

Неконгруэнтные фазовые переходы в плазме химических смесей

И.Л. Иосилевский

Московский физико-технический институт (Гос. Университет)

Отличительной чертой фазовых переходов в плазме, составленной из двух и более химических элементов, является «неконгруэнтность» этих переходов, т.е. возможность равновесия фаз с различающимся составом (стехиометрией), при сохранении заданной стехиометрии двухфазной системы. Эта неконгруэнтность ведет к существенному изменению параметров и структуры фазовых границ, включая, прежде всего свойства критической точки (точек), в сравнении с «обычными» фазовыми переходами газ-жидкость. Эти отличия были детально изучены на примере неконгруэнтного испарения в системе уран-кислород, продукте экстремального (аварийного) нагрева диоксида урана (UO_2) штатного топлива современных ядерных реакторов [1]. Прикладная важность полученных результатов инициировала экспериментальные усилия по проверке предсказаний теории [2]. Это исследование проводится в настоящее время [5]

Неконгруэнтность не является исключительной особенностью диоксида урана. Любой фазовый переход в системе из двух и более химических элементов обязан быть неконгруэнтным в общем случае. Конгруэнтные переходы в таких системах – исключения. В сообщении обсуждается неконгруэнтность [1, 6] гипотетических ‘плазменного’ (PPT) и ‘диссоциативного’ (DPT [7]) фазовых переходов в гелий-водородной плазме недр Юпитера, Сатурна и коричневых карликов. Неконгруэнтность плазменного фазового перехода в H_2/He смеси приближенно оценена на примере популярной в астрофизических приложениях версии PPT Saumon and Chabrier [4]. Величина эффекта неконгруэнтности [8] оказывается заметной в сравнении с наблюдаемой величиной гелиевого обеднения атмосфер Юпитера и Сатурна. Это оправдывает необходимость проведения полноразмерного расчета обсуждаемой неконгруэнтности в этой [4] и всех других версиях PPT и DPT [7] в H_2/He плазме.

Другой пример проявления неконгруэнтности обсуждается для случая фазового перехода газ-жидкость в ионных жидкостях и расплавах солей. Обсуждаются различия в свойствах такого перехода в сравнении с «обычным» (принудительно-конгруэнтным) испарением в реальных расплавах солей и причина принципиального отсутствия такой неконгруэнтности в результатах численного моделирования перехода газ-жидкость в ионных жидкостях в рамках популярных моделей заряженных твердых и мягких сфер.

1. Iosilevskiy I., Gryaznov V., et al. *Contrib. Plasma Phys.* V. **43**, N 5-6, 316 (2003).
2. Ronchi C., Iosilevskiy I., Yakub E. // *Equation of State of Uranium Dioxide* / Springer, Berlin, 2004.
3. *Experimental and theoretical study of thermophysical properties of uranium dioxide related to the nuclear safety problems* / Grant ISTC 2107.
4. Saumon D., Chabrier G., Van Horn H.M., *Astrophys. J. (Suppl)* **99** 713 (1995).
5. Иосилевский И. и др. // доклад на Сессии NPP-2005, Москва, декабрь 2005
6. Iosilevskiy I. // Int. Workshop “Physics of Non-Ideal Plasmas” (PNP-2006), Darmstadt, Germany, Sept. 2006.
7. S. Scandolo, *Proc. Nat. Ac. Sci.* **100**, 3051 (2003); S. Bonev, B. Militzer, G. Galli, *Phys. Rev. B.* **69**, 014101 (2004); S. Bonev, E. Schwegler, T. Ogitsu, G. Galli, *Nature* **431**, 669 (2004)
8. Украинец А.В., Иосилевский И.Л. // Физика экстремальных состояний вещества /ред. В.Е.Фортов, В.П.Ефремов, К.В.Хищенко, В.Б.Минцев / ИПХФ РАН, Черногловка, 2005, с.181.