

GUÍA DOCENTE

FÍSICA ESTADÍSTICA

I.- DATOS INICIALES DE IDENTIFICACIÓN

Asignatura:	Física Estadística
Materia:	Termodinámica y Física Estadística
Titulación:	Grado en Física
Curso:	Tercer curso/Sexto cuatrimestre
Número de créditos ECTS:	4.5 (3,0 T + 1,5 P)
Carácter:	Obligatorio
Departamento:	Física de la Tierra y Termodinámica

II.- INTRODUCCIÓN A LA ASIGNATURA

El objetivo de esta guía es orientar al estudiante en el estudio de la asignatura “Física Estadística”, materia básica de 4.5 créditos ECTS de tercer curso (segundo cuatrimestre) del Grado en Física. La asignatura guarda una *estrecha relación y complementariedad con otras asignaturas del Grado*, muy especialmente con la Termodinámica (con la que forma una agrupación de materias), pero también con la Mecánica y Ondas, Física de la Atmósfera, Física Cuántica y Física del Estado Sólido. Tiene por objetivo la *descripción física de los sistemas compuestos por muchas individualidades en términos de sus características microscópicas haciendo uso de métodos estadísticos*. Las líneas básicas del programa se articulan alrededor de los conceptos de colectivo de Gibbs y entropía de Boltzmann; las aplicaciones incluyen gases ideales clásico (Maxwell-Boltzmann) y cuánticos (Fermi-Dirac y Bose-Einstein) y una introducción a los sistemas de partículas interactivas (métodos de campo medio) y al modelo de Ising (transiciones de fase).

Es difícil encontrar un campo de la Física donde los conceptos (entropía, temperatura, potencial químico, etc.) y técnicas (métodos de la función de partición, simulaciones por ordenador, etc.) de la Física Estadística no encuentren aplicación, desde la Física Nuclear, la Nanotecnología y la Biofísica Molecular hasta a la Física de la Materia Condensada, la Óptica Cuántica, la Física de la Tierra y la Astrofísica. Esta cuestión se ha tenido presente en el diseño de la asignatura: *a la exposición fundamentada de los conceptos y métodos sigue la discusión de muchos ejemplos multidisciplinares*. Se espera que este enfoque aplicado no sólo haga más interesante el estudio de la asignatura sino que proporcione además una base inicial para entender el uso extenso de los modelos de la Física Estadística en otras asignaturas.

III.- VOLUMEN DE TRABAJO

Se considera que el volumen de trabajo debe situarse en unas 25 h/(crédito ECTS), distribuyéndose de forma aproximada del modo siguiente:

Docencia presencial: clases teóricas

De las 45 h de docencia presencial en el aula, 30 h se dedicarán al desarrollo del temario.

Docencia presencial: clases prácticas de problemas

De las 45 h de docencia presencial en el aula, 8 h se dedicarán a la resolución de problemas y cuestiones por el profesor para facilitar la asimilación de los conceptos teóricos.

Docencia presencial: sesiones de tutorías grupales (trabajo en grupos reducidos)

De las 45 h de docencia presencial en el aula, 7 h se realizarán en régimen de tutorías. El sistema de *evaluación continua* seguido fomenta la participación de los estudiantes durante todo el curso y su asistencia a estas sesiones, donde el estudiante solicitará ayuda para la resolución de los problemas tipo A propuestos (que pueden suponer un porcentaje importante en la calificación final), presentando ante sus compañeros los resultados obtenidos. También se pueden plantear dudas sobre los conceptos estudiados previamente así como participar en seminarios que expongan desarrollos modernos de la Física Estadística aplicados a problemas multidisciplinares.

Estudio de los fundamentos teóricos:

En las clases teóricas se emplean medios audiovisuales y pizarra. Inicialmente, el estudiante debe descargar de todo el material didáctico desde el servidor web *Aula Virtual*. Además de la asistencia a clase, el trabajo de los estudiantes se centrará en un repaso semanal, en el que deberán identificar los conceptos y ecuaciones más importantes, así como realizar aquellas demostraciones o cuestiones que hayan sido propuestas en clase (unas 37.5 h). Se aconseja el empleo de alguno de los libros de texto recomendados como bibliografía.

Resolución de problemas:

Como las clases de problemas requieren, por lo general, la participación de los estudiantes y los problemas de clase serán discutidos (pero no siempre resueltos) con detalle, se espera que los estudiantes dediquen unas 28 h a dichos problemas.

Tutorías individuales:

El sistema de evaluación continua fomenta la participación de los estudiantes durante todo el cuatrimestre y su asistencia a las sesiones de tutorías en las que se presentan los trabajos tutelados. Adicionalmente, se prevé que el estudiante haga uso de las tutorías personalizadas, fundamentalmente en relación con la realización de aquellos problemas particulares que debe resolver y entregar, así como para aclarar conceptos fundamentales de especial dificultad (2 h).

En síntesis:

ACTIVIDAD	Horas
CLASES TEÓRICAS	30
CLASES PRÁCTICAS DE PROBLEMAS Y SESIONES DE TUTORÍAS	15

ESTUDIO DE LOS FUNDAMENTOS TEÓRICOS	37.5
RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS	28
TUTORÍAS INDIVIDUALES	2
TOTAL VOLUMEN DE TRABAJO	112.5

El volumen de trabajo por crédito es de 112.5 h/4.5 ECTS = 25 horas/ECTS.

IV.- OBJETIVOS GENERALES

La asignatura está diseñada para que el estudiante entienda y aplique los conceptos y técnicas de la Física Estadística a problemas concretos que puedan presentarse tanto en esta asignatura como en otras. En particular, se persiguen los siguientes *objetivos*:

- i) describir el comportamiento de los sistemas macroscópicos formados por muchas individualidades en términos de las características microscópicas de dichas individualidades haciendo uso de los conceptos de *colectivo de Gibbs* y *entropía de Boltzmann*;
- ii) resolver problemas prácticos con *gases ideales (clásico y cuánticos)* y *sistemas de partículas interactivas*; y
- iii) comprender la *conexión existente entre la Física Estadística y otras asignaturas del Grado*, así como adquirir la terminología básica de esta parte de la Física.

Otros objetivos de *carácter metodológico* son:

- i) el planteamiento de hipótesis y desarrollo de habilidades de aproximación para la resolución de problemas prácticos;
- ii) el conocimiento de los órdenes de magnitud y las unidades características de la Física Estadística así como su presentación en forma gráfica;
- iii) la percepción de la naturaleza multidisciplinar de la mayoría de los problemas actuales de la Física; y
- iv) el uso de la intuición y la creatividad, así como también la observación de una cierta estética (naturaleza matemática de las leyes físicas, geometría y simetrías, analogía y correspondencias entre problemas aparentemente distintos, etc.), en el análisis de los fenómenos naturales.

V.- CONTENIDOS

Los contenidos básicos de esta asignatura corresponden a su perfil B.O.E.: descripción estadística de los sistemas macroscópicos, colectivos y función de partición, gases ideales clásico y cuánticos y sistemas de partículas interactivas.

La asignatura se organiza en 4 temas cuyo *resumen de contenidos* es:

1. Descripción estadística de los sistemas macroscópicos.

[distribuciones de probabilidad, colectivos y postulados fundamentales, colectivo microcanónico: entropía y temperatura, entropía e irreversibilidad]

2. Función de partición.

[factor de Boltzmann, función de partición, colectivo canónico, valores medios y fluctuaciones, gas ideal monoatómico, teorema de equipartición, límite clásico, factor de Gibbs, gran función de partición, colectivo gran canónico, equivalencia entre colectivos]

3. Gases ideales. Estudio clásico y cuántico.

[Distribuciones de Fermi-Dirac y de Bose-Einstein, límite clásico: distribución de Maxwell-Boltzmann, gas de fotones]

4. Sistemas de partículas interactivas.

[gases reales y potenciales de interacción, aproximación de campo medio: fluido de van der Waals, modelo de Ising y método de Monte Carlo]

VI.- DESTREZAS A ADQUIRIR

Los procedimientos y métodos generales que deberá ser capaz de emplear el estudiante al finalizar el curso han sido expuestos en los *Objetivos*. En particular,

- i) dado un problema real, el estudiante deberá *establecer la relación entre las características microscópicas de las individualidades que componen el sistema modelo y sus propiedades macroscópicas empleando métodos estadísticos*. Para ello, hará uso de los conceptos de colectivo de Gibbs y entropía de Boltzmann, empleando preferentemente el método de la función de partición;
- ii) en cada problema, el estudiante planteará hipótesis sencillas, efectuando análisis de órdenes de magnitud e identificando qué características son esenciales en su modelo físico del sistema real. Empleará la intuición y la creatividad, sometidas siempre a la experiencia y al razonamiento crítico, a la hora de formular y desarrollar modelos microscópicos sencillos;

- iii) deberá comprender asimismo las propiedades básicas de las distribuciones de Fermi-Dirac y de Bose-Einstein, así como su límite clásico (distribución de Maxwell-Boltzmann), y sus aplicaciones. Adquirirá los conceptos elementales necesarios para abordar el estudio de los sistemas de partículas interactivas, con especial énfasis en la aproximación de campo medio y los modelos de redes (Ising).
- iv) alcanzará la capacidad de aplicar los conocimientos adquiridos a todo tipo de sistemas físicos que verifiquen las hipótesis básicas de la Física Estadística con objeto de entender la *conexión de la asignatura con las otras asignaturas del grado*. Por último, otras *destrezas transversales* al resto de asignaturas del grado son: el manejo de los sistemas de unidades físicas, las habilidades de aproximación, la capacidad de interpretar la información gráfica, el uso de técnicas de simulación elementales y, en general, el análisis crítico de todo tipo de situaciones.

VII.- HABILIDADES TRANSVERSALES

Las competencias y habilidades siguientes presentan un *carácter transversal*, siendo aplicables también a otras asignaturas de la titulación:

- i) desarrollo de habilidades elementales en la búsqueda y selección de la información científica (para los temas teóricos y la resolución de problemas asignados);
- ii) percepción de la naturaleza multidisciplinar de la mayoría de los problemas actuales de la Física (la Física Estadística es muy útil en este aspecto, pues permite tratar problemas muy distintos sobre una base común) y su conexión con el desarrollo humano;
- iii) planteamiento y resolución de modelos físicos que permitan describir situaciones prácticas concretas (a partir de los problemas planteados en clase y los asignados individualmente);
- iv) presentación y discusión de resultados en el ámbito profesional; incluyendo la defensa de las ideas propias y la aceptación de las críticas de los demás (breve comunicación escrita de los problemas asignados y su discusión informal con el profesor y los compañeros); y
- v) versatilidad y capacidad de gestionar su propio aprendizaje: el ejercicio profesional exige cada vez más el reciclaje continuo.

VIII.- TEMARIO Y PLANIFICACIÓN TEMPORAL

Tema	Título y contenido	Horas Teoría
1	Descripción estadística de los sistemas macroscópicos combinatoria, distribuciones de probabilidad binomial y de Gauss, descripción estadística de los sistemas de N espines, espacio fásico, límite termodinámico, colectivos y postulados, colectivo microcanónico: entropía y temperatura, significado estadístico de la entropía, entropía e irreversibilidad.	8
2	Función de partición factor de Boltzmann y función de partición, colectivo canónico, valores medios y fluctuaciones, gas ideal monoatómico, teorema de equipartición, límite clásico, factor de Gibbs y gran función de partición, colectivo gran canónico, valores medios y fluctuaciones, equivalencia entre colectivos en el límite termodinámico.	10
3	Gases ideales. Estudio clásico y cuántico distribuciones de Fermi-Dirac y de Bose-Einstein, límite clásico: distribución de Maxwell-Boltzmann, distribución de velocidades moleculares, gas de fotones	6
4	Sistemas de partículas interactivas función de partición configuracional, gases reales y potenciales de interacción, aproximación de campo medio: fluido de van der Waals, modelo de Ising y método de Monte Carlo	6

IX.- BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA

Bibliografía básica

1) S. Mafé, *Apuntes de Física Estadística*. 2010. Aula Virtual de la Universitat de València. Resúmenes amplios de los temas teóricos (en formato *pdf*) que se renuevan curso a curso. Una parte de los resúmenes anteriores se desarrollan en un manual universitario: S. Mafé i J. de la Rubia, *Manual de Física Estadística*, Servei de Publicacions de la Universitat de València, 1998.

2) S. Mafé, *Problemario de Física Estadística*. Aula Virtual de la Universitat de València. Enunciados de los problemas tipo A (para trabajo personal del estudiante) y B (para discutirse en las clases prácticas), en formato *pdf*, que se renuevan curso a curso.

3) R. Baierlein, *Thermal Physics*, Cambridge Univ. Press, 1999.
Un enfoque moderno de la asignatura a nivel elemental.

Bibliografía complementaria

- 4) D. V. Schroeder, *An Introduction to Thermal Physics*, Addison-Wesley 2000.
Un buen libro, con muchas aplicaciones y problemas, que incorpora una discusión original de los conceptos de entropía y temperatura.
- 5) C. Kittel and H. Kroemer, *Thermal Physics*, Freeman, 1980.
Buen texto de consulta, aunque algo sucinto en la presentación de los conceptos fundamentales.

Bibliografía específica para ejercicios y problemas

- 6) J.L. Castillo y P. L. García, *Introducción a la Termodinámica Estadística mediante problemas*, Sanz y Torres, 1994.
- 7) C. Fernández Tejero y J. M. Rodríguez Parrondo, *100 Problemas de Física Estadística*, Alianza Ed., 1996 .
- 8) L. Yung-Kuo (ed.), *Problems and Solutions on Thermodynamics and Statistical Mechanics*, World Scientific, 1990.
Tres colecciones de problemas resueltos que pueden completar el problemario del curso.

X.- CONOCIMIENTOS PREVIOS

Al tratarse de una asignatura de tercer curso (segundo cuatrimestre), el estudiante dispone ya de una base para afrontarla:

1. conceptos fundamentales de *Mecánica* (espacio de fases, teorema de equipartición, etc.), *Termodinámica* (significado macroscópico de la entropía, temperatura y potencial químico; equilibrio termodinámico y procesos; transiciones de fase, etc.) y *Física Cuántica* (estados cuánticos y niveles de energía en sistemas simples, partículas idénticas: fermiones y bosones, etc.); conocimientos de *Óptica* y de *Electromagnetismo* en medios materiales; y
2. elementos de *Matemática Aplicada* (probabilidad y distribuciones de probabilidad, conceptos básicos de álgebra, cálculo diferencial e integral) así como *Métodos Numéricos* elementales.

Además, la experiencia pone de manifiesto la necesidad de incluir una breve introducción matemática al inicio del Tema 1.

XI.- METODOLOGÍA

El temario *se desarrollará en su totalidad* a lo largo de sesiones semanales de teoría y prácticas (problemas), intercalándose una sesión de tutorías grupales (trabajo en grupos reducidos) cada dos semanas aproximadamente. El estudiante puede descargar del servidor *web (Aula Virtual)* los ficheros en formato *pdf* correspondientes a: 1) esta *guía docente de la asignatura*, que consta del programa con sus contenidos y desarrollo temporal, los objetivos, la bibliografía, la metodología y los criterios de evaluación; 2) los *resúmenes amplios de todos los temas teóricos* (transparencias tipo *PowerPoint*) del curso; y 3) el *problemario con los problemas tipo A (para trabajo personal del estudiante) y tipo B (para exposición en clase por el profesor)*.

Las clases de teoría se basan en la lección magistral dialogada y emplean tanto el *videoprojector* (presentaciones tipo *PowerPoint*) como la *pizarra*. Las transparencias están *disponibles en formato pdf para facilitar el seguimiento de las clases por los estudiantes*. No obstante, se recomienda *ampliar y personalizar las transparencias* con las aclaraciones, ejemplos y discusiones realizadas en el aula así como mediante la bibliografía recomendada. Las clases de teoría desarrollan una visión global del tema tratado de forma lógica y estructurada, sin perder de vista la motivación experimental en ningún momento, explicando con detalle los conceptos clave con ejemplos ilustrativos y citando donde ampliar los conocimientos. En estas clases se realizan de modo continuo actividades encaminadas a *fomentar la participación del estudiante*: planteamiento y resolución de cuestiones cortas que aclaren los conceptos de mayor dificultad, realización de algunas demostraciones prácticas en el aula, etc.

Las clases prácticas se dedican preferentemente a la resolución de *problemas tipo B* por el profesor empleando preferentemente la *pizarra*. Los problemas aplican los conceptos teóricos a situaciones prácticas concretas, resaltando los procedimientos y métodos de la Física Estadística, así como las aplicaciones multidisciplinares y la conexión con otras asignaturas del grado. *Los problemas tipo A se reservan para trabajo personal del estudiante, que contará con la guía del profesor en las sesiones de tutorías y las tutorías individuales de modo continuo a lo largo del curso*. Es muy recomendable que el estudiante intente individualmente la resolución de estos problemas, consultando las ayudas que se adjuntan a los enunciados cuando sea necesario, para incrementar su comprensión global de la asignatura. Los problemas tipo A forman parte del proceso de evaluación continua que permite verificar el progreso del estudiante.

En las *sesiones de tutorías grupales*, los estudiantes plantearán dudas sobre los conceptos estudiados, solicitarán ayuda para la resolución de los problemas correspondientes a los fundamentos teóricos previamente explicados y discutirán los resultados obtenidos junto con las dificultades encontradas, lo que permite al profesor un seguimiento del aprendizaje a lo largo del curso. *Estas clases deben verificar el progreso del estudiante de forma continua, lo que requiere una participación activa del mismo*. Podrán proponerse también otras cuestiones que sean de interés para fomentar la motivación, el estudio y la comprensión de la asignatura. En particular, puede intercalarse algún *seminario* que

exponga, de forma simplificada y modo menos formal que las clases, desarrollos modernos y aplicaciones de la Física Estadística a problemas multidisciplinares: la condensación de Bose-Einstein y los fenómenos de baja temperatura, las aplicaciones de la gran función de partición a la Biofísica Molecular, los modelos de redes y métodos de renormalización por bloques de espines, etc.

XII.- EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

Los sistemas de evaluación son los siguientes:

- 1) Exámenes escritos: una parte evaluará la comprensión de los aspectos teórico-conceptuales y el formalismo de la materia, tanto mediante preguntas teóricas como a través de cuestiones conceptuales y numéricas o casos particulares sencillos. Otra parte valorará la capacidad de aplicación del formalismo, mediante la resolución de problemas, así como la capacidad crítica respecto a los resultados obtenidos. En ambas partes se valorarán una correcta argumentación y una adecuada justificación.
- 2) Evaluación continua: valoración de trabajos y problemas presentados por los estudiantes, cuestiones propuestas y discutidas en el aula, presentación oral de problemas resueltos o cualquier otro método que suponga una interacción entre docentes y estudiantes.

OBSERVACIONES: Siempre que se cumplan los criterios de compensación que se establezcan a tal efecto, la nota de esta asignatura se podrá promediar con la/s otra/s correspondiente/s a la misma materia de forma que se dé ésta por superada.