

EX-2025-00605471- -UNC-ME#FAMAF

PROGRAMA DE ASIGNATURA	
ASIGNATURA: Evolución Tidal de Sistemas Planetarios	AÑO: 2025
CARACTER: Especialidad	UBICACIÓN EN LA CARRERA: 4° año 2° cuatrimestre
CARRERA: Licenciatura en Astronomía	
REGIMEN: Cuatrimestral	CARGA HORARIA: 120 horas

FUNDAMENTACIÓN Y OBJETIVOS

La evolución orbital de sistemas gravitatorios con cuerpos extensos, tales como estrellas o planetas, difiere respecto del de un conjunto de masas puntuales. Estos son no-esféricos como resultado tanto de su rotación como de las fuerzas de mareas que ejercen sus compañeros debido a la atracción gravitatoria no-uniforme. Debido a que los cuerpos extensos no son perfectamente elásticos, disipan energía tratando de adaptarse al estrés tidal que ejercen sus compañeros y, como resultado de esto, su forma y los elementos Keplerianos orbitales evolucionan en el tiempo debido a estos procesos disipativos. De aquí se deriva que el estudio de la evolución por mareas de los sistemas planetarios involucra una combinación interesante de mecánica celeste y dinámica de fluidos. □

□

Comprender la naturaleza y el efecto de estas fuerzas de marea es, entonces, fundamental para conocer la evolución dinámica de los sistemas planetarios. Como estas interacciones provocan cambios tanto en la forma de los cuerpos, como en sus rotaciones y en sus órbitas, juegan un papel clave en la estabilidad de planetas y satélites, sus proximidades a configuraciones de equilibrio (tanto rotacionales como son las resonancias espín-órbita como puramente orbitales como las resonancias de movimientos medios), la evolución de su tamaño y forma, el calentamiento interno y otros procesos geofísicos (como los que se desarrollan en Io o Encélado), entre otros. Además, resultan claves para interpretar el gran número de observaciones de exoplanetas con las que se cuenta, estimar algunos parámetros físicos u orbitales claves en su evolución dinámica pasada y así reconstruir los procesos que dieron forma a la arquitectura actual de los sistemas. □

En este curso se busca proporcionar al alumnado un conjunto de herramientas teóricas —tanto analíticas como semi-analíticas— y numéricas, que le permitan comprender en profundidad los modelos de evolución tidal actualmente disponibles en la literatura, así como extenderlos a partir de incorporar nueva física o mayor número de cuerpos interactuantes.

Estas herramientas se aplicarán al estudio de la evolución dinámica orbital y rotacional de una amplia variedad de sistemas planetarios, incluido el propio Sistema Solar. El objetivo es que el alumnado adquiera la capacidad de realizar aportes significativos al desarrollo de modelos de formación y evolución dinámica de sistemas planetarios con los que se cuenta en la actualidad, que sean capaces de explicar las observaciones existentes y reconstruir los trayectos evolutivos que condujeron a distintas configuraciones planetarias observadas en la actualidad. Además, se espera que como resultado de ello se logre una mejor estimación de parámetros muy poco conocidos en el área, los cuales resultan fundamentales para reproducir la evolución dinámica de estos sistemas. □

CONTENIDO

Unidad I: Introducción a las fuerzas de marea

Deformaciones Tidales y Rotacionales. El bulge tidal. Teoría potencial. Figuras de equilibrio. Relación Darwin-Radau. La zona de Roche. Intercambio de momento angular entre los cuerpos. Torque tidal. □

Unidad II: Evolución Tidal de satélites y planetas

EX-2025-00605471- -UNC-ME#FAMAF

Ecuaciones de movimiento. Precesión tidal y termino no-conservativo. Modelo clásico de Hut. Modelo lineal de Mignard. Estado síncrono y pseudo-síncrono. Escalas de tiempo. Variación secular de semieje. Dependencia con frecuencia de rotación del cuerpo extendido.

Unidad III: Resonancias Spin-órbita

Resonancias y acoplamiento Spin-Orbita. Estados de referencia. Primer modelo de rotación. Desarrollo del potencial perturbador. El ángulo spin-orbita y ecuaciones de movimiento. Formulación Hamiltoniana y frecuencias fundamentales. Tipos de soluciones en función de la excentricidad.

Unidad IV: Mareas en sistemas exoplanetarios observados

Evolución tidal de exoplanetas. Distribución de Exoplanetas calientes. El desierto sub-Joviano y el pico de 3 días. Evolución tidal por mareas planetarias y estelares. Calentamiento tidal. "Spin-Up" Estelar. Interacción tidal en sistemas multi-planetarios.

Unidad V: Teorías tidales modernas

Modelos dinámicos (Papaloizou) y modelos reológicos (Ferraz-Mello, Correia). Escape de resonancia y evolución dinámica pos-escape. Dependencia con parámetros del sistema y comparación con distribución observada de planetas Kepler.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

1. "Solar System Dynamics", C.D. Murray & S.F. Dermott, Cambridge University Press, 1999.
2. Beaugé, C., Ferraz-Mello, S., & Michtchenko, T. A. 2007, Extrasolar Planets: Formation, Detection and Dynamics
3. Correia, A. C. M., Laskar, J., Farago, F., & Boué, G. 2011, Celest. Mech. Dyn. Astron., 111, 105
4. Correia, A. C. M., Boué, G., & Laskar, J. 2016, Celest. Mech. Dyn. Astron., 126, 189
5. Ferraz-Mello, S., Rodríguez, A., & Hussmann, H. 2008, Celest. Mech. Dyn. Astron., 101, 171
6. Hut, P. 1980, A&A, 92, 167
7. Mignard, F. 1979, Moon Planets, 20, 301
8. Mignard, F. 1980, Moon Planets, 23, 185

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

1. "The Exoplanet Handbook", M. Perryman, Cambridge University Press, 2011.
2. "Dynamics of Extended Celestial Bodies and Rings", Jean Souchay (Ed.), Springer, 2006.
3. Beutler, G. 2005, Methods of Celestial Mechanics, Astron. Astrophys. Lib. (Berlin: Springer), I, 99
4. Folonier, H. A., & Ferraz-Mello, S. 2017, Celest. Mech. Dyn. Astron., 129, 359
5. Rodríguez, A., Ferraz-Mello, S., Michtchenko, T.A., Beaugé, C., & Miloni, O. 2011, MNRAS, 415, 2349
6. Zoppetti, F. A., Beaugé, C., & Leiva, A. M. 2018, MNRAS, 477, 5301

EVALUACIÓN

FORMAS DE EVALUACIÓN

Para aprobar el curso: aprobación de un examen oral individual sobre todos los contenidos teóricos u prácticos del curso.

REGULARIDAD

1. cumplir un mínimo de 70% de asistencia a clases teóricas, prácticas, o de laboratorio.
- y
2. aprobar al menos el 60% de los Trabajos Prácticos o de Laboratorio.

PROMOCIÓN



Universidad
Nacional
de Córdoba



FAMAF
Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EX-2025-00605471- -UNC-ME#FAMAF

No tiene régimen de promoción

CORRELATIVIDADES

Mecánica Celeste I (aprobada para cursar y rendir)