

Mecánica Celeste, Maestría PEDECIBA-Física

Tabare Gallardo
Departamento de Astronomía, IFFC, Udelar

Abstract

En este curso aprendemos a determinar las perturbaciones orbitales generadas por diferentes fuerzas y a entender como evolucionan las órbitas en grandes escalas de tiempo. Aplicaremos métodos analíticos y semianalíticos.

El programa oficial esta en http://www.pedeciba.edu.uy/fisica/Programasbasicas/2011_Mecanica_celeste.pdf

La que sigue es la **edición 2020** del curso con bibliografía actualizada y reordenamiento y jerarquizacion de algunos temas. Puede sufrir algunos ajustes, revise la fecha al pie de pagina.

1. Ecuaciones planetarias

1. Ecuaciones de Gauss en (R,T,N) y (V,S,N) : instantáneas Murray and Dermott (1999)[cap 2.9] y Burns (1976) y medias Gallardo and Venturini (2010). Aplicaciones.
2. Ecuaciones planetarias de Lagrange: método de variacion de parámetros, Portilla (2001)[cap 14.5], Brouwer and Clemence (1961)[cap XI] y Roy (2005)[cap. 7]. Ver discusión en Murray and Dermott (1999)[cap 6.8].

2. Funcion perturbadora

Murray and Dermott (1999)[cap 6]

1. No esfericidad del cuerpo central.
2. Desarrollo de la función perturbadora planetaria. Limitaciones.
3. Identificacion de terminos seculares, resonantes y de corto periodo. Uso de manipuladores algebraicos.

3. Formulación Hamiltoniana

1. Introducción: Schwichtenberg (2019)
2. Hamiltoniano y variables canónicas en dinámica orbital: Valtonen and Karttunen (2006)[cap 4], Murray and Dermott (1999)[cap 2.10].
3. Obtencion de las ecuaciones planetarias de Lagrange a partir de las canonicas: Valtonen and Karttunen (2006)[cap 9]
4. Espacio de fase extendido y aplicación al caso asteroidal: Nesvorný et al. (2002)
5. Hamiltoniano de N cuerpos masivos Morbidelli (2002)[cap 1], Malhotra (2012).
6. Sistemas Hamiltonianos: Hilborn (1994)[cap 8] o Korsch et al. (2008)[cap 2].

4. Teoría secular analítica

(Murray and Dermott, 1999, cap 7)

1. Proceso de eliminación de variables rápidas. Teoría de perturbaciones, (Ferraz-Mello, 2007, cap 6), (Shevchenko, 2017, cap 2).
2. No esfericidad del cuerpo central.
3. Asteroide perturbado por 1 o mas planetas, caso plano y espacial.
4. Elementos propios y forzados.
5. Teoría secular planetaria. Frecuencias fundamentales. Plano invariante de Laplace. Déficit de momento angular.
6. Resonancias seculares: Knezevic et al. (1991), (Malhotra, 1998, cap 4).
7. Hamiltoniano secular para asteroide perturbado por sistema planetario.
8. Dinámica Lidov-Kozai: Shevchenko (2017) para perturbador exterior y Saillenfest et al. (2016) o Gallardo et al. (2012); Vinson and Chiang (2018) para perturbador interior.
9. Dinámica de satélites y plano de Laplace.
10. Sistema de 2 planetas caso plano y espacial: Murray and Dermott (1999)[cap 7] y Beaugé et al. (2012).

5. Teoría secular semianalitica

1. Algoritmo de media numérica.
2. Partícula test perturbado por 1 planeta.
3. Efecto de la excentricidad e inclinación del planeta: elementos propios y forzados.
4. Evolución secular de sistema planetario.
5. Teoria sintetica de sistema planetario: Carpino et al. (1987); Bretagnon (1990),
6. Teoria semianalitica de resonancias seculares.
7. Dinámica Lidov-Kozai numérica: Bailey et al. (1992); Thomas and Morbidelli (1996); Gallardo et al. (2012)
8. Limite de validez de la teoría secular analítica y numérica.

6. Resonancias de movimientos medios

1. Función perturbadora clásica Murray and Dermott (1999)
2. Aproximacion analitica caso plano: Malhotra (1998), Morbidelli (2002)[cap 9], Lei and Li (2020)
3. Teoría semianalitica espacial de libraciones: Schubart (1964); Roig et al. (1998); Gallardo (2020)
4. Evolución secular del movimiento resonante: Gallardo et al. (2012); Saillenfest et al. (2016, 2017)

7. Temas opcionales

1. Teoría de Opik: Gallardo (2007)
2. Dinámica de satelites, plano de Laplace
3. Dinamica en entornos de baja gravedad

4. Caos en el Sistema Solar: Laskar (2003); Dvorak et al. (2005); Lecar et al. (2001)
5. Integradores numéricos en dinámica orbital
6. Migración planetaria
7. Dinámica Lidov-Kozai excéntrica
8. Resonancia spin-órbita

Libros generales para consulta

Brouwer and Clemence (1961); Murray and Dermott (1999); Morbidelli (2002); Roy (2005); Lopez Garcia (2018); Mikkola (2020), Dvorak and Lhotka (2013), Zadunaisky (2009).

References

- Bailey, M.E., Chambers, J.E., Hahn, G., 1992. Origin of sungrazers - A frequent cometary end-state. *A&A* 257, 315–322.
- Beaugé, C., Ferraz-Mello, S., Michtchenko, T.A., 2012. Multi-planet extrasolar systems — detection and dynamics. *Research in Astronomy and Astrophysics* 12, 1044–1080. URL: <https://doi.org/10.1088/1674-4527/12/8/009>, doi:10.1088/1674-4527/12/8/009.
- Bretagnon, P., 1990. An iterative method for the construction of a general planetary theory. *A&A* 231, 561–570.
- Brouwer, D., Clemence, G.M., 1961. *Methods of Celestial Mechanics*.
- Burns, J.A., 1976. Elementary derivation of the perturbation equations of celestial mechanics. *American Journal of Physics* 44, 944–949. URL: <https://doi.org/10.1119/1.10237>, doi:10.1119/1.10237, arXiv:<https://doi.org/10.1119/1.10237>.
- Carpino, M., Milani, A., Nobili, A.M., 1987. Long-term numerical integrations and synthetic theories for the motion of the outer planets. *A&A* 181, 182–194.
- Dvorak, R., Freistetter, F., Kurths, J., 2005. *Chaos and Stability in Planetary Systems*. volume 683. doi:10.1007/b94975.
- Dvorak, R., Lhotka, C., 2013. *Celestial Dynamics: Chaoticity and Dynamics of Celestial Systems*.
- Ferraz-Mello, S. (Ed.), 2007. *Canonical Perturbation Theories - Degenerate Systems and Resonance*. volume 345 of *Astrophysics and Space Science Library*. doi:10.1007/978-0-387-38905-9.
- Gallardo, T., 2007. Notes on The Opik Method. URL: <http://www.fisica.edu.uy/~gallardo/opikguara.pdf>.
- Gallardo, T., 2020. Three-dimensional structure of mean motion resonances beyond Neptune. *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy* 132, 9. doi:10.1007/s10569-019-9948-7, arXiv:1912.04676.
- Gallardo, T., Hugo, G., Pais, P., 2012. Survey of Kozai dynamics beyond Neptune. *Icarus* 220, 392–403. doi:10.1016/j.icarus.2012.05.025, arXiv:1205.4935.

- Gallardo, T., Venturini, J., 2010. A secular relativistic model for solar system's numerical simulations. [arXiv:1008.0799](https://arxiv.org/abs/1008.0799).
- Hilborn, R.C., 1994. *Chaos and Nonlinear Dynamics: An Introduction for Scientists and Engineers*.
- Knezevic, Z., Milani, A., Farinella, P., Froeschle, C., Froeschle, C., 1991. Secular resonances from 2 to 50 AU. *Icarus* 93, 316–330. doi:10.1016/0019-1035(91)90215-F.
- Korsch, H., Jodl, H.J., Hartmann, T., 2008. *Chaos*.
- Laskar, J., 2003. Chaos in the Solar System. *Annales Henri Poincaré*; 4, 693–705. doi:10.1007/s00023-003-0955-5.
- Lecar, M., Franklin, F.A., Holman, M.J., Murray, N.J., 2001. Chaos in the Solar System. *ARA&A* 39, 581–631. doi:10.1146/annurev.astro.39.1.581, [arXiv:astro-ph/0111600](https://arxiv.org/abs/astro-ph/0111600).
- Lei, H., Li, J., 2020. Multi-harmonic Hamiltonian models with applications to first-order resonances. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* URL: <https://doi.org/10.1093/mnras/staa3115>, doi:10.1093/mnras/staa3115. staa3115.
- Lopez Garcia, F., 2018. Apuntes de Mecanica Celeste Clasica. URL: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/87281>.
- Malhotra, R., 1998. Orbital resonances and chaos in the solar system, in: In: Lazzaro D, et al. (eds), *Solar System Formation and Evolution*, ASP Conference Series, pp. 37–63.
- Malhotra, R., 2012. Orbital resonances in planetary systems. *Encyclopedia of Life Support Systems - Celestial Mechanics* 6, 31.
- Mikkola, S., 2020. *Gravitational Few-Body Dynamics: A Numerical Approach*.
- Morbidelli, A., 2002. *Modern Celestial Mechanics: aspects of solar system dynamics*. URL: <http://www.oca.eu/morby/celmech.pdf>.
- Murray, C.D., Dermott, S.F., 1999. *Solar System Dynamics*.
- Nesvorný, D., Ferraz-Mello, S., Holman, M., Morbidelli, A., 2002. Regular and Chaotic Dynamics in the Mean-Motion Resonances: Implications for the Structure and Evolution of the Asteroid Belt. *Asteroids III* , 379–394.
- Portilla, J.G., 2001. *Elementos de Astronomia de Posicion*.
- Roig, F., Simula, A., Ferraz-Mello, S., Tsuchida, M., 1998. The high-eccentricity asymmetric expansion of the disturbing function for non-planar resonant problems. *A&A* 329, 339–349.
- Roy, A.E., 2005. *Orbital Motion*.
- Saillenfest, M., Fouchard, M., Tommei, G., Valsecchi, G.B., 2016. Long-term dynamics beyond Neptune: secular models to study the regular motions. *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy* 126, 369–403. doi:10.1007/s10569-016-9700-5, [arXiv:1611.04457](https://arxiv.org/abs/1611.04457).

- Saillenfest, M., Fouchard, M., Tommei, G., Valsecchi, G.B., 2017. Study and application of the resonant secular dynamics beyond Neptune. *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy* 127, 477–504. doi:10.1007/s10569-016-9735-7, arXiv:1611.04480.
- Schubart, J., 1964. Long-Period Effects in Nearly Commensurable Cases of the Restricted Three-Body Problem. SAO Special Report 149.
- Schwichtenberg, J., 2019. No-Nonsense Classical Mechanics: A Student-Friendly Introduction. No-Nonsense Books. URL: <https://books.google.com.uy/books?id=cIiXDwAAQBAJ>.
- Shevchenko, I.I., 2017. The Lidov-Kozai Effect - Applications in Exoplanet Research and Dynamical Astronomy. volume 441. doi:10.1007/978-3-319-43522-0.
- Thomas, F., Morbidelli, A., 1996. The Kozai Resonance in the Outer Solar System and the Dynamics of Long-Period Comets. *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy* 64, 209–229. doi:10.1007/BF00728348.
- Valtonen, M., Karttunen, H., 2006. The Three-Body Problem.
- Vinson, B.R., Chiang, E., 2018. Secular dynamics of an exterior test particle: The inverse Kozai and other eccentricity-inclination resonances. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 474, 4855–4869. doi:10.1093/mnras/stx3091, arXiv:1711.10495.
- Zadunaisky, P., 2009. Introducción a la Astrodinámica. Teoría y Métodos Numéricos. URL: <https://www.argentina.gob.ar/ciencia/conae/publicaciones/introduccion-la-astrodinamica-teoria-y-metodos-numericos>.

View Mecánica celeste Research Papers on Academia.edu for free. Models of Creativity & of Creative Processes, Física, Innovación Educativa, Mecánica celeste. Análisis didáctico de Trayectorias del Rosetta. Se analizan diferentes trayectorias que pudo haber tenido el satélite Rosetta para llegar a su destino, porque no es viable y además se calculan con herramientas didácticas de mecánica clásica la trayectoria de vuelo superponiendo más. Investigador Científico en el ICMM. Nos deja un importante legado científico, un código único para describir materiales a escala atómica con condiciones de contorno abiertas, y contribuciones en Física de superficies, materiales 2D, topología y magnetismo. Pero sobre todo nos deja un vacío muy grande como persona. Alma del grupo de teatro, amigo querido para todos por su carácter extrovertido y sus ganas de vivir. message={ tile=86, last=0, draw= function (this) this.text="-- celeste mountain --#this memorial to those# perished on the climb" if this.check(player,4,0) then if this.index<#this.text then this.index+=0.5 if this.index>=this.last+1 then this.last+=1 sfx(35) end end this.off={ x=8,y=96} for i=1,this.index do if sub(this.text,i,i)~="#" then rectfill(this.off.x-2,this.off.y-2,this.off.x+7,this.off.y+6 ,7) print(sub(this.text,i,i),this.off.x,this.off.y,0) this.off.x+=5 else this.off.x=8. Oh, I've begun working on a extreme difficulty level pack for Celeste =). If anyone wants to contribute really difficult levels they've designed, that'd be awesome =). P#14288 2015-09-17 02:31 (Edited 2015-09-17 06:31). Ver más ideas sobre diseños de unas, mecánica, arte con mapas. Mecánica Celeste. Colección de Carla Romina Porciánula Valls. 65. Pines. € 64. seguidores. Palabras Lindas Frases Bonitas Te Amo En Inglés Lunas Y Estrellas Citas Favoritas Imágenes De Amor Citas Frases La Vie En Rose Pensando En Ti. Repositorio para las prácticas de Mecánica Celeste. 0 stars. 0 forks. README.md. Mecánica Celeste. About. Repositorio para las prácticas de Mecánica Celeste. Resources. Readme.