

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА на диссертационную работу Пхью Вэй Лин

на тему «Моделирование тепло- и массопереноса и фазовых переходов в высокодисперсных системах при воздействии электромагнитного поля», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Актуальность темы диссертационного исследования.

В связи с широким распространением в настоящее время мезо- и наноструктур в различных областях техники и технологии, а также высокодисперсных систем в природе, требуется проведение всесторонних фундаментальных исследований в области изучения процессов, происходящих в таких системах. В настоящее время имеется большое количество работ, посвящённых как самим мезо- и наноструктурам, так и их физико-химическим свойствам. Вместе с тем представляет как большой научный, так и практический интерес исследование процессов переноса в таких системах в условиях внешних воздействий, прежде всего, электромагнитных полей. В частности, это даёт возможность влиять на состояние системы, а также на протекание того или иного процесса в нужном направлении. Поэтому исследование методами математического моделирования процессов тепломассопереноса и фазовых переходов первого рода в дисперсных системах с нелинейными свойствами в электромагнитных полях, чему посвящена настоящая диссертация, является актуальным.

Структура диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, основных результатов и выводов, списка литературы из 213 наименований, пяти приложений, содержит 3 таблицы, 27 рисунков. Полный объем диссертации составляет 214 страниц.

Содержание диссертации и её анализ

В первой главе диссертации автор представляет обзор современных исследований в области фазовых переходов и процессов переноса. Уделено внимание характерным свойствам фазового перехода первого рода. Основное внимание уделяется фазовым переходам в дисперсных средах, что соответствует задачам диссертации. Дан обзор по работам, посвященным процессам фазовых переходов и переноса в каплях и капиллярах. Отдельный параграф посвящён решениям, полученным для электромагнитных полей, что также связано с решаемыми в диссертации задачами. Сделанный обзор опирается на 164 работы, что свидетельствует о достаточно хорошем знании исследований и результатов, проведённых и полученных в данной области другими авторами. На основе рассмотрения и анализа большого числа работ автором диссертации показано, что

математическое моделирование в области тепломассопереноса и фазовых переходов в дисперсных средах является актуальным ввиду многоплановости проблем, возникающих в этой сфере.

Во второй главе своей работы автором рассмотрены некоторые современные математические методы, которые применяются или могут быть применены для моделирования фазовых переходов и процессов тепло- и массопереноса.

Ввиду сложности, многоплановости и нелинейности данных процессов автором рассматриваются различные современные математические методы, которые позволяют рассмотреть их с разных сторон. Достаточно подробно рассмотрены нелинейные динамические системы, переход к хаосу, различные виды энтропии, что представляется важным для моделирования фазовых переходов. В параграфе 2.4 даны основные сведения по p – адическим числам, что в дальнейшем автор использует для более тонкого анализа структуры приповерхностного фазового слоя. В параграфе 2.5 автором диссертации представлены основные положения теории перколяции, что в дальнейшем используется для разработки модифицированного перколяционного алгоритма. Таким образом, связь второй главы с темой диссертации заключается в использовании представленных математических методов для построения и анализа моделей тепло- и массопереноса, а также фазовых переходов первого рода в условиях воздействия электромагнитного поля.

В третьей главе в параграфах 3.2 и 3.3 рассмотрен тепло- и массоперенос в неоднородной дисперсной частице, находящейся в электромагнитном поле. Система является нелинейной по своим оптическим свойствам. Поэтому модель включает нелинейные уравнения Максвелла для амплитуд электрического и магнитного векторов и уравнения теплопроводности. В системе может иметь место реакция, что приводит к изменению концентрации во внутренней и внешней областях системы. В диссертации получены нетривиальные результаты, показавшие существенное влияние параметра нелинейности, от которого зависит диэлектрическая проницаемость, на температуру и концентрацию. Показана зависимость массопереноса от температуры как вследствие закона Аррениуса, так и вследствие зависимости коэффициента диффузии от температуры. Показана также возможность возникновения барьерного эффекта вблизи границы раздела между внутренней и внешней областями. При получении решений автором использовались методы математической физики, в качестве граничных условий рассматривались условия Дирихле и Неймана. Диссертантом с помощью разработанного им программного комплекса проведены расчёты для реальной системы (МББА) при воздействии реального лазерного источника.

В параграфе 3.4. получены условия для электромагнитного резонанса в нелинейных средах, диэлектрическая проницаемость которых зависит от электрического вектора по закону Керра и по его модификации. Рассматривается двухслойная сферическая

частица и две сферических частицы, находящиеся близко друг к другу. Имеется предельный переход в известное условие возникновения электромагнитного резонанса в оптически линейной сфере. Результаты безусловно являются новыми, имеющими как теоретическое, так и практическое значение. В частности, показано влияние электромагнитного резонанса, возникшего в одной частице на соседнюю частицу. Далее, в параграфе 3.5 рассматривается нелинейный теплоперенос, индуцированный электромагнитным резонансом. Показаны различные картины для температуры в частицах и в окружающей среде для различных зависимостей коэффициентов теплопроводности от температуры. В граничных условиях учтены скачки температуры, что позволяет рассматривать размеры частиц в достаточно широком диапазоне. На основании полученных решений автором разработан численно-аналитический метод определения температуры дисперсной системы в электромагнитном поле. Особенностью метода является выделение резонансной гармоники.

В четвёртой главе рассмотрено моделирование фазового перехода первого рода с использованием теории перколяции и p -адического анализа.

Для моделирования газового слоя вблизи испаряющейся поверхности рассмотрена структура в виде древовидного графа, в частности в виде дерева Кейли. Предложена модификация перколяционного алгоритма Хошена – Копельмана. В алгоритме учитывается число Кнудсена, вероятностное распределение, рассчитываемое с помощью той или иной функции распределения, для молекул испаряющегося вещества и окружающего газа. Показано, что с помощью такого алгоритма можно определить формирующиеся кластеры в приповерхностном слое и соответственно энтропию Колмогорова – Синая и частичную функцию модели Поттса.

В этой главе автором также используется p -адический подход для моделирования фазового перехода первого рода. Автор опирается на работу Хренникова по теории вероятностей в p -адическом анализе и на p -адическую модель Поттса, разработанную для состояний спинов. В диссертации рассматривается пространство состояний, в котором состояние может определяться значениями температур для конденсированной и газовой фаз. Предлагается модель в виде древовидного графа, для которого можно определить квазигиббсовскую меру (стр.152-154). Система является динамической, т.к. в узлы решётки попадают в зависимости от времени разные молекулы, хотя структура сохраняется. Динамика молекулярных траекторий вследствие диффузии определяется из уравнения диффузии с оператором Владимирова. Полученные в главе результаты несомненно имеют теоретический интерес в области исследования фазовых переходов.

В пятой главе диссертации приведены блок-схемы разработанных алгоритмов и дано описание разработанного программного комплекса. Проведены вычислительные эксперименты по модифицированному автором алгоритму Хошена- Копельмана. В результате проведенных вычислительных экспериментов показано увеличение больших молекулярных кластеров испаряющегося вещества в приповерхностном слое с увеличением температуры.

Новизна и практическая значимость.

В проведённом научном исследовании безусловно имеется новизна, имеющая теоретическое значение, а именно:

1. Разработана математическая модель для определения условий возникновения электромагнитного резонанса в оптически нелинейных системах, диэлектрическая проницаемость которых зависит от поля: для двухслойных сферических частиц и двух близко расположенных дисперсных частиц.
2. Разработан численно-аналитический метод определения температуры в дисперсной системе в нелинейном электромагнитном поле, особенностью которого является выделение резонансной гармоник.
3. 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. В двухслойной сферической частице выявлены закономерности и особенности массопереноса вида «диффузия-реакция», обусловленного нагреванием вследствие воздействия электромагнитного поля.
4. Разработана модификация алгоритма Хошена–Копельмана, позволяющая проводить вычисления для моделирования фазовых переходов первого рода в высокодисперсных системах в приповерхностном слое. В модификацию включено число Кнудсена, а заполнение ячеек происходит с вероятностями, рассчитываемыми для испаряющегося вещества и вещества среды.
5. 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. С использованием построенной модели предложен подход применения р-адического анализа и модели Поттса.

Работа имеет практическое значение для проведения непосредственных расчётов для высокодисперсных структур, находящихся в поле электромагнитного излучения, а также для управления мезо- и наночастицами в жидких и газовых средах с применением электромагнитного воздействия. В том числе, полученные результаты имеют значение для народного хозяйства в Республике Союз Мьянма: для усовершенствования процессов сушки сельскохозяйственных культур и пищевых продуктов с использованием электромагнитных полей, для оптимизации удаления влаги и сохранения качества, развития синтеза и обработки структур и материалов.

Обоснованность научных результатов исследования. Обоснованность результатов обусловлена применением корректного математического аппарата математической физики, численных методов, методов р-адического анализа, теории перколяции, теории графов, применением фундаментальных положений электродинамики, теплофизики, физической кинетики, а также известных алгоритмов для проведения расчётов в отдельных блоках программного комплекса. Полученные результаты переходят в известные результаты в предельных случаях.

Результаты диссертационной работы Пхью Вэй Лин докладывались на международных научных конференциях и изложены в 11 печатных изданиях, из них 1 в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования Scopus, и 2 статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК по специальности 1.2.2.

Результаты работы частично внедрены в учебный процесс (имеется акт о внедрении).

Замечания по диссертационной работе.

- В параграфе 3.2 в уравнение теплопроводности введена функция $f(t)$, указывающая на периодическое действие теплового источника. Однако решение приведено только для первого интервала действия источника. Следовало бы привести решение и для второго интервала, так как начальная температура для него будет несколько отличаться от температуры, достигнутой к концу первого интервала вследствие некоторого остывания;

- в параграфе 4.2 на стр. 137 приведено решение для температуры, от которой зависит скорость вылета молекул из жидкой фазы для прямоугольной полосы. Ввиду малости мезо- или наночастиц для более точного определения температуры на выделенной части, с которой происходит испарение, следовало бы привести решение для кругового слоя.

Указанные замечания не являются существенными и не умаляют научную и практическую ценность работы в целом.

Общее заключение. Соответствие диссертации паспорту специальности.

Представленная к защите диссертационная работа Пхью Вэй Лин на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является законченной научно-квалификационной работой, которую автор выполнил самостоятельно, проявив свой высокий уровень компетенции.

Поставленные в работе задачи решены, а сама работа содержит новое решение актуальной задачи моделирования фазовых переходов и нелинейного тепломассопереноса в мезо- и наносистемах под воздействием электромагнитного поля. Такая задача имеет важное фундаментальное значение для развития такой отрасли знаний как прикладная математика и прикладное значение, например, для приборостроения и нанотехнологий.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» по следующим пунктам:

пункт 1. Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений;


пункт 5. Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента.

Автореферат и опубликованные работы правильно отражают содержание диссертации.

Диссертационная работа на тему «Моделирование тепло- и массопереноса и фазовых переходов в высокодисперсных системах при воздействии электромагнитного поля» полностью отвечает требованиям ВАК РФ, а ее автор Пхью Вэй Лин заслуживает присуждения ему степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОППОНЕНТ:

доктор физико-математических наук, доцент,
профессор кафедры общенаучных дисциплин
ФГБОУ ВО «Тверской государственной
технической университет»,
Плетнев Леонид Владимирович

 Л. В. Плетнев

170026, Российская Федерация,
Тверская область, г. Тверь,
наб. Аф. Никитина, д. 22

Подпись официального оппонента Л.В. Плетнева, д.ф.-м.н., доцента, профессора кафедры общенаучных дисциплин ФГБОУ ВО «Тверской государственной технической университет», ЗАВЕРЯЮ.

Подпись Плетнева Л. В.
УДОСТОВЕРЯЮ
участковый секретарь Совета
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
«Тверской государственной технической университет»

Л. В. Плетнев
27.05.2015

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Тверской государственной технической университет»
170026, Тверская область, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22
+7 (4822) 78-89-00
common@tstu.tver.ru