томсоновское рассеяние в неоднородной плазме

Белый В.В.

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова  РАН, г. Троицк, г. Москва, Россия, sbelyi@izmiran.ru

Одним из основных методов диагностики плазмы является метод томсоновского рассеяния. Он успешно используется в широком диапазоне частот: СВЧ (при изучении ионосферной плазмы), лазерного излучения (лабораторной плазмы, в частности в ТОКАМАКАХ), рентгеновского излучения (в исследованиях сильно плотной плазмы). Дифференциальное сечение рассеяния определяется электронным форм-фактором . Спектры рассеяния несут информацию о плотности плазмы, её температуре, ионном составе и т.д. В состоянии термодинамического равновесия их спектральные характеристики определяются флуктуационно-диссипационой теоремой. Неоднородности в пространстве и во времени должны определенным образом влиять на спектры флуктуаций. Нами построена кинетическая теория Томсоновского рассеяния электромагнитных волн в неоднородной плазме [1, 2]. Мы показали, что не только диссипация (), но и дисперсионные вклады определяют амплитуду и ширины спектральной линии томсоновского рассеяния. В случае, когда параметры плазмы однородны в пространстве, но меняются во времени, нестационарная поправка в ширину спектральной линии остается симметричной по отношению к смене знака частоты ω. Однако, если параметры плазмы меняются в пространстве, эта симметрия исчезает. Вклад пространственной производной в выражение для ширины спектральной линии является нечетной функцией частоты. В пространственно однородной плазме нет отличия между спектральными свойствами электростатических флуктуаций и флуктуаций плотности электронов. Но это не так для пространственно неоднородной плазмы: электростатические флуктуации и флуктуации плотности электронов связаны нелокальным соотношением. Асимметрия спектральных линий присутствует как для электронного форм-фактора так и для электростатического поля, но этот эффект более существенен для форм-фактора.

Разлагая электронный форм-фактор вблизи плазменного резонанса, имеем [2]

  (1)

где полуширина ленгмюровской линии в стационарном случае имеет вид:

  (2)

Отсюда следует оценка градиента плотности электронов:

 , (3)

где  и , амплитуды и полуширины красных и синих ленгмюровских сателлитов спектральной функции электронной плотности в относительных единицах, параметр Солпитера *α*=k/kD.

Литература

1. Belyi V.V. Phys.Rev. 2018, E97, 053204.
2. Belyi V.V. Scientific Reports, 2018, 8:7946.