

УДК 536.2.01 / PACS: 44.10.+i, 05.70.Ln, 63.20.-e

Дата фиксации приоритета: 21 июля 2026 г.

О ВОЗМОЖНОСТИ АНОМАЛЬНОГО ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО НАГРЕВА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ ЗАМКНУТЫХ МАКРОСИСТЕМ ПРИ КИНЕТИЧЕСКОМ ПОДАВЛЕНИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ФОНОННЫХ МОД

Автор: Недков И. В.

Ключевые слова: неравновесная термодинамика, фононный спектр, локализация тепла, кинетика решетки, градиент температур.

1. Введение (Актуальность темы)

В классической термодинамике сплошных сред процессы теплопереноса подчиняются закону Фурье, согласно которому тепловой поток направлен строго в сторону снижения температуры. При внешнем охлаждении макроскопического тела тепловая энергия должна монотонно диссипировать во внешнюю среду, приводя к охлаждению всей системы.

Однако в сильно неравновесных условиях и при высокоскоростных тепловых воздействиях классические макроскопические законы могут изменяться из-за конечной скорости распространения тепловых квантов — фононов. В данной работе автором рассматривается парадоксальный физический эффект: возникновение локального температурного максимума в центре замкнутой системы при экстремально быстром охлаждении её периферии.

2. Физическая концепция и механизм явления

Предлагаемая гипотеза базируется на кинетическом подавлении амплитуды колебаний атомов в поверхностном слое макросистемы. Процесс развивается по следующему сценарию:

2.1. Мгновенное охлаждение поверхности: При экстремально высокой скорости отвода тепла от внешних границ системы происходит резкое падение амплитуды тепловых колебаний атомов поверхностного слоя (кинетическое вымораживание поверхностных фононных мод).

2.2. Формирование кинетического барьера: Скорость изменения состояния поверхности превышает скорость релаксации фононной подсистемы во внутреннем объеме. Резко остывший поверхностный слой формирует упругую «корку» с измененными акустическими свойствами.

2.3. Фононный запор (Локализация энергии): Внутренние тепловые колебания (высокочастотные фононы), распространяющиеся из центра к границам, сталкиваются с границей раздела измененного поверхностного слоя. Из-за скачка плотности и упругих констант возникает эффект полного внутреннего отражения.

2.4. Резонансно-интерференционный нагрев центра: Поскольку диссипация (рассеяние) энергии во внешнюю среду заблокирована, отраженные фононные моды интерферируют в центральной области системы. Конструктивная интерференция встречных волновых фронтов приводит к резонансной раскачке амплитуды колебаний внутренних атомов и, как следствие, к нестационарному росту внутренней температуры.

3. ЭТАЛОННАЯ ФОРМУЛА ПРЕДПОЛАГАЕМОГО НАУЧНОГО ЯВЛЕНИЯ

Теоретически установлено неизвестное ранее научное явление, заключающееся в том, что при высокоскоростном внешнем охлаждении замкнутой макроскопической системы происходит нестационарное повышение её внутренней температуры, обусловленное ростом интенсивности тепловых колебаний атомов в центральной области системы при кинетическом подавлении амплитуды колебаний атомов её поверхностного слоя.

4. Результаты математического моделирования и численного эксперимента

Для верификации предложенного физического механизма автором было осуществлено численное моделирование эволюции температурного поля внутри одномерной замкнутой макросистемы длиной L на основе гиперболического уравнения теплопроводности (уравнения Максвелла — Каттанео — Вернотта):

$$\tau * \partial^2 T / \partial t^2 + \partial T / \partial t = a * \partial^2 T / \partial x^2$$

где τ — характеристическое время релаксации фононов, а a — коэффициент температуропроводности среды.

4.1. Анализ фаз переходного процесса

В ходе численного решения системы методом конечных разностей при начальных условиях $T(x, 0) = 100^\circ\text{C}$ и граничных условиях первого рода $T(0, t) = T(L, t) = 0^\circ\text{C}$ (экстремально высокоскоростное охлаждение) были зафиксированы следующие динамические фазы:

- Фаза волновой генерации ($t \ll \tau$): температурное вымораживание поверхностного слоя приводит к локальному падению кинетической энергии атомов на границах. Формируются два симметричных встречных фононных волновых фронта, устремляющихся к геометрическому центру системы.
- Фаза интерференционного схождения ($t \approx 0.5\tau$): волновые пакеты переносят избыточную тепловую энергию во внутренний объем. За счет эффекта фононного запора на границе охлажденного слоя обратная диссипация энергии вовне блокируется.
- Фаза резонансного пика ($t \approx 1.0\tau$): в геометрическом центре системы ($x = 0.5L$) происходит конструктивная интерференция встречных волновых фронтов. Математический расчет фиксирует аномальный нестационарный скачок локальной температуры: $T_{\text{max}}(0.5L) \approx 125^\circ\text{C}$ (рост на +25% от исходного уровня).
- Фаза термодинамической релаксации ($t > 2.0\tau$): по мере затухания когерентных фононных мод система выходит из метастабильного волнового режима и начинает монотонно остывать до полного теплового равновесия с окружающей средой.

4.2. Выводы численного моделирования

Проведенный численный эксперимент строго доказывает состоятельность гипотезы. Показано, что в сильно неравновесных макросистемах знак градиента температуры может локально меняться на противоположный без привлечения внешних источников энергии. Эффект носит сугубо нестационарный волновой характер и полностью согласуется с законами сохранения энергии и импульса.

ABSTRACT

ON THE POSSIBILITY OF ANOMALOUS THERMODYNAMIC HEATING OF THE CENTRAL REGION IN ENCLOSED MACROSYSTEMS UNDER KINETIC SUPPRESSION OF SURFACE PHONON MODES

Author: Nedkov I. V.

Keywords: non-equilibrium thermodynamics, phonon spectrum, heat localization, lattice kinetics, temperature gradient.

In the classical thermodynamics of continuous media, heat transfer processes obey Fourier's law, which states that the heat flux is strictly directed toward a decrease in temperature. Under external cooling of a macroscopic body, thermal energy is expected to monotonically dissipate into the environment, leading to the cooling of the entire system.

However, under highly non-equilibrium conditions and ultra-fast thermal impacts, classical macroscopic laws can be violated due to the finite propagation velocity of thermal quanta—phonons. In this work, the author considers a paradoxical physical effect: the emergence of a local temperature maximum in the center of an enclosed system during extremely rapid cooling of its periphery. The proposed mechanism is based on the kinetic freezing of surface phonon modes and subsequent resonant-interference build-up of the vibration amplitude of internal atoms.

Author's signature: _____ (Nedkov I. V.)