

ВИКОРИСТАННЯ ШУМУ ПЕРЛІНА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТУРБУЛЕНТНОСТІ У КОСМІЧНІЙ ПЛАЗМІ

Тарас Кузьо

Інститут прикладних проблем механіки і математики імені Я.С.Підстригача НАН
України, kuzyo.taras@gmail.com

Турбулентні процеси у астрофізичній плазмі відіграють значну роль у процесах дисипації енергії, прискоренні елементарних частинок та підсиленні напруженості магнітного поля у різних астрофізичних середовищах.

У роботі продемонстровано як функції генерування процедурного шуму, зокрема шуму Перліна, з їх контрольованими спектральними властивостями можуть ефективно генерувати турбулентні поля, що статистично відтворюють основні властивості турбулентності, яка виникає у космічній плазмі. Розвинено підхід, у якому можна досліджувати турбулентні каскади, які охоплюють просторові масштаби у кілька порядків величини, з невеликою обчислювальною складністю. Змодельовані турбулентні розподіли порівняно зі спостережуваними даними випромінювання залишків наднових зір у радіо та рентгенівському діапазонах.

Такий підхід дає новий і перспективний інструмент для дослідження простору параметрів турбулентних течій і створення початкових умов для більш детальних магніто-гідродинамічних симуляцій. У свою чергу, це дозволить краще пов'язати теоретичні моделі та дані зі спостережень у астрофізиці.

THE APPLICATION OF PERLIN NOISE FOR EXPLORING TURBULENCE PROPERTIES IN COSMIC PLASMA

Turbulent processes in astrophysical plasmas play a key role in energy dissipation, particle acceleration, and magnetic field amplification across various cosmic environments.

This work demonstrates how procedural noise functions, particularly Perlin noise with its controlled spectral properties, can efficiently generate turbulent fields that statistically reproduce key features of cosmic plasma turbulence. The developed approach captures the multi-scale nature of the turbulent cascade while maintaining computational efficiency. It also includes validation tests comparing Perlin-based models against observational data from high-resolution observations of supernova remnants in radio and X-rays.

This approach offers a new and promising tool for exploring parameter spaces in turbulence studies and generating initial conditions for more detailed MHD simulations, potentially bridging the gap between theoretical models and observational constraints in astrophysical research.