

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

УТВЕРЖДАЮ  
Декан химического факультета,  
Акад. РАН, профессор



/В.В. Лунин/  
«27» февраля 2017 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 молекулярных и ионных 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 №1 от 27.01.2017)

Москва 2017

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 22 июля 2011 года № 729 (в редакции приказов МГУ от 22 ноября 2011 года № 1066, от 21 декабря 2011 года № 1228, от 30 декабря 2011 года № 1289, от 27 апреля 2012 года № 303, от 30 декабря 2016 года № 1671).

Год (годы) приема на обучение

2016/2017, 2017/2018, 2018/2019

---

1. Наименование дисциплины (модуля): **Лабораторные работы по физической химии.**
2. Уровень высшего образования – **специалитет.**
3. Направление подготовки: **04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия.**
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: базовая часть ООП, блок ХД, модуль «Физическая химия».
5. 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.

<b>Формируемые компетенции (код компетенции)</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>
<b>УК-14.С</b> Способность использовать современные информационно-коммуникационные технологии в академической и профессиональной сферах	<b>Уметь:</b> пользоваться программными средствами, автоматизирующими обработку данных (управление базами данных, статистическая обработка, визуализация и т.п.)
<b>ОПК-2.</b> Способность проводить химический эксперимент с соблюдением норм безопасного обращения с химическими материалами, адекватно оценивая возможные риски с учетом свойств веществ	<b>Знать:</b> правила техники безопасности при работе в химической лаборатории <b>Знать:</b> стандартные методы экспериментального определения физико-химических свойств веществ <b>Уметь:</b> работать с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности <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.</b> Способность использовать методы регистрации и обработки результатов экспериментов, в том числе, полученных на современном научном оборудовании	<b>Знать</b> требования к оформлению и представлению результатов физико-химических опытов <b>Знать:</b> основные источники ошибок при использовании стандартных методов изучения физико-химических свойств веществ <b>Уметь:</b> проводить статистическую обработку результатов физико-химических опытов <b>Владеть:</b> навыками оформления протоколов физико-химических опытов

<b>ОПК-8.С.</b> Способность применять стандартные программные продукты для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности.	<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> Способность представлять результаты профессиональной деятельности в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе	<b>Знать:</b> требования к оформлению и представлению результатов физико-химических опытов <b>Владеть:</b> навыками оформления протоколов физико-химических испытаний

6. 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.*

7. 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).

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

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттеста-	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	<b>Всего</b>	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов. ит.п.	<b>Всего</b>
Тема 1. Термохимия	<b>42</b>		24		4		<b>28</b>			14
Тема 2. Фазовые равновесия	<b>42</b>		24		4		<b>28</b>			14
Тема 3. Химические равновесия	<b>40</b>		24		2		<b>26</b>			14
Тема 4. Формальная кинетика	<b>34</b>		16		2		<b>18</b>			16
Тема 5. Теория активированного комплекса	<b>14</b>		8		2		<b>10</b>			4
Тема 6. Катализ и фотохимия	<b>40</b>		24		2		<b>26</b>			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

#### 9. Образовательные технологии:

- применение компьютерных симуляторов, обработка данных на компьютерах, использование компьютерных программ, управляющих приборами;
- использование средств дистанционного сопровождения учебного процесса;
- преподавание дисциплин в форме авторских курсов по программам, составленным на основе результатов исследований науч-

ных школ МГУ.

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

11. 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://nbgmu.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.

- 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 Neoscore 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-ОВС-600) – 6 шт., ПК – 6 шт.; Калориметр растворения – 5 шт.

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

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

12. Язык преподавания – русский

13. 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 газовой 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 реакции.
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)

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)				
Оценка	2	3	4	5

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