

17-18

MÁSTER UNIVERSITARIO EN FÍSICA DE
SISTEMAS COMPLEJOS

GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA



FLUCTUACIONES EN SISTEMAS DINÁMICOS

CÓDIGO 21156204



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/>



BC0DBFDFC54144A0CAFEED9A9320F9E1

17-18

FLUCTUACIONES EN SISTEMAS
DINÁMICOS
CÓDIGO 21156204

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	FLUCTUACIONES EN SISTEMAS DINÁMICOS
Código	21156204
Curso académico	2017/2018
Títulos en que se imparte	MÁSTER UNIVERSITARIO EN FÍSICA DE SISTEMAS COMPLEJOS
Tipo	CONTENIDOS
Nº ETCS	6
Horas	150.0
Periodo	SEMESTRE 2
Idiomas en que se imparte	CASTELLANO

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

En esta asignatura se analizarán algunos de los efectos de las fluctuaciones (consecuencia de la consideración de términos o comportamientos aleatorios) en la evolución de sistemas de relevancia en Física, Química, Biología, etc. En muchos casos, el tener en cuenta el efecto de las fluctuaciones es una descripción más realista que una modelización puramente determinista.

Después de una introducción sobre aspectos básicos de la teoría de los procesos estocásticos, se estudiarán los conceptos de fluctuaciones internas y externas y la diferente manera de analizar su influencia. Se presentarán los conceptos de ecuación maestra (para fluctuaciones internas) y de ecuación diferencial estocástica (para fluctuaciones internas y externas) y su tratamiento analítico y numérico. En el caso de las fluctuaciones externas, se estudiará la aparición de fenómenos como las transiciones inducidas por ruido y la resonancia estocástica, entre otros.

Esta asignatura tiene asignados 6 créditos ECTS y se imparte en el segundo semestre del curso.

Equipo Docente

Dr. Javier de la Rubia Sánchez

Javier de la Rubia Sánchez es Catedrático de Universidad en el Departamento de Física Fundamental en el área de Física Aplicada. Se licenció en Ciencias Físicas por la Universidad Autónoma de Madrid y se doctoró en Ciencias Físicas por la UNED. Amplió estudios en la Universidad de California en San Diego (Estados Unidos) y en la Universidad de Bremen (Alemania). Actualmente imparte docencia de *Fundamentos de Física I* (Grado en Física), *Mecánica Estadística* (Grado en Física) y *Biofísica* (Grados en Física y en Ciencias Ambientales). Su principal tema de investigación es el estudio del efecto de las fluctuaciones en el comportamiento de sistemas dinámicos de relevancia en Física, Química y Biología.



REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA

Para cursar la asignatura con garantías de éxito son precisos los conocimientos básicos de Matemáticas y de Física que se hayan adquirido en asignaturas cursadas previamente en una licenciatura o grado en Ciencias o Ingeniería y en las asignaturas obligatorias del máster *Introducción a la Ciencia no lineal y Métodos numéricos avanzados*.

Por otra parte, dado que una parte de los materiales didácticos suministrados por el equipo docente estarán en inglés, para un completo aprovechamiento de la asignatura es imprescindible un conocimiento de la lengua inglesa suficiente para entender textos técnicos escritos en esa lengua.

EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos	FCO JAVIER DE LA RUBIA SANCHEZ
Correo Electrónico	jrubia@fisfun.uned.es
Teléfono	91398-7128
Facultad	FACULTAD DE CIENCIAS
Departamento	FÍSICA FUNDAMENTAL

HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

Las labores de tutorización y seguimiento se harán principalmente a través de las herramientas de comunicación del curso virtual (correo y foros de debate). Por otra parte, el alumnado podrá siempre entrar en contacto con el profesor de la asignatura por medio del correo electrónico, teléfono o entrevista personal en las siguientes coordenadas:

Dr. Javier de la Rubia Sánchez

Correo Electrónico: jrubia@fisfun.uned.es

Teléfono: 91 398 7128

Horario: Miércoles, de 11:00 a 13:00 y de 16:00 a 18:00

Despacho: 204 (Facultad de Ciencias, 2ª planta).

COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

- Comprender las propiedades y características de diferentes procesos estocásticos.
- Entender la diferencia entre fluctuaciones internas y externas.
- Identificar la ecuación maestra como medio principal para describir las fluctuaciones internas.



- Saber escribir la ecuación maestra para un proceso de nacimiento y muerte y calcular e interpretar su solución estacionaria.
- Manejar de las ecuaciones de evolución de los momentos asociados a una ecuación maestra y de la ecuación de Fokker-Planck como aproximación de la ecuación central.
- Entender el concepto de ecuación diferencial estocástica: fluctuaciones externas aditivas y multiplicativas.
- Comprender el significado de integral estocástica y la diferencia entre sus distintas interpretaciones.
- Saber escribir la ecuación de Fokker-Planck asociada a una ecuación diferencial estocástica y analizar su solución estacionaria.
- Ser capaz de implementar métodos numéricos para resolver una ecuación diferencial estocástica.
- Conocer la diferencia entre ruido blanco y de color.
- Saber definir e interpretar el concepto de transición inducida por ruido.
- Comprender el fenómeno de la resonancia estocástica e identificar los ingredientes fundamentales para su aparición.

CONTENIDOS

METODOLOGÍA

La docencia se impartirá a través de un curso virtual dentro de la plataforma educativa de la UNED.

Dentro del curso virtual los estudiantes dispondrán de:

(a) Información y Materiales:

- Guía del curso.
- Comentarios sobre los distintos temas del programa.
- Recursos, donde se proporciona el material básico necesario para el estudio y lecturas complementarias, de divulgación y técnicas, que ayudan a entender y ampliar los conceptos e ideas presentados en el curso.
- Ejemplos de exámenes propuestos en cursos anteriores.

(b) Herramientas de comunicación:

- Foros de debate, donde se intercambian conocimientos y se resuelven dudas de tipo conceptual o práctico.
- Plataforma de entrega de los trabajos, exámenes, problemas y otras posibles herramientas de calificación.

Fuera del curso virtual 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.

SISTEMA DE EVALUACIÓN

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

El material básico para preparar la asignatura se pondrá a disposición del alumnado a través del curso virtual. Dicho material ha sido generado por el equipo docente de la asignatura y contempla los aspectos fundamentales de todo el temario de la asignatura. En el apartado relativo a la bibliografía complementaria se recogen algunos textos que pueden servir al alumnado para profundizar en algunos de los conceptos abordados en el material básico o bien para extender su visión a otros temas no tocados en el presente curso.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

M. O. Cáceres, *Elementos de estadística de no equilibrio y sus aplicaciones al transporte en medios desordenados*. Editorial Reverté, Barcelona, 2003.

La primera parte de este texto es una buena (aunque algo escueta en algunos aspectos) introducción a los conceptos de probabilidad, procesos estocásticos y ecuaciones diferenciales estocásticas considerados en este curso. Es una buena alternativa al material básico del curso para una parte importante del temario. Sin embargo, no trata el tema de las fluctuaciones internas (ecuación maestra), por lo que no puede considerarse como texto base completo del curso. La segunda parte del libro contiene varios capítulos interesantes acerca de algunos fenómenos de transporte, lo que puede resultar de utilidad para ampliar los temas considerados en el curso.

C. W. Gardiner, *Handbook of stochastic methods*. Springer, Berlín, 1985.

Este es un libro muy recomendable que aborda prácticamente todos los temas de este curso. Escrito de una manera eminentemente práctica, aunque con más detalle de lo que podría esperarse de un "Handbook", trata aspectos de la teoría de probabilidades, procesos estocásticos, ecuaciones diferenciales estocásticas (con una excelente explicación de las diferencias entre la interpretación de Ito y la de Stratonovic), ecuación maestra, etc.. Puede perfectamente ser una alternativa al material básico para el curso.

R. Mahnke, J. Kaupuzs, I. Lubashevsky, *Physics of stochastic processes*. Wiley-VCH, Weinheim, 2009.

En este libro se tratan, de manera bastante técnica pero asequible, casi todos los temas de este curso. La parte dedicada a la ecuación maestra es bastante escueta, pero suficiente para comprender los aspectos básicos. De mayor extensión e interés es la parte dedicada a



las ecuaciones diferenciales estocásticas, con una descripción bastante buena de los aspectos técnicos y con un detallado estudio de algunas aplicaciones, entre ellas las transiciones inducidas por ruido.

I. Oppenheim, K. E. Schuler, G. H. Weiss, *Stochastic processes in Chemical Physics: the Master Equation*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1977.

El libro está dividido en dos partes. En la primera se hace una resumida, aunque clara y bien estructurada, descripción teórica de las principales definiciones y propiedades de los procesos estocásticos y de la ecuación maestra. La segunda parte (la más extensa) es una recopilación de algunos de los principales artículos, ya clásicos teniendo en cuenta la fecha de publicación del libro, en los que se han establecido y estudiado las aplicaciones de los procesos estocásticos y la ecuación maestra a diversos sistemas, clásicos y cuánticos, de interés en Física y Química. Hay trabajos de Van Kampen, Pawula, Zwanzig, los propios autores y muchos otros. Por otra parte, no hay nada en el libro relacionado con las fluctuaciones externas, por lo que su utilidad se reduce a la parte de fluctuaciones internas.

N. G. van Kampen, *Stochastic processes in Physics and Chemistry*. North-Holland, Amsterdam, 1981.

Es una referencia clásica en este campo, con una buena introducción a la teoría de las probabilidades y los procesos estocásticos, y con numerosos ejemplos del efecto de las fluctuaciones (principalmente internas) en diversos sistemas físicos y químicos. En este texto es particularmente brillante el estudio de la ecuación maestra y, sobre todo, el análisis del desarrollo aproximado de la ecuación maestra en función del tamaño del sistema (lo que no es de extrañar, pues ese método fue desarrollado originalmente por el propio autor). Por otra parte, el tema de las fluctuaciones externas es tratado por el autor de una manera más marginal y con poco detalle. Es un libro excelente para ampliar algunos aspectos relacionados con la ecuación maestra.

W. Horsthemke, R. Lefever, *Noise-induced transitions*. Springer, Berlín, 1984.

Este texto es la referencia "clásica" sobre las fluctuaciones externas (ecuaciones diferenciales estocásticas) para las personas que no son matemáticas. Sobre ese tema hay bastantes referencias matemáticas, escritas con mucho rigor pero difíciles de entender (y sobre todo de aplicar a situaciones concretas) para las personas que no tienen una sólida formación matemática relacionada con la teoría de las probabilidades y los procesos estocásticos. En este libro se explican, con seriedad pero de forma más sencilla y práctica, los conceptos necesarios acerca de las ecuaciones diferenciales estocásticas para estudiar el efecto de las fluctuaciones externas, exponiendo, además, algunos ejemplos detallados. Muy recomendable para esta parte del curso.

D. Henderson, P. Plaschko, *Stochastic differential equations in Science and Engineering*, World Scientific, Singapore, 2006.



Un libro escrito con el mismo espíritu que el de Horsthemke y Lefever, y que trata exclusivamente el tema de las fluctuaciones externas (ecuaciones diferenciales estocásticas). Tiene un buen capítulo sobre métodos numéricos para resolver ecuaciones diferenciales estocásticas.

R. Toral, P. Colet, *Stochastic numerical methods*. Wiley-VCH, Weinheim, 2014.

En este libro se presentan con detalle los métodos numéricos necesarios para resolver diversos problemas en los que juegan un papel esencial la teoría de probabilidades y los procesos estocásticos. En particular se detallan los procedimientos numéricos necesarios para resolver ecuaciones diferenciales estocásticas (con ruido blanco y de color) y ecuaciones maestras. Estos procedimientos se acompañan con los códigos necesarios para implementarlos, escritos en Fortran, lo que da una utilidad todavía mayor al libro. Además de la descripción detallada de los métodos numéricos, cada capítulo tiene una breve pero clara introducción teórica acerca del tema que se va a tratar (conceptos de probabilidad, generación de números aleatorios, procesos estocásticos, ecuaciones diferenciales estocásticas, ecuación maestra y otros temas de menor interés para este curso). Un libro muy interesante, con un enfoque moderno del tema.

RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

A través del curso virtual se pondrá a disposición del alumnado diverso material de apoyo al estudio, como, por ejemplo, artículos de divulgación y científicos relacionados con la temática general del curso (la mayoría de ellos en inglés), en particular con la aplicación de los conceptos teóricos aprendidos a situaciones concretas. Este material complementario pretende estimular al alumnado, ampliar sus conocimientos y desarrollar su capacidad de aplicarlos a casos prácticos y establecer contacto con temas de investigación actual.

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 hayan sido sustituido por términos genéricos, se entenderán hechas indistintamente en género femenino o masculino, según el sexo del titular que los desempeñe.

