



Universidad  
de Alcalá

# GUÍA DOCENTE

## Métodos Matemáticos de la Física

Grado en Física e Instrumentación  
Espacial

Universidad de Alcalá

Curso Académico 2022/2023  
2º Curso – 1º Cuatrimestre

## GUÍA DOCENTE

Nombre de la asignatura:	<b>Métodos Matemáticos de la Física</b>
Código:	<b>653012</b>
Titulación en la que se imparte:	<b>Grado en Física e Instrumentación Espacial</b>
Departamento y Área de Conocimiento:	<b>Física y Matemáticas</b>
Carácter:	<b>Obligatoria</b>
Créditos ECTS:	<b>6</b>
Curso y cuatrimestre:	<b>Segundo curso. Primer cuatrimestre.</b>
Profesorado:	Carlos F. Esebbag Benchimol (Coordinador) Kepa Sousa
Horario de Tutoría:	
Idioma en el que se imparte:	Español/ <b>English Friendly</b>

### 1.a PRESENTACIÓN

El objetivo básico de la asignatura es familiarizar al alumnado con las herramientas matemáticas necesarias para afrontar los problemas que comúnmente aparecen en la física. En particular, se tratará el análisis de funciones de variable compleja, se estudiarán métodos de resolución para ecuaciones diferenciales ordinarias y el concepto de espacio de funciones, se introducirán las series de Fourier y la transformada de Fourier, y finalmente se hará una breve introducción a las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales. A lo largo asignatura se relacionarán los métodos matemáticos estudiados con los problemas físicos donde tienen aplicación.

#### Prerrequisitos y Recomendaciones

Serán imprescindibles los conocimientos adquiridos en las asignaturas de Álgebra Lineal, Cálculo I y Cálculo II. En lo que se refiere a la motivación física, los problemas matemáticos tratados aquí aparecen de forma natural en las asignaturas de Mecánica, Electromagnetismo, Campos y Ondas, correspondientes al primer curso del grado.

## 1.b COURSE SUMMARY

The main objective of this course is to make the students familiar with the mathematical tools required to solve problems which typically arise in Physics. More specifically, the course contents include the theory of functions of complex variables, basic methods to solve ordinary differential equations and the theory of function spaces, Fourier series and Fourier transform, and a brief introduction to partial differential equations. In this course, special attention will be given to the relation between these mathematical tools and the physical problems where they are applied.

### Prerequisites y Recommendations

This course is heavily dependent on the contents of the following courses: Linear Algebra, Calculus I and Calculus II. Regarding to the physical motivation, the mathematical problems treated in this course arise naturally in the Mechanics, Electromagnetism, and Fields and Waves courses, which are taught during the first year of the degree,

## 2. COMPETENCIAS

### Competencias Básicas:

CB1. –Capacidad de análisis, abstracción y síntesis que permita abordar problemas tanto en contextos académicos como profesionales.

CB2. -Capacidad para aplicar el método científico.

CB3. -Capacidad de estudio autónomo en el ámbito de la ciencia y la tecnología.

CB5 - Capacidad para transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.

CB6 - Capacidad de aprendizaje necesaria para emprender estudios posteriores.

### Competencias Generales:

CG1 - Habilidad para manejar información y obtener datos relevantes sobre un problema a partir de búsquedas bibliográficas.

CG2 - Capacidad básica en el manejo de técnicas informáticas y de programación para la resolución de problemas sencillos.

CG3 - Habilidad para trabajar en equipo, integrarse y comunicarse con expertos de otras áreas y en distintos contextos.

### Competencias Transversales:

CT1 - Capacidad de comunicación oral y escrita de los resultados de un trabajo, tanto propio como ajeno, a otros profesionales y a público general.

CT2 - Capacidad básica de comunicación dentro del ámbito profesional, en un idioma de uso científico distinto del español.

### Competencias específicas:

CE3 - Capacidad de utilizar eficazmente y de forma rigurosa el formalismo y notación matemática, así como del uso de métodos matemáticos y numéricos aplicados a la Física y la Instrumentación en el entorno del Espacio.

CE4. –Habilidad para reconocer el significado de una demostración rigurosa y extender su aplicación a dominios diferentes de las matemáticas. Incorporar el lenguaje matemático a los razonamientos.

CE5. –Capacidad para utilizar eficazmente el formalismo y notación matemáticos para la elaboración de modelos en Física.

CE7. -Capacidad de comprensión y dominio de los conceptos básicos de sistemas lineales y de las funciones y transformadas relacionadas, así como de la teoría de circuitos eléctricos y su aplicación para la resolución de problemas propios de la tecnología espacial.

CE8. -Capacidad para la gestión, tratamiento, presentación y análisis de datos experimentales, sistematizando el uso de las herramientas informáticas propias de cada caso, especialmente aquellas que son de uso general en el campo de la física y la tecnología espacial.

CE10. -Capacidad para identificar los elementos esenciales de un proceso o situación compleja y para elaborar modelos simplificados que la describen con el nivel de aproximación adecuado.

### Resultados del aprendizaje:

RA1. - Conocer el concepto de función de variable compleja y comprender el significado de ramas de una función y cortes de ramificación. Conocer las funciones complejas elementales y entender su relación con las funciones de variable real.

RA2. - Comprender el concepto de derivación en el campo complejo y ver las diferencias y similitudes existentes en relación con la derivación en funciones reales. Entender y saber aplicar las condiciones de Cauchy-Riemann. Entender los conceptos de función analítica y función entera. Conocer los diferentes tipos de singularidades.

RA3. - Manejar con soltura la definición de curvas y contornos en el plano complejo, y entender los diferentes tipos de regiones limitadas por esas curvas. Entender el concepto de integral de línea compleja y su relación con las integrales de línea reales. Saber realizar cálculos efectivos de integrales complejas.

RA4. - Comprender y saber utilizar los teoremas de Cauchy y Cauchy-Goursat, el teorema de Morera y la fórmula de la integral de Cauchy. Comprender las consecuencias de los teoremas: Fórmula de Cauchy para las derivadas, Teorema de Liouville, principio del módulo máximo, Teorema fundamental del Álgebra.

RA5. - Comprender y calcular las series de Taylor y de Laurent, y entender su justificación a través de la fórmula de la integral de Cauchy. Comprender la relación entre los diferentes tipos de singularidad y el desarrollo de Laurent. Conocer el concepto de residuo y saber realizar su cálculo. Comprender el teorema de los residuos. Aplicar el teorema de los residuos para el cálculo de integrales impropias.

RA6. - Analizar y saber utilizar las ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO) de primer y segundo orden más comunes y su conexión con problemas físicos, en particular ecuaciones diferenciales lineales. Manejar los métodos de resolución más usuales.

RA7. - Entender en general el concepto de serie de funciones en general. Conocer y manejar las series de Fourier y sus aplicaciones. Conocer la transformada de Fourier y sus propiedades básicas.

RA8. - Comprender el concepto de Ecuaciones en derivadas parciales (EDPs). Manejar el Método de Separación de Variables. Identificar otros tipos comunes de EDP's y conocer algunas técnicas básicas de resolución.

### 3. CONTENIDOS

Bloques de contenido	Total de clases, créditos u horas
<b>Tema 1. Números complejos y funciones de variable compleja.:</b> Números complejos, propiedades y operaciones. Funciones de variable compleja. Derivación. Condiciones de Cauchy Riemann. Funciones analíticas. Funciones enteras. Funciones multivaluadas. Ramas de una función y cortes de ramificación.	7 Horas
<b>Tema 2. Integración en el plano complejo:</b> Curvas y regiones en el plano complejo. Integrales de línea complejas. Teoremas de Cauchy y de Morera. Primitivas. Fórmula de la integral de Cauchy y sus consecuencias. Teorema fundamental del Álgebra.	8 horas
<b>Tema 3. Series de Taylor y Laurent. Residuos:</b> Series de Taylor y de Laurent. Puntos Singulares. Residuos. Cálculo de integrales reales impropias.	4 horas
<b>Tema 4: ODE I:</b> Clasificación de las ecuaciones diferenciales ordinarias. Tipos de soluciones. Ecuaciones de primer orden. Ecuaciones lineales homogéneas de primer orden. Ecuaciones diferenciales lineales homogéneas de orden superior. Ecuaciones lineales inhomogéneas: variación de constantes.	7 horas
<b>Tema 5: ODE II:</b> Sistemas de ecuaciones diferenciales. Sistemas lineales homogéneos. Sistemas lineales completos. Puntos ordinarios y singulares regulares. Soluciones en serie de potencias. Método de Frobenius. La ecuación de Bessel.	7 horas

<p><b>Tema 6: Espacios de funciones y distribuciones:</b> Espacios vectoriales lineales reales y complejos. Notación de Dirac. Espacios de funciones. Norma y producto escalar. Ortogonalidad. Espacios de dimensión infinita. Introducción a los espacios de Hilbert. Operadores. Conmutadores. Operador identidad, inverso, adjunto, unitario y hermítico. Funcionales lineales. Introducción a la teoría de distribuciones. Distribución Delta de Dirac.</p>	5 horas
<p><b>Tema 7: ODE III:</b> Ecuación de Sturm-Liouville. Hermiticidad del operador de Sturm-Liouville y condiciones de contorno. Transformación de una ecuación diferencial ordinaria en la forma de Sturm-Liouville. Autovalores y autofunciones. Ecuaciones de Sturm-Liouville en problemas de la Física.</p>	6 horas
<p><b>Tema 8: Series de Fourier:</b> Series de Fourier, definición y propiedades generales. Relación con la teoría de Sturm-Liouville. Convergencia. Funciones periódicas. Funciones discontinuas. Simetrías. Fenómeno de Gibbs. Forma compleja de la serie de Fourier. Aplicaciones.</p>	4 horas
<p><b>Tema 9: Transformada de Fourier:</b> Transformada de Fourier y su inversa. Transformada de funciones elementales. Propiedades. Convolución. Transformada de Fourier en dos y tres dimensiones.</p>	2 horas
<p><b>Tema 10: Ecuaciones Diferenciales en Derivadas Parciales:</b> Introducción: ecuaciones en derivadas parciales en física. Curvas características y clasificación de ecuaciones de segundo orden. Problemas de contorno. El operador de Laplace y funciones armónicas. Separación de variables. Uso de la transformada de Fourier en problemas de contorno.</p>	6 horas

#### 4. METODOLOGÍAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE. ACTIVIDADES FORMATIVAS

En el proceso enseñanza-aprendizaje se emplearán las siguientes actividades formativas:

- Clases Teóricas: Clases con uso de pizarra, transparencias, presentaciones, recursos en red: applets. Utilización de software computacional y representaciones gráficas. Participación interactiva del alumnado mediante la plataforma Wooclap.
- Clases de Problemas: Realización de problemas y análisis de cuestiones para afianzar los conocimientos teóricos y sus relaciones con ayuda y orientación del profesor.
- Actividades de Evaluación.

- Actividades Online: Realización de tareas, pruebas de autoevaluación, participación en foros, haciendo uso de la plataforma Blackboard del Aula virtual de la UAH.
- Estudio y trabajo autónomo del alumno, que incluyen entre otros el estudio de los conceptos teóricos, la realización de ejercicios de auto-evaluación, el análisis de problemas y la realización de trabajos.
- Tutorías: Individuales y grupales.

#### 4.1. Distribución de créditos (especificar en horas)

Número de horas presenciales:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clases en grupo grande: 28 horas (2 horas x 14 semanas)</li> <li>• Clases en grupo reducido: 28 horas (2 horas x 14 semanas)</li> <li>• Evaluaciones: 4 horas</li> </ul> Total: 60 horas presenciales
Número de horas del trabajo propio del estudiante:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparación de las clases, aprendizaje autónomo, preparación de ejercicios, pruebas y prácticas, preparación de la prueba final.</li> </ul> Total: 90 horas
Total horas	150 horas

#### 4.2. Estrategias metodológicas, materiales y recursos didácticos

Clases presenciales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Clases teóricas</u> impartidas en grupos grandes basadas en clases expositivas que permitan al docente introducir los conocimientos necesarios para el correcto desarrollo del proceso de aprendizaje. Estas clases presentarán contenidos imprescindibles objeto de un aprendizaje conceptual razonado que sirva posteriormente para desarrollar competencias más amplias.</li> <li>• <u>Clases prácticas</u> impartidas mayoritariamente en grupos pequeños basadas en la resolución de ejercicios y problemas. El objetivo de estas clases será promover un aprendizaje significativo que permita al alumno profundizar en los conocimientos teóricos adquiridos, relacionarlos y</li> </ul>
---------------------	---

	<p>aplicarlos de manera creativa a la resolución de problemas más complejos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tutorías grupales y seminarios.</li> </ul>
Trabajo autónomo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecturas de preparación de clases presenciales.</li> <li>• Realización de actividades: ejercicios, búsqueda de información, pruebas de autoevaluación, memorias de prácticas.</li> <li>• Preparación de las pruebas de evaluación.</li> </ul>
Tutorías individualizadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realización de tutorías para una atención individualizada de los estudiantes con el fin de realizar un adecuado seguimiento de los mismos.</li> </ul>
Recursos Didácticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Libros de carácter docente</li> <li>• Ejercicios y problemas resueltos</li> <li>• Material audiovisual, <i>applets</i></li> <li>• Acceso a ordenadores para realizar tratamiento de datos y búsqueda de información por Internet</li> <li>• Plataforma <i>Blackboard</i> u otras plataformas.</li> <li>• Software computacional simbólico, numérico y gráfico.</li> </ul>

## 5. EVALUACIÓN: Procedimientos, Criterios de evaluación, Instrumentos y Criterios de calificación

### 5.1. Procedimientos

Los procedimientos de evaluación se ajustarán a la normativa Reguladora de los Procesos de Evaluación de los Aprendizajes, aprobada en sesión ordinaria de Consejo de Gobierno de 24 de marzo de 2011 y modificada en sesión ordinaria de Consejo de Gobierno de 5 de mayo de 2016.

El alumno tendrá derecho a disponer de dos convocatorias, una ordinaria y otra extraordinaria. La convocatoria ordinaria estará basada en la evaluación continua, salvo para los alumnos a los que se haya reconocido el derecho a la evaluación final



por alguno de los siguientes motivos: realización de prácticas presenciales, obligaciones laborales, obligaciones familiares, motivos de salud o discapacidad. En estos casos el alumno tendrá derecho a una evaluación final en la convocatoria ordinaria.

En todas las circunstancias la calificación mínima necesaria para aprobar la asignatura será de 5,0 puntos sobre un máximo de 10,0.

- **Evaluación continua**

La evaluación continua valora el desarrollo de las competencias durante todo el proceso de aprendizaje de la asignatura (Art. 3 de la Normativa Reguladora de los Procesos de Evaluación de los Aprendizajes aprobada en Consejo de Gobierno el 24 de marzo de 2011) mediante una serie de pruebas de carácter sumativo distribuidas a lo largo del curso, que permiten al estudiante abordar la asignatura de forma progresiva.

Garantiza la retroalimentación temprana en el proceso de aprendizaje del alumno y permite a los profesores, coordinadores y demás elementos del Sistema de Garantía de Calidad hacer un seguimiento global, con la posibilidad de actuar en caso de que lo aconsejen indicadores o situaciones determinadas.

- **Evaluación final**

La evaluación final constará de una prueba de evaluación.

## **Criterios de evaluación**

Para determinar si el alumno ha alcanzado los resultados previstos, se tendrán en cuenta los siguientes criterios de evaluación:

CEV1: El alumno ha adquirido los conocimientos fundamentales del temario: Funciones de variable compleja y los teoremas relacionados, series de Laurent. Ecuaciones diferenciales ordinarias, espacios de funciones, serie y transformada de Fourier. Conceptos básicos de EDPs.

CEV2: El alumno muestra capacidad de aplicación e integración de los contenidos a problemas, escenarios o casos de estudio afines a la asignatura.

CEV4: El alumno muestra capacidad e iniciativa para desarrollar la solución de problemas teóricos y prácticos relacionados con los contenidos de la asignatura.

CEV5: El alumno demuestra capacidad de argumentación y de emisión de juicios sobre problemas matemáticos y de aplicación a la Física del Espacio planteados en la asignatura.

CEV6: El alumno cumple con las tareas encomendadas.

CEV7: El alumno muestra interés por los contenidos y la materia trabajada.

CEV8: El alumno demuestra cuidado formal, claridad y rigor en la exposición de ideas y razonamientos.

## 5.2. Criterios de calificación

El rendimiento de los alumnos será valorado por su trabajo, conocimientos y destrezas adquiridas y la mejora de su proceso de aprendizaje.

Los instrumentos de evaluación continua a emplear consistirán en la realización de actividades de evaluación continua planteadas por el profesor para cada uno de los temas.

El total de las actividades planteadas, sus contenidos y temporización, se comunicarán al alumno durante la clase de presentación o a la finalización del bloque de contenido correspondiente. Dichas actividades comprenden:

PEI: Pruebas de evaluación intermedia. A lo largo del curso se realizarán exámenes objetivos cuyo contenido versará sobre los temas tratados o sobre presentaciones de trabajos en clase. Los contenidos y la temporalización de estos exámenes se fijarán durante los primeros días de clase.

### Convocatoria ordinaria – Evaluación continua

Consistirá en la realización de tres pruebas parciales, una que se realizará a mitad del cuatrimestre (PEI1) y otras dos que tendrán lugar al final del cuatrimestre (PEI2 y PEI3), de acuerdo con el esquema de calificación presentado más abajo. Las pruebas comprenderán tanto cuestiones teóricas y conceptuales como la resolución de problemas.

PEI1: Pruebas de evaluación intermedia que cubre los temas 1, 2 y 3.

PEI2: Pruebas de evaluación intermedia que cubre los temas 4, 5, 6 y 7.

PEI3: Pruebas de evaluación intermedia que cubre los temas 8, 9 y 10.

Instrumentos de evaluación	Peso en la calificación
PEI1	35%
PEI2	35%
PEI3	30%

La calificación de “No presentado” se aplicará a aquellos alumnos que se hayan presentado, a lo sumo, a la primera prueba PEI1.

## Convocatoria ordinaria – Evaluación final

Los estudiantes que se acogieron a la evaluación final, tendrán que hacer la totalidad del examen y la calificación final será la obtenida en el examen final. Consistirá en la realización de un examen, que comprenderá tanto cuestiones teóricas y conceptuales como resolución de problemas.

PEF: Prueba de Evaluación Final que cubre todos los temas de la asignatura.

Instrumentos de evaluación	Peso en la calificación
PEF	100%

## Convocatoria extraordinaria

PEF: Prueba de Evaluación Final que cubre todos los temas de la asignatura.

Instrumentos de evaluación	Peso en la calificación
PEF	100%

## 6. BIBLIOGRAFÍA

### Bibliografía Básica

- Mathematical Methods for Physicists: A Comprehensive Guide (English Edition) 7ª Edición George B. Arfken, Hans J. Weber, Frank E. Harris.
- Mathematical Methods for Physics and Engineering K. F. Riley, M. P. Hobson and S. J. Bence. Tercera edición
- Mathematical Methods of Physics (Segunda edición). Jon Mathews and R. L. Walker.
- Mathematical Physics. Eugene Butkov
- Complex Variables and Applications. R. V. Churchill, J. W. Brown, R. F. Verhey.

### Bibliografía Complementaria

- Higher Mathematics for Physics and Engineering. Hiroyuki Shima Tsuneyoshi Nakayama.
- Principles Of Applied Mathematics. Transformation and Approximation. James P. Keener.

- Variable compleja. M. R. Spiegel, S. Lipschutz, J. J. Schiller, D. Spellman.
- Ecuaciones Diferenciales, con problemas con valores en la frontera. D.S G. Zill, M. R. Cullen.

## **NOTA INFORMATIVA**

La Universidad de Alcalá garantiza a sus estudiantes que, si por exigencias sanitarias las autoridades competentes impidieran la presencialidad total o parcial de la actividad docente, los planes docentes alcanzarían sus objetivos a través de una metodología de enseñanza-aprendizaje y evaluación en formato online, que retornaría a la modalidad presencial en cuanto cesaran dichos impedimentos.