

**Об особенностях межфазных границ в моделях комплексной плазмы**

И. А. Мартынова<sup>1,2</sup>, И. Л. Иосилевский<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)

<sup>2</sup>Объединенный институт высоких температур РАН

На основании известной и общепринятой фазовой диаграммы пылевой плазмы в экранированном дебаевском потенциале [1]: кристалл (bcc) - кристалл (fcc) - жидкость в координатах Г-κ (Г- параметр кулоновской неидеальности, κ - безразмерный параметр экранирования) строится фазовая диаграмма в естественных переменных плотность – давление – температура для однокомпонентной системы с потенциалом Юкавы с фиксированным радиусом экранирования [2] (см. рис.1)..

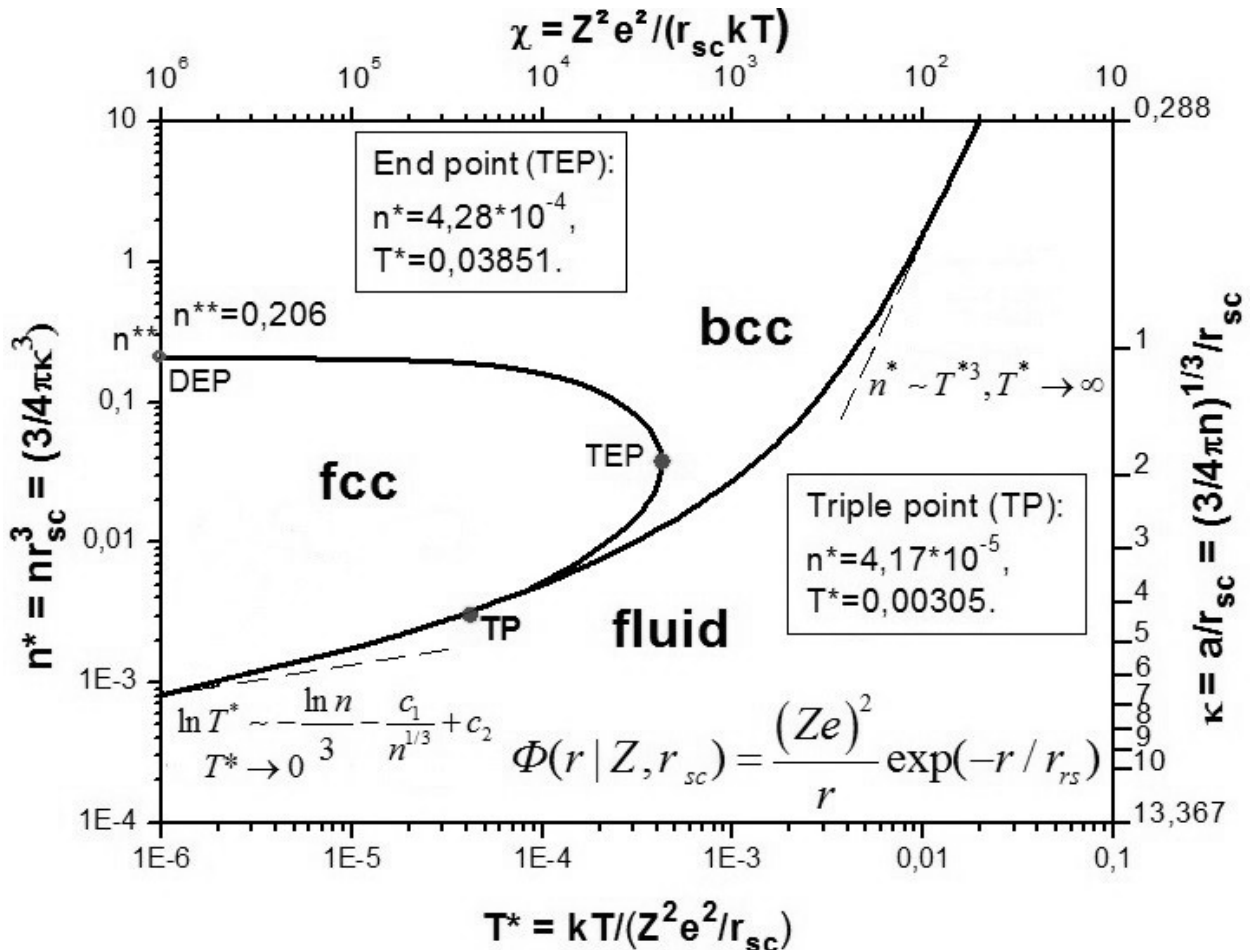


Рис.1. Фазовая диаграмма чисто отталкивательной однокомпонентной системы с потенциалом Юкавы с фиксированным радиусом экранирования. Пунктиром обозначены аппроксимации кривой плавления при  $T \rightarrow \infty$  и при  $T \rightarrow 0$

Здесь  $r_{sc}$  – фиксированный радиус экранирования,  $n$  – концентрация макроионов,  $Z$  – их зарядовое число,  $k$  – константа Больцмана. С использованием кода А.В.Филиппова (метод интегральных уравнений в теории жидкости) проведен расчет зависимости давления на границе плавления модели [1] (см. рис.2). Здесь  $P$  – полное давление в системе.

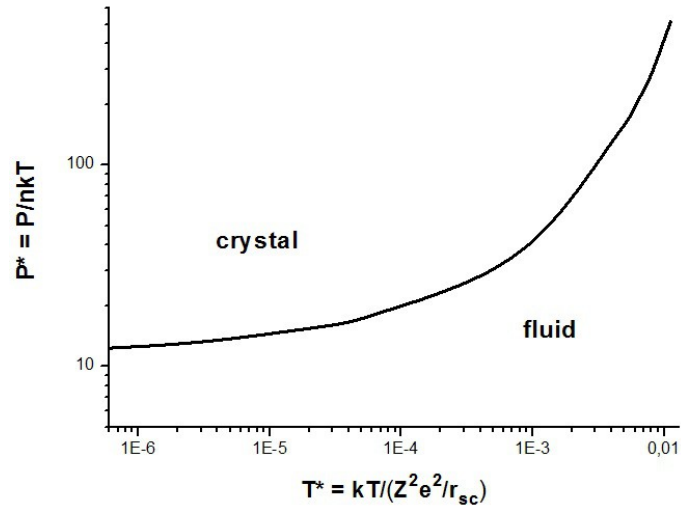


Рис. 2. Кривая плавления чисто отталкивательной однокомпонентной классической системы с потенциалом Юкавы с фиксированным радиусом экранирования в переменных температура – давление

На основании полученной зависимости проведена проверка выполнения полуэмпирического закона Симона. В предположении подобия плавления в рассматриваемой системе с потенциалом Юкавы [1] и в системе т. наз. «мягких сфер» и в предположении универсальности величины энтропии плавления в таких моделях проведены оценки скачка плотности на межфазной границе плавления системы [1]. Приведены аппроксимационные соотношения для использования полученных результатов в прикладных расчетах. Для равновесного однотемпературного варианта упрощенной модели комплексной плазмы, как двухкомпонентной (+Z, -1) или трехкомпонентной (+Z, -1, +1) системы из макро- и микроионов ( $Z \gg 1$ ) традиционная фазовая диаграмма [1] перестроена в естественных термодинамических переменных плотность – температура. В двулогарифмическом представлении  $\ln T - \ln n_z$  полученная фазовая диаграмма имеет вид комбинации линейных зон (полос) флюидного и кристаллического состояний, разделенных границами  $\Gamma = \text{const}$  [3]. С учетом проведенных ранее оценок скачка плотности на границе плавления анализируется положение указанных зон и разделяющих их границ (полос) двухфазного состояния в зависимости от главного параметра модели – заряда макроионов  $Z$ . С использованием приближенных уравнений состояния [1] и [4] выявлено существование на фазовой диаграмме [1] обширных областей с отрицательной сжимаемостью и отрицательным давлением. В связи с наличием таких состояний

обсуждаются вопросы термодинамической устойчивости и возможность существования в равновесных многокомпонентных системах  $(+Z, -1)$  и  $(+Z, -1, +1)$  неучтенного в [1] фазового перехода типа газ-жидкость. Помимо этого для трехкомпонентной модели  $(+Z, -1, +1)$  анализируется характер проявления свойства *неконгруэнтности* присущих системе фазовых переходов и вытекающее из этого дополнительное расщепление всех межфазных границ, прежде всего границы перехода кристалл-флюид в сравнении с обычной (принудительно конгруэнтной) версией этих границ.

Авторы выражают благодарность А.В. Филиппову за предоставленный программный код для расчета эффектов неидеальности в уравнении состояния однокомпонентной системы с потенциалом Юкавы.

#### Литература.

1. *Hamaguchi S., Farouki R.T. Dubin D.* Triple point of Yukawa systems. – Phys. Rev. E. – 56. – 1997. – P.4671-4682.
2. *Martynova I., Iosilevskiy I.* Features of Phase Transitions in the models of Complex Plasma. 15th International Conference on the Physics of Non-Ideal Plasmas, Almaty. Book of Abstracts. – 2015. – p.44
3. *Martynova I.A., Iosilevskiy I.L.* About melting curve and non-congruence of colloidal and dusty plasmas models. Материалы XIV российской конференции (с международным участием) по теплофизическим свойствам веществ, Казань. – 2014. – Т. 2. – с.26-27
4. *Khrapak S.A., Khrapak A.G., Ivlev A.V. and Morfill G.E.* Simple estimation of thermodynamic properties of Yukawa systems. - Phys. Rev. E. – 89. – 2014. – 023102.