

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Франц Елизаветы Александровны**
«Неравновесный электрофорез ионоселективной микрочастицы»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по
специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы»

В диссертации Франц Е.А. рассматривается задача электрофореза сферической ионоселективной микрочастицы, которая находится в растворе электролита. На частицу действует внешнее электрическое поле, которое приводит частицу в движение.

Актуальность задачи обусловлена современным развитием микрофлюидных устройств, при работе которых электрическое поле является основной силой, приводящей жидкость в движение в микромасштабах. Такие электрокинетические явления как электрофорез и электроосмос имеют широкий ряд приложений, например, сепарирование частиц по размеру или их локальная концентрация. Изучение электрофореза ионоселективной частицы, материал которой представляет собой мембрану, так же вносит актуальность благодаря интересу современной науки к мембранным технологиям.

Математическая постановка задачи сводится к сильно сцепленной нелинейной системе дифференциальных уравнений, в которую входят уравнение Пуассона для потенциала электрического поля, уравнение Стокса с объемной электрической силой и уравнения Нернста-Планка, описывающие перенос ионов. В диссертации подробно рассмотрена физическая постановка, обосновывается приближение ползущего течения и рассматриваются все механизмы переноса ионов. В задаче имеется малый параметр – число Дебая, что существенно осложняет численное решение системы.

Автором изучается широкий диапазон напряженности электрического поля. В предельном случае малой напряженности электрического поля, была получена аналитическая формула для скорости движения микрочастицы. Данная формула показывает, что скорость линейно зависит от напряженности электрического поля, что ожидаемо, так как в слабом электрическом поле нелинейные эффекты пренебрежимо малы. Автору удалось получить некоторые аналитические выражения и для более интересного и сложного случая высокой напряженности электрического поля, однако полностью аналитического решения получить не удалось. Решение задачи в диффузионном слое привело к нелинейной системе уравнений, которая в итоге была решена численно. Тем не менее, было показано, что в сильном электрическом поле, скорость пропорциональна напряженности электрического поля в степени $4/3$. Этот результат является новым, так как ранее было сформулировано предположение, что скорость пропорциональна квадрату напряженности электрического поля. В автореферате диссертации приводится сравнение скорости электрофореза ионоселективной частицы, полученной автором как численно, так и аналитически с результатами известных экспериментальных работ. Данное сравнение показывает хорошее соответствие экспериментального значения скорости частицы с результатами численных расчетов, выполненных в диссертации.

Автореферат имеет несколько недостатков:

1. При описании математических постановок задач автор не приводит уравнений с соответствующими граничными условиями. Следовало бы привести рисунок с геометрией задачи, где указать направление электрического поля и направление движения частицы. Это существенно улучшило бы понимание результатов, которые весьма подробно описаны в автореферате.

2. При описании результатов численного моделирования главы 4 автор сравнивает их с экспериментальным данным. Указывается, что электроконвективные вихри около частицы, полученные численным моделированием задачи, были обнаружены в экспериментальных работах Мищук и Тахистова. Однако, для более сильного сравнения,

было бы неплохо привести ссылки на экспериментальные работы, где была обнаружена электрокинетическая неустойчивость около поверхности частицы.

Указанные выше недостатки не снижают общей ценности работы, которая, безусловно, вносит вклад в понимание нелинейных электрокинетических явлений около селективных поверхностей.

Заключение. Диссертационная работа Франц Елизаветы Александровны выполнена на хорошем научном уровне, она представляет собой законченную научно-квалификационную работу, удовлетворяющую всем критериям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям. Франц Елизавета Александровна заслуживает присуждения степени **кандидата физико-математических наук** по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Я, Перминов Анатолий Викторович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Доктор физ.-мат. наук, доцент, профессор кафедры общей физики факультета Прикладной математики и механики ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

614990, Пермский край, г. Пермь - ГСП, Комсомольский проспект, д. 29, а. 251, perminov1973@mail.ru, +7 (342) 2-198-025



Перминов Анатолий Викторович
10.11.2020

Подпись Перминова А. В.

ЗАВЕРЯЮ:

Ученый секретарь ПНИПУ

Уфит В.И. Макаревич

«10» 11 2020г.