

Разработка и отладка пилотного образца лабораторной работы

«Исследование процессов прямого и обратного осмоса»

для практикума по термодинамике и молекулярной физике кафедры общей физики МФТИ.

Проект 2021 года. Подается группой студентов МФТИ.

Заявитель:

студент III курса МФТИ группы 2-822 Лукьянчук Вячеслав Георгиевич
lukianchuk.vg@phystech.edu

Начало выполнения работ по проекту:

01 мая 2021 г.

Окончание выполнения работ по проекту:

31 декабря 2021 г.

1. Участники проекта.

1. Стожков Владимир Юрьевич, ст. преподаватель кафедры общей физики МФТИ,
stozhkov.viu@mipt.ru

куратор проекта

2. Лапушкин Георгий Иванович, доцент кафедры общей физики МФТИ,
gerrman62@gmail.com

куратор проекта

3. Лукьянчук Вячеслав Георгиевич, студент группы 2-822 III курса МФТИ,
lukianchuk.vg@phystech.edu

4. Гатапова Кюнней Баировна, студентка группы 2-822 III курса МФТИ,
gatapova.kb@phystech.edu

5. Редичкина Дарья Сергеевна, студентка группы 4-906 II курса МФТИ,
redichkina.ds@phystech.edu

2. Актуальность проекта.

Явление осмоса – диффузии растворителя через полупроницаемую мембрану, обусловленное стремлением гетерогенной системы выровнять химические потенциалы ее частей – является важнейшим процессом для жизнедеятельности живых систем и играет значительную роль в технологических процессах разделения жидких смесей, обратно-осмотического опреснения и тонкой очистки воды, перспективных разработках по получению «зеленой» электроэнергии методом осмоса с замедленным давлением (PRO).

3. Значимость проекта.

Понимание физики осмотических явлений и представление о технологических процессах, основанных на диффузии растворителя через полупроницаемую мембрану, является обязательной составляющей знаний инженера-физика. Современным студентам физтеха, без сомнения необходимо детальное теоретическое и практическое изучение осмотических процессов. Не случайно Л.Д. Ландау посвятил предложенной им модели осмотического давления отдельный параграф в его курсе теоретической физики.

4. ЦЕЛЬ ПРОЕКТА.

Результатом реализации настоящего проекта должно явиться создание пилотной лабораторной работы для физического практикума по изучению динамики осмотических и обратно-осмотических процессов и передача отлаженной экспериментальной установки и методических пособий по выполнению задачи учебно-методическому центру кафедры общей физики МФТИ.

Кроме того, в ходе выполнения проекта должна быть подготовлена документация для тиражирования установки, включающая чертежи и эскизы для изготовления узлов и деталей оборудования, а также инструкции по выполнению работы для преподавателей и учебно-вспомогательного персонала.

Лабораторная работа должна быть поставлена в учебный план в тестовом режиме (для одной пары студентов из подгруппы) в весеннем семестре 2021/2022 учебного года.

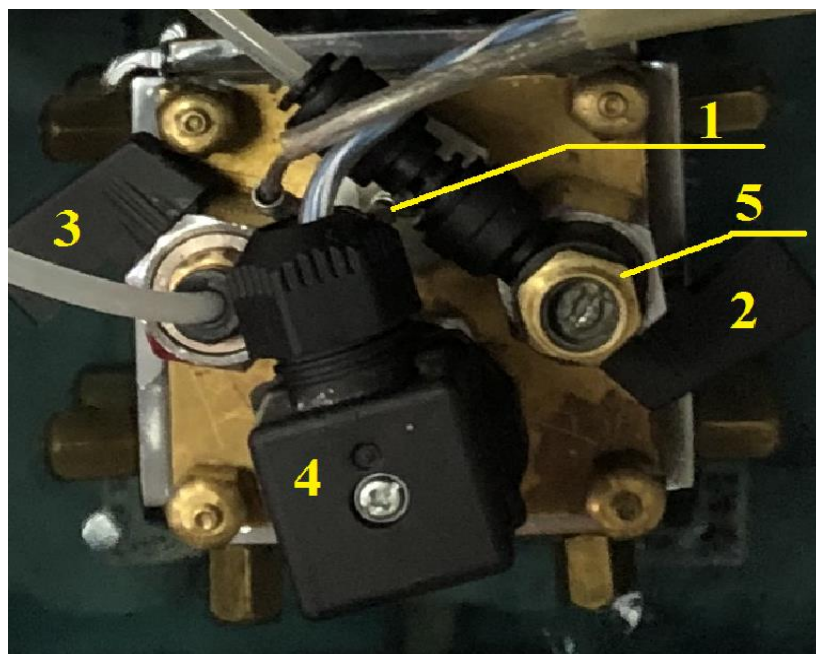
5. Описание и этапы проекта.

Экспериментальная лабораторная работа будет создана на базе существующей на кафедре общей физики МФТИ термостатированной установки для измерения временной зависимости давления в ячейке, отделенной от растворителя полупроницаемыми мембранами. Установка позволяет проводить измерения в диапазоне температур 20 – 90 °С и избыточных давлений от 0 до 10^5 Па. Программный комплекс сбора и обработки информации дает возможность получать данные о текущих давлении и температуре в ячейке в режиме реального времени, визуализировать динамику изменения измеряемых параметров и записывать весь полученный массив данных в файл. Перистальтический насос позволяет увеличивать давление в ячейке с осмотиком выше рассчитанного по формуле Вант-Гоффа и регистрировать динамику обратного осмоса. Фотографии установки и осмотической ячейки приведены на следующем слайде.

На установке были получены результаты, позволившие объяснить природу практического коэффициента Вант-Гоффа в мембранах с субнанометровыми порами, наблюдались осцилляции давления в ячейке при давлениях, близких к равновесному. Модель, описывающая динамику изменения давления в ячейке, позволила экстраполировать значение установившегося давления по данным, полученным за ограниченный период времени. Результаты исследований опубликованы в научных журналах и неоднократно докладывались на Всероссийских конференциях МФТИ. Также установка демонстрировалась на Международном московском форуме «Город Образования» в 2019 году.



- 1 – осмотическая ячейка
- 2 – термостат с дистиллированной водой
- 3 – адаптер USB/RS85 и источник 24 В
- 4 – универсальный контроллер температуры и давления
- 5 – запорный кран заполнения ячейки **Кр2**
- 6 – запорный кран слива ячейки **Кр1**
- 7 – привод рабочего крана заполнения ячейки **К1**



- 1 – датчик температуры Pt-100
- 2 – рабочий кран игольчатого вентиля **К3**
- 3 – рабочий кран слива ячейки **К2**
- 4 – датчик избыточного давления 0 – 0,1 МПа
- 5 – игольчатый вентиль **ИВ**

Все работы по проекту планируется проводить в лаборатории 401А ГК. Растворы реактивов будут предоставлены департаментом общей химии МФТИ.

Для учебной лабораторной работы в установке будут использованы мембраны производства TW30 1812-50 производства FilmTec Corp., США, с размером пор 2-3 ангстрема. Мембраны предоставляются кафедрой общей физики.

Повторяемость результатов (что крайне важно для учебной лабораторной работы) планируется проверить серией измерений, проводимых независимо каждым участником проекта, на растворах электролитов (желтая кровяная соль) и неэлектролитов (декстроза, этиленгликоль) различной концентрации. Проводится хронометраж измерений растворов одного осмотика с различными концентрациями (3-4), подтверждается совпадение значений установившегося давления в процессах прямого и обратного осмоса. При подтверждении совпадения значений практического коэффициента Вант-Гоффа у всех участников и его независимости от типа осмотика подготавливается методический материал – описание лабораторной работы и лабораторная работа выносятся на обсуждение методического совета кафедры общей физики МФТИ. Несколько преподавателей кафедры общей физики должны провести тестовое выполнение лабораторной работы под руководством участников проекта и дать свое заключение о проекте. При получении положительных результатов на всех этапах участники проекта готовят документацию (чертежи узлов и деталей, методику изготовления растворов, спецификацию серийного оборудования). По окончании работ все материалы передаются учебно-методическому центру кафедры общей физики.

Задачи и сроки этапов выполнения работ по проекту «Разработка и отладка пилотного образца лабораторной работы «Исследование процессов прямого и обратного осмоса»			
Этап	Выполняемые работы	Вид отчета	Сроки выполнения этапа
1	Проведение измерений динамики изменения давления в осмотической ячейке в процессах прямого/ обратного осмоса. Осмотики – растворы желтой кровяной соли, декстрозы, этиленгликоля. Хронометраж отдельных измерений, выбор диапазонов измеряемых давлений для экстраполяции значений установившегося давления. Получение значений практического коэффициента Вант-Гоффа линейной регрессией экспериментальных данных.	Отчет о результатах измерений, завизированный заведующим кафедрой общей физики МФТИ либо его заместителем.	01 мая - 31 мая 2021 г.
2	Подготовка методических материалов по выполнению лабораторной работы. Представление лабораторной задачи на заседании методического совета кафедры общей физики МФТИ.	Заключение методического совета кафедры общей физики МФТИ	01 сентября - 31 октября 2021 г.
3	Проведение тестовых выполнений лабораторной работы преподавателями кафедры общей физики, подготовка документации для тиражирования установок. Передача всей документации учебно-методическому центру кафедры общей физики МФТИ.	Отзывы преподавателей кафедры общей физики, акт приема учебно – методического центра	01 ноября - 30 декабря 2021 г.

6. Благополучателями проекта являются:

ФИЗТЕХ, в первую очередь, так как физический практикум университета пополнится новой лабораторной работой, использующей современное оборудование и позволяющей предоставить студентам возможность на практике ознакомиться с его работой. Введение в учебной план практического освоения осмотических и обратнo-осмотических явлений повысит привлекательность ВУЗа для абитуриентов с экспериментальной и с инженерно-технически ориентированной направленностью.

Студенты первого курса **МФТИ**, которые получают возможность практически изучить материал из раздела курса общей физики «Термодинамика и молекулярная физика».

7. Бюджет проекта.

- 7а. **Общий бюджет** проекта 275000 (Двести семьдесят пять тысяч) рублей. Все средства, запрашиваемые в рамках проекта, будут израсходованы на вознаграждение исполнителей. Закупка расходных материалов, оплата инженерных работ и услуг производственных мастерских будет осуществляться кафедрой общей физики МФТИ из бюджета университета.
- 7б. У **Фонда целевого капитала МФТИ** запрашивается 275000 (Двести семьдесят пять тысяч) рублей.
- 7с. **Софинансирования** проекта нет.
- 7д. **Официальные выплаты** студентам МФТИ за выполненные работы невозможны, так как студенты не являются сотрудниками университета.
- 7е. **Постатейная и ежемесячная расшифровка** расходов средств, выделяемых в рамках проекта, отражена в приложенном файле «Лабораторная работа Осмос_Лукиянчук.xlsx».

8. Долгосрочное развитие проекта.

В настоящее время долгосрочное развитие проекта не планируется. После выполнения всех этапов возможна реализация подготовленной лаборатории «Исследование процессов прямого и обратного осмоса» другим техническим высшим учебным заведениям РФ на коммерческой основе напрямую от имени МФТИ, либо через компанию ООО «Научные развлечения» - партнера кафедры общей физики МФТИ.

9. Согласование проекта с кафедрой общей физики МФТИ.

Кураторы проекта согласовали выполнение работы с заведующим кафедрой проф. А.В. Максимычевым.

Руководитель проекта – ст. преподаватель кафедры общей физики МФТИ Стожков Владимир Юрьевич,
тел: +7 903 2349994, e-mail: stozhkov.viu@mipt.ru

Ответственный за оформление документов и ведение финансовой отчетности – доцент кафедры общей физики МФТИ Лапушкин Георгий Иванович,
тел: +7 905 7400405, e-mail: stozhkov.viu@mipt.ru

10. Популяризация Фонда целевого капитала МФТИ.

1. Планируется размещение логотипов ФЦК МФТИ на видимых участках деталей экспериментальных установок лабораторной работы.
2. Размещение информации о взаимодействии при подготовке лабораторной работы с ФЦК МФТИ в методических пособиях.