

F. '96  
7

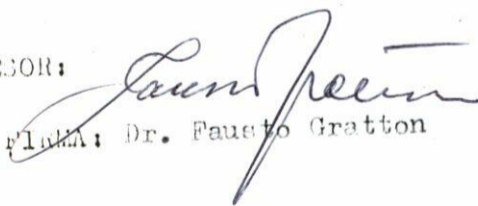
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

U.B.A

- 1.- DEPARTAMENTO : de Física
- 2.- CARRERA de: a) Licenciatura en..... ORIENTACION.....  
 b) Doctorado y/o Post-Grado en..... Doctorado.....  
 c) Profesorado en.....  
 d) Cursos Técnicos en Meteorología.....  
 e) Cursos de Idiomas.....
- 3.- 1er. CUATRIMESTRE/2do. CUATRIMESTRE Año: 2do. cuatrimestre 1996
- 4.- N° DE CODIGO DE CARRERA:
- 5.- MATERIA. **TEORIA DE PLASMAS** ..... N° DE CODIGO
- 6.- PUNTAJE PROPUESTO : 5(cinco) puntos
- 7.- PLAN DE ESTUDIO: 1957-1987
- 8.- CARACTER DE LA MATERIA: Optativa
- 9.- DURACION: Cuatrimestral
- 10.- HORAS DE CLASES SEMANAL: 8(ocho) hs.
  - a) Teóricas.....4..... hs.
  - b) Problemas.....4..... hs.
  - c) Laboratorio..... hs.
  - d) Seminarios..... hs.
  - e) Teórico-problemas..... hs.
  - f) Teórico-prácticas..... hs.
  - g) Totales Horas:.....8..... hs.
- 11.- CARGA HORARIA TOTAL:.....8.....hs.
- 12.- ASIGNATURAS CORRELATIVAS:
- 13.- FORMA DE EVALUACION: Examen Final y Carpeta de Problemas
- 14.- PROGRAMA ANALITICO: (Se adjunta)
- 15.- BIBLIOGRAFIA: (Se adjunta)

FIRMA PROFESOR:

ACLARACION FIRMA: Dr. Fausto Gratton



FECHA: 17 DIC 1996

FIRMA DIRECTOR:

Dr. GUILLERMO DUSSEL  
DIRECTOR  
DEPARTAMENTO DE FISICA





## Teoría de Plasmas

Curso de la Carrera del Doctorado en Física. II Cuat. 1996.

Fausto T. Gratton

### Características y Promoción

La materia se desarrolla con cuatro horas semanales de teoría y cuatro horas semanales de problemas por un total de 120 horas. Los alumnos deben resolver problemas durante el curso, y exponer por turno las soluciones durante la clase práctica, para su discusión colectiva. La presentación de una carpeta de problemas, y la asistencia de 80 % del tiempo son obligatorias. El examen final es oral.

### Programa.

**Introducción: definición de plasma.** Parámetro de plasma y constante de acoplamiento. Plasmas en la naturaleza y en el laboratorio. Plasmas débilmente y fuertemente acoplados. Plasmas clásicos y cuánticos. Plasmas relativísticos. Apantallamiento de cargas y campos eléctricos. Longitud de Debye. Oscilaciones de carga espacial. Frecuencia de plasma. Descargas gaseosas. Colisiones inelásticas, excitación, ionización. Equilibrio de ionización, fórmula de Saha. <sup>[1-3, 5, 8-9, 12]</sup>

**Teoría de órbitas.** Movimientos de partículas en campos eléctricos y magnéticos. Radio de Larmor y frecuencia de ciclotrón. Plasma de centros de guía. Momento magnético y corriente de magnetización. Invariantes adiabáticos. Derivas magnéticas. Deriva eléctrica y de polarización. Deriva del gradiente de presión. Tensores de movilidad y conductividad eléctrica. Tensor dieléctrico de un plasma frío. Ondas de baja frecuencia en la teoría de órbitas. <sup>[19, 1-2, 5-10, 12, 14]</sup>

**Dinámica de partículas cargadas en plasmas espaciales y de laboratorio.** Movimiento de partículas en la magnetosfera terrestre. Invariante longitudinal e invariante de flujo. Las bandas de protones y de electrones de alta energía del entorno terrestre. Espejos magnéticos. Confinamiento magnético en experimentos de fusión nuclear. Tokamak. Derivación de las ecuaciones magnetohidrodinámicas partiendo de la teoría de órbitas. Inestabilidad de Rayleigh-Taylor. <sup>[4-5, 7-9, 17]</sup>

**Oscilaciones y ondas en un plasma frío.** Ondas lineales e inestabilidades en la teoría de dos fluidos fríos. Ondas de alta frecuencia. Propagación paralela y perpendicular al campo magnético. Resonancias y frecuencias de corte. Distancia piel. Resonancias de ciclotrón. Frecuencias híbridas. Límite de baja frecuencia, ondas de Alfvén. Inestabilidades de haces. Ondas de energía negativa. <sup>[1-2, 4, 6-12]</sup>

**Colisiones y procesos de relajación en plasmas.** Colisiones Coulombianas múltiples. Logaritmo coulombiano. Difusión y fricción dinámica en el espacio de velocidades. Modelo de Fokker-Planck. Potenciales de Rosenbluth-Trubnikov. Procesos de relajación. Campo de Dreicer. Escape de electrones. Tiempos de equipartición de la energía. <sup>[19, 5, 10, 7, 2]</sup>

**Teorías estadísticas.** Mecánica estadística de plasmas fuera del equilibrio. La ecuación cinética de Klimontovich. Distribución de Liouville, funciones de distribución de n-partículas. La ecuación cinética de Liouville y la jerarquía de BBGKY: desarrollo incluyendo correlaciones de dos partículas. Hipótesis de Bogoliubov. Orden relativo de los efectos colectivos y colisionales, ecuación de Vlasov. Deducción de la ecuación de Lenard-Balescu. Propagador dieléctrico y función dieléctrica. Forma de Landau y ecuación de Fokker-Planck. <sup>[19-20, 2-3, 23-24, 6-7, 10, 14]</sup>

**Modelos Fluidísticos.** Inclusión de las colisiones en la teoría fluidística: modelo de un fluido o magnetohidrodinámica. Momentos de la ecuación de Fokker-Planck. Nociones de la teoría del transporte. Ley de Ohm generalizada. Coeficientes de transporte en un plasma (Braginskii). Límite de campo magnético fuerte. Modelo con la doble adiabática de Chew-Goldberger-Low. <sup>[15, 19, 5, 3, 14, 22, 2]</sup>

**Magnetohidrodinámica en plasmas espaciales y astrofísicos.** Principales números no-dimensionales. El número de Reynolds magnético. Congelación de líneas magnéticas. Formación de láminas de corriente. Intensificación de campos magnéticos. Nociones sobre inestabilidades resistivas.

APROBADO POR RESOLUCION CD 298/97



El modo de corte, "tearing". Leyes de conservación. Teorema del virial. Ciclo magnético solar. Viento solar. Campo magnético interplanetario. Ondas en plasmas magnetizados. Ondas de Alfvén. Superficies de discontinuidad en MHD. Ondas de choque en el viento solar.<sup>[4, 8-9, 13, 16-18]</sup>

**Equilibrio y Estabilidad Magnetohidrodinámica.** MHD ideal: soluciones de equilibrio. Inestabilidades. Principio de la energía. Factores de mérito de equilibrios toroidales. Beta de plasma. Factor de seguridad kink. Transformada rotacional y factor de seguridad MHD.<sup>[15, 19, 4-8, 13-15,]</sup>

**Fusión nuclear controlada.** Reacciones de fusión. Fusión en el interior de las estrellas. Viabilidad de diferentes esquemas para la fusión. Balance termonuclear: condición de Lawson. Condiciones para la ignición. Fracción de quemado. Equilibrio, estabilidad, calentamiento y transporte. Experimentos recientes con JET y TFTR.<sup>[5, 1, 12-13]</sup>

**Teoría de perturbaciones electrostáticas.** Estudio de la ecuación de Vlasov, soluciones estacionarias (de equilibrio). Estabilidad de los equilibrios de Vlasov-Poisson. Ondas electrostáticas (de Langmuir y acústico-iónicas). Teoría del amortiguamiento de Landau. Mecanismo físico. Atrapamiento de partículas por ondas. Inestabilidades: método de Nyquist y criterio de Penrose. Inestabilidades electromagnéticas.<sup>[1-2, 19, 6-9, 4, 24, 11-13]</sup>

**Teoría cinética de ondas y microinestabilidades.** Teoría general de las ondas lineales de Vlasov en un plasma uniforme no magnetizado y magnetizado. Tensor dieléctrico. Nociones sobre efectos cinéticos en ondas de plasma. Microinestabilidades. Amortiguamiento de ciclotrón. Modos de Bernstein. Ondas iónicas ciclotrónicas. Silbidos o *whistlers*. Observación de ondas en experimentos y en viento solar.<sup>[1-2, 19, 6-9, 4, 11-13]</sup>

**Ondas no lineales en plasmas.** Ondas no lineales iónico-acústicas. La ecuación de Korteweg-DeVries. Solitones. Ondas de Langmuir no lineales. Ecuaciones de Zakharov. La ecuación no lineal de Schrödinger. Perturbaciones con escalas múltiples. Método de Krylov-Bogoliubov-Mitropolsky. Las inestabilidades modulacionales. Inestabilidades paramétricas.<sup>[21, 1, 3, 7, 10, 12]</sup>

**Efectos colectivos y discretos en plasmas.** Fluctuaciones. Oscilaciones de plasma en el modelo discreto de Bohm y Pines. Correlaciones dinámicas. Propagador de correlaciones. Factor de forma dinámico. Scattering de ondas electromagnéticas. Sondeo radar de la ionosfera. Partículas "vestidas".<sup>[1-2, 23-24, 6-7]</sup>

**Plasmas de positrones y electrones.** Magnetosferas de pulsares. Núcleos galácticos activos. El universo temprano. Nociones de electro-fluidodinámica relativística.<sup>[4, 16]</sup>

#### Bibliografía.

1. **Plasma Physics**, S. Ichimaru, Benjamin, Menlo Park, Cal. 1986
2. **Basic Principles of Plasma Physics**, S. Ichimaru, Benjamin, London 1973
3. **Physical Kinetics**, Vol 10, Course of Theoretical Physics, Lifshitz, E.M., Pitaevskii, L.P., Pergamon, Oxford, 1981.
4. **Instabilities in Space and Laboratory Plasmas**, D. B. Melrose, Cambridge Univ. Press, 1986.
5. **Plasma Physics-Basic Theory with Fusion Applications**, K. Nishikawa & M. Wakatani, Springer, 1993.
6. **Electrodynamics of Particles and Plasmas**, P. C. Clemmow & J. P. Dougherty, Addison-Wesley, 1969, reeditado en 1990.

APROBADO POR RESOLUCION CO 298/97



7. **Principles of Plasma Physics**, N. A. Krall & A. W. Trivelpiece, McGraw-Hill, 1973
8. **Physics of Space Plasmas**, G.K. Parks, Addison-Wesley, N.Y., 1991
9. **Introduction to Space Physics**, M.G. Kivelson y C.T. Russell, Cambridge, 1995.
10. **Introduction to Plasma Theory**, D. R. Nicholson, Krieger Pub. Co., 1992
11. **The Theory of Plasma Waves**, T. H. Stix, American Inst. Phys., 1992.
12. **Introduction to Plasma Physics**, F.F.Chen, Plenum, N.Y., 1974
13. **MHD and Microinstabilities in Confined Plasmas**, Manheimer, W.M., Lashmore-Davies, C.N., Adam Hilger, NY., 1989.
14. **Basic Plasma Physics**, Rosenbluth, M.N., and Sagdeev, R.Z., Editors, North Holland, Amsterdam, 1983.
15. **Ideal Magnetohydrodynamics**, Freidberg, J.P., Plenum, New York, 1987
16. **Astrophysical Fluid Dynamics**, Battaner, E., Cambridge Univ.Press, 1996
17. **Spontaneous Current Sheets in Magnetic Fields**, Parker, E.N., Oxford Univ.Press, 1994
18. **Magnetic Field Generation in Electrically Conducting Fluids**, Moffat, H.K., Cambridge Univ.Press, 1978
19. **Reviews of Plasma Physics Vol.1 to 3**, Ed. Leontovich, Particle Interactions in a Fully Ionized Plasma, Trubnikov, B.A. Vol.1, Transport Processes in a Plasma, Braginskii, S.I., Vol.1, Hydromagnetic Plasma Stability, Kadomtsev, B.B., Vol. 2, Electromagnetic Waves in a Plasma, Shafranov, V.D., Plenum, N.Y., 1966.
20. **The Statistical Theory of Non-equilibrium Processes in a Plasma**, Klimontovich, Yu.L., Pergamon. Oxford, 1967.
21. **Nonlinear waves, solitons and chaos**, Infeld, E., and Rowlands, G., Cambridge Univ.Press, 1990.
22. **Transport Processes in Plasmas**, Vol.1 and 2, Balescu, R., North Holland, Amsterdam, 1988.
23. **Statistical Mechanics of Charged of Charged Particles**, Balescu, R., Wiley-Interscience, NY, 1963
24. **Theory of the Unmagnetized Plasma**, Montgomery, D.C., Gordon and Breach, London, 1971.