

Tratamiento numérico de la inestabilidad Kelvin-Helmholtz bajo el marco de la RRMHD

CONTEXTO

En el presente trabajo se estudia de forma numérica la inestabilidad Kelvin-Helmholtz (KHI) en dos dimensiones, bajo el marco de la Magnetohidrodinámica Resistiva Relativista (RRMHD).

La inestabilidad KHI ocurre cuando hay una diferencia significativa de velocidad entre dos capas de fluido o plasma que están en contacto, lo que genera perturbaciones que crecen con el tiempo. La inestabilidad KHI se presenta en varios contextos astrofísicos, donde hay diferencias de velocidad entre capas. Algunos de estos ejemplos son, en los vientos estelares, en los discos de acreción, en los límites entre capas de gas en supernovas y en regiones de choque en jets relativistas.

La inestabilidad KHI ha sido estudiada con detalle en los últimos años por Z. Osmanov et al., 2008 [4], Oscar M. Pimentel and Fabio D. Lora-Clavijo [6] y Anthony Chow et al., 2023 [1]. En nuestra aproximación a la inestabilidad estudiamos el efecto que la resistividad en el plasma produce en su crecimiento.

MÉTODOS

Para el estudio de la inestabilidad KHI se utilizó el código CUEVA [2], el cual resuelve numéricamente el sistema de ecuaciones de la RRMHD. Dentro de las características de este programa se usó el integrador temporal Implícito-Explícito Runge-Kutta RK-IMEX [5], los flujos numéricos en las interfaces de las celdas se calcularon utilizando el resolutor aproximados de Riemann HLLC [3] y para la reconstrucción de las variables conservadas se hizo uso de esquemas de preservación de monotonía MP5, MP7 y MP9.

RESULTADOS

Las simulaciones desarrolladas muestran la aparición de vórtices característicos de las inestabilidades KHI. Identificamos que la resistividad tiene un impacto significativo en la inestabilidad al ralentizar o suprimir el crecimiento de la inestabilidad.

En un plasma ideal (baja resistividad), las corrientes eléctricas generadas por los movimientos relativos de diferentes capas de fluido pueden deformar el campo magnético. Sin embargo, la resistividad permite la disipación de estas corrientes, lo que atenúa la capacidad del campo magnético de ser arrastrado y deformado por el flujo del plasma. Esto limita la formación de vórtices y reduce la eficiencia de la mezcla entre capas del fluido. Por lo tanto, la inestabilidad se ve parcialmente amortiguada.

CONCLUSIÓN

En resumen, la resistividad afecta el crecimiento de la inestabilidad de Kelvin-Helmholtz en plasmas magnetizados al disminuir la capacidad del campo magnético para deformarse y amplificar las perturbaciones iniciales. En entornos con alta resistividad, el crecimiento de la inestabilidad es más lento y menos efectivo, y la formación de estructuras turbulentas se ve limitada. Sin embargo, la resistividad también facilita la reconexión magnética, lo que puede liberar energía en fases no lineales de la inestabilidad.

REFERENCIAS

- [1] Anthony Chow et al., 2023, The Kelvin-Helmholtz Instability at the Boundary of Relativistic Magnetized Jets, *ApJL*, 951, L23. doi:10.3847/2041-8213/acdfcf
- [2] Miranda-Aranguren, S., Aloy, M.A., 2014. Building a numerical relativistic non-ideal magnetohydrodynamics code for astrophysical applications, Cambridge University Press. *IAUS*, 302, 64. doi:10.1017/S1743921314001732.
- [3] Miranda-Aranguren, S., Aloy, M.A., Rembiasz, T., 2018. An hllc riemann solver for resistive relativistic magnetohydrodynamics. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 476, 3837–3860. doi:10.1093/mnras/sty419.
- [4] Osmanov et al., 2008. On the linear theory of Kelvin-Helmholtz instabilities of relativistic magnetohydrodynamic planar flows, *A&A* 490, 493–500. doi:10.1051/0004-6361:200809605
- [5] Palenzuela, C., Lehner, L., Reula, O., Rezzolla, L., 2009. Beyond ideal MHD: towards a more realistic modelling of relativistic astrophysical plasmas. *MNRAS* 394, 1727–1740. doi:10.1111/j.1365-2966.2009.14454.x, arXiv:0810.1838.
- [6] Oscar M. Pimentel and Fabio D. Lora-Clavijo., 2019, On the linear and non linear evolution of the Relativistic MHD Kelvin-Helmholtz instability in a magnetically polarized fluid. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 490, 4183-4193. doi:10.1093/mnras/stz2750

Nivel de formación

Pregrado

Autores primarios: Sr. MARTINEZ-ANZOLA, B. (Universidad Distrital Francisco José de Caldas); Sr. ACUÑA-TELLEZ, J. S. (Universidad Distrital Francisco José de Caldas); Sr. RODRIGUEZ-GARCIA, S. (Universidad Distrital Francisco José de Caldas); Prof. MIRANDA-ARANGUREN, S. (Universidad Distrital Francisco José de Caldas)

Presentadores: Sr. MARTINEZ-ANZOLA, B. (Universidad Distrital Francisco José de Caldas); Sr. ACUÑA-TELLEZ, J. S. (Universidad Distrital Francisco José de Caldas); Sr. RODRIGUEZ-GARCIA, S. (Universidad Distrital Francisco José de Caldas)

Clasificación de la sesión: Posters