26-27

GRADO EN FÍSICA
CUARTO CURSO

GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA

SISTEMAS DINÁMICOS

CÓDIGO 61044098

UNED

26-27

SISTEMAS DINÁMICOS

CÓDIGO 61044098

ÍNDICE

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

NOMBRE DE LA ASIGNATURA	SISTEMAS DINÁMICOS
CÓDIGO	61044098
CURSO ACADÉMICO	2026/2027
DEPARTAMENTO	FÍSICA FUNDAMENTAL
TÍTULO EN QUE SE IMPARTE	GRADO EN MATEMÁTICAS
CURSO - PERIODO - TIPO	- CUARTO - SEMESTRE 2 - OPTATIVAS
TÍTULO EN QUE SE IMPARTE	GRADO EN FÍSICA
CURSO - PERIODO - TIPO	- CUARTO - SEMESTRE 2 - OPTATIVAS
Nº ETCS	5
HORAS	125.0
IDIOMAS EN QUE SE IMPARTE	CASTELLANO

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

Esta asignatura tiene carácter de optativa en 4º curso del Grado en Física y del Grado en Matemáticas, cuando los/as estudiantes ya disponen de conocimientos sufientes sobre ecuaciones diferenciales y mecánica. Sus objetivos princpales son la introducción del concepto de estabilidad de las soluciones de los sistemas dinámicos, la teoría de bifurcaciones y la teoría cualitativa de sistemas no lineales, así como una introducción al comportamiento caótico de sistemas deterministas.

En la estructura del Grado en Física, esta asignatura se encuadra dentro de la materia denominada *Mecánica*, que se compone de tres asignaturas obligatorias:

•Mecánica (6 ECTS), obligatoria, 2º curso, 1er semestre.

•Vibraciones y ondas (6 ECTS), obligatoria, 2º curso, 2º semestre.

•Mecánica Teórica (6 ECTS), obligatoria, 4º curso, 1er semestre.

La asignatura se imparte en el segundo semestre del 4º año del Grado y tiene carácter optativo. Esta es una asignatura sobre el estudio matemático general de la dinámica de los sistemas, lo que la hace una materia de interés en prácticamente todos los campos profesionales científico-técnicos y del conocimiento, pues encuentra su aplicación allá en donde haya variables que evolucionan en el tiempo, como en física, química, economía, biología y muchos otros. Dentro de esta materia general, el objetivo de la asignatura de Sistemas Dinámicos consiste en el estudio de las soluciones de las ecuaciones de evolución, discutiendo si son estables o inestables, si los sistemas pueden pasar de una solución a otra (bifurcaciones) y qué se puede averiguar respecto al comportamiento dinámico del sistema a partir del estudio cualitativo de su espacio de fase. Un segundo objetivo es la presentación del papel crucial que juegan los términos no lineales en el comportamiento de los sistemas

dinámicos. Finalmente, también se presenta una introducción al comportamiento caótico de los sistemas deterministas.

REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR LA ASIGNATURA

La asignatura de Sistemas Dinámicos se ofrece a estudiantes de cuarto curso de los Grados en Física y Matemáticas de la UNED. Por ello, se espera un conocimiento suficiente de ambas disciplinas.

- Respecto de la **Física**, es imprescindible comprender los conceptos de ecuaciones del movimiento basadas en las leyes de Newton de la dinámica, así como los conceptos de trabajo y de energía y los elementos básicos de las oscilaciones, tanto mecánicas como eléctricas. Para estudiantes del Grado en Matemáticas recomendamos repasar la asignatura de Física, cursada el segundo cuatrimestre de primer curso, si bien el grado de madurez científica esperado es superior.
- Respecto de las **Matemáticas**, es imprescindible el manejo teórico y práctico de las ecuaciones diferenciales ordinarias, así como los conceptos básicos de las ecuaciones en derivadas parciales. De nuevo, el grado de madurez será superior al exigido en asignaturas previas, con un énfasis mayor en el análisis cualitativo de las soluciones.
- Los Sistemas Dinámicos constituyen un área de intersección entre las Matemáticas, la Física, la Química, la Biología, la Ingeniería y otras ramas del conocimiento, de modo que las aplicaciones analizadas serán tomadas de todas estas áreas indistintamente, proporcionando siempre el contexto científico requerido para su correcta interpretación.
- La asignatura se imparte con un texto básico en **inglés**, luego es necesario un conocimiento del inglés que permita la lectura y comprensión fluida de textos científicos y técnicos.
- Asimismo se espera que los/as estudiantes puedan realizar pequeñas **simulaciones numéricas** de los sistemas dinámicos propuestos, en el lenguaje de programación o plataforma de cálculo de su elección.

EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos	ADOLFO VAZQUEZ QUESADA (Coordinador/a de asignatura)
Correo Electrónico	a.vazquez-quesada@fisfun.uned.es
Teléfono	91398-7143
Facultad	FACULTAD DE CIENCIAS
Departamento	FÍSICA FUNDAMENTAL

Nombre y Apellidos	MARIANA RODRIGUEZ HAKIM
Correo Electrónico	mrodriguez@fisfun.uned.es
Teléfono	91398-9843
Facultad	FACULTAD DE CIENCIAS

Departamento	FÍSICA FUNDAMENTAL

HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

La asignatura se imparte virtualizada, de modo que los estudiantes tienen la posibilidad de entrar en cualquier momento en el Curso Virtual y plantear sus consultas al Equipo Docente, en los foros y a través de las herramientas de comunicación del curso virtual.

Horario de atención al alumno

El estudiante puede contactar en todo momento a través del curso virtual o por correo electrónico con el equipo docente.

Horarios de tutoría y datos de contacto

Para cualquier consulta personal o telemática los profesores del equipo docente estarán disponibles en los dìas y horas que se indican a continuación, excepto en vacaciones académicas. En caso de que el día correspondiente sea festivo, la tutoría se desplazará al siguiente día lectivo.

Adolfo Vázquez Quesada
Facultad de Ciencias de la UNED, Avenida de Esparta s/n, Las Rozas, Madrid.
Departamento de Física Fundamental.
a.vazquez-quesada@fisfun.uned.es
Teléfono: 91 398 71 43
Miércoles de 10:00 a 14:00 horas.

Mariana Rodríguez Hakim
Facultad de Ciencias de la UNED, Avenida de Esparta s/n, Las Rozas, Madrid.
Departamento de Física Fundamental.
mrodriguez@fisfun.uned.es
Teléfono: 91 398 98 43
Miércoles de 11:00 a 13:00 horas y de 16:00 a 18:00 horas.

Dirección postal.

Facultad de Ciencias de la UNED, Avenida de Esparta s/n, 28232, Las Rozas, Madrid.

TUTORIZACIÓN EN CENTROS ASOCIADOS

En el enlace que aparece a continuación se muestran los centros asociados y extensiones en las que se imparten tutorías de la asignatura. Estas pueden ser:

- **Tutorías de centro o presenciales**: se puede asistir físicamente en un aula o despacho del centro asociado.
- **Tutorías campus/intercampus**: se puede acceder vía internet.

Consultar horarios de tutorización de la asignatura 61044098

COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

A continuación se muestran las competencias específicas de la materia a las que más contribuye la asignatura de sistemas dinámicos:
CE04 Ser capaz de identificar las analogías en la formulación matemática de problemas físicamente diferentes, permitiendo así el uso de soluciones conocidas en nuevos problemas
CE05 Ser capaz de entender y dominar el uso de los métodos matemáticos y numéricos más comúnmente utilizados, y de realizar cálculos de forma independiente, incluyendo cálculos numéricos que requieran el uso de un ordenador y el desarrollo de programas de software
CE07 Ser capaz de identificar los principios físicos esenciales que intervienen en un fenómeno y hacer un modelo matemático del mismo; ser capaz de hacer estimaciones de órdenes de magnitud y, en consecuencia, hacer aproximaciones razonables que permitan simplificar el modelo sin perder los aspectos esenciales del mismo
CE08 Ser capaz de adaptar modelos ya conocidos a nuevos datos experimentales
CE09 Adquirir una comprensión de la naturaleza y de los modos de la investigación física y de cómo ésta es aplicable a muchos campos no pertenecientes a la física, tanto para la comprensión de los fenómenos como para el diseño de experimentos para poner a prueba las soluciones o las mejoras propuestas
CE10 Ser capaz de buscar y utilizar bibliografía sobre física y demás literatura técnica, así como cualesquiera otras fuentes de información relevantes para trabajos de investigación y desarrollo técnico de proyectos

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Como resultados de aprendizaje, de manera general y al superar la asignatura, el alumno habrá adquirido conocimientos sobre los siguientes temas:

- Espacio de fases. Sistemas conservativos y disipativos
- Sistemas dinámicos unidimensionales: estabilidad y bifurcaciones.
- Sistemas dinámicos de dimensión 2. Soluciones periódicas.
- Formas normales
- Soluciones irregulares: caos determinista

De manera más específica, el alumno habrá adquirido los siguientes conocimientos

- Comprender los conceptos relacionados con la estabilidad de las soluciones y ser capaz de analizar si una determinada solución estacionaria es estable o inestable
- Entender las diferencias y características de los puntos fijos de sistemas dinámicos y ser capaz de clasificarlos.
- Ser capaz de analizar cualitativamente el espacio de fases de sistemas dinámicos lineales y no lineales.
- Conocer los principales tipos de bifurcaciones locales y sus formas normales, así como ser capaz de clasificarlas.

•Ser capaz de aplicar los criterios de existencia de ciclos límite y de utilizar las ecuaciones promediadas de sistemas débilmente nolineales.
•Comprender la diferencia entre bifurcaciones locales y globales.
•Entender las diferencias conceptuales entre sistemas dinámicos de diferente dimensionalidad.
•Conocer y ser capaz de identificar los ingredientes básicos de un comportamiento caótico.

CONTENIDOS

Tema 1.- Sistemas continuos unidimensionales

Este tema es una introducción a los sistemas dinámicos unidimensionales, presentando los conceptos generales (espacio de fases, flujo, puntos fijos, estabilidad, etc.) y los métodos de análisis general (diagramas de fases, linealización, etc).

1. Introducción y visión geométrica.
2. Puntos fijos y estabilidad.
3. Análisis de estabilidad lineal.
4. Existencia y unicidad.

Tema 2.- Bifurcaciones en sistemas unidimensionales

En este tema se continua el estudio de los sistemas dinámicos unidimensionales, introduciendo el concepto general de bifurcación y presentando los principales tipos de bifurcaciones en sistemas unidimensionales

1. Bifurcación saddle-node.
2. Bifurcación transcrítica.
3. Bifurcación en horquilla (pitchfork).

Tema 3.- Sistemas lineales bidimensionales

En este tema se inicia el estudio de los sistemas dinámicos bidimensionales, presentando los principales tipos de sistemas, el plano de fase. También se presentan conceptos y técnicas fundamentales como pueden ser el concepto de punto fijo y la técnica de linealización.

1. Definiciones y ejemplos.
2. Clasificación de los sistemas lineales.
3. Plano de fase.
4. Existencia y unicidad.
5. Puntos fijos y linearización.

6. Sistemas conservativos.
7. Sistemas reversibles.

Tema 4.- Ciclos límite

En este tema se introduce el concepto de ciclo límite y los métodos disponibles para probar su existencia o inexistencia. También se ilustran metodos particulares para dos tipos especiales de sistemas oscilantes: los sistemas de Liénard y las oscilaciones de relajación. Finalmente, se aborda el problema de la obtención de las soluciones periódicas en ecuaciones correspondientes a osciladores débilmente no lineales por medio de la introducción de métodos perturbativos de una o múltiples escalas temporales y el método de promediad

1. Introducción.
2. Teorema de Poincaré-Bendixon.
3. Sistemas de Liénard.
4. Oscilaciones de relajación.
5. Osciladores débilmente no-lineales.

Tema 5.- Teoría general de bifurcaciones

En este tema se extienden los conceptos relativos a bifurcaciones al caso de sistemas bidimensionales. En estos sistemas la riqueza de los esquemas de bifurcación aumenta, puesto que a las soluciones estacionarias de tipo punto fijo se les añaden las soluciones de tipo ciclo límite. Por consiguiente, a los fenómenos anteriormente estudiados de aparición, desaparición o cambio de estabilidad de puntos fijos se añaden los correspondientes a los ciclos límite.

1. Bifurcaciones saddle-node, transcrítica y en horquilla.
2. Bifurcaciones de Hopf.
3. Bifurcaciones globales.
4. Aplicaciones de Poincaré.

Tema 6.- Las ecuaciones de Lorenz

En este tema se aborda el estudio del sistema dinámico tridimensional constituido por las ecuaciones de Lorenz. Este sistema, inicialmente obtenido como un modelo simplificado de movimientos convectivos en meteorología, tiene una gran importancia histórica pues fue el primer sistema en el que se demostró la existencia de comportamiento caótico determinista.

1. Propiedades simples de las ecuaciones de Lorenz.
2. Atractores extraños y caos.

3. La aplicación de Lorenz.
4. El espacio de parámetros.

Tema 7.- Aplicaciones discretas unidimensionales

En este tema se aborda el estudio de las aplicaciones discretas unidimensionales como ejemplos de sistemas dinámicos en los que se pueden utilizar todos los conceptos y técnicas aprendidas a lo largo del curso. El estudio se inicia discutiendo los conceptos de puntos fijo y su estabilidad, abordándose con ejemplos muy ilustrativos.

1. Puntos fijos.
2. La aplicación logística.
3. Ventanas periódicas.
4. Exponentes de Lyapunov.
5. Universalidad y renormalización.

METODOLOGÍA

La asignatura se imparte, de acuerdo con la peculiaridad de la docencia en la UNED, siguiendo una metodología a distancia. El pilar fundamentales de esta enseñanza en esta asignatura es el curso virtual. En dicho curso virtual habrá Foros de debate específicos por temas. La intención de esos foros es que se genere debate entre los estudiantes respecto a conceptos o aplicaciones de los mismos que no estén bien entendidos, planteando dudas o cuestiones que surjan en el estudio de la asignatura. De esta forma, tanto las dudas planteadas como las respuestas podrán ser de utilidad para el resto de los estudiantes.

La participación activa en el debate de esas dudas o cuestiones será siempre bien considerada por parte del Equipo Docente y solamente podrá tener consecuencias positivas en la calificación de los estudiantes; los posibles errores, de concepto o de desarrollo, nunca repercutirán negativamente en la evaluación del estudiante.

Se pretende que en esos foros se inicien los debates planteando dudas o preguntas libremente, pero siempre acompañándoles de la respuesta que se haya meditado al respecto, aunque sea equivocada, indicando por qué se tienen dudas sobre la misma. El Equipo Docente moderará la discusión, comentará las aportaciones más relevantes, cuando sea preciso, y dará la solución correcta si el debate entre los estudiantes no converge hacia dicha solución en un tiempo prudencial.

Además, a través de las herramientas de comunicación del Curso Virtual los alumnos pueden plantear sus dudas al Equipo Docente.

El curso comprende cinco ECTS, equivalentes a 125 horas de trabajo del estudiante. Para la realización de todas las actividades que constituyen el estudio de la asignatura, el estudiante deberá organizar y distribuir su tiempo de forma personal y autónoma, adecuada a sus necesidades. En la siguiente sección (Plan de trabajo) se sugiere una posible organización temporal para orientación de los estudiantes.

SISTEMA DE EVALUACIÓN

TIPO DE PRUEBA PRESENCIAL

Tipo de examen	Examen de desarrollo
Preguntas desarrollo	
Duración del examen	120 (minutos)

Material permitido en el examen

Todo tipo de material impreso.

Calculadora científica no programable.

Criterios de evaluación

Se valorará la consecución de soluciones correctas a los problemas planteados.

Se valorará una justificación adecuada y una exposición correcta y clara de cada uno de los pasos no triviales en la solución de los problemas planteados.

% del examen sobre la nota final	0
Nota del examen para aprobar sin PEC	5
Nota máxima que aporta el examen a la calificación final sin PEC	10
Nota mínima en el examen para sumar la PEC	0

Comentarios y observaciones

Se trata de un **Examen presencial final obligatorio** escrito, de dos horas de duración, que consistirá, fundamentalmente, en la realización de problemas, que serán similares a los que se incluyen al final de cada capítulo en el libro de texto básico, o a los que se recogen en la colección de problemas resueltos que se proporciona a los estudiantes a través del curso virtual.

Se permitirá el uso de libros y material auxiliar durante la realización del examen. Este examen se realizará según el sistema general de Pruebas Presenciales de la UNED. Representará entre el 80% y el 100% de la calificación final, dependiendo de si se realizan o no las pruebas de evaluación continua (prueba objetiva on line y realización de trabajos).

PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)

¿Hay PEC?	Si

Descripción

Prueba Objetiva en línea (VOLUNTARIA)

Se trata de una prueba objetiva en línea, de realización voluntaria, a través de la plataforma de cursos virtuales de la UNED. Consistirá en 10 cuestiones cortas teórico-prácticas de respuesta múltiple y sobre la materia correspondiente a la parte del temario que se haya impartido en el momento en el que se celebre la prueba, de acuerdo con la programación de la asignatura.

La contribución máxima de esta prueba a la calificación final de la asignatura es de 1 punto (10% de la calificación final). Será necesario obtener una calificación de 5 puntos, como mínimo, en esta prueba objetiva para que contribuya a la calificación final de la asignatura. Esta prueba no es obligatoria y, por lo tanto, no se puntúa negativamente a los alumnos que no lo realicen.

Criterios de evaluación

Al ser una prueba objetiva se aplicarán las siguientes valoraciones:

Por cada respuesta acertada: 1 punto.

Por cada respuesta errónea: -0.25 puntos.

Ponderación de la PEC en la nota final 10%

Fecha aproximada de entrega La fecha se anunciará en el curso virtual. Será aproximadamente alrededor de la segunda mitad de abril.

Comentarios y observaciones

OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s? Si

Descripción

Realización de un trabajo académico (VOLUNTARIO)

El Equipo Docente propondrá un trabajo voluntario a los estudiantes. La contribución máxima de este trabajo a la calificación final de la asignatura es de 1 punto (10% de la calificación final). Este trabajo no es obligatorio y, por lo tanto, no se puntúa negativamente a los alumnos que no lo realicen.

Criterios de evaluación

Se valorarán:

La adecuación de la bibliografía seleccionada.

La realización correcta de desarrollos analíticos y simulaciones numéricas.

La claridad de la exposición.

La originalidad y corrección del desarrollo.

Otros aspectos lingüísticos formales (ortografía, sintaxis, precisión en el lenguaje, etc.).

Ponderación en la nota final 10%

Fecha aproximada de entrega La fecha se anunciará en el curso virtual. Normalmente será la semana anterior a la primera semana de exámenes.

Comentarios y observaciones

Los trabajos se pueden realizar en equipos de no más de dos personas.
Aunque el trabajo se haya hecho en equipo, el informe tiene que ser individual, es decir, cada uno de los dos miembros del equipo deberá presentar un informe independiente.
Los listados de los programas o scripts utilizados para cada figura deberán ser incluidos como apéndices al final del trabajo.
La longitud total del trabajo no podrá ser superior a 20 páginas DIN A4 (sin contar el espacio dedicado a bibliografía y programas de ordenador, en su caso).

¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?

Para aprobar la asignatura será necesario obtener una calificación final igual o superior a 5 puntos. Las calificaciones en la PEC y el trabajo académico solamente se tendrán en cuenta para el cómputo de la nota final si son superiores a 5 puntos. Se considerarán los cálculos de nota que se presentan a continuación:
Si el estudiante ha realizado el examen presencial, y superado la PEC y el trabajo académico:
[nota final] = 0,8 * [nota de examen presencial] + 0,1 * [nota PEC] + 0,1 * [nota de trabajo]
Si el estudiante solamente ha realizado el examen presencial y superado, bien la PEC, bien el trabajo académico:
[nota final] = 0,9 * [nota de examen presencial] + 0,1 * [nota PEC o nota de trabajo]
Si el estudiante únicamente ha realizado el examen presencial o no ha superado ni la PEC ni el trabajo académico:
[nota final] = [nota de examen presencial].
La nota final será la máxima obtenida de entre estos tres cálculos, de manera que las PECs sólo puedan contar de manera positiva. Nótese que sólo con el examen presencial ya se puede obtener la evaluación máxima en la asignatura. Nótese también, que la nota del examen presencial se refiere igualmente al de la convocatoria ordinaria de junio como al de la extraordinaria de septiembre. Por tanto, la nota de la PEC o del trabajo voluntario cuentan para cualquiera de las dos convocatorias, aunque sólo se pueden realizar en el segundo cuatrimestre.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ISBN(13):9780813349107
Título:NONLINEAR DYNAMICS AND CHAOS: WITH APPLICATIONS TO PHYSICS, BIOLOGY, CHEMISTRY, AND ENGINEERINGSegunda
Autor/es:Steven H. Strogatz ;
Editorial:CRC Press

Este libro cubre perfectamente los contenidos de la asignatura con gran profusión de ejemplos desarrollados y problemas propuestos. En este libro se puede encontrar una presentación cuidadosa de los conceptos matemáticos, así como de sus aplicaciones a la modelización de sistemas dinámicos en otros campos de la ciencia.

Nota importante: Es posible que algunos de los estudiantes dispongan de la edición anterior. La segunda edición incluye, en opinión del Equipo docente, pocas novedades respecto al material incluido en la primera y ninguna de dichas novedades es realmente relevante, de manera que la asignatura se puede seguir perfectamente tanto por la edición nueva como por la antigua. Por lo tanto, los estudiantes que dispongan de la primera edición no tienen necesidad de hacerse con un ejemplar de la segunda edición.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Esta asignatura puede también seguirse mediante cualquier libro de Sistemas dinámicos o Dinámica de sistemas nolineales que contemple los diversos apartados del programa que se detallan en el apartado correspondiente. A este respecto, damos una relación de libros que pueden ser de utilidad:

•BERGÉ, P.; POMEAU, Y. y VIDAL, C.: Order within Chaos: Towards a deterministic Approach to Turbulence. Editorial Hermann, París, 1984.

Este es uno de los primeros libros de texto publicados sobre dinámica nolineal y caos determinista y sus autores son investigadores que contribuyeron de forma importante al crecimiento de este campo tanto desde la vertiente teórica como experimental. Aunque está más orientado hacia los sistemas disipativos espacialmente extensos, cubre razonablemente el programa y hace una presentación atractiva de los temas, con un fuerte énfasis en la parte más física de la disciplina. Quizá son escasos los ejemplos desarrollados y no entra en demasiada profundidad matemática.

•NICOLIS, G.: Introduction to Nonlinear Science. Editorial Cambridge University Press, New York, 1995.

Excelente texto introductorio, aunque más dirigido hacia aspectos generales de la ciencia nolineal, con énfasis en los sistemas disipativos espacialmente extensos, que hacia los sistemas dinámicos.

•GUCKENHEIMER, J. y HOLMES, P.: Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems, and Bifurcations of Vector Fields. Editorial Springer-Verlag, New York, 1983.

Probablemente el texto más completo para iniciarse en la teoría de sistemas dinámicos desde un punto de vista matemático riguroso. Es referencia obligada en el campo a todos los niveles. Muy recomendable para quienes pretendan seguir con el estudio de los sistemas dinámicos en etapas de estudio de mayor nivel.

•JORDAN, D. W. y SMITH, P.: Nonlinear Ordinary Differential Equations (2ª edición), Editorial Clarendon Press, Oxford, 1995.

Siendo un texto sobre ecuaciones diferenciales ordinarias, contiene varios apartados sobre métodos matemáticos de interés en el campo de los sistemas dinámicos (construcción de soluciones por métodos de "promediado" o de perturbaciones, etc.) y un capítulo sobre dinámica cualitativa de sistemas nolineales y caos determinista.

•DRAZIN, P. G.: Nonlinear Systems; Cambridge University Press, New York, 1994.
Un excelente texto que cubre bien el programa con un nivel de rigor matemático quizá ligeramente superior al recomendado como bibliografía básica. También contiene un buen número de ejemplos desarrollados y listas de problemas.

RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

Los estudiantes dispondrán de diversos medios de apoyo al estudio, entre los que se pueden destacar:

- **Curso virtual.-** Los alumnos tienen la posibilidad de entrar en cualquier momento en el Curso virtual. Se recomienda encarecidamente la consulta del Curso virtual, pues en él se podrá encontrar información actualizada sobre aspectos relacionados con la organización académica y posibles actividades del curso. Asimismo, en el Curso virtual podrá establecer contacto con sus compañeros, con el Equipo Docente de la Sede Central y con el Profesor Tutor que tenga asignado.
- **Colección de problemas resueltos.-** Dentro del Curso virtual se pone a disposición de los estudiantes una extensa colección de problemas resueltos del mismo nivel y estructura que los que se incluirán en los procedimientos de evaluación.
- **Herramientas de simulación numérica y representación gráfica.-** La simulación numérica y la visualización de sus resultados constituye una potente herramienta de aprendizaje en esta asignatura. realizar sus propias simulaciones y representaciones del comportamiento dinámico tanto de sistemas nolineales multidimensionales como de aplicaciones iterativas. En el Curso Virtual se sugieren algunas herramientas computacionales apropiadas para que, con poco esfuerzo de programación, el/la estudiante pueda desarrollar sus propias simulaciones.
- **La bibliotecas de los Centros Asociados.-** En ellas el estudiante puede consultar la bibliografía básica recomendada y, al menos, una parte de la bibliografía complementaria.

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.