

ИОННО-ЦИКЛОТРОННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ПЛАЗМЫ В ДЛИННОЙ ДИАМАГНИТНОЙ ЛОВУШКЕ ^{*)}

Черноштанов И.С.

*Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия,
I.S.Chernoshtanov@inp.nsk.su*

Одно из преимуществ линейных осесимметричных систем заключается в принципиальной возможности работы в режимах с высоким относительным давлением плазмы β . В предельном случае, когда давление плазмы равно давлению магнитного поля (т.н. режим диамагнитного удержания), происходит полное вытеснение магнитного поля из занятой плазмой области и формируется так называемый диамагнитный пузырь [1]. Теоретические оценки показывают принципиальную возможность существенного (по крайней мере, на порядок) увеличения времени жизни частиц при переходе в диамагнитный режим [1, 2]. В настоящее время эксперименты по диамагнитному удержанию плазмы планируются на установке КОТ в ИЯФ СО РАН [3], удержание плазмы с предельно высоким давлением исследуется на установке С2-W компании Tri Alpha Energy. Следует отметить эксперимент по формированию популяции быстрых ионов с высоким относительным давлением на установке 2ХПВ [4] и эксперименты по удержанию плазмы с высоким β в каспах [5].

В настоящее время отсутствуют систематические данные о кинетических неустойчивостях и аномальном транспорте при $\beta \approx 1$. На установке 2ХПВ наблюдались колебания с частотой порядка циклотронной частоты ионов, вызывавшие аномальное рассеяние ионов и ограничивавшие давление плазмы. В каспах наблюдались неустойчивости, связанные с дрейфом электронов в переходном слое, приводившие к уширению слоя и ограничившие время жизни плазмы [5, 6]. Теоретически устойчивость колебаний в длинной ловушке с тонким слоем быстрых ионов исследована в [7].

В докладе обсуждаются механизмы возбуждения кинетических неустойчивостей в осесимметричной диамагнитной ловушке, заполненной холодной мишенной плазмой; диамагнитный ток в пузыре поддерживается популяцией быстрых ионов. Пренебрегается продольной неоднородностью плазмы, при этом возмущение электрического поля можно искать в виде $E_0 e^{ikz + im\theta - i\omega t}$. Возмущение функции распределения ионов находится из линеаризованного уравнения Власова, для решения которого используется разложение возмущенных величин в ряд Фурье по фазам радиальных и азимутальных колебаний; такой подход позволяет явно учесть сложную картину невозмущенного движения ионов.

Рассматриваются колебания с $m=0$ (осесимметричные волны, соответствуют Геодезическим акустическим модам, наблюдаемым на установке ГДЛ) и $m=1$ (соответствуют альфвеновской ионно-циклотронной неустойчивости). Обсуждаются зависимости частот и инкрементов от параметров плазмы, прослежено изменение характеристик неустойчивостей при переходе от плазмы с умеренным давлением к диамагнитному удержанию.

Литература

- [1]. A.D. Beklemishev. Phys. Plasmas. 2016. V. 23. P. 082506, doi: 10.1063/1.4960129
- [2]. И.С. Черноштанов. Физика плазмы. 2022. № 2. С. 99, doi: 10.31857/S0367292122020056
- [3]. В.В. Гамов и др. Труды 51-й Международной Звенигородской конференции по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу. Звенигород, 2024.
- [4]. W.C. Turner, et. al. Nucl. Fusion. 1989. V. 19. P. 8, doi: 10.1088/0029-5515/19/8/002
- [5]. M.G. Haines. Nucl. Fusion. 1977. V. 17. P. 811, doi: 10.1088/0029-5515/17/4/015
- [6]. М.С. Иоффе и др. В сб. Итоги науки и техники. Физика плазмы, т. 9, под. ред. В.Д. Шафранова. М.: ВИНТИ, 1989
- [7]. H.W. Wong, et. al. Phys. Fluids B: Plasma Phys. 1991. V. 3. P. 2973, doi: 10.1063/1.859931

^{*)} DOI – тезисы на английском