

## **DENOMINACIÓN**

### **INTRODUCCIÓN A LA MAGNETOHIDRODINÁMICA**

## **FUNDAMENTACIÓN**

Esta asignatura se encuentra dentro de las consideradas tecnologías básicas. Su propósito fundamental es el de introducir los conceptos físicos y matemáticos del estudio del plasma y sus diferentes regímenes ya que el plasma es el estado de la materia observable más abundante en el Universo. La asignatura posee un mayor énfasis en la formulación matemática del comportamiento de sistemas magnetohidrodinámicos.

Además, se desea transmitir en Introducción a la Magnetohidrodinámica (MHD) la metodología de trabajo en investigación y desarrollo sistemas dinámicos en medio continuo. El énfasis de la enseñanza está puesto en desarrollar la capacidad del maestrando para analizar y utilizar los conceptos con la finalidad de aplicarlos adecuadamente.

## **OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA**

- Analizar los parámetros característicos de un plasma y sus diferentes regímenes para desarrollar la capacidad de diferenciar los planteos de la MHD de los que requieren soluciones cinéticas
- Comprender problemas en los que se aborda la dinámica de flujos astrofísicos en la aproximación del continuo.
- Caracterizar los diferentes tipos de ondas MHD que se propagan en un plasma y caracterizar los distintos tipos de ondas de choque MHD.
- Adquirir un nivel formativo que facilite la incorporación del profesional a grupos de trabajo dedicados a la investigación y a la aplicación industrial en áreas de la especialidad.

## **CONTENIDOS**

### **Unidad 1. Introducción**

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  $E \times B$  de campos uniformes; movimiento en campos no uniformes; deriva  $\text{Grad}(B)$ ; deriva de curvatura; movimiento en campos suavemente dependientes del tiempo; invariantes adiabáticos.

### **Unidad 2. Plasma como fluido**

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: Número de Reynolds, Número de Reynolds magnético, Número de Mach, Número de Mach Alfvén, parámetro de plasma: beta.

### **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. Intermitencia. 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.

### **ACTIVIDADES PRÁCTICAS**

Las actividades prácticas consistirán en la resolución de problemas de guía. Habrá 8 guías prácticas, una por cada unidad temática desde la 3 hasta la 10. Algunas de ellas tendrán prácticos numéricos donde se pretende que el alumno tenga un primer contacto con problemas numéricos afines a la temática.

### **METODOLOGÍA**

La metodología de enseñanza para esta asignatura se plantea en el marco del dictado de clases teórico/prácticas.

El sistema de enseñanza es de carácter teórico-práctico, con preeminencia del método deductivo (de lo general a lo particular) al tratar la faz teórica de los temas listados en los contenidos. En la medida de lo posible, siempre se intentará lograr que las clases por su contenido y modalidad de dictado estimulen la participación de los maestrandos.

Para desarrollar la habilidad de modelar y solucionar problemas, los maestrandos podrán disponer de un conjunto de ellos, entre los cuales se incluyen los problemas "tipo" que serán resueltos en clase bajo la tutela del profesor y discutidos entre los pares.

La parte teórica de las clases tiene carácter expositivo, donde el docente presenta las definiciones, conceptos y formulaciones matemáticas. La parte práctica presenta una mayor interacción, debido a que se aplica un formato de exposición dialogada, guiando a los alumnos a realizar análisis deductivos para poder hallar las soluciones a los problemas planteados, usando los conceptos desarrollados en la parte teórica. Se destaca que las clases no están formalmente divididas en teóricas y prácticas si no que, según el tema, se produce una combinación de ambos tipos.

La estructura de dictado de la asignatura consiste en una clase semanal. Además, los docentes establecen un horario de consulta por fuera del horario de clases formal, el cual tiene una extensión adecuada en función de la cantidad de maestrandos inscriptos en la asignatura.

El docente explicará a los maestrandos cómo el contenido de los temas de la presente asignatura se relaciona con los conocimientos impartidos en las demás asignaturas de su plan de estudios de manera de articular las nuevas capacidades a las ya adquiridas. Se busca con esto formar una conciencia aeroespacial en el profesional dotando al mismo de la capacidad para interpretar la fenomenología propia de la actividad.

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 la materia es de gran interés para maestrandos de ingeniería aeroespacial. Así, se espera que la metodología aplicada desarrolle en el maestrando las competencias para:

- Desarrollar soluciones cinéticas para problemas que involucran flujos magnetohidrodinámicos.
  - Describir las características físicas fundamentales de la MHD.
  - Conocer e interpretar las ecuaciones de la MHD reconociendo las limitaciones de las hipótesis simplificadoras aplicadas.
- Diseñar y proyectar los principales parámetros de diseño de bases espaciales, en todo aquello que afecte la operación y el funcionamiento de una máquina de vuelo y/o sus equipos, rutas y/o trayectorias espaciales.
- Comprender y resolver problemas en los que se aborda la dinámica de flujos astrofísicos en la aproximación del continuo.
  - Plantear hipótesis válidas con la física del problema que se busca la solución.
  - Aplicar correctamente las ecuaciones necesarias y adecuadas para la resolución de problemas.
- Adquirir un nivel formativo que facilite la incorporación a grupos de trabajo dedicados a la investigación y a la aplicación industrial en áreas de la especialidad.
  - Elaborar y presentar correctamente una exposición sobre temas de ingeniería aeroespacial directamente relacionados con la asignatura.
  - Desarrollar análisis crítico y criterio analítico sobre planteo y solución de problemas relacionados con la MHD.

Además, se busca que el maestrando adquiera competencias de carácter por un lado actitudinal, como el cumplimiento de responsabilidades y obligaciones y tener participación activa en las actividades prácticas, y por otro aptitudinal, como la identificación de problemas y la organización del tiempo y tareas.

## **EVALUACIÓN**

El sistema de evaluación está diseñado de forma tal que el maestrando deba mostrar que ha adquirido los conocimientos mínimos necesarios de todos los temas fundamentales de la asignatura. Consta de la elaboración de una carpeta de trabajos prácticos y un examen final integrador. Tanto la carpeta como el examen final deben ser resueltos en forma individual.

El examen final incluye exponer un trabajo o conjunto de trabajos que expliquen algún tema relacionado con la materia en donde se apliquen conceptos abordados en la cursada. 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.

Las condiciones para la promoción de la asignatura son:

- Entregar en tiempo y forma y aprobar la carpeta de trabajos prácticos con nota no inferior a siete (7) en una escala de cero (0) a diez (10).
- Aprobar el examen final integrador con nota no inferior a siete (7) en una escala de cero (0) a diez (10).

Los maestrandos que cumplan con el 50% de las exigencias referidas a las actividades evaluativas serán considerados regulares. Los demás estarán libres.

La nota final corresponderá al promedio ponderado de todas las instancias evaluativas.

## CARGA HORARIA

Modalidad	Carga Teórica	Carga Práctica	TOTAL
Presencial	30	30	60
A distancia	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>60</b>

## BIBLIOGRAFÍA

- Baumjohann, W., Treumann, R., 2004. "Basic Space Plasma Physics", London, Imperial College Press.
- Biskamp, D. 2000. "Magnetic reconnection in plasmas", Cambridge Univ. Press.
- Choudhuri, A. 2004. "The Physics of Fluids and Plasmas", Cambridge Univer. Press.
- Forbes, T., and Priest, E.R. 1999, "Magnetic reconnection: MHD theory and applications", Cambridge Univ. Press.
- Goedbloed, J.P and Poedts, S., 2004 "Principles of to magnetohydrodynamics" Cambridge Univ. Press.
- Kronberg, P. 2016, "Cosmic Magnetic Fields", Cambridge Univer. Press.
- Nakariakov V., Verwichte E., 2005. "Coronal Waves and Oscillations", Liv.Rev.,2,3.
- Raichoudhuri, A., 1998, "The Physics of Fluids and Plasmas. An Introduction for Astrophysicists", Cambridge Univ. Press.
- Rudiger, G., Hollerbach R., 2004 "The Magnetic Universe", Wiley Vch.
- Schwartz, S., Owen, C., Burgess, D., 2004, "Astrophysical Plasmas", London University of London.