

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ  
Декан химического факультета,  
Чл.-корр. РАН, профессор



/С.Н. Калмыков/

«30» августа 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)  
Лабораторные работы по физической химии**

**Уровень высшего образования:**  
Специалитет

---

**Направление подготовки (специальность):**  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

**Направленность (профиль) ОПОП:**

---

Аналитическая химия, Биоорганическая химия, Высокомолекулярные соединения, Коллоидная химия, Лазерная химия, Медицинская химия и тонкий органический синтез, Нанобиоматериалы и нанобиотехнологии, Неорганическая химия, Нефтехимия, Органическая химия, Радиохимия, Физическая химия, Фундаментальная и прикладная энзимология, Химия ионных и молекулярных систем, Химическая кинетика, Химия высоких энергий, Химия и технология веществ и материалов, Химия твердого тела, Электрохимия

**Форма обучения:**  
очная

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Учебно-методической комиссией факультета  
(протокол №7 от 07.07.2021)

Москва 2021

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки / специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» (программа специалитета), утвержденного приказом МГУ от 29 декабря 2018 года № 1770.

Год (годы) приема на обучение 2021/2022

---

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: базовая часть ООП, блок ХД, модуль «Физическая химия».

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников), соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в Общей характеристике ОПОП.

Компетенция	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<b>УК-7.С</b> Способен использовать современные информационно-коммуникационные технологии в академической и профессиональной сферах	<b>УК-7.С.2</b> Реализует навыки обработки и представления информации с использованием современных компьютерных технологий	<b>Уметь:</b> пользоваться программными средствами, автоматизирующими обработку данных (управление базами данных, статистическая обработка, визуализация и т.п.)
<b>ОПК-2.С.</b> Способен проводить химический эксперимент с соблюдением норм безопасного обращения с химическими материалами, адекватно оценивая возможные риски с учетом свойств веществ	<b>ОПК-2.С.1.</b> Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности	<b>Знать:</b> правила техники безопасности при работе в химической лаборатории <b>Уметь:</b> работать с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности
	<b>ОПК-2.3.С.</b> Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе	<b>Знать:</b> стандартные методы экспериментального определения физико-химических свойств веществ <b>Уметь:</b> пользоваться стандартным оборудованием химической лаборатории при решении учебных задач курса физической химии <b>Владеть:</b> стандартными физико-химическими методами исследования веществ и материалов различной природы <b>Владеть</b> навыками работы на современных физических приборах для решения задач в области физической химии
<b>ОПК-3.С.</b> Владеет методами регистрации и обработки результатов экспериментов, в том числе, полученных на современном научном оборудовании	<b>ОПК-3.1.С.</b> Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного и оригинального научного оборудования	<b>Знать</b> требования к оформлению и представлению результатов физико-химических опытов <b>Уметь:</b> выполнять стандартные операции при изучении физико-химических свойств веществ <b>Владеть:</b> навыками использования серийного оборудования при изучении физико-химических свойств различных объектов

	<b>ОПК-3.С.2.</b> Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений	<b>Уметь:</b> проводить статистическую обработку результатов физико-химических опытов
	<b>ОПК-3.С.3.</b> Оценивает возможные источники ошибок при проведении эксперимента и корректность полученных данных	<b>Знать:</b> основные источники ошибок при использовании стандартных методов изучения физико-химических свойств веществ
<b>ОПК-8.С.</b> Способен применять стандартные и/или разрабатывать оригинальные программные продукты для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности.	<b>ОПК-8.С.1</b> Использует стандартное программное обеспечение и базы данных при изучении свойств веществ, материалов и процессов с их участием	<b>Знать:</b> стандартное программное обеспечение и базы данных, используемые при изучении физико-химических свойств веществ <b>Уметь:</b> рассчитывать физико-химические параметры изучаемых систем с использованием стандартного программного обеспечения и базы данных
<b>ОПК-9.С.</b> Способен представлять результаты профессиональной деятельности в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе.	<b>ОПК-9.С.1.</b> Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке	<b>Знать:</b> требования к оформлению и представлению результатов физико-химических опытов <b>Владеть:</b> навыками оформления протоколов физико-химических испытаний

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:  
*Объем дисциплины (модуля) составляет 7 зачетных единиц, всего 252 часа, из которых 164 часа составляет контактная работа студента с преподавателем (144 часа – лабораторные занятия, 16 часов – индивидуальные консультации, 4 часа - промежуточный контроль), 88 часов составляет самостоятельная работа учащегося.*

4. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся должен:

**знать:** основные свойства химических элементов и их соединений, закономерности химических равновесий и процессов в гомогенных и гетерогенных системах;

**уметь:** формулировать и решать конкретные задачи на основе усвоенных законов и закономерностей; получать экспериментальные данные, проводить их математическую обработку, обобщать полученные результаты;

**владеть:** техникой химического эксперимента, простейшими расчетными методами решения химических задач, навыками поиска необходимых данных в открытых источниках (в том числе, в информационных базах данных).

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					Самостоятельная работа обучающегося, часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов.п.	Всего
Тема 1. Термохимия	42		24		4		28			14
Тема 2. Фазовые равновесия	42		24		4		28			14
Тема 3. Химические равновесия	40		24		2		26			14
Тема 4. Формальная кинетика	34		16		2		18			16
Тема 5. Теория активированного комплекса	14		8		2		10			4
Тема 6. Катализ и фотохимия	40		24		2		26			14

Тема 7. Электрохимические процессы	<b>36</b>		24			<b>24</b>			12
Промежуточная аттестация <i>зачет</i>	<b>4</b>				4	<b>4</b>			
<b>Итого</b>	<b>252</b>		<b>144</b>		<b>16</b>	<b>4</b>	<b>164</b>		<b>88</b>

### Список лабораторных работ

№ ЛР	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	Определение энергии сгорания органического вещества. Расчет энтальпии образования	8
2	Определение энтальпии растворения соли в воде в открытом калориметре	8
3	Адиабатическая калориметрия	8
4	Определение энтальпии испарения и нормальной температуры кипения индивидуальных жидкостей	8
5	Равновесие жидкость-пар в двухкомпонентных системах	8
6	Равновесие конденсированных фаз в двухкомпонентных системах	8
7	Определение констант равновесия и других термодинамических характеристик реакций по спектральным данным	8
8	Определение изотермы адсорбции по хроматографическим данным	8
9	Определение теплоты адсорбции по хроматографическим данным	8
10	Гомогенно-каталитический гидролиз сложного эфира	8
11	Математическое моделирование кинетики сложных реакций	8
12	Определение термодинамических и кинетических характеристик элементарных реакций на основании квантовохимических расчетов	8
13	Ферментативное окисление иодид-ионов	8
14	Гомогенно-каталитическое иодирование ацетона	8
15	Гетерогенно-каталитическое разложение пероксида водорода	8
16	Электропроводность растворов электролитов	8
17-18	Определение термодинамических характеристик химических реакций методом ЭДС. Электрохимические цепи	16

### 6. Образовательные технологии:

-применение компьютерных симуляторов, обработка данных на компьютерах, использование компьютерных программ, управ-

ляющих приборами;

-использование средств дистанционного сопровождения учебного процесса;

-преподавание дисциплин в форме авторских курсов по программам, составленным на основе результатов исследований научных школ МГУ.

7. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):

8. Ресурсное обеспечение:

Со всех компьютеров МГУ организован доступ к полным текстам научных журналов и книг на русском и иностранных языках. Доступ открыт по IP-адресам, логин и пароль не требуются: <http://nbmgu.ru/>

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

#### **Основная литература**

Методические разработки к задачам практикума, представленные на сайте <http://physchem.chem.msu.ru/>

Практикум по физической химии. Термодинамика. Под ред. Агеева Е.П., Лунина В.В. М.: «Академия», 2010

Практикум по физической химии. Кинетика и катализ. Электрохимия. Под ред. Лунина В.В., Агеева Е.П. М.: «Академия», 2012, 304 с.

Горшков В. И., Кузнецов И. А. Основы физической химии. Издательство "Лаборатория знаний". 2021.

- Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):  
[www.analyt.chem.msu.ru](http://www.analyt.chem.msu.ru)

Лицензионное программное обеспечение для обработки результатов и подготовки печатных текстов – Microsoft Office.

- Описание материально-технической базы.

**154** Лабораторное помещение, рассчитанное на **20** рабочих мест, оснащенное специальной химически стойкой лабораторной мебелью, вытяжными шкафами, раковинами, лабораторной посудой; ПК – 15 шт., дистиллятор – 1 шт., весы электронные – 2 шт.; Газовые хроматографы «Кристалл 4000М» -7 шт, газораспределительная линия – 20 м; Лабораторная установка РМС-7 «Кинетика-2» (Фотометрия)- 4 шт.; Спектрофотометры Jenway 6310-5 шт.; термостаты – 4 шт; Лабораторная установка РМС-7 «Кинетика-2» (кондуктометрия) - 4 шт.; Установка каталитическая – 3 шт.; термостаты – 3 шт; Фотохимическая установка – 3шт.

**155** Лабораторное помещение, рассчитанное на **5** рабочих мест, оснащенное специальной химически стойкой лабораторной мебелью; Компьютерный комплекс из 5 ПК для теоретических расчетов.

**156** Лабораторное помещение, рассчитанное на 5 рабочих мест, оснащенное специальной химически стойкой лабораторной мебелью, лабораторной посудой; Спектрофотометры Specord-200 и Specord-50 Bio; Спектрометр ФСМ 1202; морозильная камера – 1 шт.

**158** Лабораторное помещение, рассчитанное на 5 рабочих мест, оснащенное специальной химически стойкой лабораторной мебелью, лабораторной посудой; ИК спектрофотометры ФСМ1202-5шт.

**159** Лабораторное помещение, рассчитанное на 20 рабочих мест, оснащенное специальной химически стойкой лабораторной мебелью, вытяжными шкафами, раковинами, лабораторной посудой; ПК – 5 шт., весы электронные – 2 шт.; система для очистки воды – 1 шт., генератор водорода – 2шт., дистиллятор – 1шт.; Вольтметр цифровой – 6 шт.,; электрохимическая ячейка – 6 шт.,; Потенциостат/гальваностат – 5шт., электрохимическая ячейка – 5 шт.; генератор водорода – 2шт.,; газораспределительная линия – 10 м.; термостаты – 5 шт.,; Кондуктометр – 8 шт.; термостат -5 шт.

**161** Лабораторное помещение, рассчитанное на 5 рабочих мест, оснащенное специальной химически стойкой лабораторной мебелью, лабораторной посудой; Дистиллятор – 1шт., муфельная печь – 1 шт.; Установка для изучения равновесия «пар – жидкость», включающая реактор с холодильником, трубчатая печь, рефрактометр, набор стеклянной посуды – 5 шт.; Тензиметрическая установка – 5 шт.,; Вакуумные насосы – 2 шт.; ПК – 3 шт.

**163** Лабораторное помещение, рассчитанное на 5 рабочих мест, оснащенное специальной химически стойкой лабораторной мебелью, лабораторной посудой; Дистиллятор – 1шт.; Установка для синхронного нагрева образцов (включает электроплитку и 6 датчиков температуры) – 4 шт. ПК – 4 шт; Калориметры ДСК NETZSCH DSC 200 F3 «Maia» – 3 шт.

**164а** Лабораторное помещение, рассчитанное на 6 рабочих мест, оснащенное специальной химически стойкой лабораторной мебелью, Сканирующие электронные микроскопы JEOL Neoscope 6000 – 6 шт

**165** Лабораторное помещение, рассчитанное на 5 рабочих мест, оснащенное специальной химически стойкой лабораторной мебелью, вытяжными шкафами, раковинами, лабораторной посудой; Дистиллятор – 1шт.; Калориметры сгорания (JKI, Китай, модель JK-OBC-600) – 6 шт., ПК – 6 шт.; Калориметр растворения – 5 шт.

Спектрометры КФК – 4 шт., холодильник – 1шт.

ИК спектрометры Tensor 27 - 2шт; ИК спектрометр EQUINOX-55 с приставкой FRA-106.

9. Язык преподавания – русский

10. Преподаватели: 2 преподавателя в каждой группе потока – сотрудники кафедры физической химии



## Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

Перечень вопросов к каждой задаче практикума представлен в методических разработках к практикуму, расположенных по адресу <http://physchem.chem.msu.ru/>.

В качестве примера ниже приведен список вопросов к задаче «» (весенний семестр) и «Определение термодинамических параметров газофазной реакции  $N_2O_4 = 2NO_2$ » (осенний семестр)

*«Определение термодинамических параметров газофазной реакции  $N_2O_4 = 2NO_2$ »:*

1. Запишите условие химического равновесия.
2. Что такое константа химического равновесия? От чего она зависит?
3. Запишите уравнение изобары Вант-Гоффа в дифференциальном и интегральном виде. Какие допущения используются при выводе интегральной формы уравнения?
4. С использованием уравнения изобары Вант-Гоффа объясните влияние температуры на равновесие эндо- и экзотермической реакций.
5. Запишите закон Бугера–Ламберта–Бера.
6. Что такое коэффициент экстинкции? Какова его размерность?
7. Запишите выражение для константы равновесия реакции  $N_2O_4 = 2NO_2$  через степень диссоциации  $\alpha$ , полагая, что в начальный момент в системе присутствует только  $N_2O_4$ .
8. Используя рассчитанные Вами значения констант равновесия, определите состав равновесной смеси (в мол. %) при самой низкой и самой высокой температуре, полагая общее давление в системе равным 1 бар.
9. Зависит ли константа равновесия реакции  $N_2O_4 = 2NO_2$  от общего давления реакционной смеси?
10. Зависит ли равновесный состав реакционной смеси от общего давления в системе? Объяснение приведите с использованием математической формулировки принципа Ле Шателье.

*«Исследование кинетики ферментативной реакции. Определение параметров уравнения Михаэлиса–Ментен»*

1. Выведите уравнение Михаэлиса-Ментен для простой ферментативной реакции.
2. Каковы размерности константы Михаэлиса и максимальной скорости реакции?
3. Как меняется порядок реакции по субстрату и порядок реакции в целом при увеличении концентрации субстрата?
4. Что такое «частота оборотов» ферментативной реакции?
5. На основании сопоставления коэффициентов корреляции  $R^2$  выберите координаты, которые являются наиболее удачными для определения параметров уравнения Михаэлиса–Ментен

## Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Шкала оценивания знаний, умений и навыков является единой для всех дисциплин (приведена в таблице ниже)

<b>ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>				
Оценка Результат	2	3	4	5
Знания	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности не принципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки, но не в активной форме	Сформированные навыки, применяемые при решении задач

<b>РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>	<b>ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ</b>
Знать: правила техники безопасности при работе в химической лаборатории Знать: стандартные методы экспериментального определения физико-химических свойств веществ Знать требования к оформлению и представлению результатов физико-химических опытов Знать: основные источники ошибок при использовании стандартных методов изучения физико-химических свойств веществ	мероприятия текущего контроля успеваемости, допуск к задаче
Уметь: пользоваться программными средствами, автоматизирующими обработку данных (управление базами данных, статистическая обработка, визуализация и т.п.) Уметь: работать с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности Уметь: пользоваться стандартным оборудованием химической лаборатории при решении учебных задач курса физической химии Уметь: проводить статистическую обработку результатов физико-химических опытов	мероприятия текущего контроля успеваемости

Уметь: выполнять стандартные операции при изучении физико-химических свойств веществ	
<p>Владеть: стандартными физико-химическими методами исследования веществ и материалов различной природы</p> <p>Владеть навыками работы на современных физических приборах для решения задач в области физической химии</p> <p>Владеть: навыками оформления протоколов физико-химических опытов</p> <p>Владеть: навыками использования серийного оборудования при изучении физико-химических свойств различных объектов</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости</p>