

Evoluzione della turbolenza nel vento solare: simulazioni MHD con il modello della scatola in espansione

La turbolenza ha probabilmente un ruolo essenziale nel processo di riscaldamento ed accelerazione del vento solare. In particolare i modelli che descrivono l'evoluzione e la dinamica del vento, specialmente la sua componente veloce, richiedono una fonte addizionale di energia che può essere ottenuta tramite la cascata turbolenta delle fluttuazioni elettromagnetiche a grande scala. Le strutture più grandi alle cosiddette scale di iniezione generano una cascata di energia che forma strutture via via più piccole fino ad arrivare a scale dove i processi dissipativi permettono la sua dissipazione in calore con conseguente riscaldamento ed accelerazione.

In questa tesi ci siamo concentrati sulle proprietà della turbolenza nei plasmi in regime magnetoidodinamico (MHD) in un plasma in espansione radiale e stazionaria: abbiamo analizzato la turbolenza in regime idrodinamico (modello di Kolmogorov) e la sua variante (modello di Iroshnikov-Kraichnan) che descrive la statistica della turbolenza in regime MHD.

Abbiamo quindi risolto le equazioni della MHD con l'ausilio di simulazioni numeriche analizzando l'evoluzione della turbolenza in decadimento per un sistema in equilibrio perturbato da fluttuazioni incompressibili (onde di Alfvén). Per tener conto degli effetti della espansione radiale abbiamo anche utilizzato il metodo della 'scatola in espansione' che descrive l'evoluzione di una porzione di plasma in moto radiale rispetto ad un'origine (che nel caso del vento coincide col Sole). I risultati delle simulazioni sono stati confrontati tra di loro e con i modelli sopraccitati: pur avendo a disposizione un numero limitato di scale dove la cascata turbolenta si può osservare, gli spettri di potenza osservati nel caso in espansione tendono ad essere diversi da quelli previsti dalle teorie classiche, e variabili in funzione della velocità di espansione del vento. Ciò probabilmente a causa dell'effetto dell'espansione radiale che tende ad aumentare i tempi di interazione non lineare tra le strutture. L'espansione radiale quindi potrebbe rappresentare una delle cause per cui lo spettro delle fluttuazioni osservato nel vento mostra un certo grado di variabilità.

Le simulazioni sono state ottenute grazie al codice di simulazione ECHO (Eulerian Conservative High Order), mentre l'analisi dei risultati è stata effettuata tramite Python 3.8.

Relatore: Simone Landi (simone.landi@unifi.it)

Candidato: Luca Romoli (luca.romoli2@stud.unifi.it)