

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
TERMODINÁMICA Y FÍSICA ESTADÍSTICA	TERMODINÁMICA	2º	1º Y 2º	12	Obligatoria
PROFESORES <sup>(1)</sup>			DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS(Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Grupo A (Teoría) Juan Luis Ortega Vinuesa y Antonio Martín Rodríguez</li> <li>Grupo B (Teoría) Antonio I. López Lacomba</li> <li>(Prácticas A y B) Roque Hidalgo Álvarez Francisco Martínez López Juan de Vicente Álvarez-Manzaneda</li> </ul>			<p><b>Dpto. de Física Aplicada:</b></p> <p><b>Juan Luis Ortega Vinuesa.</b> Coordinador asignatura (grupo A). Dpto. Física Aplicada, 1ª planta, Facultad de Ciencias. Despacho nº 26; Tlf: 958240018; <a href="mailto:jlortega@ugr.es">jlortega@ugr.es</a></p> <p><b>Antonio Martín Rodríguez.</b> Dpto. Física Aplicada, 1ª planta, Facultad de Ciencias. Despacho nº 28; Tlf: 958240017 <a href="mailto:amartinr@ugr.es">amartinr@ugr.es</a></p> <p><b>Roque Hidalgo Álvarez.</b> Dpto. Física Aplicada, 1ª planta, Facultad de Ciencias. Despacho nº 8; Tlf: 958243213; <a href="mailto:rhidalgo@ugr.es">rhidalgo@ugr.es</a></p> <p><b>Francisco Martínez López.</b> Dpto. Física Aplicada, 1ª planta, Facultad de Ciencias. Despacho nº 19; Tlf: 958240073 <a href="mailto:francisco@ugr.es">francisco@ugr.es</a></p> <p><b>Juan de Vicente Álvarez-Manzaneda.</b> Dpto. Física Aplicada, 1ª planta, Facultad de Ciencias. Despacho nº 11; Tlf: 958240017; <a href="mailto:jvicente@ugr.es">jvicente@ugr.es</a></p> <p><b>Dpto. de Electromagnetismo y Física de la Materia:</b></p> <p><b>Antonio I. López-Lacomba.</b> Coordinador asignatura (Grupo B). Dpto. de Electromagnetismo y Física de la Materia: Planta baja, despacho 5, teléfono 958 243 210, <a href="mailto:ailopez@ugr.es">ailopez@ugr.es</a></p>		

<sup>1</sup>Consulte posible actualización en Acceso Identificado > Aplicaciones > Ordenación Docente

(∞)Esta guía docente debe ser cumplimentada siguiendo la "Normativa de Evaluación y de Calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada" ([http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ncg7121/!](http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ncg7121/))

	<p>HORARIO DE TUTORÍAS Y/O ENLACE A LA PÁGINA WEB DONDE PUEDAN CONSULTARSE LOS HORARIOS DE TUTORÍAS<sup>(1)</sup></p>
	<p>Prof. López Lacomba:  1er Cuatrimestre: Martes y Miércoles de 10:00 a 13:00h.  2º Cuatrimestre: Martes de 10:00 a 13:00h y Miércoles de 15:00 a 18:00h</p> <p>Pueden consultarse las tutorías de los miembros del Departamento de Física Aplicada en la siguiente dirección  <a href="http://fisicaaplicada.ugr.es/pages/profesorado">http://fisicaaplicada.ugr.es/pages/profesorado</a></p>
<p>GRADO EN EL QUE SE IMPARTE</p>	<p>OTROS GRADOS A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR</p>
<p>Grado en Física. Doble Grado en Física y Matemáticas</p>	
<p>PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES(si procede)</p> <p>Sería deseable tener cursadas las asignaturas básicas del primer curso del Grado, en particular Física General I y II, Análisis Matemático I y II, Álgebra lineal, Geometría y Técnicas Experimentales Básicas.</p>	
<p>BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL GRADO)</p>	
<p>Formalismo de la Termodinámica: Primer y Segundo Principio y potenciales termodinámicos.  Condiciones de equilibrio y estabilidad. Transiciones de fase.  Tercer Principio de la Termodinámica.  Introducción a los procesos irreversibles.  Técnicas experimentales en Termodinámica.</p>	
<p>COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS</p>	
<p><b>Transversales o Generales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CT1 Capacidad de análisis y síntesis.</li> <li>• CT2 Capacidad de organización y planificación.</li> <li>• CT3 Comunicación oral y/o escrita.</li> <li>• CT6 Resolución de problemas.</li> <li>• CT7 Trabajo en equipo.</li> <li>• CT8 Razonamiento crítico.</li> <li>• CT10 Creatividad.</li> </ul> <p><b>Específicas:</b></p>	



- CE1: Conocer y comprender los fenómenos y las teorías físicas más importantes.
- CE2: Estimar órdenes de magnitud para interpretar fenómenos diversos.
- CE4: Medir, interpretar y diseñar experiencias en el laboratorio o en el entorno
- CE5: Modelar fenómenos complejos, trasladando un problema físico al lenguaje matemático.
- CE7: Transmitir conocimientos de forma clara tanto en ámbitos docentes como no docentes.
- CE9: Aplicar los conocimientos matemáticos en el contexto general de la física.

#### OBJETIVOS (EXPRESADOS COMO RESULTADOS ESPERABLES DE LA ENSEÑANZA)

- Asimilar los niveles macroscópico y microscópico de descripción de los estados de equilibrio
- Conocer los Principios de la Termodinámica y sus consecuencias
- Conocer los potenciales termodinámicos como descripción completa de un sistema termodinámico
- Comprender la relación directa entre el formalismo termodinámico y los experimentos
- Utilizar el formalismo termodinámico, junto con información adicional (ecuaciones de estado, calores específicos), para la resolución de problemas particulares.
- Conocer los principios, técnicas e instrumentos de medida y los fenómenos de interés en Termodinámica

#### TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA

##### TEMARIO TEÓRICO:

##### **Tema 1. Introducción a la Termodinámica.**

Terminología: Termodinámica y ciencias afines. Sistemas termodinámicos. Carácter de la Termodinámica. Diferentes enfoques.

##### **ENFOQUE TRADICIONAL.**

##### **Tema 2. Conceptos previos.**

Sistemas termodinámicos: contorno, medio, interacciones entre sistemas: paredes, ligaduras internas. Equilibrio termodinámico: variables y estados termodinámicos, parámetros de estado. Sistemas simples y compuestos. Proceso de un sistema, procesos de sistemas simples. Trabajo realizado sobre un sistema simple.

##### **Tema 3. Principios de la Termodinámica.**

Principio cero: Temperatura empírica.

Primer Principio: Calor. Conservación de la energía. Máquinas termodinámicas.

Segundo Principio: Temperatura termodinámica. Entropía. Accesibilidad adiabática.

##### **ENFOQUE POSTULACIONAL.**

##### **Tema 4. Formalismo Termodinámico.**

Sistemas simples cerrados y abiertos.



Postulados de la Termodinámica (para sistemas monocomponentes)  
Transformadas de Legendre.  
Potenciales Termodinámicos. Homogeneidad y Formas de Euler.  
Derivadas primeras de los potenciales.  
Derivadas segundas.  
Interpretación física de las derivadas.  
Funciones de Massieu.

#### **Tema 5. Condiciones de equilibrio y estabilidad.**

Problema básico de la Termodinámica.  
Variaciones virtuales.  
Principios de máxima entropía y mínima energía.  
Condiciones de equilibrio mutuo.  
Desigualdades de Clausius y Gibbs.  
Principios de mínimo de los potenciales.  
Condiciones de estabilidad.

#### **Tema 6. Fases en equilibrio.**

Fases de sistemas simples monocomponentes.  
Coexistencia de fases.  
Discontinuidades en el volumen y la entropía molares.  
Estados metaestables.  
Cambios de fase de segundo orden.  
Punto crítico.

#### **Tema 7. Tercer Principio.**

Funciones de estado en el cero absoluto.  
Postulados de Nernst y Planck.

#### **Tema 8. Introducción a los procesos Irreversibles.**

Hipótesis del equilibrio local.  
Ecuaciones de balance.  
Producción de entropía.  
Ecuaciones fenomenológicas.  
Aplicaciones sencillas.

#### **TEMARIO PRÁCTICO:**

Prácticas de Laboratorio

Práctica 1. Radiación del cuerpo negro.

Práctica 2. Determinación del coeficiente adiabático de un gas: método acústico y experiencia de Clement-Desormes.

Práctica 3. Efecto Peltier.

Práctica 4. Determinación del coeficiente de Joule-Kelvin.

Práctica 5. Termodinámica de pilas galvánicas: pila de Clark.

Efusión de gases: Masa molecular y diámetro molecular.

Práctica 6. Calibrado de un termistor.

Práctica 7. Propagación del calor en una barra metálica: ondas térmicas.



Práctica 8. Curva de calentamiento: ley de Newton.  
Práctica 9. Determinación del calor específico a presión constante de un líquido.  
Práctica 10. Variación de la presión de vapor de un líquido con la temperatura.  
Práctica 11. Determinación de la tensión superficial: método de Jaeger y ley de Tate.  
Práctica 12. Fenómenos termoeléctricos: estudio del termopar Fe-Cu.  
Práctica 13. Transición de fase L-V y punto crítico.  
Práctica 14. Dilatación.  
Práctica 15. Conductividad térmica de sólidos.  
Práctica 16. Termodinámica de sistemas elásticos.  
Práctica 17. Colector solar.  
Práctica 18. Transición ferromagnética-paramagnética en sólidos.  
Práctica 19. Bomba de calor.  
Práctica 20. Determinación del calor específico a presión constante de un sólido.  
Práctica 21. Función de distribución de Maxwell-Boltzmann.  
Práctica 22. Leyes de los gases: ley de Boyle.  
Práctica 23. Capacidad calorífica de los gases.

## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:

- Biel Gayé, J. *Formalismo y métodos de la Termodinámica*, Vol. 1 Y 2 , Reverté, Barcelona, 1998.
- Callen, H.B. *Termodinámica*, Editorial AC, Madrid, 1981.
- Zemansky, M.W. y Dittman, R.H., *Calor y Termodinámica*, McGraw-Hill, Madrid, 1984.
- Adkins, C.J., *Termodinámica del Equilibrio*, Reverté, Barcelona, 1997.
- de Groot, S. R. and Mazur, P. *Non-equilibrium Thermodynamics*, North-Holland Pub, Amsterdam, 1962.

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

- Andrews, F. C., *Thermodynamics*, Pergamon Press, London, 1964.
- Guggenheim, E. A., *Thermodynamics*, North-Holland Pub. Co. Amsterdam, 1967.
- ter Haar, D. and Wergeland, H. N. S., *Thermodynamics*, Addison-Wesley Pub. Co., Reading, 1966.
- Hsieh, J. S., *Principles of Thermodynamics*, Mc Graw-Hill, New Cork, 1975
- Kestin, J., *A Course in Thermodynamics*, Blaisdell Pub. Co., Amsterdam, 1968.
- Kondepudi, D, y Prigogine, I., *Modern Thermodynamics*. John Wiley & Sons, New York, 2006.
- Kubo, R., *Thermodynamics*, North- Holland Pub. Co., Amsterdam, 1968.
- Landsberg, P. T., *Thermodynamics*, Interscience Pub., New York, 1961.
- Münster, A., *Classical Thermodynamics*, Wiley-Interscience, London, 1970.
- Pellicer, J., y Mafé, S., *Cuestiones de Termodinámica*, Alhambra, Madrid, 1989.
- Stanley, M. E., *Introduction to Phase Transitions and Critical Phenomena*, Oxford Univ. Press, Oxford, 1971.
- Tejerina, A. F., *Termodinámica*, Paraninfo, Madrid, 1976.

## ENLACES RECOMENDADOS

- <http://ergodic.ugr.es/termo/> curso de Termodinámica del Prof. Garrido Galera, Catedrático de Física de la Materia Condensada de la Universidad de Granada. No sigue el enfoque de la asignatura pero se pueden encontrar temas interesantes, enlaces, problemas...



- [http://mediaplayer.group.cam.ac.uk/component/option,com\\_mediadb/task/view/idstr,CU-MSM\\_HB-TD-Thermodynamics/Itemid,69](http://mediaplayer.group.cam.ac.uk/component/option,com_mediadb/task/view/idstr,CU-MSM_HB-TD-Thermodynamics/Itemid,69) página web sobre Termodinámica de la Univ. de Cambridge, hay vídeos, etc...
- <http://web.mit.edu/16.unified/www/FALL/thermodynamics/> página Web del profesor Spakovszky del M. I. T. que incluye un curso de Termodinámica más orientado a la ingeniería que el que proponemos aquí.
- <http://ocw.mit.edu/OcwWeb/Physics/index.htm> Lugar (del M. I.T.) donde encontrar cursos de pregrado y de postgrado de distintas materias de Física. Incluye cursos, notas de clase, problemas resueltos y una lista de los exámenes realizados durante los últimos años con sus soluciones.
- <http://www.youtube.com/watch?v=dHTSbgjJUCM>

## METODOLOGÍA DOCENTE

### 1. Clases teóricas-expositivas:

Descripción: Presentación en el aula de los conceptos fundamentales y desarrollo de los contenidos de mayor dificultad e importancia conceptual. Se propondrá al alumnado completar algunos desarrollos y la realización de estudios de casos particulares que se revisarán en clases de problemas y/o tutorías.

Propósito: Transmitir los contenidos de la asignatura motivando en el alumnado la reflexión y la iniciativa, facilitándole el descubrimiento de las relaciones entre diversos conceptos y contribuyendo al desarrollo de una mentalidad *física* crítica.

### 2. Clases prácticas de problemas:

Descripción: Al comienzo de cada tema de teoría se proporcionan relaciones de problemas con objeto de que puedan ir resolviéndolos conforme se avanza en el estudio. Con posterioridad podrán presentar algunos de ellos resueltos y se resolverán otros en clase por parte del profesor o de los estudiantes.

Propósito: Fomentar las habilidades analíticas de los estudiantes y el dominio de los conceptos teóricos.

### 3. Clases prácticas de laboratorio:

Descripción: Se propone la realización de 6 prácticas de laboratorio y una sesión de recuperación para quien la necesite (20 horas presenciales)

Propósito: Conocer los principios, técnicas e instrumentos de medida y fenómenos de interés en Termodinámica.

## EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)

### EVALUACIÓN CONTINUA:

- Al finalizar el primer cuatrimestre, se realizará una prueba parcial de los contenidos vistos en clase hasta esa fecha (teoría y problemas), que computará a la nota final de la asignatura con un peso total del 40%.
- Examen final de teoría-problemas de la asignatura que supondrá otro 30% de la nota final.
- La realización y entrega de prácticas de laboratorio supondrá un 20% de la calificación final.
- El 10% restante provendrá de la realización de pruebas y/o ejercicios en clase.

Tras la realización del examen del primer cuatrimestre el alumno podrá optar por realizar un examen final ampliado que supondría, en su caso, el 70 % de la calificación final



Para promediar como se indica en los apartados anteriores, es necesario obtener al menos 4.5 puntos sobre 10, tanto el bloque de las prácticas de la asignatura como en la prueba parcial y examen final (o examen final ampliado si es el caso).

**CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA.**

Examen final con preguntas de teoría y problemas de la materia impartida en clase (80%) y examen de prácticas (20%)  
Para aprobar la asignatura se deberá obtener al menos 4.5 puntos en cada examen.

**DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS QUE FORMARÁN PARTE DE LA EVALUACIÓN ÚNICA FINAL ESTABLECIDA EN LA “NORMATIVA DE EVALUACIÓN Y DE CALIFICACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA”**

**EVALUACIÓN ÚNICA FINAL.** Según se contempla en la “Normativa de Evaluación y de Calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada” aquellos estudiantes que, en los supuestos contemplados en dicha normativa, no puedan cumplir con el método de evaluación continua, podrán solicitar al Director del Departamento de acuerdo con dicha normativa, acogerse a la evaluación única final. En tal caso, la nota final se obtendrá mediante dos pruebas:

- La primera, que se realizará en la misma fecha que la convocatoria ordinaria y que representará un 80 % de la calificación final, consistirá en un examen en la que se evaluarán los contenidos teóricos y la resolución de problemas de la asignatura.
- La segunda, que supondrá el 20% de la calificación final consistirá en un examen de prácticas.

Para aprobar la asignatura se deberá obtener al menos 4.5 puntos en cada prueba.

Adicionalmente y para todas las convocatorias:

Todo lo relativo a la evaluación se regirá por la normativa sobre planificación docente y organización de exámenes vigente en la Universidad de Granada.

El sistema de calificaciones se expresará mediante calificación numérica de acuerdo con lo establecido en el art. 5 del R. D 1125/2003, de 5 de septiembre, por el que se establece el sistema europeo de créditos y el sistema de calificaciones en las titulaciones universitarias de carácter oficial y validez en el territorio nacional.

En cualquier caso, y siguiendo las recomendaciones de la CRUE y del Secretariado de Inclusión y Diversidad de la UGR, los sistemas de adquisición y de evaluación de competencias recogidos en esta guía docente se aplicarán conforme al principio de diseño para todas las personas, facilitando el aprendizaje y la demostración de conocimientos de acuerdo a las necesidades y la diversidad funcional del alumnado.

**INFORMACIÓN ADICIONAL**

