

FÍSICA ESTADÍSTICA
Diploma de Especialización en Física
(ANEP – UdelaR)
Curso 2013

DOCENTES:

Teórico:

Ricardo Marotti

khamul@fing.edu.uy

IFFI: 2711 09 05 / 2711 54 44 / 2711 54 45

Práctico:

Sofía Favre

sfavre@fisica.edu.uy

HORARIO:

Teórico:

Jueves 12:30 a 14:30.

Viernes 10:00 a 12:00.

Salón de Seminarios, Instituto de Física de Facultad de Ingeniería.

Consultas:

Jueves 14:30 a 16:30. Salón de Seminarios,
Instituto de Física de Facultad de Ingeniería.

Viernes 14:30 a 16:30. Salón 111 Facultad de
Ingeniería.

DURACIÓN: 18/4 al 19/7.

PROGRAMA:

FUNDAMENTOS DEL PROGRAMA

La fundamentación de la Termodinámica a partir de las leyes microscópicas no está incluida usualmente en la formación de los alumnos calificados para el ingreso de este postgrado. Esta fundamentación microscópica constituye la Física Estadística, que es uno de los pilares de la Física. El propósito de este curso es introducir los principios y aplicaciones de la Física Estadística, su conexión con la Termodinámica y alguna de sus predicciones fenomenológicas más importantes.

CONTENIDOS ORIENTATIVOS

Nociones fundamentales de probabilidad y estadística. Distribuciones: binomial, de Gauss, de Poisson.

Principios fundamentales de la Mecánica Estadística. Estado de un sistema. Equilibrio térmico. Conjunto (o ensemble) estadístico.

Ensemble microcanónico. Entropía. Densidad de estados. Ensemble canónico. Función de partición. Valores medios y conexión con la termodinámica. Ensemble macrocanónico.

Aplicaciones a gases ideales. Distribución de velocidades. Teoría cinética.

Introducción a las estadísticas cuánticas. Fermiones y bosones. Funciones de distribución cuánticas. Estadística de Bose-Einstein. Distribución de Planck y radiación del cuerpo negro. Fonones. Teoría de Debye. Estadística de Fermi-Dirac. Electrones en metales. Semiconductores. Estadísticas cuánticas en el límite clásico.

ENUMERACIÓN DE TEMAS:

- I. Introducción al Curso e Introducción Histórica.
- II. Nociones fundamentales de probabilidad y estadística.
 - a. Probabilidad. Sucesos independientes. Valor medio. Varianza. Ejemplos.
 - b. Distribuciones: Binomial, de Gauss, de Poisson.
- III. Principios Fundamentales de la Mecánica Estadística.

- a. Estado de un sistema. Equilibrio térmico. Conjunto (o ensemble) estadístico. Postulados básicos: principio de iguales probabilidades a priori.
- b. Ensemble microcanónico. Cálculo de probabilidad. Comportamiento de la densidad de estados. Entropía y Temperatura.
- c. Ensemble canónico. Función de Partición. Valores medios y conexión con la termodinámica.
- d. Ensemble macrocanónico o gran canónico. Gran Suma. Potencial químico.
- e. Conexión con la Termodinámica.

IV. Aplicaciones de la Mecánica Estadística.

- a. Gases ideales. Distribución de velocidades. Teoría Cinética.
- b. Teorema de equipartición de la energía.
- c. Paramagnetismo.

V. Introducción a las Estadísticas Cuánticas.

- a. Partículas idénticas. Fermiones y bosones.
- b. Formulación del problema estadístico.
- c. Funciones de distribución cuánticas.
- d. Estadística del fotón. Distribución de Planck. Radiación del cuerpo negro.
- e. Estadística de Bose-Einstein. Aplicaciones. Condensación de Bose-Einstein. Fonones. Teoría de Debye.
- f. Estadística de Fermi-Dirac. Aplicaciones. Electrones en metales.
- g. Semiconductores. Estadística cuántica en el límite clásico.

BIBLIOGRAFÍA:

▪ **BÁSICA:**

Fundamentos de Física Estadística y Térmica. F. Reif. McGraw-Hill.
(FI)

Física Térmica. C. Kittel. Reverté S. A. (FC)

▪ **CONSULTA:**

Física Estadística – Berkeley Physics Course Vol. 5 F. Reif. Reverté S. A. (FI)

Thermal Physics. C. Kittel y H. Kroemer. W. H. Freeman and Company. 2nd Ed. (FC)

Statistical Physics: An Introductory Course. D. J. Amit, Y. Verbin. World Scientific. (FC)

(FI): Se encuentran copias en la biblioteca de Facultad de Ingeniería.

(FC): Se encuentran copias en la biblioteca de Facultad de Ciencias.

EVALUACIÓN DEL CURSO:

INSTANCIA	PUNTAJE
Entregas periódicas de Ejercicios seleccionados (e).	30
1 ^{er} Prueba (p1).	30
2 ^a Prueba (p2).	40
TOTAL: Pasaje a Examen Oral: $p1 + p2 > 20$. Exoneración Examen Oral: $e + p1 + p2 \geq 61$.	100

Modalidad Examen Oral:

$p1 + p2 > 20$ y $21 \leq e + p1 + p2 \leq 39$: Oral general sobre el curso.

$p1 + p2 > 20$ y $40 \leq e + p1 + p2 \leq 60$: Presentación sobre tema específico a coordinar y preguntas.

CRONOGRAMA (tentativo):

Semana	Clases	Tema (*)	Bibliografía (**)
1	15/4 al	Tema I – Introducción al Curso e Introducción	–

	19/4	Histórica.	
2	22/4 al 26/4	Tema IIa – Probabilidad. Valor medio, varianza. 22/4 – Desembarco de los 33 Orientales.	1.1 a 1.4, 1.7 a 1.9 / 2 / 2.1, 2.2, 2.4, 2.5 y 2.6 / 1
3	29/4 al 3/5	Tema IIb – Distribuciones: Binomial, de Gauss, de Poisson 1/5 – Día de los Trabajadores.	1.2, 1.5 y 1.6 / 2 y Ap. G / 2.3, A.1 y A.2 / 2 y Ap. C
4	6/5 al 10/5	Tema IIIa – Estado de un sistema y Postulados.	2.1 a 2.4 / 1 a 3 / 3 / 2
5	13/5 al 17/5	Temas IIIa y IIIb: Ensemble Microcanónico y Equilibrio Térmico.	2.5 y 3 / 4 / 4.1 a 4.4 / 2
6	20/5 al 24/5	Tema IIIc – Ensemble Canónico.	6.1 a 6.6 / 6 / 4.5 a 4.8 / 3
7	27/5 al 31/5	Tema III d – Ensemble Macrocanónico.	6.9 a 6.10 / 5 y 6 / – / 5
8	3/6 al 7/6	Tema IIIe – Conexión con la Termodinámica.	2.6 a 2.11, 4 y 5 / 7, 8, 18 y 19 / 5 y 7 / 8
9	10/6 al 14/6	Buffer	
10	17/6 al 21/6	Tema Va a Vc– Estadísticas Cuánticas. 1 ^{er} Prueba Escrita. 19/6 – Natalicio de Artigas.	9.1 a 9.7 / 9 / – / 6
11	24/6 al 28/6	Tema IVa – Gases ideales.	7.1 a 7.4 y 9.8 a 9.11 / 10 y 11 / 6.1 / 6 y 14
12	1/7 al 5/7	Tema IVa a IVc – Aplicaciones de la Mecánica Estadística.	7.5 a 7.13 / 13 y Ap. E / 6.2 a 6.7 / 14
13	8/7 al 12/7	Tema Vf – Estadística de Fermi-Dirac	9.16 y 9.17 / 14 / – / 7
14	15/7 al	Tema Vd, Ve y Vg –	9.13 a 9.15, 10.1

	19/7	Estadística de Fotón y Aplicaciones en Sólidos. 18/7 – Jura de la Constitución.	y 10.2 / 15 a 17 / – / 4, 7 y 13
15	22/7 al 26/7	2ª Prueba Escrita.	–
16	29/7 al 9/8	Exámenes Orales.	–

(*) Tema corresponde al del Programa.

(**) Los números separados entre barras indican los capítulos correspondientes en los libros *Fundamentos de Física Estadística y Térmica*. F. Reif., *Física Térmica*. C. Kittel., *Física Estadística – Berkeley Physics Course Vol. 5* F. Reif., *Thermal Physics* C. Kittel y H. Kroemer, respectivamente.

Fechas Tentativas de Entregas de Ejercicios Prácticos:

Práctico	Tema	Semana	Fecha
1	I - Introducción	3	29/4
2	II – Probabilidad.	5	13/5
3	IIIa y IIIb – Postulados y Ensemble Microcanónico.	8	3/6
4	IIIc y III d – Ensembles Canónico y Macrocanónico.	11	24/6
5	IV – Gases Ideales y Aplicaciones.	14	12/7
6	V – Estadísticas Cuánticas.	15	22/7

Temas Presentaciones Orales:

- Equilibrio de Fase Líquido – Vapor, Cap. 20, *Física Térmica*, C. Kittel; Cap. 8 (8.5 y 8.6) *Fundamentos de Física Estadística y Térmica*, F. Reif. Cap. 10 *Thermal Physics*, C. Kittel, H, Kroemer.
- Equilibrio en Reacciones Químicas, Cap. 21, *Física Térmica*, C. Kittel; Caps. 15 y 16 *Elementary Statistical Physics*. C. Kittel; Cap. 8. *Fundamentos de Física Estadística y Térmica*, F. Reif; Cap. 9 *Thermal Physics*, C. Kittel, H, Kroemer.
- Trabajo y Energía en Campos Eléctricos, Cap. 22, *Física Térmica*, C. Kittel.
- Trabajo y Energía en Campos Magnéticos, Cap. 23, *Física Térmica*, C. Kittel; Cap. 18 *Elementary Statistical Physics*. C. Kittel; Cap. 11 (11.1 a 11.3) *Fundamentos de Física Estadística y Térmica*, F. Reif.
- Superconductividad, Cap. 11 (11.4) *Fundamentos de Física Estadística y Térmica*, F. Reif; Cap. 8 *Thermal Physics*, C. Kittel, H, Kroemer.
- Gases Reticulares, Ap. B, *Física Térmica*, C. Kittel.
- Cálculos Numéricos en Gases Cuánticos, Ap. C, *Física Térmica*, C. Kittel
- Espacio de Fases, la Mecánica Estadística Clásica y el Teorema de Liouville, Ap. E, *Física Térmica*, C. Kittel; Caps. 1 y 2 *Elementary Statistical Physics*. C. Kittel; Ap. A.13 *Fundamentos de Física Estadística y Térmica*, F. Reif.
- Propiedades Termodinámicas de Moléculas Diatómicas, Cap. 17 *Elementary Statistical Physics*. C. Kittel; 9.12 *Fundamentos de Física Estadística y Térmica*, F. Reif.
- Gases No Ideales, Cap. 10 (10.3 y 10.5) *Fundamentos de Física Estadística y Térmica*, F. Reif.
- Ferromagnetismo, Cap. 10 (10.6 y 10.7) *Fundamentos de Física Estadística y Térmica*, F. Reif; Cap. 10 *Thermal Physics*, C. Kittel, H, Kroemer.
- Matriz Densidad, Cap. 23 *Elementary Statistical Physics*. C. Kittel.
- Fluctuaciones y Teorema de Wiener – Khintchine, Caps. 27 y 28 *Elementary Statistical Physics*. C. Kittel; Cap. 15 (15.13 a 15.15) *Fundamentos de Física Estadística y Térmica*, F. Reif.
- Fluctuaciones y el Teorema de Nyquist, Ap. H, *Física Térmica*, C. Kittel; Caps. 29 y 30 *Elementary Statistical Physics*. C. Kittel; Cap. 15 (15.16 y 15.17) *Fundamentos de Física Estadística y Térmica*, F. Reif.
- Teoría de Langevin para el Movimiento Browniano; Cap. 15 (15.5 y 15.6) *Fundamentos de Física Estadística y Térmica*, F. Reif.
- Análisis detallado del Movimiento Browniano, Cap. 31 *Elementary Statistical Physics*. C. Kittel; Cap. 15 (15.7 y 15.10) *Fundamentos de Física Estadística y Térmica*, F. Reif.
- Ecuación de Fokker-Planck, Cap. 32 *Elementary Statistical Physics*. C. Kittel. Cap. 15 (15.11 y 15.12) *Fundamentos de Física Estadística y Térmica*, F. Reif.
- Relaciones de Onsager, Caps. 33 y 34 *Elementary Statistical Physics*. C. Kittel; Cap. 15 (15.18) *Fundamentos de Física Estadística y Térmica*, F. Reif.
- Teorema H, Cap. 35 *Elementary Statistical Physics*. C. Kittel; Ap. A12 *Fundamentos de Física Estadística y Térmica*, F. Reif.

- Estadística de Semiconductores, Cap. 13 *Thermal Physics*, C. Kittel, H, Kroemer.
- Balance Detallado y los Coeficientes de Einstein, Cap. 37 *Elementary Statistical Physics*. C. Kittel.
- Cinética de los Procesos de Relajación, Cap. 39 *Elementary Statistical Physics*. C. Kittel; Cap. 15 (15.1 y 15.4) *Fundamentos de Física Estadística y Térmica*, F. Reif.
- Teoría Cinética Elemental de los Procesos de Transporte, Cap. 8, *Física Estadística*, F. Reif; Cap. 12 *Fundamentos de Física Estadística y Térmica*, F. Reif. Cap. 14 *Thermal Physics*, C. Kittel, H, Kroemer.
- Ecuación de Transporte de Boltzmann y Procesos de Transporte, Ap. I, *Física Térmica*, C. Kittel, Caps. 40 y 41 *Elementary Statistical Physics*. C. Kittel; Caps. 13 y 14 *Fundamentos de Física Estadística y Térmica*, F. Reif, Cap. 14 *Thermal Physics*, C. Kittel, H, Kroemer.
- Relaciones de Kramers-Kronig, Cap. 44 *Elementary Statistical Physics*. C. Kittel.
- Condensación de Bose – Einstein, Cap. 17, *Física Térmica*, C. Kittel: Cap. 7 *Thermal Physics*, C. Kittel, H, Kroemer.
- Profundización de Termodinámica Estadística. Caps. 3, 4 y 5 *Fundamentos de Física Estadística y Térmica*, F. Reif.
- Transiciones de Fase, Cap. 10 *Thermal Physics*, C. Kittel, H, Kroemer.
- Mezclas Binarias, Cap. 11 *Thermal Physics*, C. Kittel, H, Kroemer.
- Profundización en Deducción de Estadísticas Cuánticas, Cap. 9 *Fundamentos de Física Estadística y Térmica*, F. Reif