

## TERMODINÁMICA

Curso 2018-19

Fecha última actualización 2/05/2018

Fecha de Aprobación en Consejo de Dpto. de F. Aplicada 3/05/2018

Fecha de Aprobación en Consejo de Dpto. de Electromagnetismo y Física de la Materia  
14/05/2018

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
TERMODINÁMICA Y FÍSICA ESTADÍSTICA	TERMODINÁMICA	2º	1º y 2º	12 ECTS	Obligatoria
<b>PROFESOR(ES)</b>			<b>DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)</b>		
<p><b>Grupo A (Teoría)</b> Roque Hidalgo Álvarez  <b>Grupo B (Teoría)</b> Antonio I. López Lacomba  <b>(Prácticas A y B)</b>                      Francisco Martínez López                      Daniel Pérez Ramírez                      Juan de Vicente Álvarez-Manzaneda</p>			<p>Facultad de Ciencias                      Dpto. de Física Aplicada: despachos nº 8, 19 y SF1, teléf.: 958-243 213 , - 240 073 , -249 751, 245 148. <a href="mailto:rhidalgo@ugr.es">rhidalgo@ugr.es</a>, <a href="mailto:franciscomlop@ugr.es">franciscomlop@ugr.es</a>, <a href="mailto:dperez@ugr.es">dperez@ugr.es</a>, <a href="mailto:jvicente@ugr.es">jvicente@ugr.es</a>.                      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>		
			<b>HORARIO DE TUTORÍAS</b>		
			<p>Prof. Roque Hidalgo Álvarez. Lunes y martes: 13:00-15:00 h, miércoles y jueves: 13:00-14:00 h.                      Prof. Francisco Martínez López, Martes y Miércoles y Jueves: 12:00-14:00                      Prof. Daniel Pérez Ramírez, Viernes de 8:00 -14:00                      Prof. Juan de Vicente: Martes y Miércoles de 12:00 – 15:00.                      Prof. López Lacomba: Martes y Miércoles de 10:00 a 13:00</p>		



GRADO EN EL QUE SE IMPARTE	OTROS GRADOS A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR
Grado en Física	
<b>PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES (si procede)</b>	
Sería deseable tener cursadas las asignaturas básicas del primer curso del Grado, en particular Física General I y II, Análisis Matemático I y II y Álgebra lineal y Geometría.	
<b>BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL GRADO)</b>	
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.	
<b>COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS</b>	
<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> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CE1: Conocer y comprender los fenómenos y las teorías físicas más importantes.</li> <li>• CE2: Estimar órdenes de magnitud para interpretar fenómenos diversos.</li> <li>• CE4: Medir, interpretar y diseñar experiencias en el laboratorio o en el entorno</li> <li>• CE5: Modelar fenómenos complejos, trasladando un problema físico al lenguaje matemático.</li> <li>• CE7: Transmitir conocimientos de forma clara tanto en ámbitos docentes como no docentes.</li> <li>• CE9: Aplicar los conocimientos matemáticos en el contexto general de la física.</li> </ul>	
<b>OBJETIVOS (EXPRESADOS COMO RESULTADOS ESPERABLES DE LA ENSEÑANZA)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asimilar los niveles macroscópico y microscópico de descripción de los estados de equilibrio</li> <li>• Conocer los Principios de la Termodinámica y sus consecuencias</li> </ul>	



- 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.

## BIBLIORAFÍA

### 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 Termodinamica*, 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/> páginaWeb 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*.

Duración: 75 horas presenciales.

### 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.

Duración: 25 horas presenciales.

### 3. Clases prácticas de laboratorio:

Descripción: Se propone la realización de 5 prácticas de laboratorio. Cada una de ellas consta de 1 hora de exposición teórica del fenómeno a estudiar y 3 horas para su realización práctica en el laboratorio

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

Duración: 20 horas presenciales.

## PROGRAMA DE ACTIVIDADES

Primer cuatrimestre	Temas del temario	Actividades presenciales (NOTA: Modificar según la metodología docente propuesta para la asignatura)						Actividades no presenciales (NOTA: Modificar según la metodología docente propuesta para la asignatura)			
		Sesiones teóricas (horas)	Sesiones prácticas (horas)	Exposiciones y seminarios (horas)	Tutorías colectivas (horas)	Exámenes (horas)	Etc.	Tutorías individuales (horas)	Estudio y trabajo individual del alumno (horas)	Trabajo en grupo (horas)	Etc.
Semana 1											
Semana 2											
Semana 3											
Semana 4											
Semana 5											
...											



...											
...											
...											
...											
<b>Total horas</b>											

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

**EVALUACIÓN CONTINUA**

- Exámenes parciales de teoría-problemas. Sólo se elimina materia si se aprueban ambos parciales. Examen final de teoría-problemas, 70% de la calificación.
- Resultados de los problemas propuestos durante el curso, 10% de la calificación.
- Resultados de las prácticas de laboratorio, 20% de la calificación.

**EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA**

Examen final con preguntas teóricas, problemas y prácticas relativas a la materia impartida en clase.

**EVALUACIÓN ÚNICA**

Se contempla una evaluación única final para aquellos estudiantes que acogiéndose a la normativa vigente en la UGR la soliciten a principio de curso. La prueba consistirá en un examen sobre los contenidos teóricos y prácticos de la asignatura.

**INFORMACIÓN ADICIONAL**

