

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОПОНЕНТА

о диссертации Судакова Владимира Сергеевича «Явления самоорганизации в сложных активных коллоидных системах» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14 - теплофизика и теоретическая теплотехника.

Диссертационная работа В. С. Судакова посвящена экспериментальному исследованию динамики и самоорганизации активных капель в эмульсиях в сложных условиях: влияние эффекта Марангони, наличие магнитных наночастиц, протекание химических реакций. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы. Текст диссертации составляет 106 страниц, включая 32 рисунка и 3 таблицы. Список цитируемой литературы содержит 244 наименований.

Во введении дается общая характеристика диссертации: обоснована актуальность темы; сформулированы цели работы; научная новизна и практическая ценность полученных результатов; перечислены основные положения, выносимые на защиту; приведены сведения об апробации результатов, основных публикациях, объеме и структуре работы.

В первой главе диссертации представлен новый тип сверхбыстрых активных капель в эмульсии масло-в-воде, которые могут использоваться для перемещения пассивных капель. Монодисперсные капли изготавливались с помощью системы микрофлюидики. Для активации капель использовался аммиак. Активное движение капли обусловлено возникновением течения Марангони на межфазной поверхности из-за неоднородного распределения аммиака. Средняя скорость образовавшихся агломератов из активных и пассивных капель достигала 1500 мкм/с. Если диаметр активных капель оказывается больше или сопоставимым с диаметром пассивных капель, то в эмульсии наблюдается прямолинейное движение композита носитель-груз.

Во второй диссертации исследуются вопросы, связанные с коллективными явлениями в активной эмульсии. При реализации режима коллективной динамической хиральности активные объекты самоорганизуются в вихревые структуры, в которых они движутся почасовой или против часовой стрелки. Для исследования проблемы возникновения вихревых структур в активной материи использовалась эмульсия масло-в-воде, где капли октана были диспергированы в водном растворе анионного стабилизатора. Активное движение капель в эмульсии инициировалось с помощью водного раствора аммиака. Наблюдалось формирование одинарных, парных и тройных вихрей. Формирование упорядоченных структур обусловлено гидродинамическим взаимодействием капель между собой через сплошную фазу эмульсии. Ключевую роль в возникновении режима коллективной динамической хиральности играет линейный размер области, ограничивающий движение капель и скорость их движения.

В третьей главе диссертации исследовалась проблема роста кристалла в активной эмульсии. Для исследования кинетики роста кристалла в активной эмульсии использовалась эмульсия октан-в-воде, которая активировалась с помощью аммиака. Объем кристалла изменяется линейным образом со временем. Кроме того, скорость роста кристалла зависит от средней скорости движения капель в эмульсии и имеет максимум при вариации скорости движения капель в эмульсии. С ростом скорости движения капель в эмульсии возрастает частота

соударения капель с поверхностью кристалла, что способствует увеличению частоты присоединения капель к поверхности кристалла. Вместе с тем, от скорости движения капель в эмульсии зависит величина сдвиговых напряжений, под действием которых капли могут отрываться от поверхности кристалла.

В четвертой главе диссертации рассматриваются вопросы перемещения капель в эмульсии с помощью магнитных наночастиц. Для анализа этого способа перемещения эмульсионных капель использовалась эмульсия масло-в-воде, где в сплошной фазе эмульсии были диспергированы ферромагнитные наночастицы. Данный метод перемещения капель может быть использован в медицине для доставки лекарств, при котором внутрь организма независимо вводится эмульсия и суспензия магнитных наночастиц, а за счет воздействия магнитного поля эмульсионные капли можно перемещать в заданном направлении. Результаты данных исследований показывают, что механизм перемещения капель в эмульсии во многом зависит от того, являются ли МНЧ гидрофобными или гидрофильными.

В пятой главе диссертации рассматриваются вопросы возникновения осциллирующего движения капель в эмульсии при протекании в ней химических реакций. Результаты исследований показывают, что при выполнении ряда условий в такой системе возможно возникновение возвратно-поступательное движения капель масла вблизи межфазной поверхности воздух-вода, которое возникает в результате периодического обращения течения Марангони на межфазной поверхности воздух-вода. Сам факт существования возвратно-поступательного движения капель в эмульсии неразрывно связан с протеканием химических реакций. В силу неоднородности распределения реактива Швейцера на поверхности воздух-вода возникает течение Марангони, которое направлено из области пониженного поверхностного натяжения в направлении его увеличения.

В заключении приведены основные результаты диссертационной работы и сделаны общие выводы.

Актуальность избранной темы. Микромоторы представляют собой один из видов активной материи. Благодаря тому, что активные системы находятся вдали от состояния равновесия, они демонстрируют большое многообразие нетривиальных режимов коллективной динамики. Исследование таких систем представляет значительный интерес как с **фундаментальной** точки зрения, так и **прикладной**.

Обоснованность научных положений, выводов, рекомендаций.

Достоверность полученных результатов обеспечена корректной постановкой задач, использованием физически обоснованных моделей для описания процессов движения капель в эмульсиях, а также тем, что для экспериментов была использована сертифицированная и проверенная аппаратура, апробированные методики измерений.

Научная новизна полученных результатов не вызывает сомнений. Следующие научные результаты впервые получены в данной работе и являются оригинальными:

- Предложен новый тип сверхбыстрой активной эмульсии, где движение капель связано с возникновением течения Марангони на межфазной поверхности капли. Такой тип активных капель может использоваться для перемещения пассивных капель и интенсификации химических процессов на микроуровне.

- Впервые показано, что ахиральные активные капли могут самоорганизоваться в хиральные вихревые структуры.
- На основе активной эмульсии впервые получен коллоидный кристалл. Установлено, что скорость роста кристалла в зависимости от скорости движения капель имеет максимум, что во многом подобно кинетике кристаллизации молекулярной жидкости, подчиняющейся закону Вильсона-Френкеля.
- Впервые продемонстрировано, что для перемещения капель в эмульсии могут использоваться магнитные наночастицы, которые диспергированы в сплошной фазе эмульсии.
- Проанализирована природа возникновения возвратно-поступательного движения капель вблизи межфазной поверхности эмульсии при протекании в ней химических реакций. Установлено, что такой тип активного движения в эмульсии возможен лишь в том случае, когда плотность капель в эмульсии превышает некоторое критическое значение.

Теоретическая значимость работы. В работе впервые предложена простая феноменологическая модель для описания кинетики роста кристалла в активной материи. На основе предложенной модели впервые удалось описать неоднозначное влияние скорости движения активных частиц на скорость роста кристалла.

Практическая значимость работы. Магнитные наночастицы, диспергированные в сплошной фазе эмульсии, могут быть использованы в системах связанных с доставкой лекарств. После завершения процедуры доставки лекарств магнитные наночастицы могут быть легко удалены из организма. Полученные в работе результаты по кристаллизации в активной материи могут быть использованы при создании новых материалов, когда процесс их формирования протекает в существенно неравновесных условиях.

В качестве замечаний следует отметить:

1. В работе рассматривается только один тип активирующего агента для эмульсии – аммиак. В тексте диссертации не сказано какие еще вещества могут работать в качестве активирующего агента, в чем состоят их преимущества и недостатки.
2. Не исследовано влияние размера магнитных наночастиц на их способность перемещать капли в эмульсии.
3. Из материала диссертации неясно, как тип стабилизатора влияет на активное движение капель в эмульсии масло-в-воде.
4. В диссертации не отражено, как полученные результаты будут использованы для создания и улучшения каких-либо микромоторов.

Указанные замечания не носят принципиального характера, не влияют на достоверность полученных результатов и не снижают ценность диссертационной работы С.В. Судакова, выполненной на достаточно высоком научном уровне. Полученные результаты обладают новизной и их достоверность не вызывает сомнения.

Основные результаты диссертации опубликованы в 6 научных работ в ведущих зарубежных рецензируемых научных журналах из перечня ВАК. Результаты исследований докладывались на четырёх всероссийских научных конференциях.

Тематика и содержание диссертации С.В. Судакова отвечают паспорту специальности 1.3.14 - теплофизика и теоретическая теплотехника по направлению исследований.

Диссертация С.В. Судакова является завершённой научно-исследовательской работой, совокупность новых результатов и положений которой можно квалифицировать как решение научной задачи, имеющей существенное значение для теплофизики и гидродинамики – динамика и самоорганизация активных капель в эмульсиях и отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней № 842 от 24.09.2013г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Судаков Владимир Сергеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14 - теплофизика и теоретическая теплотехника.

Официальный оппонент,
Декан механико-математического факультета
федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Новосибирский национальный
исследовательский государственный университет»
Тел. +79139058917, e-mail: dean@mmf.nsu.ru
доктор физико-математических наук
(01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника),
доцент

Марчук Игорь Владимирович

12.10.2022 г.

Почтовый адрес: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
630090, Новосибирская область, г. Новосибирск, ул. Пирогова, д. 1.
Сайт: <http://www.nsu.ru/>
Тел.: +7 (383) 363 40 00, rector@nsu.ru

Место для гербовой печати

