

DENOMINACIÓN

DINÁMICA DE VEHÍCULOS ESPACIALES

FUNDAMENTACIÓN

Esta asignatura corresponde al campo de las tecnologías aplicadas en el área espacial, estando presente en los trayectos en dinámica aeroespacial y en aplicaciones aeroespaciales. Presenta como lineamientos generales complementar la formación del maestrando en el campo de la Dinámica Orbital y de Actitud de los vehículos que van al espacio exterior. La misma toma particular sentido cuando se considera la necesidad de complementar los conocimientos de Mecánica del Vuelo adquiridos y aplicados a aeronaves restringidas a vuelos atmosféricos. La demanda de personal calificado se incrementa permanentemente debido al crecimiento de la actividad espacial año a año situación que obliga a poner énfasis en la formación de los profesionales necesarios para atenderla.

La mayor complejidad de la dinámica de objetos espaciales como así también la de los sistemas que los componen requieren una formación cada vez más específica y especializada siendo las casas de altos estudios las mejor preparadas para asumir la responsabilidad de la enseñanza y dominio del conocimiento necesario para mantener los altos niveles de seguridad exigidos para la actividad espacial.

OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA

- Conocer los conceptos básicos de la dinámica de vehículos aeroespaciales, con especial énfasis en satélites artificiales y lanzadores orbitales.
- Calcular maniobras orbitales y transferencias espaciales.
- Planificar misiones espaciales preliminares.
- 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 Dinámica de masas puntuales

Leyes de Kepler. Cinemática, masa, fuerza y Ley de Newton de la Gravitación. Ley de Movimiento de Newton. Derivadas Temporales de Vectores de Movimiento. Movimiento Relativo.

Unidad 2 Problema de dos cuerpos

Ecuaciones de movimiento en un referencial inercial. Ecuaciones de movimiento relativo. Momento angular. Ley de la energía. Órbitas circulares, elípticas, parabólicas e hiperbólicas. Sistema de referencia perifocal. Coeficientes de Lagrange. Problema restringido de tres cuerpos.

Unidad 3 Posición en la órbita en función del tiempo

Tiempo de pasaje por el periapsis. Ecuación de Kepler.

Unidad 4 Órbitas en 3D

Sistema de referencia geocéntrico con ascensión-recta y declinación. Vector de estado y sistema de referencia geocéntrico ecuatorial. Elementos orbitales y el vector de estado. Transformación directa. Transformación de coordenadas. Efectos del achatamiento terrestre. Traza sobre la Tierra. Transformación Indirecta.

Unidad 5 Determinación orbital preliminar

Método de Gibbs para determinación orbital a partir de tres vectores posición. Problema de Lambert. Tiempo sideral. Sistema de coordenadas topocéntrico. Sistema de coordenadas ecuatorial topocéntrico. Sistema de coordenadas horizontal topocéntrico. Determinación orbital a partir de medidas angulares y de alcance.

Unidad 6 Teoría de perturbaciones

Perturbaciones generales. Perturbaciones especiales. Ecuaciones de Gauss. Descomposición del término perturbador. Perturbación debido al achatamiento. Perturbación debido al frenado aerodinámico.

Unidad 7 Maniobras orbitales

Maniobras continuas e impulsivas. Transferencia de Hohmann. Transferencia de Hohmann Bi-Elíptica. *Phasing maneuvers*. Transferencias con una línea de ápsides común – No-Hohmann. Rotación de la línea de ápsides. Trayectoria de interceptación. Maniobras de cambio de planos. Maniobras orbitales no-impulsivas.

Unidad 8 Trayectorias interplanetarias

Transferencias de Hohmann interplanetarias. Oportunidades de *rendezvous*. Esfera de influencia. Método *Patched Conics*. Partidas planetarias. Análisis de sensibilidad. *Rendezvous* planetario. *Flyby* planetario. Efemérides planetarias.

Unidad 9 Dinámica de actitud

Dinámica de cuerpos rígidos. Dinámica de actitud. Ángulos de Euler. Cuaterniones. Aplicaciones de la dinámica orbital y de actitud a vehículos lanzadores.

ACTIVIDADES PRÁCTICAS

1. Problema de dos cuerpos: resolución de problemas y realización de actividades de proyecto y diseño considerando el problema de dos cuerpos.
2. Órbitas en 3 dimensiones: resolución de problemas y realización de actividades de proyecto y diseño de órbitas aplicando los conceptos de sistemas y transformaciones de coordenadas.
3. Determinación orbital preliminar: realización de un proyecto de determinación orbital preliminar seleccionando el método más adecuado al problema. Actividad grupal que incluye la discusión y análisis de los resultados obtenidos por los grupos.
4. Perturbaciones: Estudio de un trabajo científico publicado en revista internacional con confección de un informe al respecto.
5. Maniobras orbitales: realización de un proyecto de un simulador para el cálculo de maniobra orbital seleccionando el método más adecuado al problema. Actividad grupal que incluye la discusión y análisis de los resultados obtenidos por los grupos.
6. Trayectorias interplanetarias: resolución de problemas y realización de actividades de proyecto y diseño considerando trayectorias interplanetarias.
7. Dinámica de actitud de satélites y/o lanzadores: realización de un proyecto de un simulador para el cálculo de maniobra de actitud o de lanzamiento de un vehículo seleccionando el método más adecuado al problema. Actividad grupal que incluye la discusión y análisis de los resultados obtenidos por los grupos.

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.

El análisis teórico-práctico de las ecuaciones de movimiento orbital y de actitud de un vehículo espacial aplicable a simuladores orbitales realizado a través de resolución de ejercicios, análisis de proyectos de simuladores y estudios de trabajos científicos publicados posibilitará que el maestrando se familiarice en técnicas de diseño, control y proyecto de naves y misiones propias de las competencias del ingeniero aeroespacial. Así, se espera que la metodología aplicada desarrolle en el maestrando las competencias para:

- Analizar la performance, la operación en distintas condiciones y todo lo referente a la mecánica y a la dinámica de vuelo de vehículos espaciales.
 - Describir las características físicas fundamentales de la dinámica de vehículos espaciales.
 - Conocer e interpretar las ecuaciones de movimiento orbital y de actitud reconociendo las limitaciones de las hipótesis simplificativas 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.
- Diseñar y proyectar la realización del sistema de navegación, guiado y control de vehículos espaciales.
 - 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, trabajando en grupo, 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 dinámica de vehículos espaciales.

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

Las condiciones para la promoción de la asignatura son:

- Entregar en tiempo y forma y aprobar ambos exámenes parciales con nota no inferior a siete (7) en una escala de cero (0) a diez (10).
- Presentar y aprobar con nota no inferior a siete (7) en una escala de cero (0) a diez (10) cada uno de los proyectos que se exijan durante el desarrollo de los trabajos prácticos grupales.

Los maestrandos que cumplan con el 50% de las exigencias referidas a los parciales y proyectos serán considerados regulares. Los demás estarán libres.

La nota final corresponderá al promedio ponderado de los exámenes parciales y de los proyectos.

CARGA HORARIA

Modalidad	Carga Teórica	Carga Práctica	TOTAL
Presencial	45	15	60
A distancia	-	-	-
TOTAL	45	15	60

BIBLIOGRAFÍA

Beutler, Methods of Celestial Mechanics, 2005.

Curtis, Orbital Mechanics for Engineering Students, 2009.

Montenbruck and Gill, Satellite Orbits – Models, Methods, Applications, 2000.

Murray and Dermott, Solar System Dynamics, 1999.

Fernández Fritelli, Jandar Paz y Schulz, "Prediseño de misión espacial para desviar el asteroide Apophis de un encuentro cercano a la Tierra", Revista de la FCEFyN, 2020.

Vallado, Fundamentals of Astrodynamics and Applications, 2013.