Исследование роли вейбелевской неустойчивости во взаимодействии лазерного излучения со сверхкритической плазмой при помощи численного моделирования

Перепёлкина А.Ю., Левченко В.Д., Горячев И.А.

ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

Возможность возникновения магнитных полей в плазме вследствие вейбелевской филаментационной неустойчивости известна долгое время. С тех пор как этот процесс признавался возможной причиной появления устойчивых крупномасштабных структур магнитного поля в межгалактической плазме, а также в экспериментах, связанных с инерциальным термоядерным синтезом, ему было посвящено все больше исследований.

Применимость экспериментальных измерений и аналитических выкладок, полученных при помощи линейной теории, имеет свои ограничения при его изучении. Со времени появления теории кинетического моделирования плазмы численные эксперименты проводились неоднократно, как для выявления механизмов протекания неустойчивости в простейших постановках для проверки аналитических оценок, так и для исследования ее развития в актуальных прикладных задачах, таких как ускорение частиц лазерным импульсом. Используемые математические численные модели имеют множество упрощений. Упрощения изменяют геометрию задачи и уменьшают количество возможных для рассмотрения явлений и связаны с необходимостью проведения сложных вычислений за приемлемое время доступными вычислительными средствами. С развитием вычислительной техники и алгоритмов количество необходимых приближений уменьшалось, и основные ограничения на численные параметры задачи потеряли свою значимость.

В данной работе использован высокоэффективный код моделирования кинетики плазмы методом «частица-в-ячейке» CFHall.

С учетом предыдущих исследований выбраны численные параметры, достаточные для достоверного описания протекания исследуемого процесса. Выбранные параметры и средства моделирования верифицированы для описания вейбелевской неустойчивости в системе двух релятивистских электронных пучков [1].

Проведена серия расчетов для задачи ускорения частиц при взаимодействии лазерного импульса со сверхкритическим плазменным слоем. Расчеты проведены в трехмерной геометрии и с дискретностью, достаточной для адекватного описания самых мелких из возникающих филаментов. В экспериментах выявлена немонотонная зависимость доли энергии, переданной ускоренными частицами на возникновение магнитных полей внутри плазмы, от амплитуды падающего импульса, с максимумом более 4%.

**Рис.1**. Возникновение филаментации в магнитном поле при ускорении частиц плазмы лазерным импульсом. зависимость доли энергии, переданной ускоренными частицами на возникновение магнитных полей внутри плазмы, от амплитуды падающего импульса

Литература

1. CFHall Code Validation with 3D3V Weibel Instability Simulation, A Yu Perepelkina et al 2013 J. Phys.: Conf. Ser. 441 012014