

# Mecánica Orbital y Vehículos Espaciales

Rafael Vázquez Valenzuela  
Julio César Sánchez Merino

Departamento de Ingeniería Aeroespacial  
Escuela Superior de Ingenieros, Universidad de Sevilla  
rvazquez1@us.es

4 de septiembre de 2024

## 1 Mecánica Orbital y Vehículos Espaciales

Objetivos de Mecánica Orbital y Vehículos Espaciales

Temario de Mecánica Orbital y Vehículos Espaciales

Tutorías

Bibliografía de Mecánica Orbital y Vehículos Espaciales

Evaluación de Mecánica Orbital y Vehículos Espaciales

# Objetivos de Mecánica Orbital y Vehículos Espaciales

- Aprendizaje de astrodinámica básica (el problema de los dos cuerpos) y su aplicación a problemas de mecánica orbital. Elementos orbitales.
- Análisis y diseño de misiones geocéntricas:
  - Órbitas de aplicación (LEO, heliosíncrona, HEO, geoestacionaria).
  - Trazas, cobertura, visibilidad.
  - Maniobras.
- Análisis y diseño misiones lunares e interplanetarias.
- Estudio de los diferentes subsistemas de un vehículo espacial, en particular:
  - Condicionantes debidos al entorno espacial.
  - Estudio básico de los sistemas de control térmico y de potencia de un vehículo espacial.

# Mundo laboral en espacio

- Industria espacial fuerte en España (Deimos, Sener, GMV, Indra y otras) y Europa. Sevilla arrancando gracias a la AEE.
- El mundo espacial y sus aplicaciones son una industria en auge, aún así menos oportunidades que en aeronáutica.
- Saber de mecánica orbital no garantiza un empleo pero... trabajar en espacio sin estos conocimientos es no saber en lo que se trabaja!
- El mundo espacial es muy competitivo y valora mucho la formación (mínimo nivel máster o incluso doctorado es muy recomendable). Futuro MOSE!
- Lenguaje de programación Python – parecido a Matlab pero sin licencias a pagar y con una enorme comunidad.
- Mundo internacional – inglés y experiencia internacional casi imprescindible.
- Mundo diverso: ejemplo, dos proyectos del profesor.
- Mecánica orbital  $\neq$  Astrofísica

# Primera Parte: Mecánica Orbital

- 1 Introducción histórica. Misiones. El sistema solar.
- 2 Sistemas de referencia. Tiempos.
- 3 Mecánica orbital básica. Leyes horarias. Elementos orbitales.
- 4 Teoría de perturbaciones. Efecto del achatamiento de la Tierra. Propagadores.
- 5 Trigonometría esférica y aplicaciones. Círculos esféricos y aplicaciones. Trazas, cobertura, visibilidad.
- 6 Órbitas geocéntricas de aplicación.
- 7 Maniobras orbitales.
- 8 Análisis y diseño de misiones lunares e interplanetarias. Maniobra asistida por gravedad.
- 9 Astrodinámica Avanzada. El problema de rendezvous. El problema de los tres cuerpos.
- 10 El entorno espacial. Sistema de potencia. Sistema de control térmico.

# Prácticas de Mecánica Orbital

- 1 Introducción al programa STK (Satellite Toolkit).  
Conceptos básicos. Visualización de órbitas en 2D y 3D.
  - 2 Órbitas básicas de aplicación. Trazas.
  - 3 Trazas (cont.). Constelaciones. Cobertura y visibilidad.
- Se usará el STK Free (descargable -a día de hoy- por los alumnos, si crean una cuenta en AGI y solicitan la licencia).
  - Muy útil para visualizar conceptos de clase (en las prácticas o por libre).
  - Tentativamente se han puesto posibles fechas para las prácticas (ver planificación al final).
  - Las prácticas son opcionales, pero exigidas para realizar los parciales!!!
  - El contenido de las prácticas es preguntable en el examen (y siempre se pregunta algo en los exámenes de convocatoria).

# Práctica Voluntaria de Mecánica Orbital





- 4 Programming with Python. Application to Orbital Mechanics.
  - Práctica desarrollada en Python (usado en la industria espacial). Multiplataforma.
  - Se trazan paralelos con Matlab para simplificar el aprendizaje de algo de Python.
  - Es voluntaria y tiene un trabajo asociado para subir nota (no sirve para aprobar un examen suspenso).
  - Al final del segundo parcial.
  - Entrega en inglés.
  - Temática variable (el año pasado fue una práctica de IA generativa).
  - Prólogo de la nueva asignatura de Master “Applied Orbital Mechanics”.

# Tutorías - Rafael Vázquez

- Despacho 8, Departamento de Ingeniería Aeroespacial.  
Teléfono: 954488148.
- Horario oficial de tutorías:
  - Lunes 10:30-12:30
  - Martes 10:30-12:30
  - Viernes 11:00-13:00
- Fuera del horario oficial, se atenderá siempre que sea posible o con cita previa. En cualquier caso la cita previa es recomendable inclusive en el horario oficial para evitar conflicto con otras tareas docentes, de gestión o de investigación.
- Se atenderán preguntas vía correo electrónico (rvazquez1@us.es) cuando sea posible.
- Las tutorías pueden ser online y se pueden plantear tutorías grupales en este horario u otros.



-  P. Sanz-Aránguez, T. Elices Concha.  
*Apuntes de Vehículos Espaciales y Misiles.*  
ETSIA, 1999.
-  T. Elices Concha.  
*Introducción a la dinámica espacial.*  
INTA, 1991.
-  Charles D. Brown.  
*Spacecraft Mission Design, 2nd Edition.*  
AIAA Education Series, 1998.
-  Bong Wie.  
*Space vehicle Dynamics and Control.*  
AIAA Education Series, 1998.

-  R. H. Battin.  
*An Introduction to the Mathematics and Methods of Astrodynamics, Revised Edition.*  
AIAA Education Series, 1999.
-  J. E. Prussing and B.A. Conway.  
*Orbital Mechanics.*  
Oxford University Press, 1993.
-  R. R. Bate, D. D. Mueller, and J. E. White.  
*Fundamentals of Astrodynamics.*  
Dover, 1971.
-  D. Vallado.  
*Fundamentals of astrodynamics and applications.*  
Microcosm, 2007.

-  M.D. Griffin y J.R. French.  
*Space Vehicle Design.*  
AIAA Education Series, 2004.
-  Charles D. Brown.  
*Elements of Spacecraft Design.*  
AIAA Education Series, 2002.
-  Bong Wie.  
*Space vehicle Dynamics and Control.*  
AIAA Education Series, 1998.
-  Robert D. Karam.  
*Satellite thermal control for systems engineers.*  
AIAA Education Series, 1998.



Página web de la asignatura. Apuntes, problemas resueltos, colecciones de exámenes...

*<http://aero.us.es/move>*



Basics of Space Flight.

*<http://www2.jpl.nasa.gov/basics>*



Astronomy 161: The solar system

*<http://csep10.phys.utk.edu/astr161/lect>*



Astronomy Notes.

*<http://www.astronomynotes.com>*



AGI (los creadores de STK).

*<http://www.agi.com>*



Base de datos de satélites.

*<http://celestrak.com>*

# Evaluación de Mecánica Orbital y Vehículos Espaciales

- Para aprobar la asignatura será necesario:
  - Por curso: aprobar los parciales, asistir a las prácticas y presentar los informes, realizados de forma satisfactoria (con una parte personalizada que puede ser evaluada).
  - Tradicional: Aprobar el examen final.
- Se guardan las prácticas a repetidores que ya las hubieran realizado.

# Exámenes parciales

- Parciales:
  - ① Primer parcial: examen teórico-práctico de la primera mitad del temario. **Fecha tentativa: ver planificación.**
  - ② Segundo parcial: examen teórico-práctico del resto de los temas. **Fecha tentativa: ver planificación.**
- No se corregirán los parciales de alumnos que no hayan hecho las prácticas a fecha del examen parcial.
- Realizados presenciales, ver fechas tentativas en la planificación al final.
- Para presentarse al segundo parcial es necesario **aprobar** el primero.
- No se guardan las notas para el examen final.

- Examen final: constará de las siguientes partes
  - ① Test/Cuestionario de Teoría (Mecánica Orbital/Vehículos Espaciales).
  - ② Preguntas/Problemas cortos (Mecánica Orbital/Vehículos Espaciales).

## Comentarios adicionales

- **Muy importante:** La cantidad de material disponible en la página de la asignatura (<http://aero.us.es/move>) es considerable. Existen algunos problemas marcados como “Ampliación de material” (problemas no imprescindibles para aprobar aunque pueden ayudar a aclarar conceptos).
- Como el año pasado, se va a proporcionar un “MINI-FAQ” como material adicional de apoyo al estudio (de momento solo disponible para el primer parcial).



# September 2024

L	M	X	J	V	S	D
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10 Presentacion	11 T1	12 T1/T2	13	14	15
16	17 T2/T3	18 T3	19 T3	20	21	22
23	24 sin clase	25 T3	26 T3	27	28	29
30						

# October 2024

L	M	X	J	V	S	D
	1 T3	2 T3/T4	3 T4	4 3ª Convocatoria	5	6
7	8 T4/T5	9 T5	10 T5	11	12	13
14 Semana Práctica 1	15 T5	16 T5	17 T5	18	19	20
21	22 T5	23 T5	24 Repaso	25 1º Parcial	26	27
28	29 T6	30 T6	31 T6/T7			

# November 2024

L	M	X	J	V	S	D
				1	2	3
4 Semana Práctica 2	5 T7	6 presentacion masteres	7 T7	8	9	10
11	12 T7	13 T7/T8	14 T8	15	16	17
18 Semana Práctica 3	19 T8	20 T8	21 T8	22	23	24
25	26 T8	27 T9	28 sin clase	29	30	

# December 2024

L	M	X	J	V	S	D
						1
2	3 T9/T10	4 T10	5 horario de viernes	6	7	8
9	10	11 sin clase	12 sin clase	13	14	15
16	17 sin clase	18 sin clase	19 sin clase	20 2º parcial	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					