

Структурно-скейлинговые переходы в мезоскопических системах и некоторые нелинейные аспекты поведения конденсированных сред с длинно-корреляционными взаимодействиями

О.Б.Наймарк

Институт механики сплошных сред УрО РАН
naimark@icmm.ru

С использованием концепции эффективного поля Леонтовича и обобщения статистики Больцмана-Гиббса для существенно неравновесных систем развивается статистическое описание и термодинамика конденсированных сред с мезодефектами [1,2]. В терминах двух параметров порядка – тензора плотности дефектов и структурного параметра скейлинга определено представление неравновесного потенциала – неравновесной свободной энергии в форме обобщенного разложения Гинзбурга-Ландау. Установлено существование двух критических значений структурного параметра скейлинга, соответствующих им нелинейностей неравновесного потенциала и коллективных мод тензора плотности дефектов, что позволило предложить интерпретацию переходов «жидкость-твёрдое тело» в терминах структурно-скейлинговых переходов. Установленные коллективные моды представляют собой автомодельные решения (бризеры, автосолитоны, «обостряющиеся» диссипативные структуры), генерация которых определяется значениями структурного параметра скейлинга, характеризующего тип взаимодействия между мезодефектами. Принципиальным моментом обобщения феноменологии Гинзбурга-Ландау является определение условий «термализации» неравновесной мезоскопической системы с использованием установленных коллективных мод, определяющих симметрию конденсированной среды в условиях структурно-скейлинговых переходов. Теоретические результаты были использованы для объяснения эффектов в ударно-нагруженных конденсированных средах: автомодельность пластического фронта ударной волны (универсальность четвертого порядка по Swegle-Grady), переход от термически активированной кинетики к автомодельному режиму и условиям «overdriven shock». Ряд теоретических результатов подтвержден экспериментальными исследованиями.

1. О.Б.Наймарк, Неустойчивости в конденсированных средах, обусловленные дефектами, Письма в ЖЭТФ, 1998, **67**, 9, с.751-757.
2. O.B.Naimark, Defect Induced Transitions as Mechanisms of Plasticity and Failure in Multifield Continua (Review Paper), In “Advances in Multifield Theories of Continua with Substructure”, Birkhauser Boston, Inc., Eds: G.Capriz, P.Mariano, 2003, pp.75-114.

Structural-scaling transitions in mesoscopic systems and some nonlinear aspects of condensed matter behavior induced by long-ranged interactions

O.B.Naimark

Institute of Continuous Media Mechanics of Russian Academy of Sciences
naimark@icmm.ru

Superstatistics and thermodynamics of condensed matter with mesodeflects are developed based on the Leontovich conception of the effective field and generalization of the Boltzmann–Gibbs statistics for the systems out-of-equilibrium [1,2]. Two order parameters of mesoscopic system were introduced: defect density tensor and structural scaling parameter. The form of nonequilibrium potential – nonequilibrium free energy as generalization of the Ginzburg-Landau expansion was established in the terms of above mentioned order parameters that allowed the interpretation of solid-liquid transition as structural-scaling transition in condensed matter. Three areas (two bifurcation points for structural-scaling parameter) of free energy nonlinearity and corresponding kinetics (group properties of motion equations) for defect density tensor were established in characteristic ranges of structural-scaling parameter. It was shown that qualitative different kinetics of order parameters and relaxation ability of condensed matter are related to different self-similar solutions of motion equations (periodical, autosolitary waves, blow-up dissipative structures) depending on the intensity of long-range interactions. These self-similar solutions play the role of collective inherent modes of out-of-equilibrium system and could subject the evolution of condensed matter to the “slow dynamics” of mentioned collective modes. The key point in the generalization of the Ginzburg-Landau phenomenology is the definition of the thermalization conditions for out-of-equilibrium system in the term of structural-scaling order parameter and related types of collective modes that determine the current symmetry properties of system in the non-equilibrium structural transitions. Theoretical results were applied for the explanation of some phenomena in shocked condensed matter and dynamically loaded solid: steady-state structure plastic wave front (four power Swegle-Grady universality of “stress amplitude-strain rate” dependence); the transition from thermally activated relaxation to the overdriven shock under extreme loading conditions; scenario of dynamically driven cracks and related types of statistics of fragmentation. Theoretical results are illustrated by original experiments.

2. O.B.Naimark. Defect induced instabilities in condensed matter. JETP Letters, 1998, V.67, n. 9, pp. 751-757.
2. O.B.Naimark, Defect Induced Transitions as Mechanisms of Plasticity and Failure in Multifield Continua (Review Paper), In “Advances in Multifield Theories of Continua with Substructure”, Birkhauser Boston, Inc., Eds: G.Capriz, P.Mariano, 2003, pp.75-114.