

Ecuaciones Diferenciales Ordinarias / Sistemas Dinámicos

CRÉDITOS: 6 ECTS.

PROFESOR/A COORDINADOR/A: Óscar López Pouso (oscar.lopez@usc.es)

UNIVERSIDAD DESDE LA QUE IMPARTE LAS CLASES EL PROFESOR/A COORDINADOR/A: USC.

¿HA DADO O VA A DAR AUTORIZACIÓN PARA GRABAR LAS CLASES DE ESTA ASIGNATURA? Sí.

PROFESOR/A 1:

UNIVERSIDAD DESDE LA QUE IMPARTE LAS CLASES EL PROFESOR/A 1:

¿HA DADO O VA A DAR AUTORIZACIÓN PARA GRABAR LAS CLASES DE ESTA ASIGNATURA?

CONTENIDOS:

I. MÉTODOS NUMÉRICOS PARA PROBLEMAS DE VALOR INICIAL ASOCIADOS A ECUACIONES DIFERENCIALES ORDINARIAS (EDO):

1. Preliminares: fórmulas básicas de derivación e integración numéricas, teorema de la aplicación contractiva, resolución de sistemas de ecuaciones no lineales mediante los métodos de punto fijo y de Newton, criterios de parada de tipo ε y de tipo δ .
2. Concepto de problema de valor inicial (PVI) para EDO. Teorema de existencia y unicidad de solución de un PVI. Idea de solución numérica para PVI.
3. Descripción e interpretación de los métodos de Euler: explícito e implícito.
4. Familia de los θ -métodos. Regla del trapecio.
5. Convergencia. Orden de convergencia. Consistencia y estabilidad.
6. Influencia del redondeo.
7. Comandos de MATLAB® para resolver PVI.

8. Ejemplo de problema rígido. Estabilidad numérica.
9. Métodos de orden alto:
 - a. Métodos de un paso no lineales: métodos Runge-Kutta (RK).
 - b. Métodos lineales multipaso (MLM):
 - i. Concepto de MLM. Arranque. Teorema del orden.
 - ii. MLM basados en integración numérica:
 - Métodos de Adams-Bashforth.
 - Métodos de Adams-Moulton.
 - Métodos de Nyström.
 - Métodos de Milne-Simpson.
 - iii. MLM basados en derivación numérica: métodos BDF.

II. SISTEMAS DINÁMICOS:

1. Conceptos básicos: curva diferenciable parametrizada, autovalor, autovector, multiplicidad algebraica, multiplicidad geométrica.
2. Sistemas dinámicos lineales en \mathbb{R}^n :
 - a. Sistemas desacoplados, retrato de fases, punto de equilibrio, subespacio estable, subespacio inestable.
 - b. Sistemas con matriz diagonalizable.
 - c. Sistemas con matriz genérica (no necesariamente diagonalizable), teorema fundamental para sistemas lineales, exponencial de una matriz, resolución de sistemas lineales, sistemas lineales de orden superior.
 - d. Sistemas lineales en \mathbb{R}^2 :
 - i. Clasificación del origen para sistemas con matriz regular: sillars, nodos (estables e inestables), focos (estables e inestables) y centros; sumideros y fuentes.
 - ii. Ejemplos con matriz singular, puntos de equilibrio degenerados.
 - e. Caracterización de sumidero y fuente.
3. Sistemas dinámicos no lineales en \mathbb{R}^n :
 - a. Sistemas autónomos.
 - b. Teorema fundamental de existencia y unicidad.
 - c. Linealización.
 - d. Puntos de equilibrio hiperbólicos. Teorema de Hartman-Grobman.
 - e. Clasificación de los puntos de equilibrio hiperbólicos: sumideros, fuentes y sillars.
 - f. Puntos de equilibrio estables, asintóticamente estables e inestables.
 - g. Método de las funciones de Liapunov.
 - h. Concepto de bifurcación; concepto de caos.

METODOLOGÍA:

1. Planificación de los contenidos de cada clase.
 2. Explicación en pizarra (lección magistral) o equivalente mediante el empleo de videoconferencia.
 3. Programación en el ordenador de algunos métodos.
-

IDIOMA: castellano.

¿SE REQUIERE PRESENCIALIDAD? No.

BIBLIOGRAFÍA:

I. MÉTODOS NUMÉRICOS PARA PROBLEMAS DE VALOR INICIAL ASOCIADOS A ECUACIONES DIFERENCIALES ORDINARIAS (EDO):

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

1. Ascher, U. M. y Petzold, L. R. [1998] *Computer Methods for Ordinary Differential Equations and Differential-Algebraic Equations*. Philadelphia, PA: SIAM.
2. Hairer, E., Nørsett, S. P. y Wanner, G. [1993] *Solving Ordinary Differential Equations I: Nonstiff Problems*, 2.º ed. revisada. Berlin: Springer. [Primera edición: 1987]. Disponible en línea.
3. Isaacson, E. y Keller, H.B. [1994] *Analysis of Numerical Methods*. New York, NY: Dover Publications. [Reimpresión de la edición de 1966 publicada por Wiley].
4. Iserles, A. [2008] *A First Course in the Numerical Analysis of Differential Equations*, 2.º ed. Cambridge: Cambridge University Press. [Publicado por primera vez en 1997]. Disponible en línea.
5. Lambert, J. D. [1991] *Numerical Methods for Ordinary Differential Systems: The Initial Value Problem*. Chichester, UK: Wiley.
6. Stoer, J. y Bulirsch, R. [2002] *Introduction to Numerical Analysis*, 3.º ed. New York, NY: Springer. [Primera edición: 1980]. Disponible en línea.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

1. Butcher, J. Ch. [2016] *Numerical Methods for Ordinary Differential Equations*, 3.º ed. Chichester, UK: Wiley. [Primera edición: 2003]. Disponible en línea.
2. Crouzeix, M. y Mignot, A. L. [1989] *Analyse Numérique des Équations Différentielles*, 2.º ed. Paris: Masson. [Primera edición: 1984].
3. Dekker, K. y Verwer, J. G. [1984] *Stability of Runge-Kutta Methods for Stiff Nonlinear Differential Equations*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B. V.
4. Hairer, E. y Wanner, G. [1996] *Solving Ordinary Differential Equations II. Stiff and Differential-Algebraic Problems*, 2.º ed. Berlin: Springer. [Primera edición: 1991]. Disponible en línea.
5. Henrici, P. [1962] *Discrete Variable Methods in Ordinary Differential Equations*. New York, NY: Wiley.
6. Kincaid, D. R. y Cheney, E. W. [1991] *Numerical Analysis: Mathematics of Scientific Computing*. Pacific Grove, CA: Brooks/Cole.

7. Lambert, J. D. (1988) *Computational Methods in Ordinary Differential Equations*. London: Wiley. [Reimpresión de la 1.º ed. 1973].
8. Quarteroni, A., Sacco, R. y Saleri, F. (2007) *Numerical Mathematics*, 2.º ed. New York, NY: Springer. [Primera edición: 2000]. Disponible en línea.

II. SISTEMAS DINÁMICOS:

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

1. Perko, L. (2000) *Differential Equations and Dynamical Systems*, 3.º ed. Texts in Applied Mathematics, vol. 7. New York, NY: Springer. Disponible en línea.
2. Hirsch, M. W. y Smale, S. (1974) *Differential Equations, Dynamical Systems, and Linear Algebra*. Pure and Applied Mathematics. New York, NY: Academic Press. Disponible en línea.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

1. Guckenheimer, J. y Holmes, P. (1983) *Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems, and Bifurcations of Vector Fields*. New York, NY: Springer. Disponible en línea.
2. Hale, J. K. y Koçak, H. (1991) *Dynamics and Bifurcations*. New York, NY: Springer. Disponible en línea.
3. Hairer, E., Nørsett, S. P. y Wanner, G. (1993) *Solving Ordinary Differential Equations I: Nonstiff Problems*, 2.º ed. revisada. Berlin: Springer. [Primera edición: 1987]. Disponible en línea.

COMPETENCIAS:

Básicas y generales:

CG1: Poseer 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, sabiendo traducir necesidades industriales en términos de proyectos de I+D+i en el campo de la Matemática Industrial.

CG4: Saber comunicar las conclusiones, junto con los conocimientos y razones últimas que las sustentan, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CG5: Poseer las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo, y poder emprender con éxito estudios de doctorado.

Específicas:

CE3: Determinar si un modelo de un proceso está bien planteado matemáticamente y bien formulado desde el punto de vista físico.

De especialidad "Modelización":

CM1: Ser capaz de extraer, empleando diferentes técnicas analíticas, información tanto cualitativa

como cuantitativa de los modelos.

Las competencias anteriores, así como las descritas en la página 8 de

https://assets.usc.gal/sites/default/files/plan/2021-09/Matema%CC%81tica_Industrial_Min.pdf,

se trabajan en clase y se evalúan según el sistema descrito en los apartados dedicados a criterios de evaluación que se encuentran más abajo.

¿SE VA A USAR ALGÚN TIPO DE PLATAFORMA VIRTUAL? Sí. Campus Virtual USC (*Moodle*).

¿SE NECESITA ALGÚN SOFTWARE ESPECÍFICO? Sí; MATLAB®.

CRITERIOS PARA LA 1.ª OPORTUNIDAD DE EVALUACIÓN:

Las competencias CG1, CG4 y CG5, así como la CE3 y la CM1, se evalúan mediante el proceso que se describe a continuación:

Para superar la asignatura será obligatorio entregar los ejercicios y las prácticas de programación encargadas por los profesores en los plazos que estos marquen. La calificación final resultará de un examen escrito en el que:

- Cada una de las dos partes de la asignatura, es decir, Métodos Numéricos para EDO por un lado y Sistemas Dinámicos por otro, tienen un peso del 50% en la nota final.
- La parte del examen dedicada a Métodos Numéricos para EDO reserva un 30% de su valor para preguntas relacionadas con las prácticas de programación.

Los exámenes de las dos partes de la asignatura no se realizan el mismo día: uno se hace en cuanto de termine explicar la primera parte (suele ser a principios de noviembre) y el otro al final del semestre.

Se hace notar que, al final del semestre, solamente se evalúa la segunda parte de la asignatura, y que no se hace otro examen sobre la primera parte.

La asistencia o no asistencia a las clases no tendrá incidencia alguna en la calificación.

CRITERIOS PARA LA 2.ª OPORTUNIDAD DE EVALUACIÓN:

Los mismos que para la primera oportunidad de evaluación. En esta ocasión, el examen escrito de las dos partes de la asignatura se realiza en la misma fecha.

Las calificaciones parciales obtenidas en la primera oportunidad no se guardan para la segunda. En particular, en el caso de que un estudiante apruebe uno de los dos exámenes, pero suspenda la asignatura, tendrá que examinarse de toda la asignatura en la segunda oportunidad de evaluación.

COMENTARIOS:

Las prácticas de programación se harán en MATLAB®.

El orden en que se explican las dos partes de la asignatura, es decir, Métodos Numéricos para EDO por un lado y Sistemas Dinámicos por otro, se dará a conocer a comienzos de cada curso.

Para los casos de realización fraudulenta de ejercicios o pruebas será de aplicación lo recogido en la "Normativa de evaluación do rendimiento académico dos estudiantes e de revisión de cualificaci3ns" de la USC.