

Curso Académico: 2021/22

## 26933 - Caos y sistemas dinámicos no lineales

### Información del Plan Docente

Año académico: 2021/22

Asignatura: 26933 - Caos y sistemas dinámicos no lineales

Centro académico: 100 - Facultad de Ciencias

Titulación: 447 - Graduado en Física

Créditos: 5.0

Curso: 4 y 3

Periodo de impartición: Segundo semestre

Clase de asignatura: Optativa

Materia:

## 1. Información Básica

### 1.1. Objetivos de la asignatura

**La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:**

La ciencia no lineal es una disciplina de carácter transversal con implicaciones en todas las áreas de la ciencia y la ingeniería.

El objetivo fundamental de la asignatura es proporcionar al alumno de las herramientas básicas y computacionales necesarias para el estudio de sistemas dinámicos no lineales. Dado un sistema dinámico no lineal estamos interesados en caracterizarlo adecuadamente según el retrato de fases del mismo (puntos fijos, ciclos límite, atractores extraños...) y estudiar las posibles bifurcaciones (transiciones de fase estáticas y dinámicas) que aparecen al variar los distintos parámetros de interés del mismo. Este estudio nos llevará a la presentación de tres paradigmas fundamentales de la ciencia no lineal; los fenómenos de caos, sincronización y localización.

A lo largo del curso se trabajará con muchos sistemas diferentes y de este modo se abordará el segundo objetivo fundamental del mismo: presentar al alumno mecanismos para el diseño de modelos sencillos de fenómenos complejos.

### 1.2. Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

Se trata de una asignatura optativa que se debe cursar en el tercer o cuarto año del grado. Su oferta responde a un intento de acercar al alumno el estudio de problemas en la frontera del conocimiento de la física que habitualmente son ajenos a la troncalidad de los estudios. De este modo, asentado en los conocimientos obtenidos a lo largo de los 5 primeros semestres del grado, el alumno será capaz de abordar un gran número de problemas interesantes en diversas disciplinas, que no han sido estudiados anteriormente ya sea por su complejidad (el estudio del péndulo no lineal como sistema mecánico por ejemplo) o por su situación al margen de los campos troncales tradicionales de los estudios de física (modelización de sistemas biofísicos por ejemplo). Los conocimientos adquiridos permitirán al alumno acercarse a la frontera del conocimiento en el campo de la Física Estadística y No Lineal, una de las disciplinas de la física de mayor interés en la actualidad.

### 1.3. Recomendaciones para cursar la asignatura

Se recomienda haber cursado las asignaturas de Análisis Matemático, Ecuaciones Diferenciales y Física Computacional. Así mismo se recomienda un seguimiento continuado de la asignatura con asistencia a las clases presenciales e interacción con el profesorado de la misma.

## 2. Competencias y resultados de aprendizaje

### 2.1. Competencias

**Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para:**

- Analizar y comprender fenómenos no lineales en diversos campos científicos.
- Dominar de las herramientas de la ciencia no lineal
- Elaborar y analizar modelos dinámicos no lineales.
- Comprender los fenómenos paradigmáticos en ciencia no lineal: caos, localización y sincronización

- Simular sistemas dinámicos no lineales.

## 2.2. Resultados de aprendizaje

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados:**

- Entiende la singularidad e importancia de los sistemas dinámicos no lineales.
- Es capaz de analizar un sistema dinámico no lineal.
- Conoce las bifurcaciones fundamentales propias de los sistemas dinámicos no lineales.
- Entiende y cuantifica el fenómeno del caos.
- Entiende las bases del fenómeno de sincronización.
- Entiende el fenómeno de localización no lineal.
- Reconoce y modela fenómenos no lineales

## 2.3. Importancia de los resultados de aprendizaje

La importancia del aprendizaje realizado se asienta básicamente en dos consideraciones. Por un lado la transversalidad de la asignatura presentará al alumno numerosos sistemas propios no sólo de la física, si no también de la biología, la química o la ingeniería susceptibles de ser abordados con las herramientas adquiridas. Por otro lado el alumno aprenderá a realizar modelos sencillos de una diversidad de fenómenos naturales. Creemos que la asignatura Caos y Sistemas Dinámicos No Lineales es una asignatura fundamental para la profundización en algunos de los problemas más interesantes de la ciencia en la actualidad.

## 3. Evaluación

### 3.1. Tipo de pruebas y su valor sobre la nota final y criterios de evaluación para cada prueba

**El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación:**

Evaluación continuada del aprendizaje del alumno mediante 5 cuestionarios breves sobre los distintos temas (1 a 5) del programa de la asignatura. Estos cuestionarios contendrán preguntas de tipo respuesta múltiple o verdadero-falso y están destinados a evaluar el grado de comprensión y aplicación de los conceptos y herramientas explicados y usados en clase. Estas 5 actividades tendrán el mismo peso y en conjunto contribuyen al 50% de la nota final. La nota mínima para superar esta evaluación debe ser 3.5 sobre 10.

Realización y defensa de un trabajo. Una lista de trabajos será facilitada al principio del curso. La defensa del trabajo consistirá en una exposición pública de 10 minutos por alumno más respuesta a las cuestiones planteadas. Esta actividad contribuye al 50% de la nota final. La nota mínima para superar la actividad debe ser 3.5 sobre 10.

Para los aprobados, la nota final (**NF**) será calculada renormalizando la nota promedio del alumno (**NP**) por la mayor nota promedio conseguida en el grupo (**NPmax**):

$$NF=5*[1+(NP-5)/(NPmax-5)]$$

(así si NP=5 entonces NF=5; si NP=NPmax entonces NF=10).

Si NPmax es menor que 9 entonces se adoptará la fórmula dada usando NPmax igual a 9.

#### Superación de la asignatura mediante una prueba global única

Dicha prueba global consistirá en un examen escrito (50% de la nota final) y la evaluación del trabajo realizado y la defensa pública del mismo (50% de la nota final).

Los alumnos que ya hayan defendido el trabajo realizado están eximidos de realizar la presentación del mismo dentro de la prueba global única.

## 4. Metodología, actividades de aprendizaje, programa y recursos

### 4.1. Presentación metodológica general

**El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**

- Lecciones magistrales: presentan al alumno los contenidos teóricos básicos para lograr la adquisición por su parte de las competencias técnicas asociadas. Intercalan la presentación de las nociones teóricas básicas con la realización de problemas.
- Realización de problemas en grupo: en dichas sesiones el alumno deberá afrontar la resolución de problemas en colaboración con otros compañeros y bajo la supervisión del profesor de la asignatura.
- Prácticas de simulación: permiten al alumno familiarizarse con las nociones de la física computacional que son básicas en el estudio de sistemas dinámicos no lineales.
- Realización de trabajos: el alumno demostrará que es capaz de integrar los conocimientos recibidos en la resolución de un problema de la física no lineal.

## **4.2. Actividades de aprendizaje**

**Las actividades docentes y de evaluación se llevarán a cabo de modo presencial salvo que, debido a la situación sanitaria, las disposiciones emitidas por las autoridades competentes y por la Universidad de Zaragoza dispongan realizarlas de forma telemática o semi-telemática con aforos reducidos rotatorios.**

**El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...**

- Clases magistrales participativas, incluyendo la realización de problemas y simulaciones con software específico.
- Realización de un trabajo en el contexto de la asignatura
- Realización no presencial de simulaciones de sistemas dinámicos no lineales usando software específico a disposición del alumno.

## **4.3. Programa**

0 Introducción

1 Sistemas dinámicos en una dimensión. Flujos en la línea, bifurcaciones, flujos en el círculo

2 Sistemas dinámicos en dos dimensiones. Sistemas lineales en el plano, plano de fases, oscilaciones y ciclos límite, bifurcaciones en el plano.

3 Caos. Ecuaciones de Lorenz, "maps" unidimensionales, fractales, atractores extraños.

4 Sistemas no lineales con muchos grados de libertad e interacciones complejas. Introducción a la física de redes complejas. Modelo de Kuramoto y sincronización en redes complejas.

5 Procesos estocásticos y sistemas no lineales. Fenómenos de propagación en redes. Modelos epidémicos en metapoblaciones.

## **4.4. Planificación de las actividades de aprendizaje y calendario de fechas clave**

Las clases de teoría y de problemas se imparten a lo largo del segundo semestre del Grado de Física en el lugar y horario que establezca el centro al respecto.

Sesiones de evaluación: la evaluación continua se realiza a lo largo de todo el periodo de impartición. Las sesiones de evaluación mediante una prueba escrita global son las que el Decanato de la Facultad de Ciencias determina y publica cada año en su página web.

## **4.5. Bibliografía y recursos recomendados**

<http://psfunizar10.unizar.es/br13/eqAsignaturas.php?codigo=26933>