



Grado en Física (curso 2026-27)

Termodinámica del No-Equilibrio	Código	800508	Curso	3º	Sem.	2º
Módulo	Física Fundamental	Materia	Obligatoria de Física Fundamental	Tipo	optativo	

	Total	Teóricos	Práct./Semin.
Créditos ECTS	6	4	2
Horas presenciales	45	30	15

Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)
• Conocer el formalismo termodinámico aplicable a sistemas fuera del equilibrio. • Ser capaz de aplicar la termodinámica del no equilibrio al estudio de procesos en diferentes sistemas físicos. • Ser capaz de comprender el comportamiento de sistemas muy alejados del equilibrio. • Conocer las limitaciones de la termodinámica en tiempo infinito.
Breve descripción de contenidos
Leyes de conservación. Ecuaciones de balance. Ecuaciones fenomenológicas. Relaciones de Onsager. Estados estacionarios. Producción mínima de entropía. Aplicaciones: procesos en sistemas homogéneos, continuos y heterogéneos. Sistemas muy alejados del equilibrio. Termodinámica en tiempo finito.
Conocimientos previos necesarios
Termodinámica. Laboratorio de Física II (Termodinámica). Cálculo. Tensores.

Profesor/a coordinador/a	Chantal Valeriani			Dpto.	EMFTEL
	Despacho	01.119.0	e-mail	cvaleriani@ucm.es	

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado								
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	2	M, J	9:00 – 10:30	Vicenta María Barragán García	Todo el semestre	45	T/P	EMFTEL
B (inglés)	3 11	Mo Th	10:30-12:00 9:00-10:30	Miguel Ruiz García	They will alternate throughout the course	30	T/E	EMFTEL
				Chantal Valeriani		15	T/E	EMFTEL
C	2	X V	11:30 – 13:00 12:00 – 13:30	Chantal Valeriani	Se alternarán a lo largo del curso	30	T/P	EMFTEL
				Luis Dinís Vizcaíno		15	T/P	
D	2	L X	17:00 – 18:30 16:30 – 18:00	Armando Relaño Pérez	Todo el semestre	45	T/P	EMFTEL

Tutorías				
Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Vicenta María Barragán García	1er. semestre L: 11:30-13:00 M:12:30-14:00 +3h online de L a J 2º semestre M,J: 11:30-13:00 +3h online de L a J	vmbarra@ucm.es	03.113.0
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)			
C	Valeriani Chantal	L,M: 13:30-15:30 X: 13:30-15:30 online	cvaleriani@ucm.es	01.119.0
	Luis Dinis Vizcaíno	L 14:30-15:30 J 11:30-12:30 V 15:00-16:00 +3 h online	ldinis@ucm.es	03.215.0
D	Armando Relaño Pérez	L,X: 11:00-13:00 Las dos horas restantes, online o previa petición de cita por correo electrónico	armando.relano@fis.ucm.es	01.110.0

Programa de la asignatura
Revisión de los fundamentos de la Termodinámica del equilibrio. Principios de la Termodinámica. Ecuación fundamental de la Termodinámica. Potenciales termodinámicos. Equilibrio y estabilidad. Reacciones químicas. Descripción del formalismo termodinámico. Leyes de conservación y ecuaciones de balance. Postulado de equilibrio local. Ecuaciones de evolución para la masa, energía, momento, carga y concentración. Formulación local del Segundo Principio de la Termodinámica. Flujo de entropía y producción de entropía. Termodinámica de los Procesos Irreversibles. Régimen lineal. Ecuaciones y coeficientes fenomenológicos. Relaciones de reciprocidad de Onsager. Principio de Curie. Estados estacionarios Producción de entropía. Teorema de mínima producción de entropía y sus limitaciones Procesos simples Balance entrópico. Ecuaciones fenomenológicas y relaciones recíprocas de Onsager. Conducción térmica. Difusión simple. Conducción eléctrica. Reacciones químicas. Procesos acoplados Balance entrópico. Ecuaciones fenomenológicas y relaciones recíprocas de Onsager. Termoelectricidad. Termodifusión. Reacciones químicas acopladas. Motores moleculares. Efectos electrocinéticos y procesos en membranas. Introducción a los sistemas muy alejados del equilibrio. Régimen no lineal. Estabilidad en sistemas alejados del equilibrio. Bifurcaciones. Estructuras disipativas. Patrones termo-hidrodinámicos: convección de Rayleigh-Bénard, convección de

Bénard-Marangoni, vórtices de Taylor. Sistemas químicos oscilantes: Brusselator, Belousov-Zhabotinsky. Patrones espacio-temporales: estructuras Turing, simetría quiral.

9. Termodinámica en Tiempo Finito.

Revisión del ciclo de Carnot. Sistemas endorreversibles.

Bibliografía

Básica:

- Kondepudi, D., Prigogine, I. *Modern Thermodynamics. From Heat Engines to Dissipative Structures*. (Wiley Interscience, London). 1998
- Prigogine, I. *Introducción a la Termodinámica de los Procesos Irreversibles*. (Selecciones Científicas, Madrid). 1974
- Lebon, G., Jou, D., Casas-Vázquez, J. *Understanding Non-Equilibrium Thermodynamics: Foundations, Applications, Frontiers*. (Springer-Verlag, Berlin). 2008
- R. Haase. *Thermodynamics of Irreversible Processes*, (Dover, London). 1990.
- García Villaluenga, J.P., Relaño Pérez, A. *Termodinámica en sistemas fuera del equilibrio*. (Ediciones Complutense, Madrid). 2018

Complementaria:

- De Groot, S.R., Mazur, P. *Non-Equilibrium Thermodynamics*. (Dover, London). 1984
- Demirel, Y. *Nonequilibrium Thermodynamics*. (Elsevier, Amsterdam). 2007
- Jou, D., Llebot, J.E. *Introducción a la Termodinámica de los Procesos Biológicos*. (Editorial Labor, Barcelona). 1989
- Glandsdorff, P., Prigogine, I. *Structure, Stability and Fluctuations*. (Wiley Interscience, London). 1971
- Nicolis, G., Prigogine, I. *Self-organization in nonequilibrium systems. From dissipative structures to order through fluctuations*. (Wiley Interscience, New York). 1977

Recursos en internet

En Campus virtual de la UCM: <https://www.ucm.es/campusvirtual>

Metodología

Se desarrollarán las siguientes actividades formativas:

- Lecciones de teoría donde se explicarán los principales conceptos de la materia.
- Clases prácticas de problemas y actividades dirigidas. Se suministrarán a los estudiantes series de enunciados de problemas con antelación a su resolución en clase.

Evaluación

Realización de exámenes

Peso:

70%

Calificación final del apartado de realización de exámenes: N_{Exam} , comprendida entre 0 y 10.

Se realizará un examen final consistente en cuestiones teórico-prácticas y problemas. Para la realización del examen se podrán consultar las notas de clase y libros de teoría, de libre elección por parte del alumno.

Otras actividades de evaluación

Peso:

30%

Se podrán realizar las siguientes actividades de evaluación continua:

- Problemas y ejercicios entregados a lo largo del curso, de forma individual o en grupo.
- Pruebas online.

La calificación final de este apartado será $N_{\text{OtrasActiv}}$ y estará comprendida entre 0 y 10.

Calificación final

Calificación final:

$$C_{\text{Final}} = \max \{ 0.7N_{\text{Exam}} + 0.3N_{\text{OtrasActiv}}, N_{\text{Exam}} \}$$

Nota mínima final de exámenes para aplicar la ponderación: $N_{\text{Exam}} \geq 4$

Si $N_{\text{Exam}} < 4$ la nota en actas será $C_{\text{Final}} = N_{\text{Exam}}$

Tanto el criterio de calificación final como la calificación correspondiente a otras actividades se mantendrán en la convocatoria extraordinaria.