperature for an accelerated observer in vacuum”. American Journal of Physics, 72, 1524 (2004).
- S. Weinberg, “Cosmology”, Oxford University Press, Oxford, 2008.
- J. A. Peacock, “Cosmological Physics”, Cambridge University Press, Cambridge, 1999.
- M. Roos, “Introduction to Cosmology”, John Wiley & Son, New York, 1997 (2ª edición).
- E. W. Kolb y M.S. Turner. “The Early Universe”, Addison Wesley, New York, 1990.
- P. J. Peebles, “Principles of Physical Cosmology”, Princeton University Press, Princeton 1993.
- S. Dodelson, “Modern Cosmology”, Academic Press, San Diego, 2003.

Problemas

- A. P. Lightman et al., “Problem Book in Relativity and Gravitation”, Princeton University Press, Princeton, 1974.

Otros recursos y materiales docentes complementarios

- Página web del libro de J. B. Hartle (<http://web.physics.ucsb.edu/~gravitybook/>), incluye material adicional al libro, notebooks de Mathematica y erratas.
- Página web de la asignatura:
<http://www.eweb.unex.es/eweb/fisteor/juan/gc.html>



UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

PROCESO DE DESARROLLO DE LAS
ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS DE LA UEX (P/CL009_FC)

Asunto:
Plan docente Curso 2023-24

Código:
P/CL009_D002



Facultad de Ciencias