

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАР-
СТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Институт химии

УТВЕРЖДАЮ
Директор института химии
д.х.н., проф. Горячева И.Ю.

"05 октября 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

Электрохимия твердого тела

Направление подготовки бакалавриата
04.03.01 «Химия»

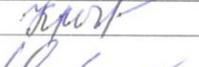
Профиль подготовки бакалавриата
Физическая химия

Квалификация выпускника

Бакалавр

Форма обучения
очная

Саратов,
2021

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Бурашникова Марина Михайловна		05.10.21г
Председатель НМК	Крылатова Яна Георгиевна		05.10.21г
Заведующий кафедрой	Казаринов Иван Алексеевич		05.10.21г.
Специалист Учебно-го управления			

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Электрохимия твердого тела» является формирование у студентов компетенций, связанных с пониманием теоретических законов химии и физики в их практическом приложении к электрохимическим процессам переноса заряда и вещества в твердотельных объектах, а также выработки умения планировать и организовывать свою деятельность, самостоятельно приобретать знания, используя различные источники информации.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина по выбору «Электрохимия твердого тела» (Б1.В.ДВ.05.02), относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» рабочего учебного плана ООП по направлению 04.03.01 Химия, профиль «Физическая химия» и осваивается в 7 семестре.

Дисциплина «Электрохимия твердого тела» базируется на освоении дисциплин: химия, физика, математика, «Методы математической статистики в химии», «Физические методы исследования состава и структуры веществ».

Дисциплина «Электрохимия твердого тела» является основой для последующего изучения в 8 учебном семестре дисциплин «Электрохимические методы исследования», «Электрохимия электролитов».

3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
ПК-1.Способен владеть системой фундаментальных химических понятий и законов	<p>ПК-1.1. Понимает основные принципы, законы, методологию изучаемых химических дисциплин, теоретические основы физических и физико-химических методов исследования.</p> <p>ПК-1.2. Использует фундаментальные химические понятия в своей профессиональной деятельности</p> <p>ПК-1.3. Интерпретирует полученные результаты, используя базовые понятия химических дисциплин</p>	<p><u>Знать</u> теоретические основы электрохимии твердого тела, основы зонной теории твердых тел, её значение в химии твердого тела; основы электрохимии полупроводников; основы электрохимии твердых электролитов.</p> <p><u>Уметь</u> использовать законы, закономерности процессов протекающих в полупроводниковых материалах для теоретической интерпретации полученных результатов, выбирать наиболее оптимальные технологические процессы, использовать полученные знания в профессиональной, научно-исследовательской деятельности.</p> <p><u>Владеть</u> навыками использования теоретических основ электрохимии полупроводников при решении прикладных задач, методами физико-химического эксперимента; методами отбора материала для теоретических занятий и лабораторных работ; методиками работы на серийной электрохимической аппаратуре, применяемой в физико-химических исследованиях.</p>

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы (144 часа).

№ п/п	Раздел дисциплины	Се- мес- тр	Не- деля се- мест- ра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)	
				Все- го	Лек- ци и	лабораторные за- нятия		ИКР	СР		кон- троль
						Всего	Из них на практиче- скую под- готовку				
1	Введение Раздел 1. Зонная теория твердых тел 1.1 Основы зонной теории. 1.2 Общая характеристика полупроводниковых материалов 1.3 Элементы статистики электронов в твердых телах	7	1-4	30	8	8	2	4	10		Контрольное задание 1 Проверка оформления лабораторного журнала
2	Раздел 2. Электрохимия полупроводников 2.1 Термодинамика полупроводникового электрода 2.2 Область пространственного заряда в полупроводнике. Изгиб зон 2.3 Дифференциальная емкость полупроводниковых электродов. Потенциал плоских зон 2.4 Кинетика электродных реакций на полупроводниковом электроде.	7	5-10	42	14	14	6	4	10		Контрольное задание 2 Проверка оформления лабораторного журнала
3	Раздел 3. Фотоэлектрохимия твердого тела. 3.1 Фотоэлектрохимические процессы на границе полупроводник / раствор. 3.2 Кинетический и квази-термодинамический подход к описанию фотопроцессов	7	11-14	32	8	8	6	6	10		Контрольное задание 3 Проверка оформления лабораторного журнала
4	Раздел 4. Электрохимия твердых электролитов 4.1 Ионные проводники. Основное уравнение ионной проводимости твердого тела. 4.2 Суперионные проводники. Температурная зависимость ионной электропроводности.	7	15-18	31	6	6	4	4	15		Проверка оформления лабораторного журнала Собеседование по теме лабораторных работ
	Промежуточная аттестация	7		9						9	Зачет с оценкой
	Всего	7	1-18	144	36	36	18	18	45	9	

Содержание дисциплины

Введение

Предмет курса. Его связь с физикой и химией.

Раздел 1. Зонная теория твердых тел.

Основы зонной теории твердых тел. Возникновение энергетических зон. Понятие о металлах, полупроводниках и изоляторах в рамках зонной теории.

Общая характеристика полупроводниковых материалов. Полупроводники n- и p- типа. Движение электрона в периодическом поле кристалла.

Элементы статистики электронов в твердых телах. Распределения Максвелла-Больцмана и Ферми-Дирака. Понятие об уровне Ферми.

Положение уровня Ферми в металле, собственном и примесном полупроводниках. Равновесные концентрации носителей тока в полупроводниках различных типов.

Лабораторная работа 1

Исследование распределения удельного сопротивления резистивной пленки

Раздел 2. Электрохимия полупроводников.

Термодинамические свойства границы раздела полупроводник / раствор электролита. Равновесный электродный потенциал полупроводникового электрода.

Электрохимический потенциал электронов в растворе. Связь шкалы энергий и электродных потенциалов.

Строение ДЭС на полупроводниковых электродах. Область пространственного заряда в полупроводнике.

Распределение носителей и потенциала в области пространственного заряда. Решение уравнения Пуассона-Больцмана.

Изгиб зон. Обогащенный, обедненный и инверсионный слои на поверхности полупроводника. Решение уравнения Пуассона-Больцмана.

Поверхностная проводимость. Поверхностное вырождение.

Дифференциальная емкость полупроводниковых электродов. Емкость области пространственного заряда в полупроводнике (собственная, примесная).

Поверхностные электронные состояния. Емкость поверхностных состояний.

Методы определения потенциала плоских зон (из C , σ , фотоэффекта?). Построение энергетической диаграммы контакта полупроводник / раствор. Закрепление зон.

Кинетика электродных реакций на полупроводниковых электродах. Феноменологическая теория электродных реакций (теория замедленного разряда).

Предельные токи неосновных носителей. Эффект умножения тока.

Лабораторная работа 2

Исследование процесса термовакуумного напыления резистивных пленок (компьютерная симуляция)

Раздел 3. Фотоэлектрохимия твердого тела.

Фотоэлектрохимические процессы на границе полупроводник--раствор. Условия регистрации фототока и фотопотенциала.

Электрохимические реакции фотовозбужденных компонентов раствора.

Электрохимические процессы, обусловленные фотовозбуждением полупроводника.

Кинетический подход к вычислению фототоков и фотопотенциалов.

Квазитермодинамический подход к описанию фотопроцессов.

Лабораторная работа 3

Исследование процесса диффузии примеси в полупроводник

Раздел 4. Электрохимия твердых электролитов

Ионные процессы в твердых телах. Классификация ионных проводников. Основное уравнение ионной проводимости твердого тела. Проводимость в сильных и слабых электрических полях.

Особенности строения двойного электрического слоя в твердых электролитах. Эффект решеточного насыщения.

Суперионная проводимость твердых тел. Особенности кристаллической структуры суперионных проводников. Температурная зависимость ионной электропроводности.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

При освоении дисциплины «Электрохимия твердого тела» наряду с традиционными образовательными технологиями широко используются технологии, основанные на компьютерных симуляциях, разборе конкретных ситуаций в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. В рамках учебного курса предусмотрены мастер-классы экспертов и специалистов. Всего интерактивные формы составляют 25 часов (более 30% аудиторных часов).

В рамках практической подготовки студентов профессиональные навыки формируются при выполнении лабораторных работ, при работе по индивидуальному научному плану в рамках научных исследований по тематике кафедры, выполнения индивидуальных отчетов, контрольных заданий и собеседований.

Иная контактная работа представляет собой индивидуальные консультации, оказываемые очно и дистанционно с использованием информационных и телекоммуникационных технологий с учетом образовательных возможностей обучающихся

Адаптивные образовательные технологии для инвалидов и лиц с ОВЗ

При изучении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья используются следующие адаптивные технологии: использование социально-активных рефлексивных методов обучения для создания комфортного психологического климата в студенческой группе, использование дистанционных технологий при реализации программы, работа по индивидуальному плану.

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

Самостоятельная работа студентов предполагает освоение теоретического материала, подготовку к лабораторным работам, выполнение и оформление лабораторных работ, выполнение контрольных заданий, подготовку к текущему и промежуточному контролю. Форма промежуточного контроля – зачет с оценкой.

1. Контрольное задание

Контрольное задание является средством проверки умений применять полученные знания для определения условий при которых возможны процессы коррозии и по определению коррозионной стойкости материалов в различных условиях. По курсу «Электрохимия твердого тела» предусмотрены 3 контрольных задания.

Пример варианта контрольного задания 1:

Вариант №1

1. Вычислите удельную проводимость полупроводника σ при $T = 300 \text{ K}$, используя данные таблицы. Зная значение собственной концентрации n_i , покажите, что слагаемое удельной электропроводности для неосновных носителей пренебрежимо мало.

2. Определите в собственном полупроводнике концентрацию равновесных носителей зарядов n_i и время жизни неравновесных носителей зарядов τ_i при межзонной излучательной рекомбинации в случае малого уровня возбуждения для $T = 300$ К. Ширина запрещенной зоны, коэффициент рекомбинации γ_T и значения эффективной относительной массы электрона $m_n = m_n^*/m_0$ и пазона $m_p = m_p^*/m_0$ приведены в таблице.

Пример варианта контрольного задания 2:

Вариант № 1

1. Рассчитайте относительное падение потенциала в ОПЗ по сравнению с падением потенциала в слое Гельмгольца ϕ_1/ϕ_0 и в слое Гуи ϕ_1/ϕ , а также электрическую емкость контакта п-германия ($\epsilon_1 = 16$) с водным раствором гидроксида калия КОН при 25°C .
2. Вычислите ток обмена I_0 (мкА) и число зарядов n контролирующей стадии при $\alpha = 0.33$, 25°C для поляризационной кривой, которая описывается уравнением Тафеля, если постоянные a и b имеют следующие значения: a , мВ, 404 b , мВ 90

Пример варианта контрольного задания 3:

Вариант № 1

1. Какова будет толщина оксидной пленки, полученной анодированием на поверхности арсенида индия, если выход по току в пленку составляет для $\text{In}_2\text{O}_3 - 90\%$, для $\text{As}_2\text{O}_3 - 60\%$, а плотность тока и время анодирования соответствуют данным таблицы. $\rho(\text{As}_2\text{O}_3) = 3.8$ г/см³. Плотность In_2O_3 необходимо найти в справочнике. i , мА/см² 4 1 7 10 2 9 3 5 8 6 5 3
Время, с 30 40 10 20 30 6 15 7 8 18 6 8
2. Какую концентрацию свободного лиганда $[L]$ в ммоль/л надо создать в электролите при 25°C для электроосаждения сплава из металлов 1 и 2, чтобы их исходные потенциалы E_1 и E_2 (при $[L] = 0$) после добавления реагента, образующего комплексные соединения только с ионами более благородного металла 2Mz^+ , сблизились при $\beta = 0,5$ до разности в $0,15$ В? Исходные значения E_1 и E_2 , а также константы устойчивости β_1, β_2 комплексов металла 2 и число зарядов $n = z$ приведены в таблице. – Указание. Для расчёта $[L]$ используется уравнение после вычисления перенапряжения комплексообразования для металла 2 с учётом заданной разности сближения $0,15$ В.

Собеседование

Собеседование – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя со студентами по теме лабораторной работы и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенной теме, проблеме и т.п. Собеседование проводится перед каждой лабораторной работой.

По курсу «электрохимия твердого тела» предусмотрены 5 собеседований.

Примеры вопросов для собеседования по теме «Физика полупроводников»

1. Что такое электрохимия полупроводников? Каковы её предмет и значение?
2. В чем особенности электрохимического поведения полупроводников?
3. Что такое полупроводник? Каковы виды полупроводников и их характеристики?
4. Что такое индексы Миллера? Что и как они обозначают?
5. В чём отличие монокристаллов полупроводниковых соединений от монокристаллов элементных полупроводников?
6. Что такое собственная, донорная и акцепторная проводимость полупроводников?
7. В чём различие между пазоном (дыркой) и электроном?
8. Что такое валентная зона, зона проводимости и запрещенная зона? Чем они обусловлены?
9. Что такое уровень Ферми и электрохимический потенциал электрона?

10. Каковы виды генерации и рекомбинации носителей заряда в полупроводниках?
11. Что такое равновесные и неравновесные носители заряда?
12. Какие уравнения определяют равновесные концентрации электронов и пазонов в собственном, донорном и акцепторном невырожденном полупроводнике?
13. Что такое вырождение полупроводников? Каковы его виды?
14. Почему в полупроводниках различают два вида тока: электронный и пазонный ток? Каковы слагаемые этих токов?
15. Что такое скорость дрейфа и дрейфовая подвижность электронов и пазонов?
16. Каковы причины возникновения диффузионного тока электронов и пазонов? Его уравнения.
17. Что такое коэффициент диффузии и диффузионная длина электронов и пазонов?
18. Что такое межзонная и примесная фотогенерация носителей заряда в полупроводнике?
19. Чем обусловлена красная граница фотогенерации носителей заряда в полупроводнике?
20. Какие уравнения определяют биполярную фотогенерацию носителей заряда?
21. Что такое межзонная излучательная рекомбинация? Какие уравнения её описывают?
22. Каковы уравнения генерации и рекомбинации электронов и пазонов при однородном поглощении света в полупроводнике?
23. Каково уравнение для фотопроводимости полупроводников в стационарных условиях?
24. Каковы уравнения для фототока при неоднородном поглощении света в полупроводнике?
25. Какова схема рекомбинация и эмиссии носителей заряда через глубокие ловушки?
26. Что обозначают множители уравнений скорости рекомбинация и эмиссии носителей заряда через глубокие ловушки?
27. Какой вид имеют уравнения скорости изменения концентрации неравновесных электронов в зоне проводимости и неравновесных пазонов в валентной зоне в результате процессов их захвата и эмиссии с участием глубоких ловушек?
28. Как получается уравнение для времени жизни неравновесных носителей заряда?
- 24
29. Какова энергетическая схема контакта металл – полупроводник *n*-типа?
30. Что такое область пространственного заряда полупроводника, барьер Шоттки?
31. Чем обусловлена высота барьера контакта
32. Каковы механизмы переноса носителей заряда через контакт металл – полупроводник?
33. Когда применима диодная теория Бете переноса носителей заряда?
34. Физическая теория выпрямления на контакте металл – полупроводник.
35. Какой вид имеет уравнение полного тока через контакт металл – полупроводник, обусловленного термоэлектронной эмиссией?
36. Каковы выражения для тока насыщения, постоянной Ричардсона, высоты барьера?
37. С чем связаны отклонения реальных вольтамперных характеристик от теоретических?

Задания для лабораторных занятий

По результатам выполнения заданий лабораторной работы оформляется лабораторный журнал, в котором должны быть отражены цель выполнения эксперимента, ход работы, наблюдения за экспериментом и выводы работы. Лабораторный журнал сдается преподавателю в день выполнения лабораторной работы. Всего в течение семестра предусмотрено 3 лабораторных работы.

Промежуточная аттестация

Рабочим учебным планом по направлению подготовки «Химия» по дисциплине «Электрохимия твердого тела» предусмотрена промежуточная аттестация в виде зачета с оценкой. Подготовка студента к промежуточной аттестации осуществляется в течение учебного семестра во время лекционных и лабораторных занятий, а также во внеаудиторные часы в рамках самостоятельной работы. Во время самостоятельной

подготовки студент может пользоваться конспектами лекций, основной и дополнительной литературой по дисциплине (перечень литературы приведен в рабочей программе дисциплины).

Во время сдачи зачета студент должен дать развернутый устный ответ на вопросы, изложенные в билете. Преподаватель вправе задавать дополнительные вопросы по всему изучаемому материалу. Уровень ответа определяется показателями оценивания планируемых результатов обучения.

Пример билета:

БИЛЕТ № 1

1. Основы зонной теории твердых тел. Понятие о металлах, полупроводниках и изоляторах в рамках зонной теории
2. Кинетика электродных реакций на полупроводниковом электроде
3. Температурная зависимость ионной электропроводности

Вопросы для самостоятельной подготовки

1. Основы зонной теории твердых тел. Понятие о металлах, полупроводниках и изоляторах в рамках зонной теории
2. Элементы статистики электронов в твердых телах. Распределения Максвелла-Больцмана и Ферми-Дирака. Понятие об уровне Ферми. Положение уровня Ферми в металле, собственном и примесном полупроводнике
3. Электрохимия полупроводников. Связь шкалы энергий и электродных потенциалов.
4. Область пространственного заряда в полупроводнике. Изгиб зон. Дифференциальная емкость полупроводниковых электродов
5. Кинетика электродных реакций на полупроводниковом электроде
6. Фотоэлектрохимия твердого тела. Фотоэлектрохимические процессы на границе полупроводник / раствор. Кинетический и квазитермодинамический подход к описанию фотопроцессов
7. Электрохимия твердых электролитов. Ионные проводники, их классификация. Основное уравнение ионной проводимости твердого тела
8. Особенности строения двойного электрического слоя в твердых электролитах
9. Суперионные проводники.
10. Температурная зависимость ионной электропроводности

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.1 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
7	10	30	0	0	0	30	30	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

7 семестр

Лекции – от 0 до 10 баллов, оцениваются посещаемость (3 балла), активность в аудитории (7 баллов).

Лабораторное занятие – от 0 до 30 баллов

Предусмотрено 3 лабораторных работы

Каждая работа оценивается в 10 баллов

Общее количество баллов - 30

Критерии оценивания лабораторных занятий

«10 баллов» выставляется за:

- своевременное и грамотное оформление лабораторного журнала;
«9 баллов» выставляется за:
- своевременное оформление лабораторного журнала с небольшими недочетами;
«7-8 баллов» выставляется за:
- несвоевременное и грамотное оформление лабораторного журнала;
«5-6 баллов» выставляется за:
- несвоевременное и неграмотное оформление лабораторного журнала
«3-4 балла» выставляется за:
систематическое не оформление лабораторного журнала;
«1-2 балла» выставляется за:
низкий уровень выполнения лабораторной работы и систематическое не оформление лабораторного журнала;
- «0 баллов» выставляется за:
не выполнение лабораторной работы.

Практические занятия

Не предусмотрены

Самостоятельная работа

Оценивание не предусмотрено

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено

Другие виды учебной деятельности - от 0 до 30 баллов

Контрольное задание (2 задачи) – 5 баллов

- за частично правильно выполненную задачу выставляется 1 балл,
- за каждое полностью правильно решенную задачу выставляется 2.5 балла.

Максимально возможная сумма за 1 контрольное задание – 5 баллов

Предусмотрено 3 контрольных задания

Общее количество баллов - 15

Собеседование – 5 баллов

«5 баллов» выставляется за:

- хорошее воспроизведение по памяти лекционного материала по всем вопросам предложенного варианта;

«4 балла» выставляется за:

- хорошее воспроизведение по памяти лекционного материала с незначительными неточностями

«3 балла» выставляется за:

- воспроизведение по памяти лекционного материала с существенными неточностями лекционного материала;

«1-2 балла» выставляется за:

- фрагментарное воспроизведение лекционного материала с существенными неточностями;

«0 баллов» выставляется за:

- незнание программного материала.

Максимально возможная сумма за собеседование – 5 баллов

Предусмотрено 3 собеседования

Общее количество баллов - 15

Промежуточная аттестация (зачет с оценкой) — от 0 до 30 баллов

Проводится в виде устного опроса. Знание основных положений зонной теории твердых тел, электрохимии полупроводников и твердых электролитов (10 баллов), умение записать итоговые уравнения (10 баллов), анализ основных уравнений, лежащих в основе методов исследования, пределы их применимости, практическая значимость (10 баллов).

При проведении промежуточной аттестации

ответ на «отлично» / «зачтено» оценивается от 27 до 30 баллов;
ответ на «хорошо» / «зачтено» оценивается от 20 до 26 баллов;
ответ на «удовлетворительно» / «зачтено» оценивается от 15 до 19 баллов;
ответ на «неудовлетворительно» / «не зачтено» оценивается от 0 до 14 баллов

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 7 семестр по дисциплине «Электрохимия твердого тела» составляет 100 баллов.

Таблица 2.2 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Электрохимия твердого тела» в оценку (зачет с оценкой):

<u>85-100</u> баллов	«отлично» / «зачтено»
<u>70-84</u> балла	«хорошо» / «зачтено»
<u>55- 69</u> баллов	«удовлетворительно» / «зачтено»
<u>0- 54</u> баллов	«не удовлетворительно» / «не зачтено»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Кнотьюко А.В., Пресняков И.А., Третьяков Ю.Д. Химия твердого тела Учебное пособие – М.: Академия. - 2006. – 304 с.
2. Анисимова Ж.П. Электрохимические методы анализа [Текст] : метод. указания / Анисимова, Рагузина Л. М., Сальникова Е. В. . - Оренбург : ГОУ ОГУ, 2009. - 38 с. ; нет. - Б. ц (ЭБС «РУКОНТ»).

б) дополнительная литература:

1. Электроаналитические методы. Теория и практика / Под редакцией Ф. Шольца; пер. с англ. под ред. В.Н. Майстренко. – М: Бином. Лаборатория знаний, 2006. – 326 с.
2. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия – М.: Химия, 2006. – 624 с.
3. Будников Г.К. Основы современного электрохимического анализа / Г.К. Будников, В.Н. Майстренко, М.Р. Вяселев. – М: Мир: Библином ЛЗ, 2003. – 592 с.

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Интернет-ресурсы:

1. Сватовская Л.Б. Современная химия [Электронный ресурс] : учебное пособие / Сватовская Л. Б. - Москва : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2013. - 252 с. - ISBN 978-5-9994-0080-2: Б. ц. Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbook

Программное обеспечение:

- 1) Microsoft Excel версии 2003 или новее или соответствующий аналог свободно распространяемых пакетов офисных приложений;
- 2) Microsoft Word версии 2003 или новее или соответствующий аналог свободно распространяемых пакетов офисных приложений.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Учебная аудитория для чтения лекций.
2. Ноутбук, компьютерный проектор и экран.
3. Учебная лаборатория физической химии для выполнения лабораторных работ.
4. Персональные компьютеры, лицензионное программное обеспечение Microsoft Office 2003, 2007, Mathcad

Место осуществления практической подготовки: учебные лаборатории Института химии

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

Автор _____ Бурашникова М.М., д.х.н., доцент

Программа одобрена на заседании кафедры физической химии от 2 октября 2021 года, протокол № 2.