

Tesis de Licenciatura en Física FCEN – UBA
Plan de Trabajo

Propiedades de la frontera de la magnetósfera del planeta Marte a partir de los datos
de la sonda MAVEN

Directores: César Bertucci¹, Laura F. Morales²

¹Profesor Adjunto DF UBA, Inv. Ppal. CONICET, IAFE.

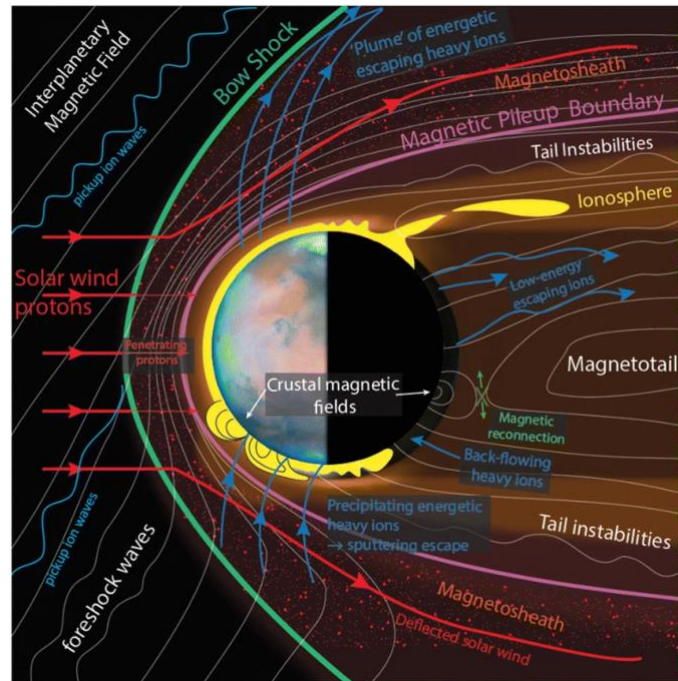
²Profesora Adjunta DF UBA, Inv. Adjunta CONICET, INFINA

Resumen: En ausencia de colisiones, las discontinuidades en los plasmas espaciales son lugares en donde la transferencia de energía y cantidad de movimiento entre distintas poblaciones de partículas se da de manera abrupta. De ahí que, su caracterización, y en particular el estudio de su morfología magnética es un paso necesario para la comprensión de la dinámica de las partículas y el efecto que dicha transferencia provoca. En este trabajo se estudiarán las propiedades de la discontinuidad que marca el límite externo de la magnetósfera de Marte. El trabajo consistirá en el análisis de datos in situ de campo magnético y plasma provistos por la sonda Mars Exospheric and Volatile Evolution Mission (MAVEN) para estudiar sus propiedades físicas.

1. Objetivos, antecedentes y metodología

Los plasmas del sistema solar se caracterizan por ser tenues y completamente ionizados, características estas que los vuelven altamente conductores. Además, el carácter no colisional de los mismos hace que los procesos de transferencia de momento y energía entre las distintas poblaciones que lo componen se realice mediante campos electromagnéticos. En particular, la transferencia de cantidad de movimiento y energía entre poblaciones de un plasma espacial se suele dar de manera abrupta en discontinuidades. Tal es el caso de la magnetopausa en el caso de los planetas magnetizados, la cual posee una hoja de corriente asociada (corrientes de Chapman-Ferraro)

En los objetos no magnetizados, tales como Marte, la frontera de la magnetósfera inducida (IMB) es la discontinuidad que separa el plasma de origen planetario, del de origen externo (Bertucci et al., 2011). Numerosos trabajos indican que la IMB es una estructura esencial de la interacción de un objeto no magnetizado. Sin embargo hasta el momento no existen estudios que den cuenta de sus propiedades macroscópicas (tamaño, forma) o de su variabilidad en función de las propiedades del ambiente espacial.



La magnetósfera de Marte con sus regiones y discontinuidades de plasma (Sanchez Cano, et al., 2022)

Trabajos anteriores (Vignes et al., 2000) comenzaron dicha tarea, pero estos se vieron limitados por la disponibilidad de datos las misiones previas a MAVEN.

El objetivo del presente trabajo es el de caracterizar las propiedades de la IMB de Marte a partir de los datos provistos por la sonda MAVEN en órbita alrededor de Marte desde el año 2014.

En particular se analizarán e interpretarán las mediciones in situ de los siguientes instrumentos

- MAG: magnetómetro (Connerney et al., 2015)
- SWEA: espectrómetro de electrones del viento solar (Mitchell et al., 2015)
- SWIA: espectrómetro de iones del viento solar (Halekas et al., 2015)
- STATIC: espectrómetro de plasma (McFadden et al., 2015)
- LPW: sonda de Langmuir (Andersson et al., 2015)
- EUV: medidor de flujo de radiación ultravioleta (Eparvier et al., 2015)
- SEP: sensor de partículas energéticas solares (Larson et al., 2015)

Esto permitirá utilizar los criterios en Bertucci et al., (2011) para conocer la posición de la IMB en torno a Marte para cada una de las órbitas de MAVEN.

Una vez obtenido un conjunto numeroso de orbitas se aplicarán técnicas de procesamiento de datos para conocer su forma, tamaño y variabilidad con respecto a la distancia heliocéntrica, las estaciones de Marte, y el ciclo solar.

Para el procesamiento se utilizarán rutinas desarrolladas en MATLAB o Python.

2. Correlatividades

- Estructura de la Materia 1
- Física Teórica 1

3. Antecedentes y trabajos previos

El director posee amplia experiencia en el análisis de datos de campo magnético provistos in situ por sondas espaciales alrededor de distintos objetos del sistema solar. En particular, el director posee numerosos trabajos en los que estudia la morfología magnética de discontinuidades que surgen de la interacción del viento solar con distintos cuerpos del sistema solar a partir del uso de la técnica de varianza mínima del campo magnético a fin de encontrar su vector normal (Bertucci et al., 2005a,b, 2007, 2008, 2015; Boscoboinik et al., 2020) y en algunos casos, la densidad de corriente asociada a discontinuidades del plasma (Bertucci et al., 2005b, Boscoboinik et al., 2020).

El director y la co-directora colaboran desde hace más de 4 años en la formación de estudiantes de grado y posgrado trabajando en la comprensión de los entornos magnéticos en cuerpos celestes de la heliósfera.

4. Bibliografía

Bertucci, C., C. Mazelle, M. H. Acuña, C. T. Russell, and J. A. Slavin (2005a), Structure of the magnetic pileup boundary at Mars and Venus, *J. Geophys. Res.*, 110(A1), doi:10.1029/2004JA010592.

Bertucci, C., C. Mazelle, and M. Acuña (2005b), Structure and variability of the Martian magnetic pileup boundary and bow shock from MGS MAG/ER observations, *Advances in Space Research*, 36(11), 2066–2076, doi:10.1016/j.asr.2005.05.096.

Bertucci, C., F. M. Neubauer, K. Szego, J. E. Wahlund, A. J. Coates, M. K. Dougherty, D. T. Young, and W. S. Kurth (2007), Structure of Titan's mid-range magnetic tail: Cassini magnetometer observations during the T9 flyby, *Geophys. Res. Lett.*, 34(24), 92–4, doi:10.1029/2007GL030865.

Bertucci, C. et al. (2008), The Magnetic Memory of Titan's Ionized Atmosphere, *Science*, 321(5895), 1475–1478, doi:10.1126/science.1159780.

Bertucci, C. et al., (2011). The Induced Magnetospheres of Mars, Venus, and Titan. *Space Science Reviews*, 162(1-4), pp.113–171.

Bertucci, C., D. C. Hamilton, W. S. Kurth, G. Hospodarsky, D. Mitchell, N. Sergis, N. J. T. Edberg, and M. K. Dougherty (2015), Titan's interaction with the supersonic solar wind, *Geophys. Res. Lett.*, 42(2), 193–200, doi:10.1002/2014GL062106.

Boscoboinik, G., Bertucci, C., Gomez, D., Morales, L., Mazelle, C., Halekas, J., et al. (2020). The magnetic structure of the subsolar MPB current layer from MAVEN observations: Implications for the Hall electric force. *Geophysical Research Letters*, 47, e2020GL089230. <https://doi.org/10.1029/2020GL089230>.

Eparvier, F.G., Chamberlin, P.C., Woods, T.N. et al. The Solar Extreme Ultraviolet Monitor for MAVEN. *Space Sci Rev* 195, 293–301 (2015). <https://doi.org/10.1007/s11214-015-0195-2>

Halekas, J. S., E. R. Taylor, G. Dalton, G. Johnson, D. W. Curtis, J. P. McFadden, D. L. Mitchell, R. P. Lin, and B. M. Jakosky (2013), The Solar Wind Ion Analyzer for MAVEN, *Space Sci Rev*, 195(1-4), 125–151, doi:10.1007/s11214-013-0029-z.

Larson, D.E., Lillis, R.J., Lee, C.O. et al. The MAVEN Solar Energetic Particle Investigation. *Space Sci Rev* 195, 153–172 (2015). <https://doi.org/10.1007/s11214-015-0218-z>

Sánchez-Cano, B., Lester, M., Andrews, D.J. et al. Mars' plasma system. Scientific potential of coordinated multipoint missions: “The next generation”. *Exp Astron* (2021). <https://doi.org/10.1007/s10686-021-09790-0>

Sonnerup, B. U. O ., and M. Scheible (1998), Minimum and maximum variance analysis, in *Analysis Methods for Multi-Spacecraft Data*, edited by G. Paschmann and P. W. Daly, ISSI SR-001, pp. 185 – 220, Eur. Space Agency, Paris.

5. Recursos materiales

Los datos de la sonda MAVEN son públicos y se encuentran disponibles en el sitio del Planetary Data System (<https://pds.nasa.gov>). El IAFE dispone del equipamiento necesario para que el/la tesista realice su trabajo: lugar físico de trabajo, computadoras, programas de procesamiento de datos, biblioteca y personal técnico idóneo. Asimismo el director participa de subsidios CONICET, ANPCYT y UBACYT para financiar los gastos derivados del trabajo.