О спектре релятивистских плазменных колебаний в окрестности резонанса

И.И. Метельский, В.Ю. Быченков, \*В.Ф. Ковалёв

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия, metelski@lebedev.ru
\*Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Россия

История изучения плазменных колебаний насчитывает более шестидесяти лет. Наибольший интерес в этой области представляют сильно нелинейные колебания большой амплитуды, рассмотренные впервые в виде «бегущей волны» [1]. В связи с прогрессом в развитии технологий в области лазер – плазменных взаимодействий, особенно актуальным является вопрос учета сильной нелинейности плазменных волн в случае, когда нельзя пренебречь релятивистскими эффектами. В частности, нелинейные эффекты проявляются при резонансном поглощении в области критической плотности [2], что приводит к генерации вторичных высокочастотных электромагнитных полей. Такие электромагнитные поля с частотами высокой кратности имеют широкое применение во многих областях как фундаментальной, так и прикладной науки [3]. В настоящее время подходы к описанию релятивистских плазменных колебаний, как правило, основаны на использовании численных или полуаналитических методов. В иных случаях методы расчетов базируются на приближенных моделях, носящих качественный характер. Поэтому на сегодняшний день остается актуальной возможность построения последовательной аналитической теории

В настоящей работе изложены результаты аналитического рассмотрения релятивистских плазменных колебаний в области плазменного резонанса с привлечением аппарата ренормгрупповых преобразований [4]. Проводится анализ полученного решения системы уравнений релятивисткой холодной гидродинамики совместно с уравнениями Максвелла. В общем случае, при произвольной амплитуде плазменных колебаний показано, что учет релятивизма в исходных уравнениях влечет за собой сдвиг частоты колебаний отдельных частиц. В слаборелятивистском пределе получена хорошо известная поправка для частоты нелинейных волн [1].

Релятивистский сдвиг частоты в совокупности с неоднородностью амплитуды плазменной волны порождает нестационарные колебания и, в конце концов, опрокидывание волны. Найдено время наступления опрокидывания, определяемое неоднородностью параметров колебаний. Вычислены спектры квазистационарных колебаний в области критической плотности и показано, что в ультрарелятивистском пределе они имеют степенной характер убывания.

Литература

1. Ахиезер А.И., Половин Р.В. ЖЭТФ 30 915 (1956).
2. Б.Н. Гершман, В.Л. Гинзбург, Н.Г. Денисов УФН 61 561-612 (1957).
3. Ганеев Р.А. УФН 183 815-847 (2013).
4. В.Ф. Ковалев, В.В. Пустовалов ТМФ 81:1 (1989), 69-85.