

# MECÁNICA ESTADÍSTICA

Curso 2016/2017

(Código: 61044046)

## 1. PRESENTACIÓN DE LA ASIGNATURA

Esta asignatura corresponde al 4º Curso del Grado en Física. Se supone que los estudiantes han adquirido, del curso anterior, conocimientos de Termodinámica y de los aspectos básicos de la Mecánica Estadística. Los objetivos principales son, en primer lugar, fundamentar y completar lo ya aprendido y, en segundo lugar, ampliar los conocimientos tratando dos grandes temas: Colectividades en Mecánica Estadística y Mecánica Estadística de Sistemas Cuánticos.

## 2. CONTEXTUALIZACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIOS

En la estructura del Grado, esta asignatura se encuadra dentro de la materia denominada *Termodinámica y Física Estadística*, que se compone de tres asignaturas obligatorias:

- Termodinámica I (6 ECTS), obligatoria, 3<sup>er</sup> curso, 1<sup>er</sup> semestre.
- Termodinámica II (6 ECTS), obligatoria, 3<sup>er</sup> curso, 2º semestre.
- Mecánica Estadística (6 ECTS), obligatoria, 4º curso, 2º semestre.

Dentro de esta materia general, el objetivo de la Mecánica Estadística consiste en deducir e interpretar las leyes que rigen el comportamiento de los sistemas macroscópicos a partir de una descripción microscópica de los mismos. De esa forma, la Mecánica Estadística justifica y da fundamento microscópico a las leyes de la Termodinámica.

## 3. REQUISITOS PREVIOS REQUERIDOS PARA CURSAR LA ASIGNATURA

- Conocimientos de Física: fundamentos de Física clásica y cuántica, Termodinámica, Mecánica Analítica.
- Conocimientos de Matemáticas: álgebra, cálculo diferencial e integral, desarrollos asintóticos.

## 4. RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Los principales resultados de aprendizaje son:

- Identificar el propósito de la Mecánica Estadística y su rango de aplicabilidad
- Comprender el significado del concepto de colectividades
- Entender las diferencias y características de las colectividades más importantes (microcanónica, canónica y canónica generalizada)
- Poder identificar las características de diversos sistemas físicos y elegir la colectividad más conveniente para su estudio
- Saber calcular la función de partición de un sistema y obtener las magnitudes termodinámicas relevantes
- Comprender cómo ampliar el concepto de colectividad para tener en cuenta la descripción cuántica de los sistemas
- Entender las diferencias conceptuales entre las estadísticas cuánticas (Fermi-Dirac y Bose-Einstein) y comprender su límite clásico
- Comprender las propiedades particulares de los gases ideales cuánticos degenerados de fermiones y de bosones
- Saber utilizar las estadísticas cuánticas para obtener las propiedades de diferentes sistemas físicos y analizar los límites de temperaturas bajas y altas



## 5. CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA

### Tema I.- Descripción estadística de los sistemas macroscópicos

1.-Descripciones macroscópica y microscópica. 2.-Colectividades y fluctuaciones. 3.-Ecuación de Liouville. 4.-Soluciones estacionarias de la ecuación de Liouville. 5.-Colectividad microcanónica. 6.-Dependencia del número de estados respecto de la energía.

### Tema II.- Conexión entre la Mecánica Estadística y la Termodinámica

1.-Calor y trabajo. 2.-Procesos cuasiestáticos. 3.-Reversibilidad e irreversibilidad. 4.-Invariancia adiabática del volumen fásico. 5.-Entropía y temperatura absoluta. 6.-Aditividad de la entropía. 7.-Interacción general. 8.-El gas monoatómico ideal. Paradoja de Gibbs. 9.-Definición correcta de la entropía.

### Tema III.- Colectividad canónica

1.-Colectividad canónica. 2.-Función de partición y cálculo de valores medios. 3.-Conexión con la termodinámica. 4.-Gas ideal monoatómico. 5.-Teorema de equipartición generalizado. 6.-Aplicaciones sencillas del teorema de equipartición.

### Tema IV.- Sistemas ideales en Mecánica Estadística clásica

1.-Distribución de velocidades de Maxwell. 2.-Otras distribuciones y valores medios. 3.-Número de choques contra una superficie y efusión. 4.-Interpretación cinética de la presión. 5.-Teoría clásica del paramagnetismo.

### Tema V.- Gases reales en Mecánica Estadística clásica

1.-Función de partición configuracional. 2.-Desarrollo en la densidad. 3.-Segundo coeficiente del virial. Ecuación de Van der Waals.

### Tema VI.- Colectividad canónica generalizada

1.-Colectividad canónica generalizada. 2.-Cálculo de valores medios y fluctuaciones. 3.-Relación entre la distribución gran canónica y la termodinámica.

### Tema VII.- Fundamentos de la Mecánica Estadística Cuántica

1.-Partículas idénticas en Mecánica Cuántica. 2.-La colectividad microcanónica. 3.-Colectividades canónica y canónica generalizada. 4.-Función de partición de un gas cuántico ideal. 5.-Estadísticas de Fermi-Dirac y Bose-Einstein. 6.-El límite clásico: la estadística de Maxwell - Boltzmann. 7.-Gas ideal monoatómico en el límite clásico. 8.-Validez de la aproximación clásica. 9.-Estudio de los grados internos de libertad. 10.-Movimiento de rotación. 11.-Movimiento de vibración. 12.-Movimiento electrónico. 13.-Gas débilmente degenerado.

### Tema VIII.- Gases de Fermi-Dirac y Bose-Einstein degenerados

1.-Gas de Fermi degenerado. El gas de electrones. 2.-Cálculo de la energía de Fermi. 3.-Capacidad calorífica del gas de electrones. 4.-Gas de Bose degenerado. Condensación de Bose-Einstein. 5.-Propiedades del gas de Bose para  $T < T_0$ .

### Tema IX.- Estudio estadístico del magnetismo

1.-Modelo de sustancia paramagnética. 2.-Cálculo de la imanación. 3.-Propiedades termodinámicas de los sistemas paramagnéticos. 4.-Temperaturas absolutas negativas. 5.-Ferromagnetismo.

### Tema X.- Radiación electromagnética y sólidos

1.-Radiación electromagnética y fotones. 2.-Distribución de Planck. 3.-Propiedades termodinámicas de la radiación del cuerpo negro. 4.-Estudio de la radiación emitida por un cuerpo. 5.-Leyes de Lambert y de Stefan-Boltzmann. 6.-Propiedades de los sólidos. 7.-El modelo de Einstein. 8.-Movimiento vibracional de un sólido elástico. 9.-El modelo de Debye. 10.-El gas de fonones.



## 6.EQUIPO DOCENTE

- [FCO JAVIER DE LA RUBIA SANCHEZ](#)
- [JOSE ESPAÑOL GARRIGOS](#)

## 7.METODOLOGÍA Y ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

La asignatura se imparte virtualizada. En el Curso Virtual habrá Foros de debate específicos por temas. La intención de esos foros es que se genere debate entre los estudiantes respecto a conceptos o aplicaciones de los mismos que no estén bien entendidos, planteando dudas o cuestiones que surjan en el estudio de la asignatura. De esta forma, tanto las dudas como las respuestas que reciba podrán ser también útiles para el resto de los estudiantes. La participación activa en el debate de esas dudas o cuestiones será siempre bien considerada por parte del Equipo Docente y solamente podrá tener consecuencias positivas en la calificación de los estudiantes; los posibles errores, de concepto o de desarrollo, nunca serán contados negativamente para el estudiante. Se pretende que en esos foros se inicien los debates planteando dudas o preguntas libremente, pero siempre planteándolas con la respuesta que se haya meditado al respecto, aunque sea equivocada, indicando por qué tiene dudas sobre la misma. El Equipo Docente moderará la discusión y comentará las aportaciones más relevantes, cuando sea preciso.

Además, a través de las herramientas de comunicación del Curso Virtual los alumnos pueden plantear sus dudas al Equipo Docente o a su Profesor Tutor.

El curso consta de seis ECTS, equivalentes a 150 horas de trabajo. Para la realización de todas las actividades que constituyen el estudio de la asignatura, el estudiante deberá organizar y distribuir su tiempo de forma personal y autónoma, adecuada a sus necesidades.

## 8.EVALUACIÓN

La evaluación de la asignatura se realizará teniendo en cuenta los siguientes elementos:

- Examen presencial final obligatorio escrito, de dos horas de duración, que consistirá, fundamentalmente, en la realización de problemas que serán similares a los que se incluyen al final de cada capítulo en el libro de texto básico. Se permitirá el uso de libros y material auxiliar durante la realización del examen. Este examen se realizará según el sistema general de Pruebas Presenciales de la UNED. Representará entre el 70 % y el 100 % de la calificación final, dependiendo de si se realizan o no las pruebas de evaluación continua (prueba objetiva *on line* y trabajos) y de la calificación que se obtenga en las mismas (la participación en la evaluación continua nunca reducirá la nota del examen presencial).
- Evaluación continua voluntaria. La evaluación continua nunca contribuirá negativamente a la nota obtenida en el examen presencial final. Es de carácter voluntario y puede consistir en la realización de dos actividades evaluables:
  - Prueba objetiva *on line*, accesible a través de la plataforma virtual de la UNED. Consiste en cuestiones teórico-prácticas cortas, de respuesta múltiple y sobre la materia correspondiente a la parte del temario que se haya impartido hasta el momento en el que se celebre la prueba, según la programación de la asignatura. La contribución máxima de esta prueba a la calificación final de la asignatura es de 2 puntos (20 % de la calificación final). Esta prueba no es obligatoria y para los estudiantes que no la realicen, su porcentaje de la nota final se sumará al del examen presencial final.
  - Realización de trabajos. Los trabajos serán propuestos por los propios estudiantes y podrán ser de tipo teórico (ampliación de conceptos o temas tratados en el curso) o prácticos (realización de problemas). La contribución máxima de estos trabajos a la calificación final de la asignatura es de 1 punto (10 % de la calificación final). Estos trabajos no son obligatorios y para los alumnos que no los realicen, su porcentaje de la nota final se sumará al del examen presencial final.

En cualquier caso, para que las calificaciones de las actividades de evaluación continua puedan contribuir a la



calificación final de la asignatura, es necesario obtener una nota mínima de 4 puntos en el examen presencial final (nota de corte). Si no se consigue esa nota de corte, el estudiante no podrá aprobar la asignatura.

La calificación final de la asignatura se obtendrá de la siguiente manera:

- Si el estudiante no ha participado en la evaluación continua, la calificación de la asignatura será la nota que haya obtenido en el examen presencial final, por lo que necesitará una nota mínima de 5 puntos para aprobar la asignatura.
- Si el estudiante ha participado en la evaluación continua, pero en el examen presencial final ha obtenido una nota inferior a 4 puntos (nota de corte), la calificación de la asignatura será la nota obtenida en el examen presencial final.
- Si el estudiante ha participado en la evaluación continua y en el examen presencial final ha obtenido una nota igual o superior a 4 puntos (nota de corte), la calificación de la asignatura será la nota mayor entre la obtenida en el examen presencial final (sin contar la evaluación continua) y la que resulte de aplicar los porcentajes mencionados anteriormente a la nota del examen presencial final (entre el 70 % y el 100 %) y a las pruebas de evaluación continua que se hayan realizado (entre el 10 % y el 30 %). De esta manera, la participación en la evaluación continua nunca contribuirá negativamente a la nota obtenida en el examen presencial final.

## 9. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ISBN(13): 9788436245721

Título: MECÁNICA ESTADÍSTICA (2ª)

Autor/es: Brey Abalo, José Javier ; Rubia Pacheco, Juan De La ; Rubia Sánchez, Javier De La ;

Editorial: UNED

Buscarlo en Editorial UNED

Buscarlo en librería virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Comentarios y anexos:

BREY ABALO, JAVIER; DE LA RUBIA PACHECO, JUAN; DE LA RUBIA SÁNCHEZ, JAVIER: Mecánica Estadística. Editorial UNED, colección Cuadernos de la UNED (n.º de catálogo 0135222CU01A01), Madrid, 2008 (2ª reimpresión, con correcciones).

En este libro, escrito específicamente para cubrir el programa de esta asignatura, se ha prestado especial atención a la presentación cuidadosa de los fundamentos de la Mecánica Estadística y, para ayudar en la comprensión de los contenidos, al final de cada capítulo se han incluido algunos problemas con sus respectivas soluciones.

## 10. BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13): 9788420686349

Título: 100 PROBLEMAS DE FÍSICA ESTADÍSTICA (1996)

Autor/es: Rodríguez Parrondo, Juan Manuel ; Fernández Tejero, Carlos ;

Editorial: ALIANZA EDITORIAL, S.A.

Buscarlo en librería virtual UNED



Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

### Comentarios y anexos:

Esta asignatura puede también seguirse mediante cualquier libro de Mecánica Estadística (o Física Estadística, como se denomina también esta materia) que contemple los diversos apartados del programa que se detallan en el apartado correspondiente. A este respecto, damos una relación de libros que pueden ser de utilidad:

FERNÁNDEZ TEJERO, C. y BAUS, M.: *Física Estadística del Equilibrio*. Editorial Aula Documental de Investigación, Madrid, 2000.

ORTÍN, J. y SANCHO, J. M.: *Curso de Física Estadística*. Edicions de la Universitat de Barcelona, colección UB-manuals n.º 50, Barcelona, 2001.

REIF, F.: *Fundamentals of Statistical and Thermal Physics*. McGraw-Hill, New York.

BAIERLEIN, R.: *Thermal Physics*. Cambridge University Press, Cambridge.

WANNIER, G. H.: *Statistical Physics*. Dover, New York.

MANDL, F.: *Statistical Physics*. John Wiley, New York.

KITTEL, C.: *Física Térmica*. Editorial Reverté, Barcelona.

LANDAU, L. D. y LIFSHITZ, E. M.: *Física Estadística*, vol. 5 del Curso de Física Teórica. Editorial Reverté, Barcelona.

PATHRIA, R. K.: *Statistical Mechanics (2nd edition)*. Butterworth-Heinemann, Oxford.

En cuanto a problemas, se recomienda el libro *100 Problemas de Física Estadística* de C. Fernández Tejero y J. M. Rodríguez Parrondo. Alianza Editorial, Madrid, 1996.

También es muy recomendable un buen libro de fórmulas y tablas matemáticas, como por ejemplo *Fórmulas y tablas de matemática aplicada (4ª edición)*, M. R. Spiegel, S. Lipschutz, J. Liu. McGraw-Hill, Colección Schaum, Madrid, 2014.

## 11. RECURSOS DE APOYO

Los estudiantes dispondrán de diversos medios de apoyo al estudio, entre los que se pueden destacar:

- Curso virtual. La asignatura se imparte virtualizada, de modo que los alumnos tienen la posibilidad de entrar en cualquier momento en el Curso Virtual. Se recomienda encarecidamente la consulta del Curso Virtual, pues en él se podrá encontrar información actualizada sobre aspectos relacionados con la organización académica y posibles actividades del curso. Asimismo, en el Curso Virtual podrá establecer contacto con sus compañeros, con el Equipo Docente de la Sede Central y con el Profesor Tutor que tenga asignado, si fuera el caso.
- La bibliotecas de los Centros Asociados, donde el estudiante puede consultar la bibliografía básica recomendada y, al menos, una parte de la bibliografía complementaria.

## 12. TUTORIZACIÓN

Nota previa:



La asignatura se imparte virtualizada, de modo que los estudiantes tienen la posibilidad de entrar en cualquier momento en el Curso Virtual y plantear sus consultas al Equipo Docente, en los foros y a través de las herramientas de comunicación del curso virtual.

Horario de atención al alumno:

El estudiante puede contactar en todo momento a través del curso virtual o por correo electrónico con el equipo docente.

Horarios de tutoría

Para cualquier consulta personal o telefónica.

Miércoles, excepto en vacaciones académicas, de 11 a 13 y de 16 a 18.

En caso de que el miércoles sea día festivo, la tutoría se realizará el siguiente día lectivo.

Datos de contacto

Dr. D. Javier de la Rubia Sánchez

Despacho 2.04. Facultad de Ciencias de la UNED.

Tel.: 91 398 71 28. [jrubia@fisfun.uned.es](mailto:jrubia@fisfun.uned.es)

Departamento de Física Fundamental, Facultad de Ciencias.

c/ Paseo Senda del Rey nº 9, Ciudad Universitaria,

28040 Madrid

(la Facultad de Ciencias de la UNED está situada junto al río Manzanares y al Puente de los Franceses).

Ámbito: GUI - 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/>



C3B4F618988EAE16F14F2C9AAE9E3DE6