

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»
Институт химии

УТВЕРЖДАЮ
Директор Института химии
д. х. н., профессор О. В. Федотова
" 16 "  16.09.2019 г.



Рабочая программа дисциплины

ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОС В ХИМИИ

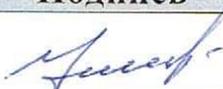
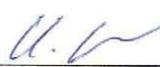
Направление подготовки бакалавриата
04.03.01 — Химия

Профиль подготовки бакалавриата
Физическая химия

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
очная

Саратов
2019

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Ушаков Арсений Владимирович		16.09.2019
Председатель НМК	Крылатова Яна Георгиевна		16.09.2019
Заведующий кафедрой	Казаринов Иван Алексеевич		16.09.2019
Специалист Учебного управления	Зимина Елена Валерьевна		16.09.2019

1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Тепло- и массоперенос в химии» является развитие у студентов универсальной компетенции — способности проводить поиск и критически анализировать информацию и применять системный подход при решении поставленных задач, и профессиональной компетенции — способности решать технологические задачи, поставленные специалистом более высокой квалификации, и выбирать технические средства и методы их испытаний.

Освоение предлагаемой дисциплины должно способствовать пониманию движущих сил, теоретических законов и практических основ процессов переноса энергии и материи, предполагает знакомство с фундаментальной теорией твёрдого тела, освоение методов математического анализа и моделирования в приложении к решению задач переноса с различными начальными и граничными условиями.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.В.ДВ.07.02 «Тепло- и массоперенос в химии» относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 — Дисциплины (модули) рабочего учебного плана ООП по направлению подготовки 04.03.01 — Химия, профилю «Физическая химия», и предлагается к освоению в шестом семестре.

Успешному освоению программы способствуют наличие у обучаемого: базовых знаний и умений по физической химии (химической термодинамике, электрохимии, химической кинетике), формируемых в рамках освоения дисциплин Б1.О.13; по неорганической химии (Б1.О.10), математике (Б1.О.05) — а также умение работать с литературой на иностранном языке (Б1.О.01).

Успешное освоение программы должно способствовать целеполаганию для последующего освоения дисциплин «Кинетика электродных процессов» (Б1.В.04), «Электрохимические методы исследования» (Б1.В.ДВ.06.01), «Электрохимия электролитов» (Б1.В.ДВ.06.02), «Электрохимия твёрдого тела» (Б1.В.ДВ.05.02), «Биоэлектрохимия» (Б1.В.ДВ.03.01), «Химия твёрдого тела» (Б1.О.04).

3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
<p>УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</p>	<p>2.1_Б.УК-1. Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи.</p> <p>4.1_Б.УК-1. Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки.</p> <p>Отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников деятельности.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные законы массо- и теплопереноса, их значение в химии; движущие силы массо- и теплопереноса, механизмы диффузии и теплопередачи; математические методы решения уравнений массо- и теплопереноса. – принципы моделирования процессов массо- и теплопереноса на основе соответствующих уравнений, представление результатов в информационном виде; – основные источники информации и инструменты поиска информации по решениям уравнений тепло- и массопереноса <p>Уметь: анализировать источники информации о современном состоянии исследований по решениям уравнений тепло- и массопереноса</p> <p>Владеть: навыками формирования оценочных суждений по современному состоянию проблем тепло- и массопереноса</p>
<p>ПК-4 Способен решать технологические задачи, поставленные специалистом более высокой квалификации, и выбирать технические средства и методы их испытаний</p>	<p>ПК-4.3. Проводит характеристику полученного функционального материала (вещества) физико-химическими методами с использованием типового научного оборудования.</p>	<p>Знать: возможности, преимущества и ограничения экспериментальных методов, основанных на законах тепло- и массопереноса</p> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – проводить статистическую обработку данных, полученных посредством основанных на законах тепло- и массопереноса экспериментальных методов, с использованием

		<p>линейных и нелинейных методов анализа и стандартного программного обеспечения;</p> <ul style="list-style-type: none"> – адаптировать стандартные и разрабатывать оригинальные схемы проведения эксперимента в части моделирования процессов массо- и теплопереноса; – использовать полученные знания в профессиональной и научно-исследовательской деятельности <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методами планирования, моделирования и обработки данных эксперимента в части массо- и теплопереноса; – прикладными компьютерными программами, в том числе Microsoft Office, для моделирования процессов тепло- и массопереноса и представления его результатов.
--	--	--

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачётные единицы, или 144 академических часа, в том числе 72 часа контактного обучения (36 часов — лекции, 36 часов — обучение в форме практических занятий), 45 часов — самостоятельная работа, 27 часов — промежуточная аттестация.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра*	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в академических часах)					Формы текущего контроля успеваемости <i>Форма промежуточной аттестации</i>
				Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	Контроль	
1	Общая теория диффузии и теплопроводности	6	1,2	12	4	4	4	–	Тест
2	Математические методы решения уравнений диффузии и теплопроводности	6	3, 4	12	4	4	4	–	Тест
3	Линейные потоки в неограниченном и ограниченном твёрдом теле	6	5, 6	12	4	4	4	–	Тест
4	Линейные потоки в плёнках и тонких слоях		7,8	12	4	4	4	–	Тест
5	Линейные потоки в тонких стержнях	6	9,10	12	4	4	4	–	Тест
6	Диффузионные или тепловые потоки в цилиндрической системе координат	6	11,12	12	4	4	4	–	Тест
7	Диффузионные или тепловые потоки в сферической системе координат	6	13,14	29	6	8	15	–	Тест, индивидуальное задание
8	Дополнительные разделы теории	6	15,16	16	6	4	6		Тест
	Промежуточная аттестация	6		27				27	Экзамен
	Итого	6	1-16	144	36	36	45	27	

Содержание дисциплины

Раздел 1. Общая теория диффузии и теплопроводности

Введение. Диффузия. Теплопроводность. Поток. Теплообмен. Источники и стоки. Законы диффузии и теплопроводности. Дифференциальные уравнения для изотропных твёрдых тел. Преобразования координат. Начальные и граничные условия уравнения Фика. Стационарные решения. Экспериментальные методы определения коэффициентов диффузии и теплопроводности

Раздел 2. Математические методы решения уравнений диффузии и теплопроводности

Ряды Фурье. Интегралы Фурье. Преобразования Фурье. Использование их для решения уравнений математической физики. Метод преобразований Лапласа. Основные теоремы. Решение уравнений диффузии и теплопроводности методом преобразования Лапласа. Таблицы изображений функций

Раздел 3. Линейные потоки в неограниченном и ограниченном твёрдом теле

Основные решения для линейных потоков. Функция ошибок и родственные функции. Сложные решения для различных начальных и граничных условий. Диффузия из конечного и бесконечного источника. Случаи заданной температуры, поверхности, заданного потока через поверхность, теплообмена на поверхности. Периодические потоки через поверхность. Применение полученных результатов.

Раздел 4. Линейные потоки в плёнках и тонких слоях

Основные уравнения. Установившиеся решения. Сложные решения для различных начальных и граничных условий. Трансцендентные уравнения. Диффузия из конечного и бесконечного источника. Случаи заданной температуры, поверхности, заданного потока через поверхность, теплообмена на поверхности. Периодические потоки через поверхность. Применение полученных результатов

Раздел 5. Линейные потоки в тонких стержнях

Сложные решения для различных начальных и граничных условий. Диффузия из конечного и бесконечного источника. Случаи заданной

температуры, поверхности, заданного потока через поверхность, теплообмена на поверхности. Периодические потоки через поверхность. Применение полученных результатов.

Раздел 6. Диффузионные или тепловые потоки в цилиндрической системе координат

Основные уравнения. Установившиеся решения. Радиальный поток. Неустановившиеся решения. Сложные решения для различных начальных и граничных условий. Уравнение Бесселя и функции Бесселя. Применение полученных результатов

Раздел 7. Диффузионные или тепловые потоки в сферической системе координат

Основные уравнения. Установившиеся решения. Радиальный поток. Неустановившиеся решения для различных начальных и граничных условий. Применение полученных результатов.

Раздел 8. Дополнительные разделы теории

Изменение физического состояния материала. Фазовые переходы, плавление и затвердевание. Формулировка задач. Некоторые решения. Наложение электрического поля. Миграция. Электрохимический перенос. Уравнения Вагнера.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

Традиционные и инновационные образовательные технологии: лекции; практические занятия с интерактивным разбором примеров; выполнение индивидуального задания; компьютерные тесты; самостоятельная работа студентов.

Лекции проводятся в форме устного изложения лектором разделов дисциплины с демонстрацией поясняющих иллюстраций (презентаций), интерактивным разбором избранных вопросов.

Формы *практических* занятий:

1) Интерактивный разбор примеров практических задач, по каждому разделу — 3 ч (всего 24 ч);

2) Индивидуальное задание по разделу:

Диффузионные или тепловые потоки в сферической системе координат — 4 ч.

3) Тестирование, по каждому разделу — 1 ч (всего 8 ч).

Доля практических занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет 66,7%.

Для учебно-методического сопровождения студента с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалидностью возможно применение дистанционного обучения, средства для которого размещаются на сайте университета course.sgu.ru. Проводятся консультации с преподавателем онлайн. В процессе обучения выстраивается индивидуальный образовательный маршрут для каждого студента с ОВЗ и инвалида, применяются технологии поэтапного включения студентов с ОВЗ и инвалидов в образовательный процесс, ориентированных на самообразование. При организации учебного процесса со студентами с ОВЗ и инвалидов преподаватель учитывает время на подготовку студентов при отчете и зачете. Для подготовки к занятиям и работы в интернете студентам с ОВЗ и инвалидам в Институте химии предоставляется ноутбук.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Самостоятельная работа студентов предполагает знакомство с терминологическим аппаратом по содержанию дисциплины; подготовку к практическим занятиям и выполнению индивидуального задания; подготовку к тестированию.

Самостоятельная работа может осуществляться как с применением компьютеров в дисплейном классе Института химии, так и на личных компьютерах и ноутбуках студентов. Доступ к отдельным интернет-ресурсам возможен только с компьютеров в сети СГУ или с домашних компьютеров после однократной саморегистрации с любого компьютера СГУ.

Вопросы по разделам дисциплины

Раздел 1. Общая теория диффузии и теплопроводности

- 1) Потoki. Теплообмен. Источники и стоки.
- 2) Законы диффузии и теплопроводности. Дифференциальные уравнения для изотропных твёрдых тел.

- 3) Преобразования координат. Начальные и граничные условия уравнения Фика. Стационарные решения.
- 4) Экспериментальные методы определения коэффициентов диффузии и теплопроводности

Раздел 2. Математические методы решения уравнений диффузии и теплопроводности

- 1) Ряды Фурье. Интегралы Фурье. Преобразования Фурье. Использование их для решения уравнений математической физики.
- 2) Метод преобразований Лапласа. Основные теоремы. Решение уравнений диффузии и теплопроводности методом преобразования Лапласа. Таблицы изображений функций

Раздел 3. Линейные потоки в неограниченном и ограниченном твёрдом теле

- 1) Основные решения для линейных потоков. Функция ошибок и родственные функции.
- 2) Сложные решения для различных начальных и граничных условий.
- 3) Диффузия из конечного и бесконечного источника.
- 4) Случаи заданной температуры, поверхности, заданного потока через поверхность, теплообмена на поверхности.
- 5) Периодические потоки через поверхность.
- 6) Применение полученных результатов.

Раздел 4. Линейные потоки в плёнках и тонких слоях

- 1) Основные уравнения. Установившиеся решения. Сложные решения для различных начальных и граничных условий.
- 2) Трансцендентные уравнения. Диффузия из конечного и бесконечного источника.
- 3) Случаи заданной температуры, поверхности, заданного потока через поверхность, теплообмена на поверхности.
- 4) Периодические потоки через поверхность.
- 5) Применение полученных результатов

Раздел 5. Линейные потоки в тонких стержнях

- 1) Сложные решения для различных начальных и граничных условий.
- 2) Диффузия из конечного и бесконечного источника.

- 3) Случаи заданной температуры, поверхности, заданного потока через поверхность, теплообмена на поверхности.
- 4) Периодические потоки через поверхность.
- 5) Применение полученных результатов.

Раздел 6. Диффузионные или тепловые потоки в цилиндрической системе координат

- 1) Основные уравнения. Установившиеся решения.
- 2) Радиальный поток. Неустановившиеся решения.
- 3) Сложные решения для различных начальных и граничных условий. Уравнение Бесселя и функции Бесселя.
- 4) Применение полученных результатов

Раздел 7. Диффузионные или тепловые потоки в сферической системе координат

- 1) Основные уравнения. Установившиеся решения.
- 2) Радиальный поток. Неустановившиеся решения для различных начальных и граничных условий.
- 3) Применение полученных результатов.

Раздел 8. Дополнительные разделы теории

- 1) Изменение физического состояния материала.
- 2) Фазовые переходы, плавление и затвердевание. Формулировка задач. Некоторые решения.
- 3) Наложение электрического поля. Миграция.
- 4) Электрохимический перенос.
- 5) Уравнения Вагнера.

7. Данные для учёта успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.2 — Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности

Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
6	20	0	20	40	0	0	20	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

6 семестр

Лекции (максимально 20 баллов)

Оцениваются *посещаемость* (максимально 10 баллов), *активность в аудитории* (максимально 10 баллов); баллы начисляются в конце семестра.

За посещаемость начисляются баллы в соответствии со следующими критериями:

- студент присутствовал на всех (18-ти) лекционных занятиях — **10 баллов**;
- студент присутствовал на 9-17 лекционных занятиях — **1-9 баллов**;
- студент присутствовал менее чем на 9 лекционных занятиях — **0 баллов**.

За активность в аудитории могут быть начислены баллы в случае, если *студент посетил не менее 9 лекционных занятий*, в соответствии с нижеприведёнными критериями:

- студент проявлял активность в обсуждении затрагиваемых вопросов не менее чем на 90% посещённых им лекционных занятий — **10 баллов**;
- студент проявлял активность в обсуждении затрагиваемых вопросов не менее, чем на $(10 \cdot (n - 1)) \%$, но меньше, чем на $(10 \cdot n)\%$ посещённых им лекционных занятиях — **n баллов (n — от 1 до 9)**;
- студент не проявлял активности в обсуждении затрагиваемых вопросов ни на одной из лекций — **0 баллов**.

Лабораторные занятия

Не предусмотрены

Практические занятия (максимально 20 баллов)

В рамках данного вида учебной деятельности оценивается индивидуальное задание, состоящее из двух задач, за решение *каждой* максимально предусмотрено **10 баллов**, в том числе:

от 0 до 7 баллов за структурированность решения и правильный результат, ответы на дополнительные вопросы; *от 0 до 3 баллов* за оригинальность и аккуратность оформления.

Самостоятельная работа (максимально 40 баллов)

В рамках данного вида учебной деятельности проводится тестирование, всего предусмотрено **8** тестов, за каждый можно получить *от 0 до 5 баллов*.

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности

Не предусмотрены.

Промежуточная аттестация — экзамен (максимально 20 баллов)

Предусмотрена в форме собеседования по вопросам дисциплины.

Максимально за собеседование можно получить **20 баллов**.

0 — студент не отвечает на вопросы преподавателя;

1–9 — студент отвечает на некоторые вопросы преподавателя или не даёт развёрнутых ответов («неудовлетворительно»);

10–13 — студент отвечает на большинство вопросов преподавателя, но не имеет целостного представления и не участвует в диалоге с преподавателем по теме собеседования («удовлетворительно»);

14–17 — студент имеет целостное представление, поддерживает диалог с преподавателем по теме собеседования, грамотно отвечает на большинство вопросов преподавателя («хорошо»);

18–20 — студент имеет целостное представление, поддерживает диалог с преподавателем по теме собеседования и отвечает на все вопросы («отлично»).

Студенту начисляются 20 баллов без собеседования, если по итогам деятельности в течение семестра он набирает не менее 70 баллов.

Таким образом, *максимально возможная сумма баллов* за все виды учебной деятельности студента за 6 семестр по дисциплине «Тепло- и массоперенос в химии» составляет **100** баллов.

Таблица 2.2 Таблица пересчёта полученной суммы баллов по дисциплине «Тепло- и массоперенос в химии» в оценку (экзамен):

85 баллов и более	«отлично»
не меньше 75 , но меньше 85 баллов	«хорошо»
не меньше 60 , но меньше 75 баллов	«удовлетворительно»
<i>меньше 60 баллов</i>	«не удовлетворительно»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) литература:

- 1) Тепломассообмен: Учебное пособие / А.А. Кудинов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 375 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат) (Переплёт) ISBN 978-5-16-011093-6 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/512522>. ✓
- 2) Тепломассообмен: Учебник / О.Н. Брюханов, С.Н. Шевченко. - М.: НИЦ Инфра-М, 2012. - 464 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-16-004803-1 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/258657>. ✓
- 3) Дерюгин, В. В. Тепломассообмен : учебное пособие / В. В. Дерюгин, В. Ф. Васильев, В. М. Уляшева. — СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 244 с. — ISBN 978-5-9227-0690-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/74378.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

б) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Программное обеспечение:

- 1) Microsoft Word версии 2010 или новее
- 2) Microsoft Excel версии 2010 или новее
- 3) Microsoft PowerPoint версии 2010 или новее
- 4) Mathcad

Интернет-ресурсы:

- 1) Бекман, И. Н. Математика диффузии : учебное пособие. URL: http://profbeckman.narod.ru/MatDif/matematikadiffuzii_origmaketstranic.pdf.
- 2) Мир математических уравнений. URL: <http://eqworld.ipmnet.ru>.
- 3) Scopus. URL: <https://www.scopus.com/> (доступ с компьютеров сети СГУ).
- 4) Web of Science - ISI Web of Knowledge. URL: <https://login.webofknowledge.com/> (доступ с компьютеров сети СГУ).

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Проектор, интерактивная доска для проведения лекционных занятий.
2. Выполнение индивидуального задания может осуществляться на компьютерах в учебной лаборатории физической химии.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 04.03.01 — Химия и профилю подготовки «Физическая химия».

Автор:

доцент кафедры физической химии
к. х. н.

А. В. Ушаков

Программа одобрена на заседании кафедры физической химии от 28 августа 2019 года, протокол № 1.