

	Contenidos Programáticos Programas de Pregrado	Código	FGA-23 v.03
		Página	1 de 4

FACULTAD: CIENCIAS BÁSICAS

PROGRAMA: FÍSICA

DEPARTAMENTO DE: FÍSICA Y GEOLOGÍA

CURSO: **CÓDIGO:**

ÁREA:

REQUISITOS: **CORREQUISITO:**

CRÉDITOS: **TIPO DE CURSO:**

FECHA ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN

JUSTIFICACIÓN

Tradicionalmente en los cursos de termodinámica se estudian los fenómenos relacionados con el calor y la energía en sistemas en equilibrio termodinámico, también llamados estáticos, o sistemas en transformaciones cuasi-estáticas que se definen como infinitesimalmente cerca del equilibrio. Sin embargo, las transformaciones reales de los procesos naturales reales se encuentran fuera del equilibrio; todo transporte de masa, energía o carga es fundamentalmente un proceso fuera del equilibrio. Este curso se propone estudiar dichos procesos desde una perspectiva orientada a la resolución de problemas, a partir del conocimiento teórico fundamental de la termodinámica fuera del equilibrio, tomando como tópicos especiales, sus avances recientes.

OBJETIVO GENERAL

El estudiante que finalice exitosamente este curso debe estar en la capacidad de aplicar los conceptos fundamentales del curso de termodinámica a los procesos fuera del equilibrio, mediante el estudio de la extensión de las leyes de la termodinámica a procesos fuera del equilibrio; así como la aplicación de dichos conceptos a problemas de transporte de cantidades físicas como el calor, la masa, la carga, etc.

	Contenidos Programáticos Programas de Pregrado	Código	FGA-23 v.03
		Página	2 de 4

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Mediante el aprendizaje del contenido programático del curso, el estudiante deberá estar en la capacidad de:
- ✓ Identificar la diferencia entre procesos en equilibrio termodinámico, transformaciones cuasi-estáticas, y transformaciones fuera del equilibrio.
- ✓ Reconocer las leyes de la termodinámica y entender su extensión a procesos fuera del equilibrio
- ✓ Resolver problemas de transporte de cantidades físicas en ejercicios ideales y aplicados.
- ✓ Identificar y aplicar fenómenos de transporte acoplados.
- ✓ Entender la imposibilidad real de los procesos cuasi-estáticos y resolver problemas más realistas que involucran tiempos finitos.
- ✓ Entender la termodinámica básica de los objetos mesoscópicos, y la importancia

COMPETENCIAS

- ✓ Leer y entender, en el idioma propio y en inglés, la literatura correspondiente a los temas fundamentales de la termodinámica avanzada.
- ✓ Reproducir los diferentes resultados de artículos y libros fundantes, a partir de los conceptos adquiridos en el curso.
- ✓ Adquirir paulatinamente la capacidad de generar nuevos resultados y conocimiento nuevo en el campo del curso y/o en la física en general
- ✓ Comunicar de forma clara y eficiente el conocimiento adquirido, a través de la práctica en competencias como la escritura de artículos y exposición oral de tópicos especiales, y/o el uso de TIC's y simulaciones.
- ✓ Crear proyectos académicos relativos a tópicos especiales de la termodinámica avanzada, y resolverlos eficientemente.

	Contenidos Programáticos Programas de Pregrado	Código	FGA-23 v.03
		Página	3 de 4

UNIDAD 1. REPASO DE LA TERMODINÁMICA EN EQUILIBRIO

TEMA	HORAS DE CONTACTO DIRECTO	HORAS DE TRABAJO INDEPENDIENTE DEL ESTUDIANTE
Definición de equilibrio termodinámico, reversibilidad e irreversibilidad.	3	6
Las leyes de la termodinámica. Formulación conceptual y matemática	3	6
Ecuación de Gibbs, Transformaciones de Legendre y potenciales termodinámicos.	3	6

UNIDAD 2. TERMODINÁMICA DE LOS PROCESOS IRREVERSIBLES

TEMA	HORAS DE CONTACTO DIRECTO	HORAS DE TRABAJO INDEPENDIENTE DEL ESTUDIANTE
Leyes de la termodinámica fuera del equilibrio. Sistemas abiertos. Estados estacionarios.	3	6
Flujos y fuerzas en el régimen lineal. Relaciones de Onsager	3	6
Aplicaciones a la conducción de calor, transporte de masa y fluidos.	3	6

UNIDAD 3. FENÓMENOS DE TRANSPORTE ACOPLADOS

TEMA	HORAS DE CONTACTO DIRECTO	HORAS DE TRABAJO INDEPENDIENTE DEL ESTUDIANTE
Conducción eléctrica. Fenómenos termoeléctricos.	3	6
Termo-difusión. Acople de transporte de masa y calor.	3	6
Difusión a través de una membrana. Producción de entropía. Relaciones fenomenológicas.	3	6

	Contenidos Programáticos Programas de Pregrado	Código	FGA-23 v.03
		Página	4 de 4

UNIDAD 4. TERMODINÁMICA DE TIEMPOS FINITOS

TEMA	HORAS DE CONTACTO DIRECTO	HORAS DE TRABAJO INDEPENDIENTE DEL ESTUDIANTE
El ciclo de Carnot finito. El modelo de Curzon–Ahlborn	3	6
Restricciones económicas y ecológicas.	3	6
Atmósfera terrestre. Balance energético del planeta. Calentamiento global.	3	6

UNIDAD 5. TERMODINÁMICA MESOSCÓPICA

TEMA	HORAS DE CONTACTO DIRECTO	HORAS DE TRABAJO INDEPENDIENTE DEL ESTUDIANTE
Fluctuaciones. Relaciones recíprocas de Onsager–Casimir	3	6
Teorema de fluctuación-disipación. Fluctuaciones en estados estacionarios.	3	6
Teoremas de fluctuaciones. Movimiento Browniano y otras aplicaciones.	3	6
Investigación en tópicos especiales	3	6

METODOLOGÍA

Al inicio de cada clase se estimulará una discusión colectiva sobre los temas a desarrollar para introducir mediante preguntas, los temas de interés. Mediante una exposición magistral se hará una explicación del tópico mediante ejemplos ilustrativos y algunas demostraciones matemáticas, usando por lo menos una simulación gráfica por tema para profundizar el temario. Al final de cada tema desarrollado serán asignados diferentes ejercicios y quices para afianzar los conocimientos y preparar las evaluaciones parciales. Las evaluaciones parciales eventualmente pueden ser exposiciones individuales o grupales sobre tópicos especiales del curso, donde preferiblemente se implemente una simulación gráfica para mostrar.

	Contenidos Programáticos Programas de Pregrado	Código	FGA-23 v.03
		Página	5 de 4

SISTEMA DE EVALUACIÓN

- ✓ La evaluación completa del primer y segundo corte corresponden al 35% de la nota del semestre. El tercer corte tendrá un porcentaje del 30%.
- ✓ Cada parcial (uno por corte que completan 3 en total) tendrá una evaluación correspondiente al 20%
- ✓ Los ejercicios y quices serán tomados como talleres para la evaluación del 15 y/o 10% del porcentaje que completa la evaluación de cada corte.

BIBLIOGRAFÍA DISPONIBLE EN UNIDAD DE RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

- ✓ Lebon, G., Jou, D., & Casas-Vázquez, J. (2008). Understanding non-equilibrium thermodynamics (Vol. 295). Berlin: Springer.
- ✓ Kleidon, A., & Lorenz, R. D. (Eds.). (2004). Non-equilibrium thermodynamics and the production of entropy: life, earth, and beyond. Springer Science & Business Media.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- ✓ Kondepudi, D., & Prigogine, I. (2014). Modern thermodynamics: from heat engines to dissipative structures. John Wiley & Sons.
- ✓ Prigogine, I. (1967). Introduction to thermodynamics of irreversible processes. New York: Interscience.

DIRECCIONES ELECTRÓNICAS DE APOYO AL CURSO

- <https://www.pnas.org/content/114/3/423>
- <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/nonequilibrium-thermodynamics>
- <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsta.2020.0066>
- <https://energy.concord.org/energy2d/>

	Contenidos Programáticos Programas de Pregrado	Código	FGA-23 v.03
		Página	6 de 4

UNIDAD No. 1						
NOMBRE DE LA UNIDAD: REPASO DE LA TERMODINÁMICA EN EQUILIBRIO						
COMPETENCIAS A DESARROLLAR:						
Aplicar los conceptos termodinámicos básicos visto en el curso de termodinámica. Usar el concepto de equilibrio en el marco de las leyes de la termodinámica Resolver los ciclos básicos para aplicarlos en las máquinas térmicas.						
CONTENIDOS	ACTIVIDADES A DESARROLLAR POR EL PROFESOR	HORAS CONTACTO DIRECTO	ACTIVIDADES A DESARROLLAR POR EL ESTUDIANTE	HORAS TRABAJO INDEPENDIENTE	HORAS ACOMPANAMIENTO AL TRABAJO INDEPENDIENTE	ESTRATEGÍAS DE EVALUACIÓN QUE INCLUYA LA EVALUACIÓN DEL TRABAJO INDEPENDIENTE
Equilibrio e irreversibilidad: Conceptualización y definiciones. Leyes de la termodinámica. Ley Cero. Ley uno y balance de energía. Segunda ley. Tercera ley. Ecuación de Gibbs. Relaciones fundamental y ecuación de estado. Relación de Euler. Relación de Gibbs–Duhem. El problema del equilibrio termodinámico. Transformaciones de Legendre. Potenciales termodinámicos. Principio de mínima energía.	Clase magistral mostrando simulación, y solución de problemas	12	Lectura de la bibliográfica y las notas de clase. Solución de taller de problemas y/o quices.	24	6	Solución de preguntas y problemas en los espacios de las asesorías. Revisión de la solución del taller y/o quices como preparación para el examen parcial.

	Contenidos Programáticos Programas de Pregrado	Código	FGA-23 v.03
		Página	7 de 4

UNIDAD No. 2						
NOMBRE DE LA UNIDAD: TERMODINÁMICA DE LOS PROCESOS IRREVERSIBLES						
COMPETENCIAS A DESARROLLAR						
Saber explicar los conceptos de fuera del equilibrio e irreversibilidad Aplicar las leyes de la termodinámica a sistemas fuera del equilibrio Resolver problemas de transporte en el régimen lineal.						
CONTENIDOS	ACTIVIDADES A DESARROLLAR POR EL PROFESOR	HORAS CONTACTO DIRECTO	ACTIVIDADES A DESARROLLAR POR EL ESTUDIANTE	HORAS TRABAJO INDEPENDIENTE	HORAS ACOMPAÑAMIENTO AL TRABAJO INDEPENDIENTE	ESTRATEGÍAS DE EVALUACIÓN QUE INCLUYA LA EVALUACIÓN DEL TRABAJO INDEPENDIENTE
Conceptos básicos Hipótesis de equilibrio local Balance de Entropía Leyes de la termodinámica fuera del equilibrio. Sistemas abiertos. Estados estacionarios. Flujos y fuerzas en el régimen lineal. Principio de producción mínima de entropía Aplicaciones a la conducción del calor, al transporte de masas y flujos de fluidos Conducción del calor en un cuerpo rígido Difusión de la materia en condiciones isotérmicas e isobáricas. Hidrodinámica Limitaciones de la teoría clásica de la termodinámica	Clase magistral mostrando simulación, y solución de problemas	12	Lectura de la bibliográfica y las notas de clase. Solución de taller de problemas y/o quices.	24	6	Solución de preguntas y problemas en los espacios de las asesorías. Revisión de la solución del taller y/o quices como preparación para el examen parcial.

	Contenidos Programáticos Programas de Pregrado	Código	FGA-23 v.03
		Página	8 de 4

UNIDAD No. 3						
NOMBRE DE LA UNIDAD: FENÓMENOS DE TRANSPORTE ACOPLADOS						
COMPETENCIAS A DESARROLLAR						
Resolver problemas de transporte de fenómenos acoplados Exponer un tópico especial relacionado con el curso						
CONTENIDOS	ACTIVIDADES A DESARROLLAR POR EL PROFESOR	HORAS CONTACTO DIRECTO	ACTIVIDADES A DESARROLLAR POR EL ESTUDIANTE	HORAS TRABAJO INDEPENDIENTE	HORAS ACOMPAÑAMIENTO AL TRABAJO INDEPENDIENTE	ESTRATEGÍAS DE EVALUACIÓN QUE INCLUYA LA EVALUACIÓN DEL TRABAJO INDEPENDIENTE
Conducción eléctrica Efectos termoeléctricos Leyes fenomenológicas Eficiencia de los generadores termoeléctricos Termodifusión: Acoplamiento del transporte de calor y masa Difusión a través de una membrana Producción de entropía Relaciones fenomenológicas. Aplicaciones en ingeniería Tópicos especial.	Clase magistral mostrando simulación, y solución de problemas	12	Lectura de la bibliográfica y las notas de clase. Solución de taller de problemas y/o quices. Preparación teórica de un tópico especial de aplicación.	24	6	Solución de preguntas y problemas en los espacios de las asesorías. Revisión de la solución del taller y/o quices como preparación para el examen parcial. Exposición oral del tópico especial de aplicación.

	Contenidos Programáticos Programas de Pregrado	Código	FGA-23 v.03
		Página	9 de 4

UNIDAD No. 4						
NOMBRE DE LA UNIDAD: TERMODINÁMICA DE TIEMPOS FINITOS						
COMPETENCIAS A DESARROLLAR						
<p>Aplicar la termodinámica fuera del equilibrio a máquinas térmicas reales con ciclos finitos en el tiempo</p> <p>Desarrollar la relación entre la termodinámica y fenómenos naturales como el calentamiento global.</p> <p>Reproducir resultados de investigación de un tópico especial relacionado con el curso</p>						
CONTENIDOS	ACTIVIDADES A DESARROLLAR POR EL PROFESOR	HORAS CONTACTO DIRECTO	ACTIVIDADES A DESARROLLAR POR EL ESTUDIANTE	HORAS TRABAJO INDEPENDIENTE	HORAS ACOMPANAMIENTO AL TRABAJO INDEPENDIENTE	ESTRATEGÍAS DE EVALUACIÓN QUE INCLUYA LA EVALUACIÓN DEL TRABAJO INDEPENDIENTE
<p>El ciclo de Carnot en tiempo finito</p> <p>El modelo de Curzon-Ahlborn:</p> <p>Pérdidas de calor</p> <p>Pérdidas por fricción</p> <p>Restricciones económicas y ecológicas</p> <p>La atmósfera de la Tierra como sistema de no-equilibrio y como un motor térmico</p> <p>El equilibrio energético de la Tierra</p> <p>Calentamiento global</p> <p>Transformación del calor solar en movimiento del viento</p> <p>Aplicaciones en ingeniería</p> <p>Tópicos especial.</p>	<p>Clase magistral mostrando simulación, y solución de problemas</p>	12	<p>Lectura de la bibliográfica y las notas de clase.</p> <p>Solución de taller de problemas y/o quices.</p> <p>Preparación teórica de un tópico especial de aplicación.</p>	24	6	<p>Solución de preguntas y problemas en los espacios de las asesorías .</p> <p>Revisión de la solución del taller y/o quices como preparación para el examen parcial.</p> <p>Preparación escrita de un artículo tipo científico.</p>

	Contenidos Programáticos Programas de Pregrado	Código	FGA-23 v.03
		Página	10 de 4

UNIDAD No. 5						
NOMBRE DE LA UNIDAD: TERMODINÁMICA MESOSCÓPICA						
COMPETENCIAS A DESARROLLAR						
<p>Aplicar los conceptos vistos en el curso a sistemas mesoscópicos</p> <p>Explicar la relación entre las fluctuaciones y la termodinámica de los sistemas mesoscópicos</p> <p>Comunicar mediante un artículo tipo científico los resultados de estudio del tópico especial.</p>						
CONTENIDOS	ACTIVIDADES A DESARROLLAR POR EL PROFESOR	HORAS CONTACTO DIRECTO	ACTIVIDADES A DESARROLLAR POR EL ESTUDIANTE	HORAS TRABAJO INDEPENDIENTE	HORAS ACOMPAÑAMIENTO AL TRABAJO INDEPENDIENTE	ESTRATEGÍAS DE EVALUACIÓN QUE INCLUYA LA EVALUACIÓN DEL TRABAJO INDEPENDIENTE
<p>La fórmula de Einstein: Segundos momentos de las fluctuaciones de equilibrio</p> <p>Derivación de las relaciones recíprocas de Onsager-Casimir</p> <p>Teorema de la fluctuación-disipación</p> <p>Teoría de Keizer: Fluctuaciones en estados estables de no-equilibrio</p> <p>estados estables</p> <p>Dinámica de las fluctuaciones</p> <p>Entropía de no equilibrio</p> <p>Termodinámica mesoscópica de no equilibrio</p> <p>Movimiento browniano con inercia</p> <p>Otras aplicaciones</p>	<p>Clase magistral mostrando simulación, y solución de problemas</p>	16	<p>Lectura de la bibliográfica y las notas de clase.</p> <p>Solución de taller de problemas y/o quices.</p> <p>Preparación teórica de un tópico especial de aplicación.</p>	32	8	<p>Solución de preguntas y problemas en los espacios de las asesorías .</p> <p>Revisión de la solución del taller y/o quices como preparación para el examen parcial.</p> <p>Finalización de un artículo tipo científico.</p>