

АНОМАЛЬНАЯ ТЕРМОДИНАМИКА ЭНТРОПИЙНЫХ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В ПЛОТНОЙ НЕИДЕАЛЬНОЙ ПЛАЗМЕ

И. Л. Иосилевский^{1, 2}, В. К. Грязнов³, А. В. Шутов³

¹Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, Россия

²Московский физико-технический институт (ГУ), Долгопрудный, Московская обл., Россия,

³ФИЦ проблем химической физики РАН, Черноголовка, Московская обл., Россия

В приложении к физике плотной неидеальной плазмы обсуждаются свойства малоизученных термодинамических объектов – единых зон аномальной термодинамики (ATR), объединяющих два сопряженных термодинамических объекта – необычный («энтропийный») фазовый переход (S -PT) [1] и сопутствующую ему зону с регулярными (т. е. безразрывными) но также аномальными термодинамическими свойствами. Зона ATR [2] является зоной одновременной (аномальной) *отрицательности* большой группы (нормально положительных) вторых перекрестных производных термодинамического потенциала, таких как параметр Грюнайзена, коэффициент термического расширения и др., чья аномальность проявляется, прежде всего, во взаимопересечениях и нарушениях порядка целого ряда изолиний исследуемого вещества и др.

Главная *физическая особенность* термодинамики объединенных зон ATR – это единый физический механизм, являющийся «двигателем» (драйвером) резкого изменения термодинамики вещества в зонах ATR – принудительный (и энергоемкий) «распад» каких-либо связанных комплексов при сжатии вещества («делокализация давлением»).

Главная *формально-геометрическая особенность* объединенных зон ATR – это *многослойность* термодинамических поверхностей: – $T(P, V)$, $S(P, V)$, $U(P, V)$ и $H(P, V)$ (температура, энтропия, внутренняя энергия и энтальпия). Основным следствием указанной многослойности является аномальный («возвратный») характер пересечения зоны ATR динамическими траекториями экстремального сжатия и разрежения (ударного и изоэнтропического). Следствием этого «возвратного» хода является характерная Z -образная немонотонность («зигзаг») динамических P - V траекторий ударного и изоэнтропического сжатия и разрежения при пересечении зоны ATR. Эта Z -образная немонотонность P - V траекторий сжатия и разрежения означает потерю в зоне ATR *глобальной вогнутости* указанных траекторий, т. е. нарушение (глобальной) формы условия Бете–Вейля. Это нарушение, в свою очередь, означает возможность наступления гидродинамической неустойчивости (А) – простой («одноволновой») формы ударного и изоэнтропического сжатия, и (Б) – простой («одноволновой») формы изоэнтропической волны разрежения.

С помощью гидродинамического кода проведено численное моделирование аномалий гидродинамики прохождения волн сжатия и разрежения через зону ATR, предсказанную в первопринципных расчетах уравнения состояния плотной плазмы азота мегабарного диапазона давлений (FPEOS [3]). В рамках гидродинамического моделирования продемонстрирована возможность реализации аномальных эффектов волн адиабатического сжатия и разрежения при пересечении зон ATR в экстремально сжатой плазме азота: (А) – аномального «ударного охлаждения» при сжатии плазмы, и (Б) – аномальной «ударной волны разрежения» при ее адиабатическом расширении.

Литература

1. **Iosilevskiy, I. L.** Entropic phase transitions in high energy density nuclear matter [Text] // Physics of Extreme States of Matter ; ed. V. E. Fortov. – Chernogolovka : IPCP RAS, – 2013. – P. 136–140. arXiv:1403.8053. (см. также И. Иосилевский, ЗНЧ-2014).
2. **Iosilevskiy, I. L.** Entropic phase transitions and accompanying anomalous thermodynamics of matter [Text] // J. Phys.: Conf. Series – 2015. – Vol. 653. – P. 012077. (см. также И. Иосилевский и др. ЗНЧ-2023).
3. **Driver, K. P.** First-Principles Equation of State Calculations of Warm Dense Nitrogen [Text] / K. P. Driver, B. Militzer // Phys. Rev. B. – 2016. – Vol. 93. – P. 064101.