Universitat Autònoma de Barcelona

2022/2023

Física Estadística

Código: 100174
Créditos ECTS: 6

Titulación	Tipo	Curso	Semestre
2500097 Física	OT	4	1

Contacto

Nombre: Juan Camacho Castro
Correo electrónico: juan.camacho@uab.cat

Uso de idiomas

Lengua vehicular mayoritaria: español (spa)
Algún grupo íntegramente en inglés: No
Algún grupo íntegramente en catalán: No
Algún grupo íntegramente en español: No

Equipo docente

F. Xavier Alvarez Calafell

Prerequisitos

No hay prerrequisitos oficiales. Sin embargo, se supone que el estudiante ha adquirido los conocimientos impartidos en la asignatura de Termodinámica y Mecánica Estadística, especialmente los conceptos y métodos de la teoría de colectividades, y conocimientos básicos de mecánica cuántica y electromagnetismo.

Objetivos y contextualización

El objetivo general de la asignatura es presentar diferentes métodos de la Física estadística y mostrar un amplio abanico de aplicaciones. Se da al estudiante una visión interdisciplinar de la Física Estadística, con aplicaciones desde partículas elementales a astrofísica, pasando por la física de materiales, y en ámbitos más allá de la física, como sistemas biológicos y sistemas sociales.

• Objetivos específicos:

1) Conocer la teoría de Colectividades y ser capaz de aplicarla al estudio de sistemas ideales e interactivos, incluyendo transiciones de fase y fenómenos críticos

2) Conocer la teoría de Procesos estocásticos y ser capaz de aplicarla a casos sencillos

3) Conocer la teoría Cinética elemental de procesos de transporte y ser capaz de aplicarla a gases diluidos y gases cuánticos

4) Conocer métodos de simulación para el análisis de sistemas complejos: Montecarlo (Metropolis), dinámica browniana, dinámica de Langevin...

Competencias

- Actuar en el ámbito de conocimiento propio valorando el impacto social, económico y medioambiental.

- Aplicar los principios fundamentales al estudio cualitativo y cuantitativo de las diferentes áreas particulares de la física.
- Comunicar eficazmente información compleja de forma clara y concisa, ya sea oralmente, por escrito o mediante TIC, y en presencia de público, tanto a audiencias especializadas como generales.
- Conocer las bases de algunos temas avanzados, incluyendo desarrollos actuales en la frontera de la Física, sobre los que poder formarse posteriormente con mayor profundidad.
- Conocer y comprender los fundamentos de las principales áreas de la física.
- Desarrollar la capacidad de análisis y síntesis que permita adquirir conocimientos y habilidades en campos distintos al de la Física y aplicar a los mismos las competencias propias del Grado en Física, aportando propuestas innovadoras y competitivas.
- Formular y abordar problemas físicos identificando los principios más relevantes y usando aproximaciones, si fuera necesario, para llegar a una solución que debe ser presentada explicitando hipótesis y aproximaciones.
- Introducir cambios en los métodos y los procesos del ámbito de conocimiento para dar respuestas innovadoras a las necesidades y demandas de la sociedad.
- Razonar críticamente, poseer capacidad analítica, usar correctamente el lenguaje técnico, y elaborar argumentos lógicos.
- Trabajar autónomamente, usar la propia iniciativa, ser capaz de organizarse para alcanzar unos resultados, planear y ejecutar un proyecto.
- Trabajar en grupo, asumiendo responsabilidades compartidas e interaccionando profesional y constructivamente con otros con absoluto respeto a sus derechos.
- Usar las matemáticas para describir el mundo físico, seleccionando las herramientas apropiadas, construyendo modelos adecuados, interpretando resultados y comparando críticamente con la experimentación y la observación.

Resultados de aprendizaje

1. Analizar caminos aleatorios y utilizarlos para modelizar sistemas reales.
2. Analizar ecuaciones estocásticas sencillas.
3. Analizar procesos estocásticos y utilizarlos para modelizar sistemas físicos y en otros ámbitos.
4. Analizar sistemas biológicos utilizando técnicas de la Física Estadística.
5. Analizar sistemas de partículas interaccionantes mediante modelos sencillos y técnicas de simulación.
6. Aplicar correctamente la teoría de Colectividades a sistemas ideales de partículas distinguibles e indistinguibles.
7. Aplicar diversas técnicas de simulación para el estudio de sistemas con interacción a casos sencillos: Montecarlo, dinámica molecular, dinámica Browniana y dinámica de Langevin.
8. Aplicar el concepto de grado de libertad congelado y despierto a la predicción de la capacidad calorífica de gases.
9. Aplicar la Física Estadística a sistemas de partículas interaccionantes.
10. Aplicar la estadística de Fermi a un gas degenerado de partículas relativistas.
11. Aplicar la teoría cinética a gases cuánticos y predecir la conductividad térmica de metales y aislantes.
12. Aplicar las herramientas de la teoría cinética para describir procesos de transporte.
13. Comunicar eficazmente información compleja de forma clara y concisa, ya sea oralmente, por escrito o mediante TIC, y en presencia de público, tanto a audiencias especializadas como generales.
14. Cuantificar la contribución de cada grado interno de libertad a la capacidad calorífica de un gas de moléculas diatómicas.
15. Deducir las estadísticas clásicas y cuánticas y aplicarlas correctamente a diversos sistemas.
16. Definir magnitudes características para discernir la relevancia de diferentes mecanismos.
17. Describir cualitativa y cuantitativamente el comportamiento de los sistemas cerca de los puntos críticos y el concepto de universalidad.
18. Describir el concepto de proceso estocástico y aplicar sus técnicas básicas a la descripción de sistemas físicos.
19. Describir el fundamento de los motores Brownianos.
20. Describir el transporte de iones en membranas pasivas y activas, y cuantificarlo para algunos modelos sencillos.
21. Describir la desnaturalización térmica del ADN y cuantificarla para algunos modelos sencillos.
22. Describir las Colectividades estadísticas más importantes y los postulados en que se basa la teoría de colectividades.

23. Describir sistemas biológicos utilizando técnicas de la Física Estadística.
24. Describir y analizar la condensación de Bose-Einstein.
25. Describir y analizar los modelos de Weiss, Landau e Ising de sistemas magnéticos con interacción.
26. Describir y cuantificar el movimiento Browniano.
27. Determinar la fracción de moléculas adsorbidas en una macromolécula en modelos sencillos.
28. Determinar la respuesta magnética de una nanopartícula superparamagnética y el comportamiento de una dispersión de estas partículas.
29. Discernir entre modelos de campo medio de los que no lo son.
30. Explicar el codi deontològic, explícit o implícit, de l`àmbit de coneixement propi.
31. Identificar situaciones que necesitan un cambio o mejora.
32. Predecir cualitativa y cuantitativamente el comportamiento macroscópico de sistemas magnéticos ideales de momentos clásicos y cuánticos.
33. Razonar críticamente, poseer capacidad analítica, usar correctamente el lenguaje técnico, y elaborar argumentos lógicos.
34. Razonar la dependencia con la temperatura de la capacidad calorífica de los electrones y de la red cristalina.
35. Trabajar autónomamente, usar la propia iniciativa, ser capaz de organizarse para alcanzar unos resultados, planear y ejecutar un proyecto.
36. Trabajar en grupo, asumiendo responsabilidades compartidas e interaccionando profesional y constructivamente con otros con absoluto respeto a sus derechos.
37. Utilizar aproximaciones de campo medio para describir sistemas físicos.

Contenido

1. Procesos estocásticos

1.1 Introducción. Movimiento Browniano.

1.2 Camino aleatorio.

1.3 Ecuación de Langevin.

1.4 Ecuación de Fokker-Planck

1.5 Motores Brownianos.

2. Resumen de Mecánica Estadística

2.1 Colectividades. Postulados

2.2 Colectividad microcanónica

2.3 Colectividad canónica.

2.4 Espectros de energía discretos y continuos

2.5 Límites clásico y cuántico. Longitud de onda térmica

2.6 Estadística de Maxwell-Boltzmann

2.7 Teorema de Equipartición de la energía

3. Gas ideal de moléculas diatómicas

3.1 El problema de los calores específicos en gases

3.2 Grados de libertad internos

3.3 Contribución de cada grado de libertad a la capacidad calorífica

3.4 Moléculas poliatómicas

4. Sistemas magnéticos

4.1 Sistemas de espín 1/2

4.2 Paramagnetismo cuántico

4.3 Paramagnetismo clásico

4.5 Superparamagnetismo

5. Sistemas biológicos

5.1 Desnaturalización del ADN

5.2 Membranas biológicas

5.3 Curva de saturación de la mioglobina. Isoterma de Langmuir

6. Sistemas con interacción

6.1 Sólidos, líquidos, gases.

6.2 Sistemas magnéticos. Transición ferro-paramagnética

6.3 Modelo de Weiss

6.4 Modelo de Landau

6.5 Modelode Ising

6.6 Puntos críticos. Universalidad

6.7 Método de Montecarlo. Algoritmo de Metropolis

7. Gas ideal cuántico

7.1 Partículas distinguibles e indistinguibles

7.2 Microestados en mecánica Estadística Cuántica

7.3 Cálculo de la función de partición macrocanónica en un gas ideal

7.4 Estadísticas cuánticas: estadísticas de Bose-Einstein y de Fermi-Dirac

7.5 Gases ideales de bosones y de fermiones

8. Gases ideales de bosones y fermiones

8.1 Gas de bosones.

Fotones. Radiación del cuerpo negro

Fonones. Capacidad calorífica de la red cristalina

Condensación de Bose-Einstein

8.2 Gas de fermiones.

Capacidad calorífica de los electrones

Presión de degeneración de los fermiones

9. Teoría cinética elemental de gases

9.1. Gas diluido en equilibrio (repaso)

9.2. Coeficientes de transporte

Conductividad térmica de la red cristalina y de los electrones

Metodología

Clases de Teoría

El profesor explicará el contenido del temario con el apoyo de material audiovisual que estará a disposición de los estudiantes en el Campus Virtual de la asignatura con antelación al inicio de cada uno de los temas del curso. Es recomendable que los estudiantes dispongan en clase del material publicado en el CV para poder seguir las clases con más comodidad. Se combinará el uso de transparencias con desarrollos en la pizarra. Se tratará de impulsar la participación de los estudiantes durante las clases. El profesor resolverá algunos casos prácticos para ejemplificar la teoría.

Clases de Problemas
El profesor resolverá problemas seleccionados del listado que encontrarán en el Campus Virtual, y los estudiantes resolverán en clase algunos problemas en grupo. En fechas previamente establecidas, los estudiantes en grupos de 3 alumnos entregarán problemas resueltos (una sola entrega por grupo).

Algunas sesiones se dedicarán al uso de herramientas de simulación. Los alumnos harán algunos códigos sencillos y analizarán los resultados de la simulación.

Si un grupo considera que un participante no trabaja de forma razonablemente equitativa, lo puede expulsar del grupo.

Nota: se reservarán 15 minutos de una clase dentro del calendario establecido por el centro o por la titulación para que el alumnado rellene las encuestas de evaluación de la actuación del profesorado y de evaluación de la asignatura o módulo.

Actividades

Título	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Tipo: Dirigidas			
Clases de problemas	16	0,64	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 9, 11, 12, 13, 16, 18, 19, 20, 25, 24, 26, 21, 17, 23, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 14, 33, 34, 35, 37
Clases de teoría	33	1,32	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 9, 11, 12, 15, 16, 18, 19, 20, 25, 24, 26, 21, 22, 17, 23, 27, 28, 29, 30, 32, 14, 33, 34, 37
Tipo: Supervisadas			
Preparación de las actividades para entregar	10	0,4	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 9, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 20, 25, 24, 26, 21, 22, 17, 23, 27, 28, 29, 31, 32, 14, 33, 34, 35, 36, 37
Tipo: Autónomas			

Estudio y trabajo autónomo	57	2,28	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 9, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 20, 25, 24, 26, 21, 22, 17, 23, 27, 28, 29, 31, 32, 14, 33, 34, 35, 36, 37
Trabajo en grupo	25	1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 9, 11, 12, 13, 16, 19, 20, 25, 24, 26, 21, 17, 23, 27, 28, 29, 32, 14, 33, 34, 36, 37

Evaluación

1. Evaluación en grupo. El trabajo en grupo consistirá en la resolución de problemas seleccionados (en grupos de 3 alumnos) y algunas simulaciones numéricas (en grupos de 2 alumnos). La calificación obtenida en esta evaluación en grupo representa el 25% de la nota final (individual) de la asignatura.

2. Evaluación individual: en esta parte se evalúa individualmente los conocimientos científico-técnicos de la materia alcanzados por el alumno, así como su capacidad de análisis, síntesis y de razonamiento crítico. Consistirá en:
Exámenes parciales: 75%.
Examen de recuperación: 75%. Incluye todo el temario del curso (no cada parcial por separado).

Importante*:* Para hacer media con el otro 25% de la nota, se debe obtener en los exámenes una media superior o igual a 4 sobre 10.

Recuperación: para optar al examen de recuperación del estudiante debe haberse presentado a los dos exámenes parciales.

Los alumnos que quieran subir nota pueden ir al examen de recuperación. Si la nota obtenida en el examen de recuperación es hasta 1.5 puntos inferior a la nota media de los parciales, guardamos la nota media de los parciales (salvoque sea inferior a 4). Si creéis que no subiréis la nota, podéis no entregar.

No evaluable: Se obtendrá la calificación de No Evaluable si el alumno no se presenta a ningún examen.

Actividades de evaluación

Título	Peso	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Entrega de problemas y trabajos	25%	0	0	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 9, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 20, 25, 24, 26, 21, 22, 17, 23, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 14, 33, 34, 35, 36, 37
Examen de recuperación	75%	3	0,12	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 9, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 20, 25, 24, 26, 21, 22, 17, 23, 27, 28, 29, 32, 14, 33, 34, 35, 37
Exámenes parciales	75%	6	0,24	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 9, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 20, 25, 24, 26, 21, 22, 17, 23, 27, 28, 29, 32, 14, 33, 34, 35, 37

Bibliografía

Básica

- R.K. Pathria, *Statistical Mechanics*, (3rd Ed), Academic Press, 2011.

- K. Huang, *Introduction to statistical physics,*Boca Raton, CRC Press, 2001

- F. Reif, *Física estadística.* Barcelona, Reverté, 1969

- J. Ortín, J.M. Sancho, *Curso de Física Estadística*, Barcelona, Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona, cop. 2006

Complementaria

- D. A. McQuarrie, *Statistical Mechanics.* University Science Books, cop. 2000.

- D.J. Amit and Y. Verbin, *Statistical Physics: An introductory course.* Singapore, World Scientific, 1995.

- D. Chandler, *Introduction to Modern Statistical mechanic*s. Oxford, New York, 1987

- C. Fernandez, J.M. Rodríguez Parrondo, *100 problemas de Física Estadística*, Madrid, Alianza, 1996

- R. Kubo. *Statistical Mechanics: an advanced course with problems and solutions.* Amsterdam, North-Holland, 1990.

- K.A. Dill and S. Bromberg. *Molecular driving forces: Statistical Thermodynamics in Biology, Chemistry, Physics, and Nanoscience.* Garland Science; 2nd edition, 2010

Enlaces web y artículos especializados

Los encontraréis en el Campus Virtual de la asignatura

Software

No hay programario específico para la asignatura