

24-25

MÁSTER UNIVERSITARIO EN FÍSICA DE
SISTEMAS COMPLEJOS

GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA



MECÁNICA ESTADÍSTICA AVANZADA

CÓDIGO 21156115

UNED

24-25

MECÁNICA ESTADÍSTICA AVANZADA

CÓDIGO 21156115

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
IGUALDAD DE GÉNERO

Nombre de la asignatura	MECÁNICA ESTADÍSTICA AVANZADA
Código	21156115
Curso académico	2024/2025
Título en que se imparte	MÁSTER UNIVERSITARIO EN FÍSICA DE SISTEMAS COMPLEJOS
Tipo	CONTENIDOS
Nº ETCS	6
Horas	150
Periodo	SEMESTRE 1
Idiomas en que se imparte	CASTELLANO

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

Es una asignatura optativa de línea curricular: Fenómenos críticos y sistemas desordenados. Ofrece las bases de la teoría más moderna de la mecánica estadística, con una amplia aplicación a otros campos como la biología, la sociología, la economía, etc.

Los temas mas importantes de esta asignatura son los siguientes: Transiciones de fase, modelos de campo medio, grupo de renormalización, impurezas termalizadas y congeladas, simetrías y ruptura de réplicas, dinámica.

Todas estas líneas están en estrecha relación con la asignatura de Mecánica Estadística del Grado, con las asignaturas de Modelización y las Matemáticas avanzadas.

La asignatura puede contribuir al perfil profesional en todos los campos relacionados con la física teórica y experimental de sistemas ordenados y desordenados.

La asignatura cuenta de:

6 créditos = 180 horas

Horas de teoría: 40 horas

Horas de prácticas: 20

Horas de trabajo personal: 120 horas

REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA

El nivel de la asignatura es alto y requiere una base de física teórica muy buena especialmente en:

Mecánica estadística, transiciones de fase, física del estado sólido, modelización en la mecánica estadística, cálculos perturbativos, teoría de probabilidad.

Se necesita buen conocimiento de inglés.

EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos	ELKA RADOSLAVOVA KOROUTCHEVA (Coordinador de asignatura)
Correo Electrónico	elka@fisfun.uned.es
Teléfono	91398-7143
Facultad	FACULTAD DE CIENCIAS
Departamento	FÍSICA FUNDAMENTAL

HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

Se realizará de forma presencial en el día de la consulta o previa cita telefónica, a través de la plataforma o por otras vías de comunicación.

Profesora Elka Radoslavova
e-mail: elka@fisfun.uned.es
Teléfono: 91 398 7143
Horario: Miércoles, de 11 a 14h y de 15 a 17h
Mediateca (Edificio de la Biblioteca Central), UNED.

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

CG04 - Adquirir capacidad de gestión de información

- CG05 - Adquirir capacidad para resolución de problemas
- CG07 - Ser capaz de trabajar en equipo
- CG08 - Adquirir razonamiento crítico
- CG10 - Adquirir capacidad de aprendizaje autónomo
- CG11 - Adquirir capacidad de adaptación a nuevas situaciones

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

- CE01 - Saber utilizar y relacionar los diferentes tipos de descripción (microscópica, mesoscópica y macroscópica) de los fenómenos físicos
- 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
- CE03 - Comprender el papel del ruido y las fluctuaciones en los fenómenos físicos y manejar su modelización matemática
- CE04 - Comprender y saber relacionar matemáticamente las propiedades macroscópicas de un sistema con las interacciones y la geometría de los elementos microscópicos del mismo
- 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
- CE10 - Conocimiento avanzado del estado actual y la evolución de un campo de investigación concreto

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Objetivo general: proporcionar al alumnado un conocimiento básico de las propiedades fundamentales y de los métodos propios de los procesos relacionados con las transiciones de fase en sistemas sin y con impurezas, así como un conocimiento de la complejidad del espacio de fases de los sistemas desordenados.

Objetivos concretos:

- Comprender las propiedades y características de las diferentes transiciones de fase y el significado de los exponentes críticos.
- Entender las aproximaciones de la teoría de campo medio.
- Usar una herramienta adecuada para la descripción de la transición de fase cerca y lejos del punto de transición.
- Familiarizarse con algunas técnicas del grupo de renormalización.
- Distinguir la dinámica relacionada con las impurezas termalizadas y congeladas.

- Entender la física de los sistemas de vidrios de spin.
- Entender el significado de las rupturas de las simetrías de réplicas y comprender el formalismo jerárquico de Parisi.
- Reconocer el papel de las impurezas en los procesos dinámicos de no equilibrio y en los procesos de envejecimiento.

Destrezas:

- Capacidad para calcular los exponentes críticos dentro del formalismo de campo medio.
- Manejo de las técnicas perturbativas y capacidad para hacer desarrollo en órdenes superiores de la teoría de las perturbaciones.
- Capacidad para calcular los exponentes críticos hasta primer orden en “epsilon” dentro del método del grupo de renormalización.
- Habilidad para realizar promedios específicos en el caso de sistemas con parámetros aleatorios.
- Manejo de las técnicas matemáticas necesarias para describir el efecto de las impurezas sobre el diagrama de fase y la dinámica de no equilibrio.

Competencias:

- Conocer los conceptos y métodos fundamentales de los procesos de transición de fase.
- Valorar y apreciar críticamente el efecto de las impurezas.
- Valorar la utilidad de los modelos simples para extraer conclusiones más generales.
- Valorar la importancia y utilidad de los métodos perturbativos.
- Adquirir una comprensión de la naturaleza de la investigación.
- Utilizar con capacidad de análisis crítico y de síntesis publicaciones relevantes.
- Comprender y elaborar trabajos escritos.
- Adquirir la capacidad de iniciarse, de manera autónoma, en nuevos campos a través de estudios independientes.
- Desarrollar el razonamiento crítico.

CONTENIDOS

Primera parte-Repaso

1. Bibliografía recomendada - breve introducción
2. Potenciales y funciones termodinámicos - repaso de la Mecánica estadística del Grado de Física
3. Modelos de sistemas magnéticos - repaso de la Mecánica estadística del Grado de Física. Modelos de Ising (1d), de Heisenberg (2d), modelos más complejos.
4. Ruptura espontánea de simetría y su relación con la formación de orden y desorden.
5. Transiciones de fase de primer y de segundo orden - clasificación.
6. Teoría de Landau - modelo ψ^4 sin y con campo magnético

7. Exponentes críticos. Universalidad. Relación con experimentos - derivación de las 4 ecuaciones para los 6 exponentes críticos. Discusión sobre los valores teóricos y experimentales.
8. Teorías de Campo Medio - teoría de Weiss y de interacciones de infinito alcance. Se proponen varias actividades relacionadas con el temario.

Primera Parte-Transiciones de fase: la Aproximación Gausiana

1. Transformación del Modelo discreto de Ising al modelo continuo con Hamiltoniano efectivo: el modelo ψ^4 .
 2. Aproximación Gausiana - aproximaciones y limitaciones.
 3. Derivación de la energía libre y de la función de correlación para el modelo Gausiano.
 4. Exponentes críticos dentro de la Aproximación Gausiana.
 5. Criterio de Ginzburg-Levanyuk sobre la anchura de la zona crítica.
- Se proponen varias actividades relacionadas con el temario para entregar al final del cuatrimestre.

Primera Parte - Transiciones de fase: Grupo de Renormalización

1. Transformación del Grupo de Renormalización.
2. Relación de los parámetros de la transformación con los fenómenos críticos.
3. El punto fijo gaussiano.
4. La dimensión $d=4$, el desarrollo epsilon.
5. Técnica de diagramas, Teorema de Wick.
6. Exponentes críticos hasta el orden $O(\epsilon)$. Comparación con los valores experimentales y con los valores al orden mayor en epsilon.

Segunda Parte - Sistemas desordenados - Vidrios de spin

1. Sistemas reales de tipo vidrios de spin - características principales y comparación con los datos experimentales.
2. Modelos en el caso de desorden congelado y termalizado.
3. Promedios congelados y termalizados.
4. Modelo de Sherrington-Kirkpatrick-ansatz de simetría de réplicas.

Segunda Parte - Sistemas Desordenados-Formalismo de Parisi

1. Diagrama de fase del Modelo de SK en el caso de simetría de réplicas. Derivación de las ecuaciones que describen las distintas fases.
2. Estabilidad de la solución correspondiente al caso de simetría de réplicas.
3. Ruptura de la simetría de réplicas: el formalismo de Parisi de infinitas rupturas.
4. Desarrollo en estados puros; relación con las cantidades físicas.

Simulaciones de sistemas desordenados

Simulaciones de sistemas desordenados usando métodos adecuados. En el caso de un sistema pequeño de spins e interacciones aleatorias para modelar un sistema de tipo vidrio de spin, se pide explicar el comportamiento del sistema, de los parámetros de orden y las fases correspondientes.

METODOLOGÍA

La docencia se impartirá a través de un curso virtual dentro de la plataforma educativa de la UNED, teniendo en cuenta a todos los herramientas de educación a distancia.

. Dentro del curso virtual el alumnado dispondrá de:

- Página de bienvenida, donde se indica el concepto general de la asignatura y se presenta el equipo docente.

- **Materiales:**

- a) Guía del curso, donde se establecen los objetivos concretos y los puntos de interés.
- b) Programa, donde se especifica la división del contenido por capítulos.
- c) Procedimiento, donde se sugieren al alumno las tareas que debe realizar.
- d) Recursos, donde se proporciona el material necesario para el estudio.

- **Actividades y trabajos:**

- a) Participación en los foros de debate.
- b) Elaboración de trabajos individuales.

- **Comunicación:**

- a) Correo, para comunicaciones individuales.
- b) Foros de Debate, donde se intercambian conocimientos y se resuelven dudas de tipo académico.

Si fuera necesario, se va a abrir otra vía de comunicación para las tutorías via Skype, Teams o Zoom.

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

A lo largo del cuatrimestre los alumnos tienen que presentar los trabajos correspondientes a los distintos temas, que tienen que entregar al final del cuatrimestre para poder aprobar la asignatura.

No hay autoevaluaciones por tratarse de entrega de trabajos.

Los alumnos que por algunos motivos no han podido entregar en junio, pueden hacerlo en septiembre, entregando los mismos ejercicios.

Criterios de evaluación

Se evaluará la calidad de los trabajos entregados y la capacidad de los alumnos para presentar los resultados de manera clara.

Ponderación de la prueba presencial y/o los trabajos en la nota final

Fecha aproximada de entrega Mediados de 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?

90% de la nota final se dará a los trabajos realizados.

10% serán destinados a la participación en los foros.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Bibliografía básica

- S. Ma, Modern Theory of Critical Phenomena, (Perseus, 2000).
- N. Goldenfeld, Lectures on Phase Transitions and Renormalization Group, (Addison-Wesley, 1992).
- D. Uzunov, Introduction to the theory of critical phenomena, Mean-Field, Fluctuations and Renormalizations, (World Scientific, 1993).
- M. Mézard, G. Parisi and M.-A. Virasoro, Spin Glass Theory and Beyond, (World Scientific, 1987).
- K. Fisher and J. A. Hertz, Spin Glasses, (Cambridge 1991).
- H. Nishimori, Statistical Physics of Spin Glasses and Information Processing (Oxford Science Publications 2001).

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13): 9780120831807

Título: EXACTLY SOLVED MODELS IN STATISTICAL MECHANICS

Autor/es:

Editorial: ACADEMIC PRESS

ISBN(13): 9780198517306

Título: STATISTICAL MECHANICS OF PHASE TRANSITIONS

Autor/es:

Editorial: CLARENDON PRESS

RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

Material elaborado por la Profesora de la asignatura, publicaciones recomendadas y otras presentaciones científicas existentes en la web.

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.