



Universidad  
Nacional  
de Córdoba



Facultad de Matemática,  
Astronomía, Física y  
Computación

EXP-UNC 0029492/2019

Anexo de la RCD FAMAF 193/2019, página 42 de 66

<b>TÍTULO:</b> Introducción a la magnetohidrodinámica			
<b>AÑO:</b> 2019	<b>CUATRIMESTRE:</b> 2°	<b>N° DE CRÉDITOS:</b> 3	<b>VIGENCIA:</b> 3 años
<b>CARGA HORARIA:</b> 60 horas de teoría y 60 horas de práctica.			
<b>CARRERA/S:</b> Doctorado en Astronomía, Doctorado en Física			

<b>FUNDAMENTOS</b>
El plasma es el estado de la materia observable más abundante en el Universo (99%). La mayor parte de las estrellas, el medio interplanetario, interestelar, e intergaláctico es plasma. También se generan en laboratorios terrestres y para aplicaciones industriales. Es por esto que consideramos que la materia es de gran interés para estudiantes de astronomía y física.

<b>OBJETIVOS</b>
Al finalizar la materia los estudiantes estarán en condiciones de:
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Describir los parámetros característicos de un plasma y sus diferentes regímenes.</li> <li>2. Diferenciar los planteos de la MHD de los que requieren soluciones cinéticas.</li> </ol> <p>Abordar la lectura de trabajos científicos en los que se tratan problemas astrofísicos desde la aproximación de la mecánica del continuo.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Comprender problemas en los que se aborda la dinámica de flujos astrofísicos en la aproximación del continuo.</li> <li>4. Resolver problemas analíticos sencillos.</li> <li>5. Caracterizar los diferentes tipos de ondas MHD que se propagan en un plasma y caracterizar los distintos tipos de ondas de choque MHD.</li> <li>6. Comprender enunciados de teoremas del área.</li> <li>7. Iniciar en forma guiada un trabajo de investigación en el área.</li> </ol>

<b>PROGRAMA</b>
<p><b>Unidad 1: Introducción</b></p> <p>Consideraciones generales sobre la teoría de plasma. Caracterización de la noción de plasma. Longitud de Debye-distancia de apantallamiento. Logaritmo de Coulomb. Movimiento de partículas cargadas en campos electromagnéticos: campo magnético uniforme; deriva <math>E \times B</math> de campos uniformes; movimiento en campos no uniformes; deriva <math>\text{Grad}(B)</math>; deriva de curvatura; movimiento en campos suavemente dependientes del tiempo; invariantes adiabáticos.</p> <p><b>Unidad 2: Plasma como fluido</b></p> <p>Descripción cinética. Descripción de fluido. Aproximación MHD. Ecuaciones MHD: Ecuaciones de continuidad, cantidad de movimiento y energía. Fuerza de Lorentz. Ecuaciones de Maxwell. Ley de Ohm. Ecuación de inducción. Límite difusivo. Límite de conductividad perfecta. Tubos de flujo magnético y hojas de corriente. Congelamiento del campo a la materia. Parámetros adimensionales: <math>N^{\circ}</math> Reynolds, <math>N^{\circ}</math> Reynolds magnético, <math>N^{\circ}</math> de Mach, <math>N^{\circ}</math> de Mach Alfvén, parámetro de plasma: beta.</p>

df



Universidad  
Nacional  
de Córdoba



Facultad de Matemática,  
Astronomía, Física y  
Computación

EXP-UNC 0029492/2019

Anexo de la RCD FAMAF 193/2019, página 43 de 66

**Unidad 3: Equilibrios magnetohidrostáticos**

Ecuaciones de la magnetohidrostática. Superficies magnéticas. Variación de la presión con la altura cuando actúa la gravedad y el campo magnético. Equilibrios libres de fuerzas. Equilibrio cuando actúa el gradiente de presión y la fuerza de Lorentz. Equilibrios con simetría cilíndrica. Campos puramente axiales y puramente azimutales.

**Unidad 4: Ondas MHD**

Linealización de las ecuaciones y modos fundamentales. Ondas acústicas. Ondas de Alfvén y ondas magnetoacústicas. Ondas de gravedad. Propagación en medios inhomogéneos. Ondas de choque. Choques magnetosónicos rápidos y lentos.

**Unidad 5: Calentamiento y Reconexión magnética**

Formación de hojas de corriente. Reconexión magnética. Tasa de reconexión. Modelo de Sweet-Parker. Modelo de Petschek.

**Unidad 6: Teoría de dínamo**

Teorema de Cowling. Generación de campos por efecto dínamo. Electrodinámica de campo medio. Ondas de dínamo.

**Unidad 7: Turbulencia MHD**

Turbulencia isótropa y homogénea. Invariantes ideales y distribuciones de equilibrio. Regímenes de decaimiento selectivo y alineamiento dinámico. Espectros de energía. Intermittencia. Flujos estacionarios. Aspectos topológicos de la MHD. Helicidad magnética. Teorema de Woltjer.

**Unidad 8: Dinámica de la corona solar: Viento solar**

Introducción. Modelos de calentamiento por disipación Joule de corrientes. Estabilidad térmica de arcos magnéticos. Fulguraciones solares. Componentes lenta y rápida del viento solar. Modelo de Parker. Agujeros coronales y "streamers". Mecanismos de aceleración y calentamiento.

**Unidad 9: Dínamos en discos astrofísicos y galácticos**

Discos en astrofísica: proto-planetarios, estelares y de acreción. Condiciones astrofísicas de los discos. Inestabilidad Magnetorrotacional. Creación de jets. Dínamos galácticos. Campos magnéticos en galaxias. Turbulencia interestelar y vientos. Modelos de Winding. Dinamo Alpha-Omega. Rayos cósmicos.

**Unidad 10: Campos magnéticos cosmológicos**

El problema de los campos magnéticos primordiales. Evolución con el redshift. Campos magnéticos en el medio intergaláctico. Cúmulos, vacíos y filamentos cósmicos. Rayos cósmicos ultra energéticos.

**PRÁCTICAS**

Las actividades prácticas consistirán en la resolución de problemas de guía. Habrá 8 guías

df



EXP-UNC 0029492/2019

Anexo de la RCD FAMAF 193/2019, página 44 de 66

prácticas. Algunas de ellas tendrán prácticos numéricos donde se pretende que el alumno tenga un primer contacto con problemas numéricos afines a la temática.

#### BIBLIOGRAFÍA

1. Baumjohann, W., Treumann, R., 2004. "Basic Space Plasma Physics", London, Imperial College Press.
2. Nakariakov V., Verwichte E., 2005. "Coronal Waves and Oscillations", Liv.Rev.,2,3
3. Biskamp, D. 1993. "Nonlinear magnetohydrodynamics", Cambridge Univ. Press. Green ball
- Biskamp, D. 2000. "Magnetic reconnection in plasmas", Cambridge Univ. Press.
4. Chen, F.F. 1974. "Introduction to plasma physics", Plenum Press (NY).
- Choudhuri, A. 2004. "The Physics of Fluids and Plasmas", Cambridge Univer. Press.
5. Kronberg, P. 2016, "Cosmic Magnetic Fields", Cambridge Univer. Press.
- Forbes, T., and Priest, E.R. 1999, "Magnetic reconnection: MHD theory and applications", Cambridge Univ. Press.
6. Freidberg, J.P. 1987, "Ideal magnetohydrodynamics", Plenum Press (NY).
- Golub, L., and Pasachoff, J.M. 1997, "The Solar Corona", Cambridge Univ. Press.
- Goedbloed, J.P and Poedts, S., 2004 "Principles of magnetohydrodynamics" Cambridge Univ. Press
7. Rudiger, G., Hollerbach R., "The Magnetic Universe", Wiley Vch.
- Priest, E.R. 1982, "Solar magnetohydrodynamics", D. Reidel Publ. Co.
8. Raichoudhuri, A., 1998, "The Physics of Fluids and Plasmas. An Introduction for Astrophysicists", Cambridge Univ. Press.
9. Schwartz, S., Owen, C., Burgess, D., 2004, "Astrophysical Plasmas", London University of London.
10. Sturrock, P.A. 1994, "Plasma physics", Cambridge Univ. Press.

#### MODALIDAD DE EVALUACIÓN

Se realizarán 2 evaluaciones parciales, cuyos contenidos serán los vistos en el teórico/práctico.

Respecto a la parte teórica los alumnos deberán exponer un trabajo o conjunto de trabajos que expliquen algún tema relacionado con la materia en donde se apliquen conceptos de la materia. Las temáticas serán acordadas con los docentes. En la exposición deberán mostrar solvencia no sólo en el material específico trabajado sino también en los conceptos generales estudiados.

#### REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Conocimientos de electromagnetismo.