

# СОЛИТОННОЕ ВОЗМУЩЕНИЕ ФУНКЦИЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФОНОВОЙ ПЛАЗМЫ

Трухачев Ф.М.<sup>1,2,3</sup>, Герасименко Н.В.<sup>2</sup>, Васильев М.М.<sup>1,3</sup>, Петров О.Ф.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>ОИВТ РАН, г. Москва, Россия, [fru@mail.ru](mailto:fru@mail.ru)

<sup>2</sup>БРУ, г. Могилев, Беларусь

<sup>3</sup>МФТИ, г. Долгопрудный, Россия

Волны в плазме могут являться эффективным механизмом нагрева и ускорения заряженных частиц. Большинство научных работ в этой области посвящено альфвеновским, ленгмюровским и электромагнитным волнам [1-4]. Однако, нелинейные волны и солитоны акустического типа до недавнего времени [5] не исследовались в этом отношении. А между тем они играют важную роль в динамике как космической, так и лабораторной плазмы [6]. Предлагаемая работа посвящена анализу влияния одномерных консервативных солитонов на функции распределения фоновой плазмы. В частности, с использованием одномерной гидродинамической модели электрон-протонной бесстолкновительной плазмы, а также одночастичного приближения рассчитана ионная функция распределения по скоростям и энергиям в присутствии ионно-звуковых солитонов. Анализ проведен в рамках численного моделирования динамики большого ансамбля ионов фоновой плазмы, участвующих во взаимодействии с солитоном. Кроме того, в предположении эргодичности плазмы получены аналитические выражения для описания функции распределения. В частности для ионно-звуковых солитонов произвольной амплитуды функция распределения по скоростям может быть описана выражением  $f(v_i)=2[T(dv_i/dt)]^{-1}$ , где  $T$  – время измерения (постоянная времени приборов) функции распределения, определяющая нормировку,  $v_i$  – скорость пробного иона в электрическом поле солитона. Для солитонов малой амплитуды можно воспользоваться формулой  $f(v_i) = \sqrt{2} [T\Phi_0\mu\sqrt{(\mu-1)A}]^{-1}$ , где  $\Phi_0$  – амплитуда солитона,  $\mu = [M^2 - (M - v_i)^2]/2\Phi_0$ ,  $A = 0.5(M^{-2} - 1)$ ,  $M$  – число Маха. Анализ полученных выражений показал, что возмущенная функция распределения подобна функции распределения плазмы имеющей сверхзвуковой ионный пучок. Для проверки полученных формул была рассчитана средняя плотность ионного тока, индуцированного ансамблем солитонов, показано отличное согласие с результатами [7], полученными другими способами. Наши результаты будут полезны при интерпретации экспериментальных данных.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-12-00354

1. Escande D. F., et.al. *Scientific Reports* 9(1), 14274 (2019).
2. Seo Jaemin, et.al. *Nuclear Fusion* 61:9, 096022 (2021).
3. Esarey, E., et.al. *Rev. Mod. Phys.* 81, 1229–1285 (2009).
4. Cardinali A., et.al. *Plasma Phys. Control. Fusion* 62 044001 (2020).
5. Трухачев Ф.М. и др., *Физика плазмы* 48(10), 967-974 (2022).
6. Lakhina G.S., et.al. *Plasma* 4, 681 (2021).
7. Trukhachev F.M. et.al., *Cosmic Res.* 54, 351 (2016).