



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S.I Aeronáutica y del
Espacio

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

145009004 - Introduccion A La Fisica De Plasmas Y Sus Aplicaci

PLAN DE ESTUDIOS

14IA - Grado En Ingeniería Aeroespacial

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2025/26 - Segundo semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	3
6. Cronograma.....	7
7. Actividades y criterios de evaluación.....	9
8. Recursos didácticos.....	11
9. Otra información.....	12

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	145009004 - Introduccion a la Fisica de Plasmas y Sus Aplicaci
No de créditos	3 ECTS
Carácter	Optativa
Curso	Cuarto curso
Semestre	Octavo semestre
Período de impartición	Febrero-Junio
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	14IA - Grado en Ingeniería Aeroespacial
Centro responsable de la titulación	14 - E.T.S.I. Aeronáutica Y Del Espacio
Curso académico	2025-26

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías *
Jose Manuel Donoso Vargas (Coordinador/a)	Dto. FAIAN (A)	josemanuel.donoso@upm.es	Sin horario. Las determinadas al inicio de curso en el Departamento (6h)
Jorge Gonzalez Muñoz	Dto. FAIAN (B)	jorge.gonzalez@upm.es	Sin horario. Las determinadas al inicio de curso en el Departamento (6h)

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

3. Conocimientos previos recomendados

3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Química
- Física II
- Termodinámica
- Mecánica Clásica

3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- Métodos Matemáticos y Matemáticas II
- Mecánica de Fluidos

4. Competencias y resultados de aprendizaje

4.1. Competencias

CE01 - Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: álgebra lineal; geometría; geometría diferencial; cálculo diferencial e integral; ecuaciones diferenciales y en derivadas parciales; métodos numéricos; algoritmos numéricos; estadística y optimización.

CE02 - Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la mecánica, termodinámica, campos y ondas y electromagnetismo y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.

CE16 - Conocimiento adecuado y aplicado a la Ingeniería de: Los conceptos y las leyes que gobiernan los procesos de transferencia de energía, el movimiento de los fluidos, los mecanismos de transmisión de calor y el cambio de materia y su papel en el análisis de los principales sistemas de propulsión aeroespaciales.

CG3 - Capacidad para identificar y resolver problemas aplicando, con creatividad, los conocimientos adquiridos

CG4 - Capacidad para integrarse y formar parte activa de equipos de trabajo. Trabajo en equipo

CG9 - Razonamiento crítico y capacidad de asociación que posibiliten el aprendizaje continuo

4.2. Resultados del aprendizaje

RA316 - Conocimiento adecuado de la física básica de plasmas aplicado a la ingeniería aeroespacial a fin de reconocer el efecto de un medio natural con plasma en sistemas de navegación astronáuticos

RA314 - Conocimiento, comprensión, aplicación, análisis y síntesis de los métodos de identificación por parámetros de diversos regímenes de plasma, en la naturaleza y en el laboratorio

RA36 - Conocimiento de los métodos de cálculo numérico fluidodinámico y capacidad para resolver los problemas de simulación numérica fluidodinámica.

RA548 - Conocimiento básico de la propulsión eléctrica y por plasma en motores iónicos

RA255 - Conocimiento, comprensión, aplicación, análisis y síntesis de un proyecto en el ámbito de las tecnologías específicas de la ingeniería de la Propulsión Aeroespacial de naturaleza profesional.

RA315 - Conocimiento y aplicación de las técnicas de generación y diagnóstico de plasmas así como sus aplicaciones tecnológicas aeroespaciales y el efecto de plasmas naturales en dispositivos aeroespaciales usuales

RA317 - Conocimiento adecuado de la física básica de plasmas y aplicado a la ingeniería aeroespacial a fin de conocer las aplicaciones de plasmas en tecnologías aeroespaciales.

5. Descripción de la asignatura y temario

5.1. Descripción de la asignatura

Esta materia optativa se plantea como una introducción a los plasmas en la naturaleza, en el medio espacial, y en el laboratorio, y sus aplicaciones aeroespaciales, como la propulsión eléctrica por plasmas. El objetivo no es sobrecargar de trabajo al estudiante, el programa está diseñado para proporcionar una visión global y unos conceptos básicos de la Física de Plasmas que anime a profundizar posteriormente en sus estudios al alumno o alumna, en un Máster especializado. Se intenta, a su vez, formar al estudiante para que conozca las técnicas y procedimientos de la investigación científica y los incorpore a sus competencias básicas.

Los primeros temas del curso representan básicamente una descripción de los plasmas en el espacio y en la naturaleza. Los gases parcialmente ionizados a baja presión, están presentes en nuestra vida diaria por sus muchas aplicaciones tecnológicas, y en particular en el medio espacial. Seguidamente se repasan conceptos de teoría cinética elemental ya explicados en cursos anteriores y se introducen los parámetros fundamentales de un plasma. Aprovechando la formación adquirida en cursos previos se introducen las ecuaciones de dos fluidos y la aproximación MHD, siguiendo las referencias citadas]. Se dará formación básica encaminada a la realización de trabajos de fin de ciclo o introductoria para otras asignaturas de máster, como Entorno Espacial.

Finalmente también se proporciona al alumno una visión general de diversas aplicaciones aeroespaciales de los plasmas, como la construcción y clasificación de motores para propulsión por plasmas de vehículos espaciales. Lo temas de aplicaciones a la tecnología aeroespacial se ilustraran con las aportaciones a física de plasmas y propulsión espacial por plasma, realizadas en la ETSIAE por el grupo de investigación formado por los profesores que imparten la materia. Se relacionarán también con las cotribuciones al mundo empresarial que este grupo ha tenido a lo largo de los últimos años, usando material generado por el grupo, como artículos científicos, ponencias en congresos y el prototipo de motor por plasma en desarrollo en el laboratorio.

Podrá prescindirse de algunos temas o incluirse otros, atendiendo al origen , por especialidad, de los estudiantes matriculados en el curso, con el fin de atender a las inquietudes de los mismos y adaptar el temario a la formación previa de la mayoría de matriculados.

La evaluación se efectuará mediante resolución personal de trabajos, asistencia participativa a clases, exámenes tipo test de respuesta múltiple o de resolución presencial de problemas. Al inicio de curso se especificará la modalidad de evaluación que permita aprobar la materia y obtener a calificación definitiva.

5.2. Temario de la asignatura

1. T1. Introducción.
 - 1.1. Características y propiedades de los plasmas.
 - 1.2. Propiedades de gases neutros y plasmas. Grado de ionización.
 - 1.3. Las descargas eléctricas. Aplicaciones tecnológicas de los plasmas.
 - 1.4. Los plasmas en el medio espacial, la ionosfera y magnetosfera terrestres, la corona solar, el viento solar.
2. T2. Teoría Cinética de plasmas.
 - 2.1. Conceptos previos. Descripción cinética de un gas neutro.
 - 2.2. Distribución de Maxwell-Boltzmann.
 - 2.3. Sección eficaz, colisiones y recorrido libre medio.
3. T3. Caracterización de los plasmas.
 - 3.1. Parámetros fundamentales.
 - 3.2. Clasificación de plasmas de la naturaleza y de laboratorio.
 - 3.3. Plasmas magnetizados y no magnetizados.
 - 3.4. Estimaciones de los parámetros en diversos regímenes de plasma.
4. T4. Ecuaciones fundamentales del plasma.
 - 4.1. Interacción entre las partículas cargadas y campos electromagnéticos.
 - 4.2. Formulación de las ecuaciones cinéticas y su relación con ecuaciones de varios fluidos y aproximaciones teóricas.
 - 4.3. Ecuaciones de un solo fluido MHD y aplicaciones. Confinamiento de plasmas.
5. T5. Plasmas de laboratorio.
 - 5.1. Producción de plasmas en el laboratorio. Tipos de descargas eléctricas.
 - 5.2. Diagnóstico en plasmas. Sondas de Langmuir.
 - 5.3. Fenómenos de ruptura y descarga de arco. Aplicaciones.
6. T6. Aplicaciones aeroespaciales.
 - 6.1. Propulsión eléctrica en astronáutica. Tipos de motores de plasma.
 - 6.2. Otras Aplicaciones: Propulsión por Plasma. Vainas electrostáticas
 - 6.3. Sistemas de medida embarcados en satélites de exploración.

6.4. Aplortaciones del grupo de plasmas de la ETSIAE: moteros alphié. Modernización numérica y prototipo experimental.

6. Cronograma

6.1. Cronograma de la asignatura *

Sem	Actividad tipo 1	Actividad tipo 2	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Teoría. Presentaciones. De 1.1 a 1.3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		Actividad no presencial: sólo se usará la modalidad no-presencial para atender consultas o tutorías sólo por acuerdo profesor-alumno y si éstas no pueden realizarse presencialmente. Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación	Se promoverá la participación activa del alumno en clase presencial, favoreciendo discusiones científicas. Puede completar la nota final. TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación Progresiva y Global Presencial Duración: 00:15
2	Teoría. Presentaciones. De 1.3 a 1.4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
3	Teoría. Presentaciones. 2.1 y 2.2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
4	Teoría. Presentaciones. 2.2 y 2.3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
5	Teoría. Presentaciones. De 3.1 a 3.2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
6	Teoría. Presentaciones. 3.2 y 3.3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
7	Fuera del periodo vacacional se completará temario en estas tres semanas. Se harán problemas de repaso en clase en grupo. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
8	Problemas de clase y tareas de investigación (aplicación de teoría) Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
9	Investigación de aplicaciones consultando referencias científicas. Duración: 02:00 INV: Aprendizaje basado en investigación			
10	Teoría. Presentaciones. Tema 4. Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
11	Teoría. Presentaciones. 4.3 - 5.1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			

12	<p>Teoría. Presentaciones. De 5.1 a 5.3 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Presentación de casos prácticos Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
13	<p>Teoría. Presentaciones. Tema 6. Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Presentación de casos prácticos Duración: 01:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
14	<p>Teoría. Presentaciones. Sección 6.3 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p>Conferencia de profesor externo (investigador en Plasmas) Duración: 01:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p>			<p>Actividad de Trabajo Individual personal para resolución de problemas como tarea de investigación. Se valorará originalidad y nivel dado a la tarea. TI: Técnica del tipo Trabajo Individual Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 10:00</p>
15	<p>Investigación sobre la aportación de la ETSIAE (Grupo de plasmas) a la Tecnología aeroespacial. Consulta de publicaciones científicas indexadas y visita al PlasmaLab Duración: 02:00 INV: Aprendizaje basado en investigación</p>	<p>Práctica magistral. Práctica personal. Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		
16				
17				

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

7. Actividades y criterios de evaluación

7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
1	Se promoverá la participación activa del alumno en clase presencial, favoreciendo discusiones científicas. Puede completar la nota final.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:15	5%	.5 / 10	CG9 CE01 CE02 CG3 CE16
14	Actividad de Trabajo Individual personal para resolución de problemas como tarea de investigación. Se valorará originalidad y nivel dado a la tarea.	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	10:00	95%	4.75 / 10	CG9 CE01 CE02 CG3 CE16

7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
1	Se promoverá la participación activa del alumno en clase presencial, favoreciendo discusiones científicas. Puede completar la nota final.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:15	5%	.5 / 10	CG9 CE01 CE02 CG3 CE16
14	Actividad de Trabajo Individual personal para resolución de problemas como tarea de investigación. Se valorará originalidad y nivel dado a la tarea.	TI: Técnica del tipo Trabajo Individual	No Presencial	10:00	95%	4.75 / 10	CG9 CE01 CE02 CG3 CE16

7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

7.2. Criterios de evaluación

Dado el carácter PRESENCIAL de la asignatura, el que rige para toda la UPM, se exigirá la asistencia al clase de al menos 4/5 de las horas docente impartidas para ser evaluado. Si no se alcanza este mínimo, el alumno o alumna afectado deberá realizar un examen final oral o escrito, según acuerde el Tribunal de la Asignatura.

Se podrá aprobar la asignatura realizando el trabajo individual que consistirá en la resolución de un mínimo número de problemas de una relación o colección de problemas que se entregará a cada alumno. La resolución de problemas de mayor dificultad, elegidos por el alumnos de entre los propuestos, permitirá elevar la nota hasta la calificación de 9,5. La asistencia participativa a clase (trabajo en equipo, discusión de problemas...) podrá servir para elevar la calificación hasta en 0,5 puntos y dirimir sobre la concesión de Matrícula de Honor, si fuera necesario.

Examen final (2 + 2 horas, si no se aprueba por la modalidad anterior) Constará de Dos o tres problemas y varias cuestiones de aplicación de conocimientos básicos. No se permitira el uso de libros ni apuntes, sólo de un formulario cuyas características se indicarán.

Se abre la posibilidad de poder realizar el Examen Final (Ordinario o Extraordianrio) en la **modalidad de Examen Oral** para aquéloos alumnos que, por causa sobrevenida y justificada, deban aplazar la fecha de convocatoria oficial de examen final. Para tal examen final, el alumnos resolverá uno o dos problemas usando un formulario durante un tiempo fijado, posteriormente, ante al menos dos miembros del Tribunal de la asignatura, expondrá el problema resuelto y responderá a las preguntas de los profesores quienes, según la normativa UPM, elevarán acta de la ssión y darán la calificación del examen.

8. Recursos didácticos

8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
Referencias bibliográficas.	Bibliografía	Uso de textos sobre teoría de plasmas. Acceso a revistas electrónicas Un texto de referencia: "An Introduction to Plasma Physics and Its Space Applications" Vol. , Luis Conde, , IOP Concise Physics (2018).
RECURSOS WEB propios	Recursos web	Aula con conexión a Internet.. Uso de recursos intranet de la Biblioteca ETSIAE para acceso a artículos científicos. Uso de Internet para visionado de videos, conferencias, modelizaciones y trabajos de investigación propios o de terceros.
PlasmaLab UPM	Equipamiento	Laboratorio de Física de plasmas Plasmalab (cámaras y bombas de vacío y prototipos de motores iónicos diseñados para proyectos de fin de grado, máster o carrera por alumnos del Centro).
Laboratorio y software propio adicional	Equipamiento	Además de los recursos de equipamiento se contará con material de uso habitual del grupo de investigación si hubiera clases magistrales de prácticas de laboratorio o software propio para cálculos en plasma.
Recursos alternativos para acceso no-presencial	Recursos web	Para el acceso a los recursos se dispondrá de medios como : videos y software del PlasmaLab, Plataforma Teams, etc.

9. Otra información

9.1. Otra información sobre la asignatura

La asignatura no se ha impartido el curso 2024-25 debido a que este curso muchos alumnos optaron por realizar prácticas en empresas, siendo pocos los que solicitaron materias optativas como la que ocupa esta Guía. Para este curso se anunciará la materia en los tablones y medios dispuestos por la ETSIAE, dando información sobre la asignatura para hacerla atractiva al alumnado. Se aconseja al alumnado solicitar información sobre la materia al Coordinador antes de que comience el plazo de matriculación.

Examen Final: En caso de que el alumno o la alumna tenga que ir a Examen Final (Ordinario y/o Extraordinario) éste representará el 100% de la nota. El examen en la fecha prevista será escrito, sin libros ni ningún otro material, salvo un formulario en la cara de un folio que confeccionará el estudiante. A este examen irán quienes no hayan superado, o **no se hayan presentado** a la modalidad de evaluación trabajo personal a realizar no presencialmente según los plazos que se indicarán.

Sobre posibles variaciones por eventual crisis sanitaria como fue la de la COVID-19 u otras: Las actividades presenciales pueden convertirse en actividades a distancia si fuera necesario y así lo ordenaran las correspondientes administraciones de Gobiernos o Académicas. El curso tiene carácter Presencial, pero se mantendrá abierta la posibilidad del uso de recursos usados en cursos anteriores en los que estuvieron vigentes alternativas para adaptarse a la situación similar a la de la COVID.

El **cornograma adjunto es orientativo**. Puede constar de menos semanas y con distribución de periodo de vacaciones diferente. La conferencia del Profesor Externo puede variar de fechas por razones de agenda.

Puede ofertarse la Asignatura también para el Semestre séptimo de GIA.

Bibliografía: La bibliografía básica recomendada se indicará al alumno al inicio del curso. El profesorado usará apuntes y guiones de clase así como material propio, que podrá incluirse en la página web <http://plasmalab.aero.upm.es/Docencia.html>, si así lo indica el profesor en el aula. Dos textos de referencia aconsejados:

An Introduction to Plasma Physics and its Space Applications, Volume 1: Fundamentals and elementary processes DOI:10.1088/2053-2571/aae132 ISBN: 978-1-64327-174-3

Principles of Plasma Physics for Engineers and Scientists?. Umran S. Inan. Ed. Cambridge University Press, (2010). isbn: 9780521193726.

También se aconsejan textos clásicos de la materia como

Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion, Chen, Francis F. Springer(2016) ISBN 978-3-319-22309-4

Otros textos, disponibles en la biblioteca de la ETSIAE, como

An Introduction to Plasma Physics and its Space Applications, Volume 1 and 2 : (IOP Concise Physics) . Luis Conde (2018).ISBN-13: 978-1643271750

se citarán durante el desarrollo de la asignatura, mencionando los capítulos de interés para la misma de cada texto. En la WEB plasmalab.aero.upm.es se ubicará la información correspondiente en la sección de DOCENCIA de cada profesor.

Clases de Teoría: Tipo Lección Magistral (LM, 1.5 ECTS), promoviendo la participación reflexiva del alumno sobre los conceptos introducidos. Se formularán preguntas de carácter científico-técnico para suscitar el *interés del alumno por la investigación y analizar la trascendencia de los avances científicos en plasmas en el mundo empresarial*. Se promoverá el *aprendizaje autónomo dirigido*, basado en el planteamiento de problemas sencillos previos que introduzcan los contenidos teóricos a desarrollar y forme al alumno para ser autosuficiente en el aprendizaje y en la resolución de problemas prácticos.

Clases de problemas: Resolución de problemas en el aula (RPA, 0.5 ECTS). Se propondrán y resolverán problemas básicos (con datos realistas) relacionados con los conceptos impartidos. Los problemas se tratarán durante el horario lectivo. Se propondrá al estudiante en la clase anterior que trabaje individualmente cada problema a tratar, promoviendo ya durante la clase el *trabajo en grupo* para la resolución de problemas o *exposiciones en público*.

Prácticas: En función del número de alumnos de cada grupo se podrán realizar prácticas magistrales de

laboratorio (PML) para producción y diagnóstico de plasmas, de modo magistral por parte del profesor o de personal del laboratorio de plasma de la ETSIAE (Plasmalab), donde, en particular puede estudiarse el motor iónico ALPHIE patentado recientemente. También podrían realizarse visitas concertadas a laboratorios de plasma de otros centros de investigación públicos (CSIC, CIEMAT) que podrían ser tratadas como clases magistrales de prácticas.

Trabajos autónomos: El alumno ha de dedicar el tiempo al estudio necesario (que obviamente variará en cada persona) que será menor a mejor y mayor aprovechamiento de las clases y a mayor esfuerzo continuado de seguimiento de la asignatura. Ante un seguimiento responsable y continuado de la materia por parte del alumno, se estima para éste un promedio de entre una hora u hora y media de estudio por cada hora de aula (resto del tiempo hasta completar los 3 créditos ECTS). Se sugerirá en clase que el alumno investigue individualmente sobre el uso de plasmas en diversas *aplicaciones tecnológicas* en materiales, aeronáutica, astronáutica, etc.

Tutorías: El alumno dispondrá para consultas sobre la asignatura de las horas semanales de tutoría asignadas al profesor en periodo de docencia, distribuidas en el horario que se anunciará en el Tablón de la asignatura (por medios físicos u telemáticos) en el Departamento de Física Aplicada (FAIAN) y/o la web de la asignatura. Dependiendo de las características del grupo, opcionalmente, el profesor podrá convocar a los alumnos (en acuerdo con éstos) dentro de su horario de tutorías para una tutoría programada (TP) de aula, si fuere necesario, con anterioridad a las pruebas objetivas, para ayudar al alumnado en su trabajo de preparación de actividades de evaluación. *Si fuera estrictamente necesaria* la no presencialidad las tutorías se concertarían por la plataforma Teams.

Visitas: Podrán realizarse visitas a empresas públicas o privadas implicadas en el desarrollo tecnológico de motores por propulsión iónica. Se pretende que el alumno conozca de primera mano la repercusión de la teoría de plasmas y sus aplicaciones en el sector empresarial.

La asignatura conecta directamente con campos de investigación científico-tecnológicos estrechamente vinculados a Objetivos de Desarrollo Sostenible, como los vinculados a diseño de propulsores para orientación de satélites pequeños que puedan ser retirados sin generar basura espacial, entre otros muchos aspectos.

No se usarán recursos telemáticos de mensajería para resolución de dudas o para pruebas de evaluación no presenciales.