

Российская академия наук
Объединённый институт высоких температур

АННОТАЦИОННЫЙ ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

**КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ В СИСТЕМАХ ЧАСТИЦ С
АНИЗОТРОПНЫМ НЕПОПАРНЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ**

Исполнитель: **Лисина Ирина Игоревна**
(категория соискателей – молодые ученые до 30 лет без степени)

При определенных условиях (например, с изменением давления, или при увеличении числа частиц) пылевые частицы в лабораторной плазме могут приобретать стохастическую кинетическую энергию > 1 эВ, что намного выше температуры окружающего их газа. Отличительной чертой наблюдаемых пылевых структур является возрастание температуры пыли в направлении потока ионов (от верхних слоев частиц к нижним в многослойных структурах), а также возможное отличие в распределении их кинетических энергий по степеням свободы (в направлении потока ионов кинетическая энергия частиц зачастую выше ее радиальной составляющей). Основные механизмы "аномального разогрева" пылевых частиц обычно связывают с различными временными и пространственными изменениями их зарядов. Однако, данные модели не всегда позволяют объяснить приобретение высоких кинетических энергий, а также вышеупомянутые особенности перераспределения кинетической пылевых частиц в наблюдаемых структурах.

Полученные соотношения могут быть полезны для анализа динамики систем с различными непопарными взаимодействиями такими, как гироскопические силы (например, сила Лоренца), силы инерции в инерциальных и неинерциальных системах (например, даламберова и эйлерова силы инерции), а также для других непопарных сил, которые вносятся в различных системах отсчета с целью формальной возможности записи уравнений динамики в виде более простых уравнений статики.

1. Предложен новый аналитический подход для теоретического описания механизма разогрева и перераспределения кинетической энергии в системах частиц с непопарным взаимодействием, на примере двух вертикально расположенных частиц с квази-диполь-дипольным взаимодействием, аналогичном взаимодействию, возникающему за счет эффектов ионной фокусировки в условиях экспериментов с лабораторной пылевой плазмой. Анализ системы из двух частиц позволил получить и численно проверить аналитическое решение задачи, а также детально описать качественную картину динамики исследуемых систем.
2. Проведено численное исследование динамики частиц в непотенциальной системе из двух частиц для различной степени анизотропии распределения сил парного межчастичного взаимодействия. Расчеты выполнены методом молекулярной динамики Ланжевена для двух вертикально ориентированных частиц, находящихся в электрическом поле ловушки с цилиндрической симметрией. Для моделирования непопарного анизотропного взаимодействия использовались квазидиполи. Преимуществом данного подхода является возможность легкого в интерпретации конструирования распределения сил парного межчастичного взаимодействия различной степени анизотропии.

3. Проведён анализ устойчивости цепочечных систем с анизотропным непопарным межчастичным взаимодействием и пространственной неоднородностью зарядов частиц. Рассмотрены уравнения, описывающие реакцию вертикальной цепочечной конфигурации частиц с пространственной неоднородностью зарядов на их малые отклонения от положения равновесия в вертикальном направлении. Полученные критерии проверены на результатах численного моделирования задачи о развитии вертикальной неустойчивости в цепочечных системах частиц с анизотропным непопарным взаимодействием и пространственной неоднородностью зарядов.
4. Сравнение полученных теоретических результатов с имеющимися экспериментальными данными показало, что непопарное взаимодействие может быть преобладающей причиной для аномального роста и неравномерного распределения кинетической энергии стохастического движения частиц в плазменных системах лабораторной пылевой плазмы, где существенны эффекты ионной фокусировки, а также когда во взаимодействии частиц участвуют непопарные термофоретические силы и силы Лесажа. Предлагаемая модель позволяет объяснить качественные особенности динамики пылевых частиц в приэлектродном слое вч- разряда, такие как приобретение высоких кинетических энергий для пылевых частиц в лабораторных экспериментах в вч-разряде, возрастание температуры пыли в направлении потока ионов, отличия в перераспределении кинетических энергий пылевых частиц по степеням свободы.

Краткая формулировка основного достижения

Предложена теоретическая модель для описания механизма разогрева и перераспределения кинетической энергии в системе частиц с непопарным взаимодействием, которое возникает в дисперсных системах различной природы. Чтобы проверить теорию, проведено численное исследование динамики системы двух частиц с непопарным квази-диполь-дипольным взаимодействием. Предложенная модель разогрева объясняет различные особенности динамики пыли в анизотропной комплексной плазме. Показано, что непопарное взаимодействие может быть преобладающей причиной для аномального роста и неравномерного распределения кинетической энергии стохастического движения частиц в плазменных системах лабораторной пылевой плазмы, где существенны эффекты ионной фокусировки, а также когда во взаимодействии частиц участвуют непопарные термофоретические силы и силы Лесажа.

ЛИЧНОЕ УЧАСТИЕ В КОНФЕРЕНЦИЯХ

1. [oral] *Ориентационные и пространственные конфигурации системы цилиндрических пылевых частиц в изотропной плазме*, 57-я научная конференция МФТИ, Проблемы современной физики, Долгопрудный, 24-29 ноября 2014
2. [poster] Тезисы Научно-координационной Сессии "Исследования неидеальной плазмы", Президиум РАН, Москва, 2-3 декабря 2014.
3. [poster] *The effect of nonreciprocal interaction on the redistribution of kinetic energy in the system of particles*, XXX International Conference on Interaction of Intense Energy Fluxes with Matter, March 1-6, 2015, Elbrus, Kabardino-Balkaria, Russia
4. [poster] *The distribution of kinetic energy in the system of particles with nonreciprocal quasi-dipole interaction*, Proceedings of 42nd EPS conference on Plasma Physics, June 22-26, 2015, Lisboa, Portugal

ПУБЛИКАЦИИ В РЕЦЕНЗИРУЕМЫХ ЖУРНАЛАХ

1. Ваулина О.С., **Лисина И.И.**, Лисин Е.А., Формирование упорядоченных структур в системах заряженных цилиндрических частиц. Физика плазмы. (принята к печати в 2015г.)
2. Ваулина О.С., **Лисина И.И.**, Лисин Е.А., Особенности энергетического обмена в системах частиц с непопарным взаимодействием. ЖЭТФ. 2015. Т. 148. №. 4(10). С. 819-830.
3. Vaulina O. S., **Lisina I. I.**, Lisin E. A., Kinetic energy in a system of particles with a nonreciprocal interaction. EPL (Europhysics Letters). 2015. T.111 (2015) 50003.
4. **Лисина И. И.**, Ваулина О. С., Journal of Physics: Conference Series . №.653 (2015).