



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

TEACHING
COORDINATION PROCESS
PR/CL/001



E.T.S. de Ingeniería
Aeronáutica y del Espacio

ANX-PR/CL/001-01

LEARNING GUIDE

SUBJECT

143003033 - Basic Physics of Rocket Engines based on Plasma Acceleration

DEGREE PROGRAMME

14IB – Master of Science in Aeronautical Engineering

ACADEMIC YEAR & SEMSTER

2019/20 – First semester

Contents

Learning guide

1. Description.....	1
2. Faculty.....	1
3. Recommended prior knowledge.....	2
4. Competencies and learning outcomes.....	2
5. Brief description of the subject and syllabus.....	5
6. Schedule.....	6
7. Activities and assessment criteria.....	8
8. Teaching resources.....	10

1. Description

1.1. Subject details

Name of the subject	143003033 – Basic Physics of Rocket Engines based on Plasma Acceleration
No. of credits	3 ECTS
Type	Optional
Programme academic year	Second year
Semester	Third semester
Tuition period	September-January
Tuition language	English, Spanish
Degree programme	14IB - Master of Science in Aeronautical Engineering
School/Faculty	14 – School of Aerospace Engineering (Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio)
Academic year	2019-20

2. Faculty

2.1. Faculty members with subject teaching role

Name and surname	Office/room	Email	Tutoring hours *
Jose Javier Honrubia Checa (Coordinator)	A176	javier.honrubia@upm.es	W - 14:00 - 16:00 (may vary)
Rafael Ramis Abril	A177	rafael.ramis@upm.es	W - 16:00 - 18:00 (may vary)

* The tutoring schedule is indicative and subject to possible changes. Please check tutoring times with the faculty member in charge.

3. Recommended prior knowledge

3.1. Recommended (passed) subjects

- Advanced Fluid Dynamics

3.2. Other recommended learning outcomes

- First year Master of Science in Aeronautical Engineering subjects

4. Skills and learning outcomes

4.1. Skills

CE-SP-1 - Aptitud para proyectar, construir y seleccionar la planta de potencia más adecuada para un vehículo aeroespacial, incluyendo las plantas de potencia aeroderivadas.

CE-SP-2 - Conocimiento adecuado de Mecánica de Fluidos Avanzada, con especial incidencia en las Técnicas Experimentales y Numéricas utilizadas en la Mecánica de Fluidos.

CE-SP-6 - Conocimiento adecuado de Aerorreactores, Turbinas de Gas, Motores Cohete y Turbomáquinas.

CE-SP-7 - Capacidad para acometer el Diseño Mecánico de los distintos componentes de un sistema propulsivo, así como del sistema propulsivo en su conjunto.

CE-SP-8 - Capacidad para diseñar, ejecutar y analizar los Ensayos de Sistemas Propulsivos, y para llevar a cabo el proceso completo de Certificación de los mismos.

CE-SP-9 - Conocimiento adecuado de los distintos Subsistemas de las Plantas Propulsivas de Vehículos Aeroespaciales.

CG1 - Capacidad para proyectar, construir, inspeccionar, certificar y mantener todo tipo de aeronaves y vehículos espaciales, con sus correspondientes subsistemas.

CG10 - Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero Aeronáutico.

CG11 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.

CG12 - Aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

CG13 - Ser capaz de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.

CG14 - Comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.

CG15 - Poseer las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

CG16 - Capacidad de integrar el respeto al medio ambiente como actitud general en la gestión y el desempeño de sus actividades.

CG3 - Capacidad para la dirección general y la dirección técnica de proyectos de investigación, desarrollo e innovación, en empresas y centros tecnológicos aeronáuticos y espaciales.

CG4 - Capacidad de integrar sistemas aeroespaciales complejos y equipos de trabajo multidisciplinares.

CG5 - Capacidad para analizar y corregir el impacto ambiental y social de las soluciones técnicas de cualquier sistema aeroespacial.

CG6 - Capacidad para el análisis y la resolución de problemas aeroespaciales en entornos nuevos o desconocidos, dentro de contextos amplios y complejos.

CG7 - Competencia para planificar, proyectar, gestionar y certificar los procedimientos, infraestructuras y sistemas que soportan la actividad aeroespacial, incluyendo los sistemas de navegación aérea.

CG8 - Competencia para el proyecto de construcciones e instalaciones aeronáuticas y espaciales, que requieran un proyecto integrado de conjunto, por la diversidad de sus tecnologías, su complejidad o por los amplios conocimientos técnicos necesarios.

CG9 - Competencia en todas aquellas áreas relacionadas con las tecnologías aeroportuarias, aeronáuticas o espaciales que, por su naturaleza, no sean exclusivas de otras ramas de la ingeniería.

CT1 - Capacidad para comprender los contenidos de clases magistrales, conferencias y seminarios, así como cualquier información y documentación en lengua inglesa.

CT2 - Capacidad para dinamizar y liderar equipos de trabajo multidisciplinares.

CT3 - Capacidad para adoptar soluciones creativas que satisfagan adecuadamente las diferentes necesidades planteadas.

CT4 - Capacidad para trabajar de forma efectiva como individuo, organizando y planificando su propio trabajo, de forma independiente o como miembro de un equipo.

CT5 - Capacidad para gestionar la información, identificando las fuentes necesarias, los principales tipos de documentos técnicos y científicos, de una manera adecuada y eficiente.

CT6 - Capacidad para emitir juicios sobre implicaciones económicas, administrativas, sociales, éticas y medioambientales ligadas a la aplicación de sus conocimientos.

CT7 - Capacidad para trabajar en contextos internacionales.

4.2. Learning outcomes

RA16 - Determinación de la energía de los iones acelerados por un motor por plasma mediante un RPA.

RA202 - Conocimiento y comprensión de los motores de plasma y su rango de aplicación.

RA5 - Conoce los plasmas en la naturaleza y en particular el entorno espacial. Calcula los parámetros y magnitudes fundamentales de los plasmas

RA120 - Aprender a pensar sobre fenómenos físicos.

RA201 - Conocimiento y comprensión de la Física de Plasmas con una base lo suficientemente amplia y general para poder abordar sus aplicaciones a la propulsión espacial.

RA101 - Conocimiento, comprensión, aplicación y análisis de los sistemas de propulsión espaciales.

RA10 - Conoce los sistemas propulsivos por plasma y la aplicación de las sondas eléctricas para la medida de las

propiedades de los jets de plasma producidos por los mismos

5. Brief description of the subject and syllabus

5.1. Brief description of the subject

The subject is divided into two parts focusing on Plasma Physics and Plasma Propulsion, respectively. Part I addresses the basics of plasma physics and its most important properties and parameters are described. Students will study the characteristic lengths and times, the motion of charged particles in electromagnetic fields, velocity distributions, collisions between plasma particles and the propagation of electromagnetic waves. Students will be introduced to the kinetic (Vlasov, Boltzmann and Fokker-Planck) and magneto-hydrodynamic (MHD) equations as fundamental tools for studying plasma propulsion.

Part II addresses ion generation and acceleration in plasmas, focusing on analytical modelling and numerical simulation. Students are introduced to the major propulsion devices, including ion, Hall-effect and electromagnetic thrusters. The generation of nuclear energy in space is also briefly discussed.

5.2. Syllabus

1. Topic 1. INTRODUCTION.
2. Topic 2. PLASMA CONCEPT.
3. Topic 3. MOTION OF CHARGED PARTICLES IN EM FIELDS.
4. Topic 4. ELECTRONS AND ION INTERACTION.
5. Topic 5. IONIZATION.
6. Topic 6. ELECTROSTATIC SHEATH.
7. Topic 7. PLASMA DESCRIPTIONS.
8. Topic 8. KINETIC EQUATIONS.
9. Topic 9. PLASMA AS FLUID.
10. Topic 10. ELECTROSTATIC PROPULSION.
11. Topic 11. HALL-EFFECT THRUSTERS.
12. Topic 12. ELECTROMAGNETIC THRUSTERS.
13. Topic 13. GENERATION OF NUCLEAR ENERGY IN THE SPACE.

6. Schedule

6.1. Subject Schedule *

Week	Face-to-face classroom activities	Face-to-face laboratory activities	Other face-to-face activities	Assessment activities
1	Topic 1 Duration: 02:00 MC: Masterclass			
2	Topic 2 + problem solving Duration: 02:00 MC: Masterclass			
3	Topic 3 + problem solving Duration: 02:00 MC: Masterclass			
4	Topic 4 + problem solving Duration: 02:00 MC: Masterclass			
5	Topic 5 + problem solving Duration: 02:00 MC: Masterclass			
6	Topic 6 + problem solving Duration: 02:00 MC: Masterclass			
7	Topic 7 + problem solving Duration: 02:00 MC: Masterclass			
8	Topic 8 + problem solving Duration: 02:00 MC: Masterclass			
9	Topic 9 + problem solving Duration: 02:00 MC: Masterclass			Multiple-choice test. Topics 1 to 9 EX: written exam. Continuous assessment Duration: 01:00
10	Topic 10, 10.1 to 10.4 + problem solving Duration: 02:00 MC: Masterclass			
11	Topics 10 & 11, 10.5 & 11.1 to 11.2 + problem solving Duration: 02:00 MC: Masterclass			
12	Topic 11, 11.3 to 11.5 + problem solving Duration: 02:00 MC: Masterclass			Multiple-choice test. Topics 10 and 11 EX: Written exam. Continuous assessment Duration: 01:00

13	Topic 12 . 12.1 to 12.2 + problem solving Duration: 02:00 MC: Masterclass			
14	Topic 12, 12.3 to 12.4 + problem solving Duration: 02:00 MC: Masterclass			
15	Topic 12, 12.5 to 12.6 + problem solving Duration: 02:00 MC: Masterclass			
16	Topic 13 + problem solving Duration: 02:00 MC: Masterclass			Multiple-choice test. Topics 12 and 13 EX: Written exam Continuous assessment
17				Assignment submission. Compulsory attendance IP: Individual presentation. Continuous assessment Duration: 02:00 Final exam EX: Written exam Only final assessment. Duration 02:00

Independent study is an educational activity during which students should spend time on studying alone or completing individual assignments.

Depending on the curriculum schedule, total values will be calculated according to the ECTS credit unit as 26/27 hours of face-to-face contact and independent study time.

* The subject schedule is based on theoretical subject curriculum planning and could be subject to unforeseen changes throughout the academic year.

7. Activities and assessment criteria

7.1. Assessment activities

7.1.1. Continuous assessment

Week	Description	Modality	Type	Duration	Weight	Minimum grade	Assessed skills
9	Multiple-choice test. Topics 1 to 9	EX: Written exam	Face-to-face	01:00	25%	5 / 10	CT3 CT5 CG12 CT1
12	Multiple-choice test. Topics 10 and 11	EX: Written exam	Face-to-face	01:00	25%	5 / 10	CE-SP-9 CT1 CT3 CT5
16	Multiple-choice test. Topics 12 and 13	EX: Written exam	Face-to-face	01:00	25%	5 / 10	CE-SP-9 CG12 CT1 CT3 CT5
17	Assignment presentation. Compulsory attendance	IP: Individual presentation	Face-to-face	02:00	25%	5 / 10	CT1 CE-SP-9 CG12 CT3 CT4 CT5 CG14

7.1.2. Final assessment only

Week	Description	Modality	Type	Duration	Weight	Minimum grade	Assessed skills
17	Final exam	EX: Written exam	Remote	02:00	100%	5 / 10	CE-SP-9 CG12 CT1 CT3 CT4 CT5 CG14

7.1.3. Referred (re-sit) examination

Week	Description	Modality	Type	Duration	Weight	Minimum grade
Extraordinary exam	EX: Written exam	Face-to-face	02:00	100%	5 / 10	CG13 CG3 CG6 CG9 CG10 CG11 CE-SP-9 CE-SP-6 CG12 CT1 CT3 CT4 CT5 CG14

7.2. Assessment criteria

Continuous assessment: Multiple-choice tests and individual assignment presentation. Lecture and assignment presentation attendance is compulsory. Continuous assessment tests will contain theory-related questions and/or problems assessing the specified learning outcomes and will focus on specific contents addressed in lectures and illustrated in problem-solving classes.

Final exam only: grade achieved in the exam. A numerical mark of 5 (out of 10) is required in order to successfully to pass the subject.

8. Teaching resources

8.1. Teaching resources for the subject

Name	Type	Notes
F.F. Chen, Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion, Vol. 1, New York: Plenum Press (1984).	Further reading	Basic introduction to Plasma Physics
R.J. Goldston and P.H. Rutherford, Introduction to Plasma Physics, Bristol, U.K., Institute of Physics Publishing (2003).	Further reading	Introduction to Plasma Physics
S. Ichimaru, Basic Principles of Plasma Physics: A Statistical Approach, Reading, Mass., W.A. Benjamin (1973).	Further reading	Advanced book on Plasma Physics
S.I. Braginskii, Reviews of Plasma Physics, Volume 1. Edited by M. A. Leontovich. Published by Consultants Bureau, New York, 1969, p.205	Further reading	Magnetohydrodynamics (MHD) equations and transport coefficients in the presence of electromagnetic fields
D.M. Goebel and I. Katz, Fundamentals of Electric Propulsion, Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology (2008).	Further reading	Basics and description of tonic propulsion engines
E. Ahedo, Plasmas for Space Propulsion, Plasma Physics and Controlled Fusion 53, 124037 (2011).	Further reading	Description of the different types of electric propulsion
M. Martínez-Sánchez, Space Propulsion, MIT Opencourseware, (2004).	Web resources	MIT electric propulsion course