

	<b>PROCESO PARA EL DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEX</b>		 Facultad de Ciencias
	<b>Curso Académico:</b> 2024-25	<b>Código:</b> P/CL009_FC_D002	

## PLAN DOCENTE DE LA ASIGNATURA

Identificación y características de la asignatura			
Código	500795	Créditos ECTS	6
Denominación (español)	Gravitación y Cosmología		
Denominación (inglés)	Gravitation and Cosmology		
Titulaciones	Grado en Física/Grado en matemáticas		
Centro	Facultad de Ciencias		
Semestre	8	Carácter	Optativo
Módulo	Optativo		
Materia	Física Matemática e Informática		
Profesor/es			
Nombre	Despacho	Correo-e	Página web
Juan J. Ruiz Lorenzo	B-202	ruiz@unex.es	<a href="http://www.eweb.unex.es/eweb/fisteor/juan">www.eweb.unex.es/eweb/fisteor/juan</a>
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. CB4: Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
4. CB5: Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje

	<b>PROCESO PARA EL DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEX</b>		 Facultad de Ciencias
	<b>Curso Académico:</b> 2024-25	<b>Código:</b> P/CL009_FC_D002	

necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

5. CG1: Adquirir una experiencia positiva de la Física y mantener una curiosidad intelectual en la disciplina

6. CG2: Conocer, comprender y analizar con espíritu crítico los principios y fundamentos de la Física, y dominar aquellos métodos matemáticos y numéricos necesarios

7. CG3: Observar la realidad física e identificar los elementos esenciales de cualquier fenómeno físico siendo capaz de construir modelos simplificados que los describan con la aproximación necesaria.

8. CG5: Saber evaluar los resultados experimentales, contrastarlos con las predicciones del modelo teórico e introducir las modificaciones necesarias en este modelo cuando se observen discrepancias entre ambos.

9. CG6: Saber aplicar los conocimientos adquiridos durante su formación al ejercicio profesional.

10. CG7: Desarrollar la imaginación y la creatividad inherentes al avance de la Ciencia.

11. CG8: Reconocer la dimensión ética de los problemas e investigaciones así como la necesidad de un compromiso ético profesional.

12. CT1: Comunicar los resultados de un trabajo por medio de la elaboración de informes científicos claros y precisos, así como mediante la exposición oral de los mismos.

13. CT2: Trabajar en equipo.

14. CT3: Capacidad de organización y planificación.

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

16. CT5: Desarrollar la capacidad de defender sus puntos de vista mediante la argumentación razonada a fin de emitir juicios sobre temas de índole social, científico o ético

17. CT6: Aprender de forma autónoma nuevas técnicas y conocimientos que permitan emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

18. CT9: Conocer una segunda lengua extranjera, preferentemente inglés.

	PROCESO PARA EL DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEX		 Facultad de Ciencias
	<b>Curso Académico:</b> 2024-25	<b>Código:</b> P/CL009_FC_D002	

19. CT10: Respetar los derechos fundamentales así como de igualdad de oportunidades y la no discriminación.
20. CT11: Domininar adecuadamente las TIC's.
21. CE2: Poseer conocimientos actualizados o de vanguardia en algunos aspectos de la Física.
22. CE3: Identificar los elementos esenciales de una situación compleja a fin de construir un modelo simplificado que describa con la aproximación necesaria el problema de estudio.
23. CE4: Buscar, analizar y sintetizar información, así como seleccionar y utilizar las tecnologías de la información y la comunicación más adecuadas en cada situación.
24. CE7: Ser capaz de desarrollar software utilizando lenguajes de programación y usar paquetes informáticos en una variedad de áreas que incluyan la elaboración de documentos, la búsqueda de información, cálculo numérico y la presentación de datos.
25. CE8: Resolver problemas en el campo de la Física.

	PROCESO PARA EL DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEX		 Facultad de Ciencias
	<b>Curso Académico:</b> 2024-25	<b>Código:</b> P/CL009_FC_D002	

<b>Contenidos*</b>
<b>Breve descripción del contenido*</b>
<b>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.</b>
<b>Temario de la asignatura</b>
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-Newmann. 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.

	PROCESO PARA EL DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEX		 Facultad de Ciencias
	<b>Curso Académico:</b> 2024-25	<b>Código:</b> P/CL009_FC_D002	

Fondo Cósmico de microondas. Síntesis de los elementos químicos ligeros. Parámetros cosmológicos actuales: materia oscura. Futuro del Universo. Problemas del modelo cosmológico estándar: Posibles soluciones (Inflación).  
 Actividades Prácticas: Resolución de problemas del tema 8.

	<b>PROCESO PARA EL DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx</b>		 Facultad de Ciencias
	<b>Curso Académico:</b> 2024-25	<b>Código:</b> P/CL009_FC_D002	

Actividades formativas								
Horas de trabajo del alumno por tema		Horas	Horas actividades prácticas				Horas actividad de seguimiento	Horas. No presencial
Tema	Total		GG	CH	L	O		
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
<b>Evaluación</b>	14	4						10
<b>TOTAL</b>	150	45				15		90

GG: Grupo Grande (85 estudiantes).  
 CH: prácticas clínicas hospitalarias (7 estudiantes)  
 L: prácticas laboratorio o campo (15 estudiantes)  
 O: prácticas sala ordenador o laboratorio de idiomas (20 estudiantes)  
 S: 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 PARA EL DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEX		 Facultad de Ciencias
	<b>Curso Académico:</b> 2024-25	<b>Código:</b> P/CL009_FC_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 pazos que esta determine.

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

#### 1. Criterios de evaluación:

1. Resolver problemas y realizar tareas complementarias, trabajando en equipo (25%).
2. Mostrar una participación activa en clase a lo largo del curso (5%).
3. 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 (25% de la calificación final)

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

	PROCESO PARA EL DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEX		 Facultad de Ciencias
	<b>Curso Académico:</b> 2024-25	<b>Código:</b> P/CL009_FC_D002	

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. 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).

## 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.
- 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

	PROCESO PARA EL DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEX		 Facultad de Ciencias
	<b>Curso Académico:</b> 2024-25	<b>Código:</b> P/CL009_FC_D002	

desea realizar nuevamente todas las actividades complementarias (Resolución de problemas y trabajos de ampliación, y Participación activa) o bien prefiere que se 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](#).

A continuación se describe el sistema de **evaluación global**:

- 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.
- Se valorará fundamentalmente la comprensión de los conceptos más que la aplicación repetitiva o memorística de esquemas o fórmulas.

### 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.
- S. M. Carroll, “An Introduction to General Relativity: Spacetime and Geometry”, Addison Wesley, New York, 2004.
- B. Janssen, “Gravitación y Geometría: Una introducción moderna a la Teoría de la Relatividad General”. Editorial de la Universidad de Granada, Granada, 2022.
- 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.
- 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).

	PROCESO PARA EL DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEX		 Facultad de Ciencias
	<b>Curso Académico:</b> 2024-25	<b>Código:</b> P/CL009_FC_D002	

- 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: <https://landau.unex.es/~sphinx/juan/gc.html>
- [Particle Data Group \(incluye además diferentes reviews de Cosmología\)](#)