

PROGRAMA DE CURSO MECÁNICA ESTADÍSTICA

A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Física (DFI)					
Nombre del curso	Mecánica estadística	Código	F14104	Créditos	9	
Nombre del curso en inglés	<i>Statistical Mechanics</i>					
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	2	Trabajo personal	7
Carácter del curso	Obligatorio	X		Electivo		
Requisitos	F14001: Mecánica cuántica					

B. Propósito del curso:

El curso tiene como propósito que los y las estudiantes apliquen los métodos de la Mecánica Estadística, para describir las propiedades de equilibrio de sistemas macroscópicos clásicos y cuánticos.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE1: Aplicar los conceptos básicos de la física para la descripción y modelamiento de fenómenos en las diversas áreas de la disciplina.

CE2: Formular y resolver ecuaciones que permiten describir y predecir el comportamiento de sistemas físicos, utilizando herramientas matemáticas y/o numéricas.

CE4: Evaluar la relevancia de los distintos factores que intervienen en la descripción de un fenómeno físico.

CG3: Compromiso ético

Actuar de manera responsable y honesta, dando cuenta en forma crítica de sus propias acciones y sus consecuencias, en el marco del respeto hacia la dignidad de las personas y el cuidado del medio social, cultural y natural.

C. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE1, CE4	RA1: Comprende la necesidad y utilidad de usar una descripción estadística para la representación de sistemas con muchos grados de libertad.
CE1, CE2	RA2: Aplica métodos de la Mecánica Estadística, tales como teoría de ensembles, el postulado de igualdad a priori, funciones de distribución entre otros, para describir las propiedades de equilibrio de sistemas macroscópicos clásicos y cuánticos.
CE4	RA3: Determina la relevancia o irrelevancia de los parámetros que caracterizan un sistema compuesto por muchos elementos, de modo de obtener soluciones aproximadas a las ecuaciones que caracterizan el equilibrio de este.
CE1, CE2	RA4: Resuelve problemas donde calcula las propiedades termodinámicas de la materia en equilibrio, considerando su descripción estadística.
CE1, CE2, CE4	RA5: Utiliza métodos de la mecánica estadística, tales como, fenómenos críticos, la teoría de Landau, entre otros, para la descripción de sistemas complejos entre los que se pueden mencionar cambios de fase (entre líquido y vapor, o entre ferromagneto y paramagneto).
CE4	RA6: Explica, a partir de cálculos que obtiene, las diferencias entre el comportamiento esperado de un conjunto de partículas, dependiendo de si se trata de fermiones o de bosones.
Competencias genéricas	Resultado de aprendizaje
CG3	RA7: Trabaja en sus tareas y ejercicios, demostrando responsabilidad y honestidad respecto de las actividades académicas y evaluaciones que realiza.

D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA2, RA3, RA4, RA7	Interpretación microscópica del equilibrio y distribución microcanónica clásica	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>1.1. Leyes de grandes números en sistemas discretos (ejemplo: binomial): Valores medios, valores más probables y fluctuaciones.</p> <p>1.1.1. Estados “raros” y tipicidad.</p> <p>1.1.2. Interpretación de Boltzmann de la irreversibilidad.</p> <p>1.2. Dinámica de sistemas clásicos continuos:</p> <p>1.2.1. Espacio de fase. Cuantización del espacio de fase.</p> <p>1.2.2. Ley de Liouville.</p> <p>1.2.3. Distribución microcanónica clásica</p> <p>1.2.4. Tiempos macroscópicos y mediciones. Interpretación de Gibbs de la estadística.</p> <p>1.3. Estadística de sistemas clásicos aislados:</p> <p>1.3.1. Estados accesibles y entropía de Boltzmann.</p> <p>1.3.2. Relación con la termodinámica.</p> <p>1.3.3. Tercera ley de la termodinámica.</p> <p>1.3.4. Distribución de Maxwell.</p> <p>1.3.5. Partículas distinguibles: paradoja de Gibbs.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> Interpreta y explica la relación entre dinámicas microscópicas conservativas y equilibrio macroscópico. Aplica la distribución microcanónica para calcular propiedades macroscópicas y microscópicas de sistemas simples. Calcula propiedades cinéticas de gases, usando la distribución de Maxwell. Ejecuta tareas o ejercicios demostrando responsabilidad respecto de los plazos y honestidad respecto de entregar sus propios resultados o realizar sus propios cálculos. 	
Bibliografía de la unidad		<p>[Ref 1. Cap 1,2,3.]</p> <p>[Ref 2. Cap 5,6.]</p> <p>[Ref 10: Cap. 1, 2]</p>	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA2, RA3, RA4	Teoría de ensembles y ensembles clásicos	4 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>2.1. Teoría de ensembles. Situaciones experimentales.</p> <p>2.1.1. Entropía de Gibbs.</p> <p>2.1.2. Transformaciones de Legendre.</p> <p>2.2. Distribución canónica</p> <p>2.2.1. Distribución de probabilidad de microestados.</p> <p>2.2.2. Relación con la termodinámica: energía libre de Helmholtz.</p> <p>2.2.3. Distribución de probabilidad de macroestados.</p> <p>2.2.4. El teorema de equipartición.</p> <p>2.2.5. Teoría de perturbaciones.</p> <p>2.3. Otros ensembles:</p> <p>2.3.1. Isobárico-isotérmico.</p> <p>2.3.2. Gran canónico: potencial químico.</p> <p>2.4. Aplicaciones:</p> <p>2.4.1. El gas ideal.</p> <p>2.4.2. La cuerda elástica y el colapso ultravioleta.</p> <p>2.4.3. El gas denso. La expansión virial.</p> <p>2.4.4. Procesos de adsorción.</p> <p>2.4.5. El sólido elástico clásico.</p> <p>2.4.6. Sistemas magnéticos y dieléctricos.</p> <p>2.4.7. Equilibrio en reacciones: Relación de potenciales químicos. Gases ionizados, ley de Saha.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Reconoce el ensemble adecuado para describir distintas configuraciones experimentales. 2. Aplica la distribución canónica, para calcular propiedades macroscópicas y microscópicas de sistemas simples. 3. Aplica las propiedades genéricas de sistemas clásicos en equilibrio termodinámico. 4. Reconoce las propiedades termodinámicas y estadísticas de sistemas clásicos en equilibrio termodinámico en distintos ensembles. 	
Bibliografía de la unidad		<p>[Ref 1, Cap. 3,4,7,10,12]</p> <p>[Ref 2, Cap. 6,7,8,9]</p> <p>[Ref 10: Cap 3, 4, 6, 10]</p>	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA2, RA6	Mecánica estadística cuántica	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
4.1. Distribución canónica de sistemas cuánticos 4.1.1. Aplicación en sistemas distinguibles: spines, niveles por sitio. 4.1.2. Dificultades para partículas distinguibles. 4.2. Espacio de Foch. 3.2.1 Rotulación de estados. 3.2.2 Energías en sistemas ideales e interactuantes		El/la estudiante: 1. Reconoce las implicancias estadísticas de la indistinguibilidad de las partículas cuánticas. 2. Calcula propiedades estadísticas de sistemas cuánticos en equilibrio termodinámico, donde no es relevante la distinguibilidad de las partículas. 3. Comprende el espacio de Foch como una extensión de la mecánica cuántica válida para el ensemble gran canónico.	
Bibliografía de la unidad		[Ref 10: Cap 5]. [Ref 2, Cap. 10, 11].	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA2, RA3, RA4, RA6	Gases ideales cuánticos	4 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
4.1. Partículas indistinguibles 4.1.1. Fermiones y bosones. Teorema spin-estadístico. 4.1.2. Números de ocupación promedio: distribución de Fermi-Dirac y Bose-Einstein. 4.1.3. Límite semiclásico: distribución de Boltzmann. 4.2. Fermiones. 4.2.1. Límites de alta y baja temperatura. 4.2.2. Temperatura, momento y presión de Fermi. 4.2.3. Aplicación en física del sólido y en astrofísica. 4.3. Bosones masivos. 4.3.1. Condensación de Bose-Einstein. 4.4. Bosones sin masa. 4.4.1. Fotones y fonones. 4.4.2. Distribución de Planck. 4.4.3. Radiación de cuerpo negro 4.4.4. Calor específico de un sólido a		El/La estudiante: 1. Comprende el significado de las distribuciones de Fermi-Dirac y Bose-Einstein y expresa las propiedades termodinámicas de un gas cuántico en términos de estas distribuciones. 2. Calcula las propiedades estadísticas y termodinámicas de gases ideales cuánticos en los límites de altas y bajas temperaturas y comprende el origen de las diferencias que surgen entre fermiones y bosones. 3. Calcula las propiedades estadísticas y termodinámicas de sistemas que se describen en términos de bosones sin masa. 4. Calcula las propiedades estadísticas y termodinámicas de gases moleculares, considerando los efectos clásicos y cuánticos.	

<p>bajas temperaturas.</p> <p>4.5. Aplicación a gases moleculares ideales.</p> <p>4.5.1. Separación del hamiltoniano en sus contribuciones traslacional, electrónica, vibracional y rotacional.</p> <p>4.5.2. Moléculas diatómicas bosónicas y fermiónicas.</p>	
Bibliografía de la unidad	<p>[Ref 1: Cap 5, 6]</p> <p>[Ref 2: Cap 12, 13, 14]</p> <p>[Ref 10: Cap 7, 8]</p>

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
	RA1, RA4, RA5, RA7	Transiciones de fase	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>5.1. Conceptos aplicados de la descripción termodinámica.</p> <p>5.1.1. Clasificación de transiciones de fase.</p> <p>5.1.2. Dedución intuitiva de las transiciones de fase. Transiciones energéticas y entrópicas.</p> <p>5.1.3. Diagrama de fases de sistemas simples. Fases sólidas, líquidas y gaseosas.</p> <p>5.2. Modelo de van der Waals y la ley de estados correspondientes.</p> <p>5.3. Descripción estadística.</p> <p>5.4. El modelo de Ising.</p> <p>5.4.1. Teoría de campo medio.</p> <p>5.4.2. Teoría de Landau.</p> <p>5.5. Fenómenos críticos</p> <p>Fenomenología.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Comprende y usa el concepto de parámetro de orden para describir transiciones de fase. 2. Aplica las teorías de Landau y de campo medio para describir transiciones de fase de primer y segundo orden. 3. Conoce el modelo de Ising y su fenomenología. 4. Conoce la fenomenología de las transiciones críticas. 	
Bibliografía de la unidad		<p>[Ref 1, Cap 8, 14]</p> <p>[Ref 2, Cap 16, 17, 18]</p>	

E. Estrategias de enseñanza - aprendizaje:

El curso considera las siguientes estrategias:

- Clases expositivas.
- Resolución de problemas: solución de casos particulares en las tareas, cátedras y clases auxiliares.
- Lectura de textos o artículos.

F. Estrategias de evaluación:

El curso considera las siguientes instancias de evaluación:

Tipo de evaluación	Resultado de aprendizaje asociado a la evaluación
• Tareas regulares.	Evalúan RA1, RA2, RA3, RA4, RA5, RA6, RA7
• Controles.	Evalúan RA1, RA2, RA3, RA4, RA5
• Examen.	Evalúan RA1, RA2, RA3, RA4, RA5

Al inicio del semestre, el cuerpo docente informará sobre el tipo y cantidad de evaluaciones que se considerarán durante el semestre y también la ponderación correspondiente.

G. Recursos bibliográficos:

Bibliografía obligatoria:

- [1] Física Estadística, Landau y Lifshitz.
- [2] Thermodynamics and Statistical Mechanics, Greiner, Neise y Stocker.
- [3] Physique Statistique, B. Diu et al.
- [4] Introductory Statistical Mechanics, 2nd Ed, R. Bowley y M. Sanchez.
- [5] Statistical Mechanics, Donald McQuarrie.
- [6] Introduction to Modern Statistical Mechanics, D. Chandler.
- [7] Statistical Mechanics, K. Huang.
- [8] Statistical Physics, F. Mandl.
- [9] Fundamentals of Statistical Thermal Physics, Reif.
- [10] Statistical Mechanics, R. K. Pathria & Paul D. Beale.

Bibliografía complementaria:

- [11] Statistical Mechanics: Entropy, Order Parameters and Complexity, James P. Sethna.

H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

Vigencia desde:	Primavera, 2021
Elaborado por:	Rodrigo Soto, Fernando Lund
Validado por:	Validación académico par: Álvaro Núñez, Felipe Barra Validación CTD del Departamento de Física
Revisado por:	Área de Gestión Curricular