

**Termodinámica y Mecánica Estadística**

Código: 100157  
Créditos ECTS: 9

Titulación	Tipo	Curso	Semestre
2500097 Física	OB	3	A

La metodología docente y la evaluación propuestas en la guía pueden experimentar alguna modificación en función de las restricciones a la presencialidad que impongan las autoridades sanitarias.

### Contacto

Nombre: Vicenç Mendez Lopez  
Correo electrónico: Vicenc.Mendez@uab.cat

### Uso de idiomas

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

### Equipo docente

Juan Camacho Castro  
Daniel Campos Moreno

### Prerequisitos

Es preferible algun curso básico de termodinámica

### Objetivos y contextualización

1. Saber distinguir un sistema termodinámico del que no lo es
2. Identificar el sistema y el medio
3. Diferenciar entre variables de estado o de proceso
4. Saber interpretar los diferentes tipos de procesos termodinámicos
5. Entender el concepto de límite termodinámico
6. Deducir la función de partición de un sistema y a partir de ella las ecuaciones de estado
7. Aplicar el teorema de equipartición de l'energía
8. Diferenciar entre procesos reversibles e irreversibles
9. Cambiar de representación en la ecuación fundamental de un sistema
10. Entender el concepto microscópico de presión de un gas
11. Interpretar los criterios de estabilidad termodinámica y relacionarlos con la aparición de transiciones de fase

12. Analizar las transiciones de fase de primer orden. Entender la teoría de Landau para las transiciones de fase de primer y segundo orden
13. Construir el modelo de Ising. Aplicar la aproximación de campo medio, interacción entre primeros vecinos y el método de la matriz de transferencia
14. Distinguir entre gas real e ideal. Relacionar el potencial de interacción intermolecular con el desarrollo del virial
15. Comprender los procesos de liquefacción de gases
16. Interpretar la radiación electromagnética en equilibrio como un gas de bosones en el marco de las estadísticas cuánticas y deducir las ecuaciones de estado
17. Utilizar la colectividad macrocanónica para estudiar las fluctuaciones del número de partículas y el equilibrio entre fases

## Competencias

- Actuar en el ámbito de conocimiento propio valorando el impacto social, económico y medioambiental.
- Conocer y comprender los fundamentos de las principales áreas de la física.
- Desarrollar estrategias de análisis, síntesis y comunicación que permitan transmitir los conceptos de la Física en entornos educativos y divulgativos.
- 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.
- Razonar críticamente, poseer capacidad analítica, usar correctamente el lenguaje técnico, y elaborar argumentos lógicos.
- 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 la información contenida en los diferentes diagramas de fases en equilibrio.
2. Analizar los límites a baja y alta temperatura de cualquier sistema.
3. Calcular el número de microestados para sistemas clásicos y discretos.
4. Calcular el segundo coeficiente del virial a partir del potencial de interacción.
5. Calcular la función de partición de un sistema en cualquier colectivo.
6. Deducir la ecuación fundamental en diferentes representaciones.
7. Deducir las ecuaciones de estado de un sistema a partir de la función de partición.
8. Describir la información contenida en las diferentes ecuaciones de estado de un sistema.
9. Describir la información física contenida en los coeficientes del virial.
10. Describir las propiedades que diferencian el comportamiento real del ideal en un gas.
11. Diferenciar los dominios de actuación de la Termodinámica y de la Mecánica Estadística.
12. Establecer las variables termodinámicas que describen los estados de equilibrio para diferentes sistemas y plantear la correspondiente ecuación de Gibbs.
13. Explicar el código deontológico, explícito o implícito, de su ámbito de conocimiento propio.
14. Interpretar físicamente las derivadas parciales de las diferentes magnitudes termodinámicas.
15. Precisar la necesidad de una descripción estadística clásica o cuántica para un gas ideal.
16. Razonar críticamente, poseer capacidad analítica, usar correctamente el lenguaje técnico, y elaborar argumentos lógicos.
17. Relacionar los criterios de estabilidad con los principios de la termodinámica y verificar la estabilidad de un sistema termodinámico.
18. Transmitir, de forma oral y escrita, conceptos físicos de cierta complejidad haciéndolos, no obstante, comprensibles en entornos no especializados.

# Contenido

## 1. Estructura formal de la Termodinámica

- 1.0. Repaso de las leyes de la Termodinámica
- 1.1. La ecuación fundamental
- 1.2. Forma de Euler de la energía interna. Ecuación de Gibbs-Duhem
- 1.3. Transformadas de Legendre. Potenciales termodinámicos
- 1.4. Relaciones de Maxwell para un fluido
- 1.5. Condiciones de estabilidad

## 2. Descripción microscópica de los sistemas macroscópicos

- 2.1. Microestats y Macroestats. Espacio de fases
- 2.2. Colectividades
- 2.3. Colectividad microcanónica
- 2.4. Equilibrio térmico. Conexión Termodinámica-Mecánica Estadística
- 2.5. Aplicación al gas ideal monoatómico
- 2.6. Distribución de Maxwell-Boltzmann
- 2.7. Presión
- 2.8. Efusión
- 2.9. Entropía de Gibbs-Shannon y entropía de Boltzmann

## 3. Colectividad Canónica

- 3.1. Función de partición. Degeneración de la energía
- 3.2. Teorema de equipartición de la energía. Aplicaciones y limitaciones
- 3.3. Sistemas con distribuciones discretas de energía. Límite continuo

## 4. Sistemas magnéticos

- 4.1. Termodinámica y mecánica estadística de sistemas magnéticos
- 4.2. Paramagnetismo clásico
- 4.3. Paramagnetismo de spin 1/2. Tratamientos microcanónica y canónica
- 4.4. Desimanciación adiabática

## 5. Transiciones de fase

- 5.1. Clasificación. Diagramas P- V, P -  $\mu$  y P - T. Ecuación de Clapeyron
- 5.2. Equilibrio vapor-fase condensada
- 5.3. El punto crítico
- 5.4. Modelo de Ising. Aproximación de campo medio. Matriz de transferencia

## 6. Gases reales

- 6.1. Factor de compresibilidad. Desarrollos del virial
- 6.2. Potencial de interacción. Función de partición configuracional
- 6.3. Segundo coeficiente del virial. Ecuación de Van der Waals
- 6.4. Ley de estados correspondientes
- 6.5. Expansiones de Joule y Joule-Kelvin

## 7. Fotones

- 7.1. Estadística de bosones y fermiones
- 7.2. Densidad de energía. Degeneración de estados
- 7.3. Distribución de Planck
- 7.4. Ecuaciones de estado de la radiación o de un gas de fotones en equilibrio

## 8. Colectividad macrocanónica

- 8.1. Función de partición
- 8.2. Conexión con la termodinámica

## **Metodología**

### **METODOLOGIA EN CASO DE PRESENCIALIDAD TOTAL**

#### Actividades presenciales

##### 1 clases magistrales

Las clases magistrales serán impartidas por el profesor de teoría donde se presentarán los conceptos, desarrollos y principios básicos de la asignatura

##### 2 Clases de problemas

El profesor de problemas resolverá en clase algunos de los problemas de la colección que previamente el alumno habrá tenido que intentar resolver. Se procurará utilizar dinámicas de trabajo en grupo y de discusión de alternativas

##### 3 Clases de tutorías

En caso de enseñanza semipresencial durante estas clases se resolverán dudas relacionadas con la teoría y los problemas de los temas que se hayan estudiado virtualmente

#### Actividades autónomas

##### 1 Resolución de problemas

El profesor de problemas entregará (también será colgado en el campus virtual) un listado de problemas y de prácticas de ordenador que cada alumno deberá resolver individualmente y entregarlo en la fecha establecida

##### 2 Estudio

Hemos contabilizado que el estudiante debe dedicar 2 horas de estudio por cada hora de clase magistral.

### **METODOLOGIA EN CASO DE CONFINAMIENTO PARCIAL O TOTAL**

En caso de confinamiento la metodología docente se adaptará a fin de continuar el curso con la mayor normalidad posible. Así, las clases de teoría pasarán a ser virtuales y si el confinamiento lo permite, se harán clases de tutoría presenciales de forma alternada a cada uno de los dos grupos. En las clases virtuales los alumnos deberán trabajar la materia indicada por el profesor de teoría programada cada semana. Esta materia consistirá en la teoría y los problemas. Para el estudio de la teoría los alumnos dispondrán de apuntes elaborados por el profesorado, libros, una colección de problemas con sus soluciones y unos vídeos sobre los conceptos más relevantes. Todo este material está disponible en el CV. Las dudas que surjan durante el estudio se podrán consultar al profesor de teoría o problemas en el horario de clase por correo electrónico o Discord. Adicionalmente, si el profesor lo considera oportuno, se podrá programar una sesión virtual de dudas por Teams. En caso de que el confinamiento lo permita y se puedan llevar a cabo clases de tutoría

presenciales, las dudas se resolverán durante estas sesiones. Además, se aprovecharán estas sesiones para repasar conceptos o realizar problemas que el profesorado considere conveniente, donando prioridad a aquellos aspectos que más dudas hayan generado a raíz del estudio de los alumnos.

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	30	1,2	
Clases presenciales	45	1,8	
Tipo: Autónomas			
Estudio de la asignatura	92	3,68	
Resolución de problemas	49	1,96	

## Evaluación

### Exámenes parciales y/ o final (repesca)

Se harán dos parciales. En el primer parcial se evaluará la primera mitad del curso, mientras que en el segundo el resto. En el caso de la media de los parciales, sea 4 inferior el alumno deberá de presentarse al examen final para recuperar esta parte evaluable. No se podrá presentar al examen final si previamente no se ha presentado a los dos parciales.

### Recuperación de los exámenes

Solo se podran presentar al examen final / repesca aquellos alumnos que se hayan examinado dels dos parciales y tengan una nota media de parciales inferior a 4 o bien los alumnos que hayan superado los exámenes parciales y quieran subir nota. En este caso, quedará la mayor de las calificaciones obtenidas (media de parciales o repesca)

### Entrega de problemas

Los problemas que se han de entregar serán publicados y sus correcciones en el campus virtual. Aquesta parte avaluable no se recupera

### Calificación final

La nota final de la asignatura es el cálculo de los porcentajes específicos siempre y cuando el alumno haya superado los exámenes parciales o final. La nota final será el 70% de los exámenes finales /media de parciales más el 30% de los problemas entregados si la nota del examen final es igual o superior a 4. En caso contrario el alumno está suspendido.

No presentado

Se considerará NO PRESENTADO cuando el alumno no se presenta a ningún examen o bien se presenta solo a uno de los dos parciales y no al final. En los otros casos se considerará como presentado, es decir: si se ha presentado a los dos parciales, si se ha presentado solo al final o si se ha presentado a alguno de los parciales i al final

NOTA

En caso de docencia semipresencial o virtual la metodología de evaluación seguirá siendo la misma que en caso de presencialidad total.

## Actividades de evaluación

Título	Peso	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Entregas de problemas	30%	0	0	13, 16
Examen de repesca	70%	3	0,12	2, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18
Examen primer parcial	35%	3	0,12	3, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 17
Examen segundo parcial	35%	3	0,12	2, 1, 4, 9, 10

## Bibliografía

### Bibliografía moderna

- Robert H Swendsen, *An Introduction to Statistical Mechanics and Thermodynamics* (Oxford Univ. Press, 2012)
- S. K. Roy, *Thermal Physics And Statistical Mechanics* (New Age International Publishers, 2001)
- K. Huang, *Introduction to Statistical Physics*, CRC, 2001
- D. V. Schroeder, *An Introduction to Thermal Physics*, Addison Wesley, 2000
- S. J. Blundell and K. M. Blundell, *Concepts in Thermal Physics*, Oxford UP, 2006
- M. Criado-Sancho y J. Casas-Vázquez, *Termodinámica química y de los procesos irreversibles*, Pearson/Addison Wesley, Madrid, segunda edición, 2004.
- Yi-Chen Cheng, *Macroscopic and Statistical Thermodynamics* (World Scientific, 2006)

### Bibliografía clásica

- J. J. Brey, J. de la Rubia, J. de la Rubia, *Mecánica Estadística*, UNED, 2001
- R. Kubo, *Thermodynamics*, North Holland, Amsterdam, 1968.
- F. Reif, *Fundamentals of Statistical Physics and Thermal Physics*, McGraw-Hill, 1985
- D. A. McQuarrie, *Statistical Mechanics*, Harper Collins, 1976
- M.W. Zemansky y R.H. Dittman, *Calor y Termodinámica*, McGraw-Hill, Madrid, 1990.
- C.J. Adkins, *Termodinámica del equilibrio*, Reverté, Barcelona, 1977.
- P.W. Atkins, *La Segunda ley*, Prensa científica, Barcelona 1992.

## Software

A lo largo del segundo cuatrimestre se utilizará el lenguaje Python para los trabajos de simulación