

Nombre del curso: *Plasmas espaciales. Pasado, presente y futuro.*

Coordinador: *Pablo Moya*

Profesor(a) ó Profesores: *Pablo Moya*

Tipo de Curso: *Electivo Nivel Postgrado*

Semestre y año: *primavera 2020*

Descripción del curso: *El estudio de plasmas en ambientes espaciales es una de las áreas más activas en que se desarrolla la física de plasmas en la actualidad. Desde los primeros trabajos (publicados hace unos 80 años) hasta la fecha, han sido muchas las preguntas científicas que se han abierto y contestado total o parcialmente en base a descubrimientos hechos principalmente a través de misiones espaciales, modelos y desarrollos teóricos. En general estos tópicos son mencionados en cursos introductorios y avanzados de física de plasmas, pero por diversos motivos no suelen ser revisados en detalle. Este curso revisaremos algunos de los artículos científicos más relevantes en el área de física de plasmas espaciales, enfocándonos en aquellos que han ayudado a definir las preguntas científicas más relevantes que esperamos puedan ser respondidas en los próximos 10 o 20 años.*

Objetivos: *A través de la lectura y presentación de artículos científicos, introducir a las/los estudiantes en las temáticas actuales de plasmas espaciales, las preguntas científicas relevantes, los avances desde la segunda mitad del siglo XX en adelante, y las preguntas abiertas en el área. Además, se espera generar el hábito de leer artículos científicos y desarrollar las habilidades de comunicación científica oral y escrita.*

Contenidos:

1. *Introducción.*
2. *Corona solar y generación del viento solar.*
3. *Aceleración y calentamiento del viento solar.*
4. *Interacciones onda-partícula en el viento solar.*
5. *Ondas y turbulencia magnetohidrodinámica en la heliósfera.*
6. *Interacción del viento solar con magnetósferas planetarias.*

Metodología:

El curso se desarrollará con clases de presentaciones orales una vez por semana (1,5 h por semana), más trabajo personal en lectura de artículos científicos y preparación de cada presentación (7,5 h por semana). Total horas semanales: 9,0 horas (6 SCT).

Modalidad de evaluación: *Las/los estudiantes deberán leer un artículo científico (ver bibliografía adjunta) y preparar una presentación semana por medio. La nota final del curso corresponderá al promedio simple de todas las presentaciones (unos 7 u 8 artículos por estudiante).*

REQUISITOS DE APROBACIÓN: *Para aprobar se deberá tener promedio de presentaciones mayor o igual a 4.0.*

Bibliografía Básica (incompleta):

1. *Alfvén, H. Existence of Electromagnetic-Hydrodynamic Waves. Nature 150, 405–406 (1942).*
2. *Alfvén, H. Magneto-hydrodynamic waves and sunspots. I, II. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 105, 3 (1945).*
3. *Alfvén, H. Magneto hydrodynamic waves, and the heating of the solar corona. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 107, 211 (1947).*
4. *Spitzer, L. & Härm, R. Transport Phenomena in a Completely Ionized Gas. Phys. Rev. 89, 977–981 (1953).*

5. Chew, G. F., Goldberger, M. L. & Low, F. E. The Boltzmann equation and the one-fluid hydromagnetic equations in the absence of particle collisions. *Proc. R. Soc. Lond. A* 236, 112–118 (1956).
6. Parker, E. Sweet's mechanism for merging magnetic fields in conducting fluids. (1957). Available at: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/JZ062i004p00509>.
7. Parker, E. N. Dynamics of the interplanetary gas and magnetic field. *The Astrophysical Journal* 128, 664 (1958).
8. Dungey, J. W. Interplanetary Magnetic Field and the Auroral Zones. *Phys. Rev. Lett.* 6, 47–48 (1961).
9. Axford, W. I. The interaction between the solar wind and the Earth's magnetosphere. *Journal of Geophysical Research* 67, 3791–3796 (1962).
10. Kraichnan, R. H. Inertial-Range Spectrum of Hydromagnetic Turbulence. *The Physics of Fluids* 8, 1385–1387 (1965).
11. Coppi, B., Rosenbluth, M. N. & Sagdeev, R. Z. Instabilities due to Temperature Gradients in Complex Magnetic Field Configurations. *The Physics of Fluids* 10, 582–587 (1967).
12. Eviatar, A. & Schulz, M. Ion-temperature anisotropies and the structure of the solar wind. *Planetary and Space Science* 18, 321–332 (1970).
13. Belcher, J. W. & Davis, L. Large-amplitude Alfvén waves in the interplanetary medium, 2. *Journal of Geophysical Research* 76, 3534–3563 (1971).
14. Lemaire, J. & Scherer, M. Kinetic models of the solar wind. *Journal of Geophysical Research* 76, 7479–7490 (1971).
15. Lemaire, J. & Scherer, M. Simple Model for an Ion-Exosphere in an Open Magnetic Field. *The Physics of Fluids* 14, 1683–1694 (1971).
16. Smith, E. J. et al. Jupiter's Magnetic Field. Magnetosphere, and Interaction with the Solar Wind: Pioneer 11. *Science* 188, 451–455 (1975).
17. Matthaeus, W. H. & Goldstein, M. L. Measurement of the rugged invariants of magnetohydrodynamic turbulence in the solar wind. *Journal of Geophysical Research: Space Physics* 87, 6011–6028 (1982).
18. Tsyganenko, N. A. On the convective mechanism for formation of the plasma sheet in the magnetospheric tail. *Planetary and Space Science* 30, 1007–1012 (1982).
19. Draine, B. T., Roberge, W. G. & Dalgarno, A. Magnetohydrodynamic shock waves in molecular clouds. *The Astrophysical Journal* 264, 485–507 (1983).
20. Shebalin, J. V., Matthaeus, W. H. & Montgomery, D. Anisotropy in MHD turbulence due to a mean magnetic field. *Journal of Plasma Physics* 29, 525–547 (1983).
21. Zank, G. P. & Matthaeus, W. H. The equations of reduced magnetohydrodynamics. *Journal of Plasma Physics* 48, 85–100 (1992).
22. Biskamp, D. Nonlinear Magnetohydrodynamics by Dieter Biskamp. Cambridge Core (1993). doi:10.1017/CBO9780511599965.
23. Southwood, D. J. & Kivelson, M. G. Mirror instability: 1. Physical mechanism of linear instability. *Journal of Geophysical Research: Space Physics* 98, 9181–9187 (1993).
24. Gonzalez, W. D. et al. What is a geomagnetic storm? *Journal of Geophysical Research: Space Physics* 99, 5771–5792 (1994).
25. Goldreich, P. & Sridhar, S. Toward a theory of interstellar turbulence. 2: Strong alfvénic turbulence. *The Astrophysical Journal* 438, 763–775 (1995).
26. Lazarian, A. & Vishniac, E. T. Reconnection in a Weakly Stochastic Field. *ApJ* 517, 700 (1999).
27. Galtier, S., Nazarenko, S. V., Newell, A. C. & Pouquet, A. A weak turbulence theory for incompressible magnetohydrodynamics. *Journal of Plasma Physics* 63, 447–488 (2000).
28. Isenberg, P. A. Heating of Coronal Holes and Generation of the Solar Wind by Ion-Cyclotron Resonance. *Space Science Reviews* 95, 119–131 (2001).
29. Pierrard, V., Issautier, K., Meyer-Vernet, N. & Lemaire, J. Collisionless model of the solar wind in a spiral magnetic field. *Geophysical Research Letters* 28, 223–226 (2001).
30. Reeves, G. D., McAdams, K. L., Friedel, R. H. W. & O'Brien, T. P. Acceleration and loss of relativistic electrons during geomagnetic storms. *Geophysical Research Letters* 30, (2003).
31. Bruno, R. & Carbone, V. The Solar Wind as a Turbulence Laboratory | SpringerLink. (2005). Available at: <https://link.springer.com/article/10.12942/lrsp-2005-4>.

32. Howes, G. G. et al. *Astrophysical Gyrokinetics: Basic Equations and Linear Theory*. *ApJ* 651, 590 (2006).
33. Marsch, E. *Kinetic Physics of the Solar Corona and Solar Wind*. *Living Rev. Sol. Phys.* 3, 1 (2006).
34. Isenberg, P. A. & Vasquez, B. J. *Preferential Perpendicular Heating of Coronal Hole Minor Ions by the Fermi Mechanism*. *ApJ* 668, 546 (2007).
35. Howes, G. G. et al. *Kinetic Simulations of Magnetized Turbulence in Astrophysical Plasmas*. *Phys. Rev. Lett.* 100, 065004 (2008).
36. Kasper, J. C., Lazarus, A. J. & Gary, S. P. *Hot Solar-Wind Helium: Direct Evidence for Local Heating by Alfvén-Cyclotron Dissipation*. *Phys. Rev. Lett.* 101, 261103 (2008).
37. McComas, D. J. et al. *Weaker solar wind from the polar coronal holes and the whole Sun*. *Geophysical Research Letters* 35, (2008).
38. Bale, S. D. et al. *Magnetic Fluctuation Power Near Proton Temperature Anisotropy Instability Thresholds in the Solar Wind*. *Phys. Rev. Lett.* 103, 211101 (2009).
39. Schekochihin, A. A. et al. *Astrophysical Gyrokinetics: Kinetic and Fluid Turbulent Cascades in Magnetized Weakly Collisional Plasmas*. *ApJS* 182, 310 (2009).
40. Wilson, L. B. et al. *Low-frequency whistler waves and shocklets observed at quasi-perpendicular interplanetary shocks*. *Journal of Geophysical Research: Space Physics* 114, (2009).
41. Delamere, P. A. & Bagenal, F. *Solar wind interaction with Jupiter's magnetosphere*. *Journal of Geophysical Research: Space Physics* 115, (2010).
42. Reeves, G. D. et al. *On the relationship between relativistic electron flux and solar wind velocity: Paulikas and Blake revisited*. *Journal of Geophysical Research: Space Physics* 116, (2011).
43. Maruca, B. A., Kasper, J. C. & Gary, S. P. *Instability-driven Limits on Helium Temperature Anisotropy in the Solar Wind: Observations and Linear Vlasov Analysis*. *ApJ* 748, 137 (2012).
44. Bale, S. D., Pulupa, M., Salem, C., Chen, C. H. K. & Quataert, E. *Electron Heat Conduction in the Solar Wind: Transition from Spitzer-Härm to the Collisionless Limit*. *ApJL* 769, L22 (2013).
45. Chandran, B. D. G. et al. *Stochastic Heating, Differential Flow, and the Alpha-to-proton Temperature Ratio in the Solar Wind*. *ApJ* 776, 45 (2013).
46. Kasper, J. C., Maruca, B. A., Stevens, M. L. & Zaslavsky, A. *Sensitive Test for Ion-Cyclotron Resonant Heating in the Solar Wind*. *Phys. Rev. Lett.* 110, 091102 (2013).
47. Paulikas, G. A. & Blake, J. B. *Effects of the Solar Wind on Magnetospheric Dynamics: Energetic Electrons at the Synchronous Orbit*. in *Quantitative Modeling of Magnetospheric Processes 180–202* (American Geophysical Union (AGU), 2013). doi:10.1029/GM021p0180.
48. Cranmer, S. R. *Ensemble Simulations of Proton Heating in the Solar Wind via Turbulence and Ion Cyclotron Resonance*. *ApJS* 213, 16 (2014).
49. Denton, M. H. et al. *The Evolution of the Plasma Sheet Ion Composition: Storms and Recoveries*. *Journal of Geophysical Research: Space Physics* 122, 12,040–12,054 (2017).
50. Gershman, D. J. et al. *Wave-particle energy exchange directly observed in a kinetic Alfvén-branch wave*. *Nature Communications* 8, 14719 (2017).
51. Bourouaine, S. & Perez, J. C. *On the Limitations of Taylor's Hypothesis in Parker Solar Probe's Measurements near the Alfvén Critical Point*. *ApJL* 858, L20 (2018).

Bibliografía Recomendada:

- "Handbook of the Solar-Terrestrial Environment, Y. Kamide, and A. Chian (Eds.)
- "Introduction to Space Physics", M. G. Kivelson, and C. T. Russell.