

Аномальные флуктуации давления и термодинамические неустойчивости в классической неидеальной плазме

Саитов И.М., Ланкин А.В., Норман Г.Э.

ОИВТ РАН, МФТИ

Предположение о плазменном фазовом переходе (ПФП) было выдвинуто в [1,2] по аналогии с газом ван-дер-Ваальса, в котором фазовый переход первого рода возникает в результате конкуренции дальнедействующего притяжения и короткодействующего отталкивания. Кулоновское взаимодействие между зарядами является дальнедействующим и, в силу поляризации их расположения в плазме, имеет в целом характер притяжения. Эффективное отталкивание на малых расстояниях возникает даже между электроном и протоном из-за квантовых эффектов. В отличие от неидеального газа, в низкотемпературной плазме присутствуют возбужденные атомы. Ограничение дискретного спектра в статистической сумме атома зависит от концентрации зарядов. В [3,4] было показано, что эта зависимость приводит к появлению в уравнении состояния нового слагаемого, имеющего характер эффективного отталкивания. Этот фактор может повлиять и на ПФП.

В [1 - 4] использовалась химическая модель плазмы. Более последовательным представляется применить флуктуационный подход [5], позволяющий производить самоогласованное совместное описание слабо связанных и свободных электронных состояний без их разделения. Используется метод молекулярной динамики. В качестве потенциала взаимодействия электронов и ионов выбирается кулоновский, обрезанный на глубине, не зависящей от концентрации и температуры частиц. Рассматриваемая система является равновесной. В работе исследовались флуктуации термодинамических параметров: температуры и давления. Было обнаружено, что распределение флуктуаций температуры – нормальное, что согласуется с классической теорией термодинамических флуктуаций. При рассмотрении функций распределения давления были обнаружены две особенности. (а) Была обнаружена область плотностей зарядов и температур, где функция распределения флуктуаций давления имеет явно выраженную асимметричную форму и может быть приближена суммой двух нормальных распределений. (б) Существует область параметров плазмы, где мгновенные значения давления могут быть отрицательны. Следует заметить, что данные области параметров находятся вне области действия вышеупомянутого стабилизирующего фактора. Так же была обнаружена область параметров плазмы, где давление системы заряженных частиц не зависит от плотности зарядов, и по аналогии с газом ван-дер-Ваальса была получена оценка критических параметров. Таким образом, полученный результат может служить косвенным указанием на существование двухфазной области в этом диапазоне параметров плазмы.

Литература.

- [1] Г.Э.Норман, А.Н.Старостин ТВТ. **6**, 410 (1968)
- [2] Г.Э.Норман, А.Н. Старостин. ТВТ Т. **8**, 413 (1970)
- [3] V.K. Gryaznov, I.L. Iosilevskiy, V.E. Fortov, J. Appl. Mech. and Tech. Phys. **3**, 70 (1973)
- [4] А. С. Каклюгин, Г. Э. Норман, Энциклопедия низкотемпературной плазмы. Серия Б. Том III-I (под ред. Фортова В. Е.) (Физматлит, Москва, 2004)
- [5] A. V. Lankin, G. E. Norman, J. Phys. A: Mathematical and Theoretical **42**, 214032 (2009)