



## Grado en Física 26925 - Física estadística

Guía docente para el curso 2013 - 2014

Curso: 3, Semestre: 2, Créditos: 6.0

---

### Información básica

---

#### Profesores

- **Fernando Faló Forniés** fff@unizar.es
- **Luis Mario Floría Peralta** floria@unizar.es

#### Recomendaciones para cursar esta asignatura

Se recomienda haber cursado las asignaturas de Termodinámica, Física Cuántica I, Física Computacional y Métodos Matemáticos para la Física. Es asimismo muy recomendable la dedicación de esfuerzo a la misma desde un primer momento, con asistencia continuada a las clases presenciales, y realización de ejercicios propuestos, dada la "novedad" y dificultad de los conceptos físicos que en ella se introducen.

#### Actividades y fechas clave de la asignatura

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.

Las clases prácticas (simulación) se realizarán en tres sesiones de tarde, a establecer.

Las sesiones de evaluación mediante prueba escrita global son las que el Decanato de la Facultad de Ciencias determina y publica cada año en su página web.

---

### Inicio

---

#### Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

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

- 1:** Obtención de la "relación fundamental termodinámica" de diversos sistemas físicos con niveles (espectro) de energía discretos y continuos en los diversos formalismos canónicos generalizados.
- 2:** Cálculo de las funciones de partición de sistemas factorizables.

**3:** Cálculo de la distribución de probabilidad clásica de Maxwell-Boltzmann para gases ideales.

**4:** Obtención de las propiedades de fluidos ideales cuánticos de fermiones y bosones.

**5:** Interpretación de los resultados de una simulación de la transición de fase (orden-desorden)

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

Desde la percepción conceptual del calor y la temperatura que la física preuniversitaria presenta, hasta la que cotidianamente aparece usada en las revistas especializadas en Física, hay un largo recorrido intelectual, que la enseñanza universitaria de la Mecánica Estadística debe ayudar a recorrer a los alumnos del Grado de Física. La Mecánica Estadística es la respuesta de la Física Moderna al problema de establecer un puente entre las descripciones microscópica y macroscópica de un sistema que posea un enorme número de grados de libertad, esto es, un sistema macroscópico, lo que exige la resolución de aparentes contradicciones lógicas, históricamente lograda por Boltzmann y Gibbs gracias a una sustancial innovación conceptual.

---

## Contexto y competencias

### Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

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

El objetivo general de la asignatura consiste en proporcionar al alumno los conocimientos básicos que le permitan comprender y estudiar, desde un punto de vista microscópico, los fenómenos asociados al carácter macroscópico de un sistema físico. Dos conceptos preliminares básicos son el de macroestado y el de microestado, y la relación entre ambos se establece mediante las nociones matemáticas de medida (probabilidad) y de información asociada a la misma.

La presentación de los fundamentos de la Mecánica Estadística está directamente incardinada en el esqueleto formal de esta teoría física, y se lleva a cabo mediante la formulación del llamado problema básico de la Mecánica Estadística, cuya solución formal se presenta compendiada en un conjunto de postulados que captan, del modo lógico y conceptualmente más sencillo, lo esencial de la relación entre los niveles descriptivos “micro” y “macro”.

Los postulados conducen de forma natural a los distintos formalismos canónicos generalizados, que pueden verse como los diferentes algoritmos alternativos que determinan la solución al problema básico. Así, los distintos formalismos aparecen ante el alumno de un modo esencialmente unificado, favoreciendo la discusión y comprensión de su equivalencia en el límite termodinámico.

A lo largo del curso se aplican los distintos formalismos a una gran variedad de modelos microscópicos (factorizables o ideales) de sistemas físicos, importantes en sí mismos, cuyas relaciones fundamentales termodinámicas pueden obtenerse de forma exacta sin excesiva dificultad. Por su importancia, se dedica una especial atención a las estadísticas cuánticas de fermiones y bosones, que aparecen como consecuencia de la necesaria indistinguibilidad de partículas idénticas, tal y como queda encapsulada en el postulado de simetrización de la Mecánica Cuántica.

Además del análisis detallado de la condensación de Bose-Einstein en fluidos ideales de bosones, el estudio de los fenómenos críticos se aborda mediante prácticas de simulación computacional sobre el modelo de Ising.

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

La asignatura tiene carácter obligatorio (dado el consenso universalmente existente sobre su carácter de pilar fundamental en la formación de los graduados en Física), y de modo lógico su impartición se encuadra en el segundo semestre del tercer curso del Grado, habida cuenta, por una parte, de la recomendación señalada en el segundo epígrafe de la Información Básica, y por otra, de la necesidad (y/o conveniencia) de familiaridad con ella por parte del alumno, para un

aprovechamiento óptimo de varias de las asignaturas de último curso del Grado.

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

- 1:** Analizar y comprender las diferencias en las propiedades físicas de sistemas microscópicos y macroscópicos, así como las diferencias entre las descripciones físicas microscópica y macroscópica de un sistema macroscópico.
- 2:** Dominar las herramientas matemáticas y formales de la Física Estadística.
- 3:** Obtener e interpretar distribuciones de probabilidad de los microestados en los distintos formalismos de la Mecánica Estadística, así como comprender la equivalencia de éstos en el límite termodinámico.
- 4:** Obtener relaciones fundamentales termodinámicas en los distintos formalismos de la Mecánica Estadística a partir de modelos microscópicos de sistemas físicos.
- 5:** Comprender las consecuencias de la indistinguibilidad de partículas idénticas y obtener las distribuciones de Fermi-Dirac y Bose-Einstein.
- 6:** Conocer la fenomenología básica de los fenómenos críticos.

## **Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:**

En primer lugar, en cuanto la Física Estadística establece la conexión conceptual y formal entre la física microscópica y la física macroscópica, esta disciplina constituye una parte importante de la troncalidad de los estudios de Grado de Física. Por otra parte, la universalidad de esta teoría física trasciende con mucho el marco disciplinar de la Física, siendo sus métodos, conceptos y técnicas de aplicación espectacularmente creciente hoy en día en el estudio interdisciplinar de un amplio abanico de importantes fenómenos y procesos en Ciencias Biológicas, de la Tierra, Sociales, Económicas, Políticas y de la Computación.

---

## **Evaluación**

---

### **Actividades de evaluación**

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

- 1:** Resolución individual de un problema, y su presentación oral (20% de la nota final).

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

Realización de una prueba teórico-práctica al final del curso sobre todos los contenidos de la asignatura, incluidos los correspondientes a las prácticas de simulación (caso de no haber sido evaluadas éstas con anterioridad). Esta prueba constará de dos partes:

Parte A: obligatoria para todos los alumnos (80% de la nota final)

Parte B: un problema adicional (20% de la nota final). Los alumno que hayan superado la actividad 1, están eximidos de realizar esta parte de la prueba final.

---

## Actividades y recursos

---

### 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. Intercalada con esta presentación, se realiza la resolución de problemas-modelo ilustrativos.

Realización de problemas en grupo: En estas sesiones el alumno afronta la discusión y resolución de ejercicios en colaboración con otros compañeros, bajo la supervisión del profesor de la asignatura.

Prácticas de simulación: Permiten al alumno familiarizarse con las técnicas de simulación computacional de la Física Estadística, aplicadas al análisis de comportamientos críticos y transiciones de fase.

### Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

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

1:

Actividades educativas programadas 2.4 ECTS (60 horas) distribuidos de la siguiente forma:

A) Clases magistrales participativas (34 horas) donde se presentan los siguientes contenidos:

- Física Macroscópica y Física Microscópica
- Formalismos de la Mecánica Estadística.
- Aplicación de los formalismos a sistemas modelo factorizables.
- Sistemas abiertos y formalismo gran canónico.
- Fluidos cuánticos ideales. Estadísticas de Bose-Einstein y de Fermi-Dirac.
- Sistemas no factorizables. El modelo de Ising.
- Introducción a los fenómenos críticos.

B) Clases de resolución de problemas en grupo (20 horas).

C) Prácticas de simulación (6 horas).

2:

Estudio y trabajo por parte del alumno 3.44 ECTS (86 horas).

3:

Evaluación 0.16 ECTS (4 horas).

### Planificación y calendario

#### Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

El calendario de las sesiones de las actividades educativas programadas será el que establezca, y anuncie con antelación, la Facultad de Ciencias.

### Bibliografía

H. B. Callen Thermodynamics and an introduction to thermostatics, second edition. John Wiley and sons, 1985.

W.T. Grandy, Jr. Foundations of Statistical Mechanics, volume I: Equilibrium Theory. Reidel, 1987.

R. Balian From microphysics to macrophysics. Springer, 1991.

B. Diu, C. Guthmann, D. Lederer, B. Roulet Physique Statistique. Hermann, 1989.

C. Garrod Statistical Mechanics and Thermodynamics. Oxford University Press, 1995.

S.R.A. Salinas Introduction to Statistical Physics. Springer, 2001.

D.J. Amit, Y. Verbin Statistical Physics. World Scientific, 1999.

- H. B. Callen Thermodynamics and an introduction to thermostatistics, second edition. John Wiley and sons, 1985.
- W.T. Grandy, Jr. Foundations of Statistical Mechanics, volume I: Equilibrium Theory. Reidel, 1987.
- R. Balian From microphysics to macrophysics. Springer, 1991.
- B. Diu, C. Guthmann, D. Lederer, B. Roulet Physique Statistique. Hermann, 1989.
- C. Garrod Statistical Mechanics and Thermodynamics. Oxford University Press, 1995.
- S.R.A. Salinas Introduction to Statistical Physics. Springer, 2001.
- D.J. Amit, Y. Verbin Statistical Physics. World Scientific, 1999.

## **Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada**

- Amit, Daniel J.. Statistical physics : an introductory course / Daniel J. Amit, Yosef Verbin ; translated from the Hebrew by Rami Tzafiriri . - 1st ed. repr. Singapore [etc.] : World Scientific, 2006
- Callen, Herbert B.. Thermodynamics and an introduction to thermostatistics / Herbert B. Callen . - 2nd ed. New York : John Wiley and Sons, cop. 1985
- Éléments de physique statistique / Bernard Diu... [et al.] . Paris : Hermann, cop. 1989
- Garrod, Claude. Statistical mechanics and thermodynamics / Claude Garrod . - [1st ed.] New York [etc] : Oxford University Press, 1995
- R. Balian. From microphysics to macrophysics. Springer, 1991.
- Salinas, Silvio R. A.. Introduction to statistical physics / Silvio R. A. Salinas New York : Springer, cop. 2001
- W.T. Grandy, Jr. . Foundations of Statistical Mechanics, volume I: Equilibrium Theory. Reidel, 1987.