

А.В. Артемьев, А.И. Нейштадт, А.А. Васильев, Л.М. Зеленый. Нерезонансное ускорение заряженных частиц электростатическими волнами, распространяющимися поперек флуктуирующего магнитного поля.

Аннотация.

1. А.В. Артемьев, А.И. Нейштадт, А.А. Васильев, Л.М. Зеленый.

2. Нерезонансное ускорение заряженных частиц электростатическими волнами, распространяющимися поперек флуктуирующего магнитного поля.

3. A.V.Artemyev, A.I.Neishtadt, A.A.Vasiliev, and L.M.Zelenyi, Nonresonant Charged-Particle Acceleration by Electrostatic Waves Propagating across Fluctuating Magnetic Field, Physical Review Letters, vol. 115, 155001 (2015).

4. (Общая формулировка научной проблемы и ее актуальность)

Задача о взаимодействии волн и частиц является одной из фундаментальных задач физики плазмы. Обычно считается, что основной эффект взаимодействия связан с наличием резонанса волна-частица. Актуальной является задача о возможности эффективного взаимодействия волн и частиц в отсутствие резонанса.

5. (Конкретная решаемая в работе задача и ее значение)

Рассматривается движение частицы, скорость ларморовского вращения которой много меньше фазовой скорости электростатической волны. Фоновое магнитное поле имеет постоянное направление, но его величина флуктуирует. Рассмотрены два случая — стационарных флуктуаций и флуктуаций, зависящих от времени. Эта задача в отсутствие флуктуаций магнитного поля является одной из основных модельных задач, демонстрирующих невозможность нерезонансного ускорения частиц волной. В работе продемонстрировано, что наличие сильных флуктуаций магнитного поля снимает запрет на нерезонансное ускорение. Важно, что этот эффект проявляется уже в простейшей конфигурации полей.

6. (Используемый подход, его новизна и оригинальность)

Подход основан на идее, что препятствием к нерезонансному ускорению является наличие адиабатической инвариантности в движении частиц, возникающей из-за корреляции фаз при последовательных прохождении частицы через точку в пространстве скоростей, где ее скорость наиболее близка к скорости волны. Эта корреляция может быть разрушена флуктуациями фонового магнитного поля. В результате разрушается адиабатическая инвариантность и возникает стохастическое ускорение. Для демонстрации эффекта используется численное интегрирование траекторий как отдельной частицы, так и ансамблей частиц.

7. (Полученные результаты и их значимость)

В работе продемонстрирован эффект ускорения заряженной частицы электростатической волной, распространяющейся поперек фонового магнитного поля в случае, когда резонанс волна-частица невозможен. Показано, что при отсутствии резонанса (то есть, когда скорость частицы гораздо меньше фазовой скорости волны) такое ускорение возможно, если адиабатичность движения частицы разрушается флуктуациями магнитного поля. Сочетание воздействия флуктуаций магнитного поля и нерезонансной волны приводит к эффективному ускорению заряженных частиц (отсутствующему при отсутствии хотя бы одного из этих двух факторов) и, тем самым, к затуханию волны. Таким образом, в случае стохастического движения частицы волна должна затухать даже в отсутствие резонанса Ландау. Предлагаемый механизм обеспечивает эффективный нагрев частиц, которые не могут быть ускорены за счет резонансных взаимодействий волна-частица. Простота данного сценария свидетельствует о том, что он может осуществляться в широком круге задач. Полученный результат является новым.