



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICO-QUÍMICAS Y NATURALES

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

CARRERA/S: LICENCIATURA EN FÍSICA

PLAN DE ESTUDIOS: 2010

ASIGNATURA: TERMODINÁMICA Y MECÁNICA ESTADÍSTICA II  
CÓDIGO: 2254

DOCENTE RESPONSABLE: DR. LUCAS BARBERIS

EQUIPO DOCENTE: DR. JORGE LUIS BLENGINO ALBRIEU

AÑO ACADÉMICO: 2019

RÉGIMEN DE LA ASIGNATURA: cuatrimestral (2° Cuatrimestre)

RÉGIMEN DE CORRELATIVIDADES:

Aprobadas	Regular
2247 Métodos Matemáticos de la Física	2249 Física Moderna II
2248 Física Moderna I	2250 Mecánica Cuántica I
	2251 Termodinámica y Mecánica Estadística I

CARGA HORARIA TOTAL: 112 hs

TEÓRICAS: 56 hs PRÁCTICAS: 56 hs

CARÁCTER DE LA ASIGNATURA: Obligatoria

## A. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA ASIGNATURA

La asignatura Termodinámica y Mecánica Estadística II corresponde al segundo cuatrimestre del cuarto año de la carrera. Durante el cursado, el alumno debe incorporar modelos matemáticos para resolver problemas de Termodinámica Estadística. Las herramientas matemáticas desarrolladas dentro de cada formalismo serán utilizadas en otras materias correspondientes al ciclo superior de la carrera de Licenciatura en Física.

## B. OBJETIVOS PROPUESTOS

El objetivo principal de la asignatura es que el alumno incorpore a su bagaje de conocimientos los métodos específicos de la mecánica estadística con las cuales es posible deducir las propiedades fundamentales de sistemas macroscópicos.

En este marco, el alumno debe familiarizarse con los diferentes ensambles y estadísticas que describen la dinámica de gases clásicos y cuánticos además de algunas aplicaciones a sistemas más generales presentes en biología, geología y otras ramas del conocimiento.

El alumno debe conocer y comprender el conjunto de fenómenos físicos presentado, las leyes que los rigen y los modelos propuestos para describirla. Deberá comprender que estos últimos poseen un dominio de aplicación y conocer su formulación en lenguaje matemático.

El alumno deberá ser capaz de implementar computacionalmente problemas específicos que muestran la conexión de la mecánica estadística con la física computacional.

## C. CONTENIDOS BÁSICOS DEL PROGRAMA A DESARROLLAR

Distribuciones de probabilidad que maximizan la entropía en sistemas dinámicos. Herramientas computacionales para simular ensambles (Python). Ensamblés estadísticos. Fluctuaciones. Teorema de Liouville. Distribución de Maxwell-Boltzmann. Operador densidad. Ensamblés cuánticos. Estadística de Fermi-Dirac. Ecuación de estado para un gas ideal de Fermi. Estadística de Bose-Einstein. Ecuación de estado para un gas ideal de Bose. Calor específico en sólidos. Condensado de Bose-Einstein. Modelo de Ising. Teoría de campo medio. Otros sistemas fuera de la física “dura”. Sistemas fuera del equilibrio.

## D. FUNDAMENTACIÓN DE LOS CONTENIDOS

Los conceptos desarrollados en la materia contienen una serie de elementos básicos de la teoría de Mecánica Estadística con los cuales es posible deducir propiedades

macroscópicas de un sistema a partir del conocimiento de la física microscópica del mismo.

#### E. ACTIVIDADES A DESARROLLAR

Las actividades a desarrollar se basan en la intención de favorecer el aprendizaje de Mecánica Estadística aprovechando los métodos matemáticos, analíticos y numéricos básicos, para la descripción del mundo físico, incluyendo en particular la elaboración de teorías y modelos.

Las clases tendrán la modalidad teórico-prácticas. En la parte teórica se presenta el formalismo teórico asociado a diversos problemas de Mecánica Estadística. Para favorecer la integración entre los contenidos teóricos y los fenómenos físicos, se presentan ejemplos que son resueltos y analizados en clase. En el medio de este análisis se formulan preguntas cuya respuesta no necesita de cálculos detallados y que llaman la atención sobre determinados puntos.

En la parte práctica se prioriza la resolución de la guía problemas correspondiente a la los temas que se están desarrollando en la clase teórica. Para favorecer la incorporación de conocimientos, en la primera parte de la clase práctica nos esforzamos en promover la participación mediante el planteo de preguntas que conducen a la resolución de un problema particular. La segunda parte de la clase está destinada a que los alumnos resuelvan los problemas por su cuenta y para consulta, donde se atienden dificultades individuales (o grupales) que puedan surgir.

CLASES TEÓRICAS: 13 clases de 4 horas cada una.

CLASES PRÁCTICAS: 13 clases de 4 horas cada una.

#### F. NÓMINA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

Guía 1: Combinatoria, Probabilidad, Repaso de Termodinámica.

Guía 2: Ecuación de Liouville

Guía 3: Ensamble Microcanónico.

Guía 4: Ensamble Canónico

Guía 5: Ensamble Gran canónico

Guía 6: Estadística clásica y de bosones.

Guía 7: Estadística de fermiones.

Guía 8: Sistemas en general.

#### G. HORARIOS DE CLASES:

Teórico-Prácticos: lunes/miércoles 09 a 13 hs y de 14 a 18 hs

## HORARIO DE CLASES DE CONSULTAS:

Horario de Consultas: Martes 14-17 hs.

## H. MODALIDAD DE EVALUACIÓN:

- Evaluaciones Parciales: 2 Parciales con posibilidad de un recuperatorio para cada uno de ellos.
- Problemas: 2 exposiciones orales de problemas de la guía previamente asignados.
- Exposición oral: una exposición oral sobre un tema elegido por el alumno de entre los sugeridos por el profesor.
- Evaluación Final: en caso de no promoción se tomará un examen escrito con problemas estándar. En caso de no ser satisfactorio el resultado se tomará un oral.

## I. CONDICIONES DE REGULARIDAD:

Aprobar los dos exámenes parciales. Exponer los dos problemas asignados y el tema a a lección.

## J. CONDICIONES DE PROMOCIÓN:

Aprobar los dos exámenes parciales con una calificación no menor a 8. Exponer los dos problemas asignados. Demostrar en la exposición del tema a elección que se entiende claramente su conexión con la materia y realizar las simulaciones numéricas que lo demuestren .

## PROGRAMA ANALÍTICO

### C. CONTENIDOS

1. **Repaso de probabilidad, estadística, termodinámica y computación:** Magnitudes y procesos aleatorios. Frecuencia y probabilidad. Probabilidad condicional. Teoremas de adición y del producto de probabilidades. Permutaciones y combinaciones. Distribución de probabilidad. Distribución binomial. Distribución normal. Momentos de una distribución. Representaciones en termodinámica: energía, de Helmholtz y de Gibbs. Aplicación a estos contenidos de la programación en Python.
2. **Fundamentos de mecánica estadística:** Densidad de probabilidad clásica. Concepto de ensamble. Hipótesis ergódica. Operador densidad en mecánica cuántica.

3. **Ensamble microcanónico:**
  1. La entropía de Boltzmann. Formulación de Boltzmann. El gas ideal monoatómico clásico.
  2. El modelo de sólido de Einstein. Calor específico de un sólido clásico. La formulación de Gibbs.
  
4. **El ensamble Canónico:**
  1. Densidad de probabilidad en el ensamble canónico. La función partición. Densidad de estados. El gas ideal clásico en el ensamble canónico. Propiedades generales del ensamble canónico.
  2. Fluctuaciones de energía y equivalencia entre los ensambles canónico y microcanónico. Sistemas de partículas indistinguibles. Simetría de la función de onda de partículas indistinguibles. Función de onda de muchas partículas. Función partición de partículas indistinguibles.
  3. Fluídos clásicos no ideales. Calor específico en sólidos. El modelo de Debye.
  
5. **El ensamble Gran Canónico:** Formulación general. Relación con la termodinámica. Fluctuaciones del número de partículas. Equivalencia de ensambles. Gases ideales cuánticos. Gas ideal de Maxwell-Boltzmann. Adsorción en superficies.
  
6. **Estadística de Bose-Einstein:** Gas ideal de Bose-Einstein. La condensación de Bose Einstein. Radiación de cuerpo negro.
  
7. **Estadística de Fermi-Dirac:** Gas ideal de Fermi-Dirac. Calor específico electrónico de los metales.
  
8. **Sistemas termodinámicos generales:** Paramagnetismo de Pauli. Modelos de Ising. Transiciones de fase. Sistemas biológicos y sociales. Sistemas fuera del equilibrio.

#### D. CRONOGRAMA DE CLASES Y PARCIALES

Semana	Fecha	Teóricos	Parciales/Recuperatorios	
1.	21/8	Unidad 1		J
2.	36/8	Unidad 2		J
3.	4/9	Unidad 3.1		L
4.	9/9	Unidad 3.2		J
5.	18/9	Unidad 4.1	Exposición de problemas	L
6.	23/9	Unidad 4.2	1º Parcial	J
7.	2/10	Unidad 4.3		L
8.	16/10	Unidad 5		J
10.	21/10	Unidad 6		L
11.	30/10	Unidad 7	Exposición de problemas	J
12.	4/11	Unidad 8		L
13.	13/11		Segundo parcial (a coordinar)	J
14.	27/11	Exposiciones	Recuperatorios (a coordinar)	L

## E. BIBLIOGRAFÍA

1. **S. Cannas**, “Notas de mecánica estadística”: Incluye todos los temas de la materia en el orden que se presentan. Se complementa el curso principalmente con el Reichl.
2. **L. E. Reichl**, “*A Modern Course in Statistical Mechanics*”: Es una presentación más resumida que el Cannas con un orden similar. Incluye numeros ejemplos extra de técnicas y sistemas.
3. C. Garrod, “*Statistical Mechanics and Thermodynamics*”. Explica varios de los temas un enfoque un poco más simplificado.
4. **K. Huang**, “*Statistical Mechanics*” (Wiley): Incluye todos los temas de la materia. Su presentación es un tanto tediosa respecto a textos más nuevos, pero es un libro clásico en estos temas.
5. **F. Reif**, “*Fundamentals of Statistical and Thermal Physics*” (McGraw-Hill): Otro libro clásico, es un poco antiguo pero las discusiones sobre los conceptos de mecánica estadística son muy recomendables. También tiene una muy buena introducción a probabilidades y procesos aleatorios.