



Grado en Física (curso 2025-26)

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	Armando Relaño Pérez			Dpto.	EMFTEL
	Despacho	01.110.0	e-mail	armando.relano@fis.ucm.es	

Teoría/Prácticas - Detalle de horarios y profesorado - 2024/25								
Grupo	Aula	Día	Horario	Profesor	Fechas	horas	T/P	Dpto.
A	2	M, J	9:00 – 10:30	Juan Pedro García Villaluenga	Todo el cuatrimestre	45	T/P	EMFTEL
B (inglés)	3 11	Tu Th	10:30-12:00 9:00-10:30	Miguel Ruiz García	Full term	45	T/E	EMFTEL
C	2	X V	11:30 – 13:00	Chantal Valeriani	Se alternarán a lo largo del curso	30	T/P	EMFTEL
			12:00 – 13:30	Luis Dinís Vizcaíno		15	P	
D	2	L X	17:00 – 18:30 16:30 – 18:00	Armando Relaño Pérez	Todo el cuatrimestre	45	T/P	EMFTEL

Tutorías				
Grupo	Profesor	horarios	e-mail	Lugar
A	Juan Pedro García Villaluenga	V 9:00-12:00 h (+3 h no presenciales)	jpgarcia@ucm.es	01.117.0
B	ESTE GRUPO SE IMPARTE EN INGLÉS (ver ficha correspondiente)			
C	Valeriani Chantal	L,M:X: 13:30-15:30 y online	cvaleriani@ucm.es	01.119.0
	Luis Dinis Vizcaíno	L 14:30-15:30 h J 11-12 h V 10:30-11:30 h (+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. Termodinámica en Tiempo Finito. Revisión del ciclo de Carnot. Sistemas endorreversibles.

Bibliografía	
Básica:	
- Kondepudi, D., Prigogine, I. <i>Modern Thermodynamics. From Heat Engines to Dissipative Structures</i>. (Wiley Interscience, London). 1998 - Prigogine, I. <i>Introducción a la Termodinámica de los Procesos Irreversibles</i>. (Selecciones Científicas, Madrid). 1974 - Lebon, G., Jou, D., Casas-Vázquez, J. <i>Understanding Non-Equilibrium Thermodynamics: Foundations, Applications, Frontiers</i>. (Springer-Verlag, Berlin). 2008 R. Haase. <i>Thermodynamics of Irreversible Processes</i>, (Dover, London). 1990. - García Villaluenga, J.P., Relaño Pérez, A. <i>Termodinámica en sistemas fuera del equilibrio</i>. (Ediciones Complutense, Madrid). 2018	
Complementaria:	
- De Groot, S.R., Mazur, P. <i>Non-Equilibrium Thermodynamics</i>. (Dover, London). 1984 - Demirel, Y. <i>Nonequilibrium Thermodynamics</i>. (Elsevier, Amsterdam). 2007 - Jou, D., Llebot, J.E. <i>Introducción a la Termodinámica de los Procesos Biológicos</i>. (Editorial Labor, Barcelona). 1989 - Glandsdorff, P., Prigogine, I. <i>Structure, Stability and Fluctuations</i>. (Wiley Interscience, London). 1971 - Nicolis, G., Prigogine, I. <i>Self-organization in nonequilibrium systems. From dissipative structures to order through fluctuations</i>. (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%
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.		
Calificación final		
La calificación final se obtendrá promediando la nota del examen final (al 70%) y la evaluación continua (al 30%), excepto: a) si la calificación del examen es superior a dicho promedio, en cuyo caso la calificación final será igual a la del examen; b) la calificación del examen es inferior a 4 puntos, en cuyo caso la calificación final será también		

igual a la del examen.

La calificación de la convocatoria extraordinaria de julio se obtendrá siguiendo exactamente el mismo procedimiento de evaluación.