

18-19

MÁSTER UNIVERSITARIO EN FÍSICA DE
SISTEMAS COMPLEJOS

GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA



MÉTODOS NUMÉRICOS AVANZADOS

CÓDIGO 21156030



Ámbito: GUJ - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección <https://sede.uned.es/valida/>



2FC52304E13472BC863B7C4DD6C208

18-19

MÉTODOS NUMÉRICOS AVANZADOS
CÓDIGO 21156030

ÍNDICE

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN
REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA
EQUIPO DOCENTE
HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE
COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE
RESULTADOS DE APRENDIZAJE
CONTENIDOS
METODOLOGÍA
SISTEMA DE EVALUACIÓN
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA
RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA



Nombre de la asignatura	MÉTODOS NUMÉRICOS AVANZADOS
Código	21156030
Curso académico	2018/2019
Título en que se imparte	MÁSTER UNIVERSITARIO EN FÍSICA DE SISTEMAS COMPLEJOS
Tipo	CONTENIDOS
Nº ETCS	6
Horas	150.0
Periodo	SEMESTRE 1
Idiomas en que se imparte	CASTELLANO

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

Los métodos numéricos que se estudian en esta asignatura están orientados a la resolución de problemas de ecuaciones diferenciales de segundo orden con condiciones de contorno, problemas de autovalores y problemas de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales. La modelización de muchos problemas físicos se realiza mediante una o varias ecuaciones diferenciales acompañadas de condiciones de contorno. Por otra parte muchas de las ecuaciones fundamentales de la física, como son la ecuación del calor, la ecuación de Schrödinger, la ecuaciones de Maxwell, etc. son ecuaciones en derivadas parciales. Sin embargo, no es posible, en general, encontrar una solución analítica exacta para estas ecuaciones, por lo que es necesario acudir a los métodos numéricos. Para ver en qué condiciones pueden utilizarse estos métodos y hasta qué punto son precisas las soluciones así obtenidas, hay que entender la base analítica de los mismos.

Por ello, el objetivo de la asignatura no es tanto la aplicación mecánica de algoritmos sino el estudio de los propios algoritmos y su adaptación a problemas concretos.

En el Grado en Física de esta Universidad hay una asignatura de Métodos Numéricos (Física Computacional II) que incluye los temas de resolución de ecuaciones no lineales, resolución de sistemas de ecuaciones lineales, análisis de datos, diferenciación e integración numéricas y resolución numérica de ecuaciones diferenciales ordinarias (problemas de condiciones iniciales).

En este curso del Máster en Física de Sistemas Complejos se incluye el estudio de la resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias (problemas de condiciones de contorno) y de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales. Este tipo de ecuaciones es muy abundante en Física.

REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA

Puesto que el objetivo de la asignatura es aproximar conjuntos de datos por funciones analíticas u obtener soluciones a problemas que tienen una difícil solución analítica, es necesario un conocimiento previo de tales problemas. Por lo tanto, es necesario conocer la teoría de funciones analíticas y su representación gráfica, tener nociones básicas de cálculo diferencial e integral, cálculo de máximos y mínimos y también conocimiento básico de ecuaciones diferenciales ordinarias. Asimismo es necesario conocer las ideas básicas de la teoría de espacios vectoriales y aplicaciones lineales, matrices y determinantes.



Es usual que los estudiantes de máster hayan realizado en el grado un curso básico de métodos numéricos por lo que se supone que conocen los conceptos de diferenciación e integración numéricas y de resolución numérica de ecuaciones diferenciales ordinarias (problemas de condiciones iniciales) al nivel más elemental (esquemas simples de diferencias finitas y métodos Runge-Kutta).

Es aconsejable que el alumno conozca alguno de los lenguajes de programación más usuales para que pueda poner en práctica los métodos estudiados.

EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos
Correo Electrónico
Teléfono
Facultad
Departamento

JAIME ARTURO DE LA TORRE RODRIGUEZ
jatorre@fisfun.uned.es
91398-7136
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICA FUNDAMENTAL

Nombre y Apellidos
Correo Electrónico
Teléfono
Facultad
Departamento

MARIA DEL MAR SERRANO MAESTRO
mserrano@fisfun.uned.es
91398-7126
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICA FUNDAMENTAL

HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

El curso virtual es el instrumento fundamental para la tutorización y seguimiento del aprendizaje. No obstante, el estudiante también tendrá acceso a realizar consultas al equipo docente a través del correo, teléfono y presencialmente en los horarios establecidos para estas actividades. Los datos de contacto del equipo docente son:

Dr. D. Jaime Arturo de la Torre

e-mail: jatorre@fisfun.uned.es

Tel.: 91 3987136

Despacho: 226 de la Facultad de Ciencias de la UNED

Guardia: los martes, de 12:00 a 14:00 y de 16:00 a 18:00

Dra. Dña. Mar Serrano Maestro

e-mail: mserrano@fisfun.uned.es

Tel.: 91 3987126

Despacho: 208 de la Facultad de Ciencias de la UNED

Guardia: los miércoles, de 12:00 a 14:00h y de 15:00 a 17:00h



COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

COMPETENCIAS BÁSICAS

CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación

CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios

CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades

CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida auto dirigido o autónomo.

COMPETENCIAS GENERALES

CG01 - Adquirir capacidad de análisis y síntesis.

CG02 - Adquirir capacidad de organización y planificación.

CG03 - Adquirir conocimientos de informática relativos al ámbito de estudio

CG05 - Adquirir capacidad para resolución de problemas

CG08 - Adquirir razonamiento crítico

CG10 - Adquirir capacidad de aprendizaje autónomo

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

CE02 - Comprender las propiedades cualitativas de las soluciones a las ecuaciones de la física (sus tipos, estabilidad, singularidades, etc.) y su dependencia de los parámetros que definen un sistema físico

CE05 - Capacidad de análisis de problemas nuevos en sistemas poco conocidos y determinar similitudes y diferencias con modelos de referencia

CE06 - Capacidad de formular modelos matemáticos en términos de ecuaciones diferenciales (ordinarias o en derivadas parciales)

CE07 - Saber construir modelos numéricos para fenómenos descritos por ecuaciones diferenciales (ordinarias o en derivadas parciales) con diferentes condiciones iniciales o de contorno

CE08 - Capacidad de realizar análisis críticos de resultados experimentales, analíticos y numéricos

CE09 - Capacidad de búsqueda de bibliografía y fuentes de información especializadas. Manejo de las principales bases de datos de bibliografía científica y de patentes



RESULTADOS DE APRENDIZAJE

1. Conocer los distintos tipos de condiciones de contorno y su significado físico.
2. Conocer los principales métodos iterativos para la resolución de matrices y determinantes, así como el cálculo de valores y vectores propios.
3. Clasificar los diferentes tipos de ecuaciones en derivadas parciales.
4. Entender las propiedades de las curvas características y su significado físico.
5. Estudiar el cálculo con operadores en diferencias y generar esquemas en diferencias finitas.
6. Establecer las condiciones de consistencia, convergencia y estabilidad de los métodos en diferencias.
7. Conocer los esquemas en diferencias más simples y saber aplicarlos a la resolución de las ecuaciones en derivadas parciales más frecuentes en física.
8. Entender la relación entre la formulación en ecuaciones diferenciales y la formulación variacional.
9. Tener un conocimiento básico del método de los elementos finitos.

CONTENIDOS

Tema 1. Problemas de condición de contorno para ecuaciones diferenciales ordinarias

- 1.1 El método del disparo para problemas lineales
- 1.2 El método del disparo para problemas no lineales
- 1.3 Métodos de diferencias finitas para problemas lineales
- 1.4 Métodos de diferencias finitas para problemas no lineales

Tema 2. Problemas de valores característicos

- 2.1 Álgebra lineal y valores característicos
- 2.2 Método iterativo de la potencia
- 2.3 Método QR

Tema 3. Ecuaciones en derivadas parciales elípticas

- 3.1 Introducción. Tipos de ecuaciones en derivadas parciales
- 3.2 La ecuación de Laplace. Método de las diferencias finitas.
- 3.3 Métodos de relajación
- 3.4 El método implícito de dirección alternada



Tema 4. Ecuaciones en derivadas parciales parabólicas e hiperbólicas

- 4.1 La ecuación del calor
- 4.2 Método de Crank-Nicolson
- 4.3 Ecuaciones parabólicas en dos y tres dimensiones
- 4.4 Solución del problema de la cuerda en vibración
- 4.5 La ecuación de ondas en dos dimensiones
- 4.6 Método de las características
- 4.7 Convergencia y estabilidad

Tema 5. El método de los elementos finitos

- 5.1 Formulación variacional y formulación débil.
- 5.2 El método de Rayleigh-Ritz
- 5.3 Elementos finitos para ecuaciones elípticas
- 5.4 Elementos finitos para ecuaciones parabólicas e hiperbólicas

METODOLOGÍA

El curso se impartirá a través de la plataforma educativa virtual aLF, con la metodología propia de la educación a distancia. El trabajo autónomo del estudiante es esencial para la consecución de los objetivos propuestos en la asignatura. El curso virtual dispondrá de suficientes elementos de ayuda (páginas con información, herramientas para el entrega de tareas, foros de discusión, tablón de noticias, etc.) para ayudar a cumplir los objetivos propuestos.

El desarrollo del curso consiste en la asimilación individual de los contenidos teóricos de cada tema, principalmente haciendo uso de la bibliografía básica y con ayuda del material complementario que se pondrá a disposición de los estudiantes en el curso virtual. Una vez profundizado en los aspectos teóricos del contenido de cada tema, se propondrá a los estudiantes la realización de una tarea o trabajo de desarrollo, en el que tendrán que resolver un problema de física implementando aquellos métodos numéricos que sean relevantes. Se propondrá un ejercicio en el curso virtual y se dispondrá de un tiempo suficientemente amplio para que los estudiantes puedan debatir en el foro específico, se alcance una solución numérica al problema planteado haciendo uso de cualquier lenguaje de programación y se elabore una memoria del trabajo, donde se encuentre un análisis pormenorizado de lo realizado para obtener las soluciones.

Al respecto de la evaluación, al margen de una obligada obtención de los resultados numéricos esperados, será necesario demostrar la correcta asimilación de los contenidos teóricos. En ese sentido es esencial que los estudiantes elaboren sus propias rutinas, evitando utilizar algoritmos ya implementados en códigos de programación o en programas de cálculo simbólico. Un aspecto relevante será también el análisis de la convergencia de los distintos métodos empleados, así como el estudio de la robustez de los métodos de



resolución.

SISTEMA DE EVALUACIÓN

TIPO DE PRUEBA PRESENCIAL

Tipo de examen No hay prueba presencial

CARACTERÍSTICAS DE LA PRUEBA PRESENCIAL Y/O LOS TRABAJOS

Requiere Presencialidad No

Descripción

Durante el curso se propondrán trabajos para ser realizados de forma individual por los estudiantes. Cada trabajo versará sobre los contenidos teóricos del tema, y propondrá un problema para ser resuelto haciendo uso de los métodos numéricos conocidos.

Una vez resuelto el problema, será necesario escribir una memoria donde se detalle el planteamiento del problema, el método seguido para la resolución, y un análisis crítico sobre las soluciones obtenidas.

La resolución de cada problema requerirá por parte del estudiante la implementación de rutinas y códigos de programación que permitan obtener los resultados esperados. En todos los casos será necesario que el estudiante construya su propias soluciones, siendo necesario no recurrir a funciones o códigos ya desarrollados en programas de cálculo simbólico.

Criterios de evaluación

La valoración del trabajo será global, atendiendo entre otros los siguientes conceptos:

Correcto planteamiento del problema físico.

Desarrollo del algoritmo de resolución del problema, detallando cada paso a seguir.

Obtención de resultados correctos.

Comparación de los resultados con soluciones teóricas (si las hubiera).

Análisis crítico de los resultados, incluyendo estudio del orden de convergencia del método empleado, diferencias entre los distintos métodos, etc., soportando la discusión con gráficas, tablas, dependencia con los elementos de discretización, etc.

Código fuente utilizado (que deberá adjuntarse a la memoria como anexo).

Presentación.

Ponderación de la prueba presencial y/o los trabajos en la nota final Cada trabajo contribuirá con un 20% a la calificación final de la asignatura

Fecha aproximada de entrega Mitad noviembre, mitad diciembre, principios enero, finales enero, finales febrero

Comentarios y observaciones

PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)

¿Hay PEC? No

Descripción

Criterios de evaluación

Ponderación de la PEC en la nota final



Fecha aproximada de entrega
Comentarios y observaciones

OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s? No

Descripción

Criterios de evaluación

Ponderación en la nota final

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?

Cada trabajo aportará un 20% a la calificación final. Para superar la asignatura será necesario:

Haber entregado todas las tareas en el plazo estipulado.

Obtener una calificación mínima de 3 (sobre 10) en cada una de las tareas.

Que la suma de todas las calificaciones parciales ponderadas otorgue una calificación mínima de 5 (sobre 10).

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ISBN(13):9780198596509

Título:NUMERICAL SOLUTION OF PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATIONS : FINITE DIFFERENCE METHODS (3rd ed.)

Autor/es:Smith, David G. ;

Editorial:CLARENDON PRESS

ISBN(13):9786074816631

Título:ANÁLISIS NUMÉRICO (9ª edición)

Autor/es:Burden, Richard L. ; Faires, J. Douglas ;

Editorial:Cengage Learning

ISBN(13):9788497322805

Título:MÉTODOS NUMÉRICOS (2004)

Autor/es:Faires, J. Douglas ; Burden, Richard L. ;

Editorial:Thompson

ISBN(13):9789684443938

Título:ANÁLISIS NUMÉRICO CON APLICACIONES (6ª)

Autor/es:Gerald, Curtis F. ; Wheatley, Patrick O. ;

Editorial:PEARSON ADDISON-WESLEY

ISBN(13):9789687529462



Título:ANÁLISIS NUMÉRICO (6ª ed.)
Autor/es:Burden R.L. ; Faires J.L ;
Editorial:INTERNATIONAL THOMSON

Comentarios y anexos:

Los principales libros de estudio son:

Smith, G. D., *Numerical solution of partial differential equations: Finite difference methods*, (3ª edición) Ed. Oxford, Clarendon Press, 1992.

J. Douglas Faires y Richard Burden: *Análisis Numérico* (9ª edición), Cengage Learning Editores, México, 2013. (Alternativamente puede utilizarse el texto *Análisis Numérico*, de los mismos autores, editado por Thomson Internacional en México, o *Métodos Numéricos* (3ª edición), Thomson Editores, España, 2004. Las diferencias con el primero son mínimas).

Curtis F. Gerald y Patrick O. Wheatley: *Análisis Numérico con Aplicaciones* (Sexta edición), Prentice Hall, Pearson Education, México, 2000

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13):9780471276418

Título:THE FINITE DIFFERENCE METHOD IN PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATIONS

Autor/es:Griffiths, D. F. ; Mitchell, Andrew Ronald ;

Editorial:JOHN WILEY AND SONS

RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

La UNED posee la licencia del programa ScientificNotebook, un procesador de textos científicos que incluye una versión reducida del programa Maple de cálculo simbólico. También la UNED oferta a los alumnos una versión gratuita de Maple. Maple es un programa matemático de propósito general capaz de realizar cálculos simbólicos, algebraicos y de álgebra computacional.

Por otra parte, existen algunos lenguajes de programación de acceso libre (gwbasic, maxima, octave,...) que también son útiles para la resolución de problemas de cálculo numérico.

Finalmente, el programa Easy Java Simulations, también de libre acceso, ofrece posibilidades de representación gráfica de funciones y de integración numérica.

IGUALDAD DE GÉNERO

En coherencia con el valor asumido de la igualdad de género, todas las denominaciones que en esta Guía hacen referencia a órganos de gobierno unipersonales, de representación, o miembros de la



comunidad universitaria y se efectúan en género masculino, cuando no se hayan sustituido por términos genéricos, se entenderán hechas indistintamente en género femenino o masculino, según el sexo del titular que los desempeñe.

