

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации
Пхью Вэй Лин

на тему

«МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОСА И ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМАХ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ»,

представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 — «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Диссертационная работа Пхью Вэй Лин посвящена математическим моделям, численно-аналитическому методу и алгоритмам, позволяющих описывать теплоперенос и фазовые переходы первого рода для мезо- и наночастиц в условиях внешнего воздействия на них электромагнитного поля. Рассматриваемые процессы, а также воздействующее электромагнитное поле являются нелинейными. Автором были рассмотрены два примера частиц: сферическая двухслойная частица с поглощающей внутренней областью и две частицы, расположенные достаточно близко между собой.

Научная новизна работы состоит в том, что разработана математическая модель для определения условий резонанса в нелинейных системах, диэлектрическая проницаемость которых зависит от электрического вектора; разработан численно-аналитический метод определения температуры в дисперсной системе, особенностью которого является выделение резонансной гармоник; выявлены закономерности индуцированного теплопереноса в двухслойных мезо- и наносистемах, а также в системе с двумя сферическими частицами, взвешенными в континуальной среде, с различными оптическими и теплофизическими свойствами; в двухслойной сферической частице выявлены закономерности теплопереноса вида «диффузия-реакция»; разработана модификация алгоритма Хошена -Копельмана, позволяющая проводить вычисления для моделирования фазовых переходов первого рода в высокодисперсных системах в приповерхностном слое; предложена модель фазового перехода для системы «жидкость-газ» в виде древовидных графов состояний, зависящих от температуры на поверхности испарения и для газовой фазы вблизи поверхности фазового перехода; предложен подход применения p -адического анализа и модели Поттса для моделирования фазового перехода первого рода.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в том, что разработанные модели, алгоритмы и программный комплекс могут быть применены для проведения расчётов для высокодисперсных систем,


находящихся в электромагнитном, а также для управления дисперсными частицами в конденсированных и газовых средах путём воздействия на них электромагнитных полей.

Судя по уравнениям и приведённым в автореферате математическим решениям, в диссертации применяется корректный математический аппарат математической физики, теории графов, p - адического анализа и других разделов, что подтверждает достоверность полученных автором результатов.

В качестве недостатка можно отметить, что в тексте автореферата на стр. 10 после формулы (4) указано, чему равна функция «кси», но не указано, чему равна функция «пси».

Судя по автореферату, можно сделать вывод, что работа Пхью Вэй Лин отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук («Положение о порядке присуждения ученых степеней» утверждённое Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 16.10.2024 с изменениями и дополнениями), а ее автор Пхью Вэй Лин заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 — «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Кандидат физико-математических наук,
доцент
Доцент кафедры компьютерной
безопасности и математических методов
управления Тверского государственного
университета
Кожеко Людмила Георгиевна

 Л.Г. Кожеко

Адрес: 170002, г. Тверь, Садовый пер., д.35
Телефон: +7(4822)58-53-20 (доб. 146)
Электронная почта: Kozheko.LG@tversu.ru

*Подпись Кожеко Л. Г. удостоверяется
М. О. проректора по науч.
проректор по науч. вопросам*



*Васильева Е. Н. /
03.06.25*

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

Пхью Вэй Лин

на тему

«МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОСА И ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМАХ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ»,

представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 — «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

В диссертационной работе Пхью Вэй Лин рассмотрены фундаментальные проблемы нелинейных тепло- и массопереноса и фазовых переходов вида «жидкость – газ» в дисперсных системах, находящихся под действием электромагнитного поля. В диссертации получены новые результаты: определены условия электромагнитного резонанса в оптически нелинейных малых частицах, разработан численно-аналитический метод для определения температуры в двухслойной сферической частице и в двух соседних мезо- или наночастицах, находящихся в электромагнитном поле, рассмотрен нелинейный массоперенос, обусловленный диффузией и реакцией, протекающих при разных температурах, разработана модификация алгоритма Хошена - Копельмана для выявления структуры в приповерхностном слое вблизи испаряющейся поверхности, предложена модель в виде графа с вершинами, соответствующим различным состояниям системы при различных температурах. Автор при моделировании использует такие методы как методы математической физики, численные методы, методы р-адического анализа, методы теории перколяции, теория графов, положения теории хаоса, положения электродинамики, теплофизики, физической кинетики. Используемые методы позволили автору рассмотреть исследуемые проблемы разносторонне, что дало возможность выявить ряд особенностей тепло-массопереноса в нелинейном электромагнитном поле, в частности зависимость температуры от параметра нелинейности, входящего в диэлектрическую проницаемость, возможность возникновения барьерного эффекта для концентрации вблизи границы раздела в двухслойной частице и другие. Также такие методы позволили развить новые подходы для моделирования процессов переноса при внешнем воздействии электромагнитных полей и детального моделирования в приповерхностном слое. Полученные результаты имеют теоретическую значимость для развития

такой отрасли знаний как прикладная математика и прикладное значение для приборостроения и нанотехнологий.

На основании выше изложенного считаю, что работа Пхью Вэй Лин отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук («Положение о порядке присуждения ученых степеней» утверждённое Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 16.10.2024 с изменениями и дополнениями), а ее автор Пхью Вэй Лин заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 — «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Кандидат физико-математических наук
Помощник директора по воспитательной
работе АНО ВО Тверской институт
(филиал Московского гуманитарно-
экономического университета)

Романова Екатерина Юрьевна



Е.Ю. Романова
04.06.2025

Е.Ю. Романова

Адрес: 170006, г. Тверь, ул. Дмитрия Донского, д.37

Телефон: +7 (4822)32-29-26

Электронная почта: zam_vosp@mgeitver.ru

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации
Пхью Вэй Лин

на тему

«МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОСА И ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМАХ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ»,

представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 — «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Диссертация посвящена актуальной проблеме моделирования процессов тепломассопереноса в высокодисперсных системах с нелинейными свойствами и фазовых превращений в таких системах. В первой главе автор даёт обзор литературы по данной проблеме, а во второй главе обсуждаются современные математические методы для её исследования. Нужно отметить, что судя по количеству цитируемых в диссертации источников (213 наименований), автор достаточно основательно подошёл к исследованию указанной проблемы. В следующих главах (третьей, четвёртой и пятой) автором получены новые результаты, а именно:

- разработана математическая модель для определения условий возникновения электромагнитного резонанса в оптически нелинейных системах (рассматривается двухслойная сферическая частица и две, близко расположенные сферические частицы);

- разработан численно-аналитический метод определения температуры в дисперсной системе, особенностью которого является выделение резонансной гармоника;

- выявлены закономерности и особенности индуцированного теплопереноса в двухслойных мезо- и наносистемах, а также в системе с двумя сферическими частицами с различными оптическими и теплофизическими свойствами;

- в двухслойной сферической частице выявлены закономерности и особенности массопереноса вида «диффузия-реакция», обусловленного нагреванием вследствие воздействия электромагнитного поля;

- разработана модификация алгоритма Хошена -Копельмана, позволяющая проводить вычисления для моделирования фазовых переходов первого рода в высокодисперсных системах в приповерхностном слое. Получаемые в результате молекулярные кластеры в газовом слое (пример расчёта приведён на стр. 20) позволяют определить энтропию Колмогорова – Синая в приповерхностном слое вблизи поверхности фазового перехода;

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Пхью Вэй Лин** на тему
«Моделирование тепло- и массопереноса и фазовых переходов в высокодисперсных системах при воздействии электромагнитного поля», представленной на соискание
ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 —
«Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Диссертационная работа выполнена на актуальную тему моделирования нелинейных процессов переноса и фазовых переходов в дисперсных системах, находящихся под действием электромагнитного поля. Автором получены новые значимые фундаментальные результаты. Отметим основные из них:

- для определения особенностей теплопереноса и фазовых переходов первого рода в электромагнитном поле предложена математическая модель для определения условий возникновения электромагнитного резонанса, отличающаяся возможностью учитывать нелинейную зависимость диэлектрической проницаемости от электрического вектора;

- показано отличие условия возникновения резонанса в оптически нелинейной среде от условий линейной теории;

- получены условия возникновения резонанса в оптически нелинейных двухслойных сферических частицах, а также условия для определения величины взаимного влияния близко расположенных дисперсных частиц на условия возникновения резонанса через коэффициенты поглощения и рассеяния, входящие в решения в виде рядов;

- с использованием нелинейного уравнения теплопроводности с найденными тепловыми источниками, зависящими от параметра оптической нелинейности, разработан численно-аналитический метод определения температуры в дисперсной системе в нелинейном электромагнитном поле, особенностью которого является выделение резонансной гармоники;

- на основе разработанных модели и метода выявлены закономерности и особенности индуцированного теплопереноса в двухслойных мезо- и наносистемах, а также в системе с двумя сферическими частицами, взвешенными в континуальной среде, с различными оптическими и теплофизическими свойствами. Показано, что в общем случае имеет место качественное различие зависимостей температуры от координат в разных областях рассматриваемых систем, обусловленное видом температурной зависимости коэффициентов теплопроводности;

- для моделирования фазового перехода первого рода в приповерхностном слое разработана модификация перколяционного алгоритма Хошена – Копельмана, с включением в него числа Кнудсена;

- предложена модель фазового перехода первого рода для системы «жидкость-газ» в ограниченной области вблизи поверхности испарения мезо- или наноструктуры, особенностью которой является использование древовидных графов состояний, зависящих от температуры, на поверхности испарения и для газовой фазы вблизи поверхности фазового перехода. С использованием построенной модели предложен подход применения р-адического анализа и модели Поттса для выявления деталей фазовых переходов первого рода.

Также автором разработан программный комплекс, на котором проведены вычислительные эксперименты.

Достоверность результатов обусловлена корректным применением современного математического аппарата.

Полученные результаты кроме теоретической значимости имеют практическое значение. Они позволяют проводить непосредственные расчёты для температуры и концентрации для температуры и концентрации в высокодисперсных системах при внешнем воздействии на них. Исследуемая проблема имеет практическое значение для таких отраслей народного хозяйства, как приборостроение, нанотехнологии и другие. В том числе, исследование проблемы, изучаемой в диссертации, имеет значение для народного хозяйства в Республике Союз Мьянма.

Имеется замечание. На стр.11 и на стр. 18 указаны авторы работ, на которые автор диссертации ссылается при получении своих решений, но не указаны полные ссылки на эти работы.

Сделанное замечание не снижает ценности диссертационного исследования в целом.

Диссертационная работа Пхью Вэй Лин является законченным исследованием, выполненном на высоком научном уровне. Она отвечает всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Пхью Вэй Лин заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 — «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Профессор, исполняющий обязанности
заведующего кафедрой
«Системный анализ и управление»,
доктор технических наук,
доцент



(подпись)

Старков Александр Владимирович

« 18 » 08 2025 г.

Подпись Старкова Александра Владимировича заверяю.

Директор Института №6
«Аэрокосмический»



О.В. Тушавина

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

Волоколамское шоссе, д.4, г. Москва, 125993

Телефон: +7(499)158-92-09

Адрес эл. почты: mai@mail.ru

Сайт: <https://mai.ru/>

ОТЗЫВ
на автореферат диссертации
Пхью Вэй Лин на тему
«Моделирование тепло- и массопереноса и фазовых переходов в
высокодисперсных системах при воздействии электромагнитного поля»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических
наук по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы
и комплексы программ»

Диссертационная работа Пхью Вэй Лина посвящена решению актуальной проблемы математического моделирования теплового и диффузионного переноса мезо- и наночастиц при наличии фазовых переходов первого рода в присутствии внешнего электромагнитного поля.

Объектом исследования являлись жидкие и твёрдые мезо- и наночастицы с нелинейными свойствами, находящиеся в газовой среде и испытывающие воздействие внешнего электромагнитного поля.

Диссертация состоит из пяти глав. В первой главе дан обзор современных теоретических подходов к моделированию процессов тепло-массопереноса и фазовых переходов первого рода в высокодисперсных системах. Во второй главе рассмотрены современные математические методы, которые применяются для исследования таких процессов. В последующих главах автором получены новые результаты по исследуемой научной проблеме. Важно отметить, что диссертантом рассмотрены нелинейные процессы переноса, а также нелинейные уравнения электродинамики для определения электрического вектора и последующего определения плотности тепловых источников. Найдены условия электромагнитного резонанса в системах двух видов: 1) двухслойная сферическая частица; 2) две близко расположенные сферические частицы. Разработан численно-аналитический метод для определения температуры в таких системах с различными теплофизическими и оптическими свойствами, в котором выделена резонансная гармоника. Для двухслойной сферической частицы рассмотрена задача типа «реакция - диффузия» со скоростью химической реакции, зависящей от температуры по закону Аррениуса. Автором показано, что при электромагнитном резонансе массоперенос происходит с переходом от активационного режима к режиму с температурно-независимой скоростью реакции. С помощью разработанного метода и программного комплекса проведены численные расчеты для температуры и концентрации в двухслойной частице МББА (размер - 10 нм) – аланин (размер - 1 нм). Для исследования структуры приповерхностного слоя предложена модификация алгоритма Хошена - Копельмана с включением в него числа Кнудсена и проведены вычислительные эксперименты для различных температур. Также для моделирования фазового перехода первого рода автором диссертации применяется р-адическая модель Поттса с квазигиббсовской мерой. Рассмотрены состояния системы в зависимости от температуры в конденсированной и газовой фазах и древовидный граф для моделирования связей между состояниями. Таким образом, в диссертации предложены модели, метод и алгоритмы, которые позволяют получать новые теоретические и прикладные результаты в исследуемой области.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Пхью Вэй Лин «Моделирование тепло- и массопереноса и фазовых переходов в высокодисперсных системах при воздействии электромагнитного поля», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

В диссертационной работе Пхью Вэй Лин проанализированы закономерности нелинейных тепло- и массопереноса и фазовых переходов первого рода в дисперсных системах под действием электромагнитного поля методами математического моделирования на основе разработанных автором алгоритмов и комплекса программ.

Актуальность темы диссертационной работы не вызывает сомнений, так как она относится к активно развивающейся области современного материаловедения, физики мезо- и нано- структур.

Заслуживают внимание общетеоретические результаты, полученные в диссертации, которые представляют интерес в разрешении ряда трудностей, возникающих в решении практических задач, связанных с учетом процессов массопереноса, оптических и теплофизических свойств физических сред, обусловленных воздействием электромагнитного поля при разработке новых материалов.

В работе разработана модификация известной модели и предложена оригинальная модель для исследования фазовых переходов первого рода в высокодисперсных средах и для системы «жидкость-газ» с учетом внешних управляющих воздействий.

Результаты диссертации вносят вклад в развитие теории квантовой информации, квантовой криптографии и квантовой оптики.

Считаю, что автореферат диссертации Пхью Вэй Лин соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Доктор физ.-мат. наук, профессор

28.05.2025г.

Шаповалов

Александр Васильевич

Подпись Шаповалова А.В. заверяю

Отзыв составил Шаповалов Александр Васильевич, доктор физ.-мат. наук, профессор, профессор кафедры теоретической физики ТГУ.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»
Российская Федерация, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, rector@tsu.ru.



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

Пхью Вэй Лин

на тему

«Моделирование тепло- и массопереноса и фазовых переходов в высокодисперсных системах при воздействии электромагнитного поля».

представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 — «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Диссертация посвящено актуальным проблемам теплопереноса и массопереноса и фазового перехода в дисперсных системах, находящихся под внешним воздействием электромагнитного поля. Важно отметить, что оптические и теплофизические свойства рассматриваемых систем являются нелинейными: диэлектрическая проницаемость зависит от поля, а коэффициент теплопроводности зависит от температуры. Рассмотрены два вида дисперсных систем: неоднородная по составу сферическая частица и две близко расположенные сферические частицы. Автором диссертации получены новые теоретические результаты. К ним относятся:

-полученные условия возникновения резонанса в оптически нелинейных двухслойных сферических частицах, а также условия для определения величины взаимного влияния близко расположенных дисперсных частиц на условия возникновения резонанса через коэффициенты поглощения и рассеяния, входящие в решения в виде рядов;

- выявленные закономерности и особенности индуцированного теплопереноса в двухслойных мезо- и наносистемах, а также в системе с двумя сферическими частицами, взвешенными в континуальной среде, с различными оптическими и теплофизическими свойствами. В работе показано, что в общем случае имеет место качественное различие зависимостей температуры от координат в разных областях рассматриваемых систем, обусловленное видом температурной зависимости коэффициентов теплопроводности.

Автором предложен численно- аналитический метод для определения температуры, особенностью которого является выделение резонансной гармоник; предложена модификация алгоритма Хошена – Копельмана, позволяющая выявить структуру газового слоя вблизи испаряющейся мезо- или наночастицы; предложен подход применения р-адического анализа и модели Поттса для выявления деталей фазовых переходов первого рода.

С использованием разработанных метода и алгоритмов автором разработан программный комплекс и проведены вычислительные эксперименты.

Разработанные модели, метод, алгоритмы имеют, кроме теоретического, также и практическое значение. Они могут быть использованы для проведения непосредственных расчетов для решения задач, возникающих в приборостроении, материаловедении и других областях.

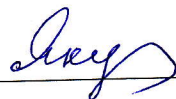
Имеется замечание. На странице 20 приведены результаты расчёта, проведённого с помощью модификации алгоритма Хошена – Копельмана, однако, не указан размер поверхности, с которой происходит испарение, для которой проводился расчёт.

Сделанное замечание не снижает ценности диссертационного исследования в целом.

Диссертационная работа Пхью Вэй Лин является законченным исследованием, выполненном на высоком научном уровне. Она отвечает всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Пхью Вэй Лин заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 — «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Доктор физико-математических наук,
главный научный сотрудник
лаборатории структуры и динамики
биомолекулярных систем
Института биофизики клетки Российской
академии наук - обособленного подразделения
Федерального государственного бюджетного
учреждения науки «Федеральный
исследовательский центр «Пущинский научный
центр биологических исследований Российской
академии наук»

Якушевич Людмила Владимировна
Адрес: 142290, г. Пущино, Московская обл.,
Институтская ул., 3
Телефон: +7(4967)739252
Электронная почта: yakushev@icb.psn.ru

 Л.В. Якушевич

Доктор физико-математических наук
Ученый секретарь

Подпись Якушевич Л.В. утверждено. 09.06.2025 г.



 (Мавринов Р.С.)