

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования_
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Химический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Практикум по физической химии

Уровень высшего образования

Специалитет

Направление подготовки / специальность

04.05.01 - Фундаментальная и прикладная химия

Направленность образовательной программы

Неорганическая химия

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.03.06 Практикум по физической химии относится к обязательной части образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-2: Способен проводить химический эксперимент с использованием современного оборудования, соблюдая нормы техники безопасности	ОПК-2-1: Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности. ОПК-2-3: Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием современного научного оборудования.	ОПК-2-1: Знать физико-химические свойства и технику безопасности при работе в лабораторных практикумах. Уметь работать с веществами, используемыми при выполнении лабораторных работ, соблюдая технику безопасности. Владеть навыками работы с аппаратурой и оборудованием, используемыми при выполнении лабораторных работ, соблюдая технику безопасности. ОПК-2-3: Знать теоретические основы химического эксперимента и физико-химических методов исследования химических веществ и реакций. Уметь планировать последовательность действий в ходе химического эксперимента; проводить физико-химический анализ и математическую обработку полученных данных; грамотно представлять достигнутые результаты в виде отчетов. Владеть навыками проведения химического эксперимента с целью получения важнейших	Допуск к лабораторной работе	Зачёт: Контрольные вопросы

		физико-химических величин веществ и химических процессов.		
ОПК-6: Способен представлять результаты профессиональной деятельности в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе	ОПК-6-1: Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке ОПК-6-2: Представляет информацию химического содержания с учетом требований библиографической культуры	ОПК-6-1: Знать нормы и правила оформления результатов научно-исследовательской работы. Уметь грамотно представлять результаты работы в установленных форме и порядке. Владеть навыками представления результатов своей работы в устной и письменной форме по принятым правилам. ОПК-6-2: Знать правила оформления результатов химического эксперимента с учетом требований библиографической культуры. Уметь использовать знания теории и практики современных методов анализа для получения библиографических сведений по заданной проблематике. Владеть способами изложения результатов химического анализа с учетом требований библиографической культуры	Отчет по лабораторным работам	Зачёт: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	0
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	128
- КСР	2

самостоятельная работа	14
Промежуточная аттестация	0
	Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф
Раздел 1. Основы химической термодинамики	31		28	28	3
Раздел 2. Растворы. Фазовые равновесия	27		24	24	3
Раздел 3. Химическое равновесие	26		24	24	2
Раздел 4. Кинетика и катализ химических реакций	31		28	28	3
Раздел 5. Электрохимия	27		24	24	3
Аттестация	0				
КСР	2			2	
Итого	144	0	128	130	14

Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. Основы химической термодинамики

1. Предмет и содержание физической химии.
2. Предмет и содержание химической термодинамики.
3. Первое начало термодинамики. Термохимия. Закон Гесса и следствия из него.
4. Методы расчета энтальпий химических реакций. Стандартные состояния и стандартные условия.
5. Зависимость энтальпии реакции от температуры.
6. Теплоемкость. Классические и квантовые теории теплоемкостей.
7. Второе начало термодинамики. Самопроизвольные и несамопроизвольные процессы. Равновесие. Энтропия. Расчет энтропии равновесных процессов и систем.
8. Функция Гиббса, функция Гельмгольца. Термодинамические потенциалы и фундаментальные уравнения Гиббса.
9. Химический потенциал идеального газа. Метод термодинамической летучести.
10. Уравнения состояния реальных газов.

Раздел 2. Растворы. Фазовые равновесия

1. Термодинамическая классификация растворов.
2. Парциальные мольные величины. Уравнения Гиббса-Дюгема.

3. Коллигативные свойства растворов. Закон Рауля для идеальных и реальных растворов.
4. Равновесие «жидкость-пар» в двухкомпонентных системах. Законы Гиббса-Коновалова. Перегонка жидкостей. Законы Вревского.
5. Реальные растворы. Термодинамическая активность и методы ее определения.
6. Фазовые равновесия. Правило фаз Гиббса и его применение к двух- и трехкомпонентным системам.
7. Равновесие фаз индивидуального вещества. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона. Фазовые диаграммы однокомпонентных систем. Полиморфизм.

Раздел 3. Химическое равновесие

1. Закон действия масс. Термодинамическая константа равновесия.
2. Уравнение изотермы химической реакции. Изменение функции Гиббса и Гельмгольца химической реакции и направление процесса.
3. Третье начало термодинамики. Постулат Планка. Тепловая теорема Нернста.
4. Расчет константы равновесия химической реакции с использованием таблиц стандартных значений термодинамических функций.
5. Расчеты выхода продуктов химических реакций.
6. Зависимость константы равновесия от температуры. Уравнения изобары и изохоры реакции.
7. Особенности термодинамического описания гетерогенного химического равновесия.

Раздел 4. Кинетика и катализ химических реакций

1. Основные понятия химической кинетики. Кинетический закон действия масс. Методы определения порядка реакции и вида кинетического уравнения. Кинетические уравнения необратимых реакций первого, второго и третьего порядков.
2. Зависимость константы скорости от температуры. Уравнение Аррениуса.
3. Кинетика сложных реакций: обратимых, параллельных и последовательных.
4. Приближенные методы химической кинетики. Принцип квазистационарности Боденштейна.
5. Цепные реакции. Кинетические особенности неразветвленных и разветвленных цепных реакций. Цепное воспламенение.
6. Метод переходного состояния. Поверхность потенциальной энергии. Свойства активированного комплекса.
7. Статистический расчет скорости химической реакции.
8. Теория соударений в применении к моно- и бимолекулярным реакциям.
9. Основные законы фотохимии. Квантовый выход фотохимических реакций. Кинетика фотохимических реакций.
10. Общие принципы катализа. Гомогенный катализ. Кинетика и механизм общего кислотного и основного катализа. Катализ комплексными соединениями переходных металлов. Общие сведения о механизмах ферментативных реакций. Гетерогенный катализ. Роль адсорбции в кинетике гетерогенных каталитических реакций.

Раздел 5. Электрохимия

1. Предмет, содержание и значение электрохимии.
2. Термодинамическое описание ион-ионного взаимодействия.
3. Теория Аррениуса, теория Дебая-Хюккеля растворов электролитов.
4. Неравновесные явления в растворах электролитов. Электропроводность, подвижность ионов и числа переноса.
5. Условия электрохимического равновесия на границах раздела фаз.
6. Уравнение Нернста для потенциала электрода.
7. Термодинамика равновесной электрохимической цепи.
8. Классификация электродов и электрохимических цепей.
9. Двойной электрический слой. Модельные представления о структуре двойного слоя.

10. Кинетика электрохимических процессов. Поляризация электродов.
11. Теории перенапряжения водорода.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "-" (-).
- открытый онлайн-курс МООС "-" (-).

Иные учебно-методические материалы: 1. Фомин В.М. Химическая кинетика и катализ: учебное пособие для вузов. - Санкт-Петербург: Лань, 2024. - 348 с

2. Фомин В.М., Маркин А.В. Кинетические закономерности протекания сложных реакций: Учебное пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2023. - 85 с.

3. Арсеньев М.В., Сологубов С.С. Окислительно-восстановительные реакции координационных соединений: Учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2023. - 32 с.

4. Фомин В.М., Колесникова Л.В., Горюнова П.Е. Неравновесные явления в растворах электролитов: Учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2022. - 25 с.

5. Черноруков Г.Н., Сологубов С.С., Маркин А.В. Парциальные мольные величины. Уравнения Гиббса-Дюгема: Учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2021. - 23 с.

6. Козлова М.С., Черноруков Г.Н., Горюнова П.Е., Маркин А.В. Фазовые равновесия индивидуального вещества: Учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2019 - 12 с.

7. Арсеньев М.В., Маркин А.В. Тепловая теорема Нернста и ее применение к химическим реакциям различных типов: Учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2018. - 19 с.

8. Черноруков Г.Н., Маркин А.В. Термохимия: Учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2017. - 19 с.

9. Расчет константы скорости и методы определения порядка реакции. Составители: Фомин В.М., Самосудова Я.С.: Учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2016. - 25 с.

10. Химическая кинетика. Составители: Козлова М.С., Климова М.Н.: Учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2016. - 48 с.

11. Гетерогенное фазовое равновесие в двух- и трехкомпонентных системах. Составители: Маркин А.В., Самосудова Я.С.: Учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2016. - 32 с.

12. Козлова М.С., Самосудова Я.С., Черноруков Г.Н., Маркин А.В. Второе начало термодинамики. Расчет энтропии индивидуальных веществ и изменения энтропии в различных процессах и системах: Учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2015. - 30 с.

13. Козлова М.С., Маркин А.В. Химическая термодинамика. Расчет энтальпий химических

реакций.: Учебное пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2013. - 63 с.

14. Фазовые равновесия в однокомпонентных системах. Составители: Козлова М.С., Черноруков Г.Н., Маркин А.В.: Учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011. - 32 с.

15. Применение первого начала термодинамики к идеальным газам. Составители: Маркин А.В., Черноруков Г.Н.: Учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011. - 19 с.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Допуск к лабораторной работе) для оценки сформированности компетенции ОПК-2:

1. Сформулируйте и запишите выражение первого начала термодинамики, почему его называют частным случаем закона сохранения энергии?
2. Сформулируйте и запишите закон Гесса и следствия из него.
3. Что называют энтальпией нагревания вещества и как ее можно определить?
4. Почему теплоемкость всегда увеличивается с ростом температуры?
5. Энтропия как функция состояния системы. Каким образом определяют энтропию изолированной системы?
6. Сформулируйте теорему Карно и теорему Карно-Клаузиуса.
7. Запишите выражения второго начала термодинамики и прокомментируйте их.
8. Запишите уравнение Гиббса-Гельмгольца и поясните его роль в химии.
9. В чем заключается принцип недостижимости абсолютного нуля? Обоснуйте термодинамически.
10. Что подразумевают под прямой и обратной задачами статистической термодинамики?

Критерии оценивания (оценочное средство - Допуск к лабораторной работе)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	В ответе раскрыты основные вопросы темы. Понятийный аппарат освоен в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы. Продемонстрирован достаточный уровень понимания материала. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.
не	Значительные пробелы в знаниях основного материала. Тема не раскрыта. Понятийный

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения или невозможно оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ОПК-6:

1. Обзор литературных источников по темам лабораторных работ.
2. Знание принципов работы приборов, необходимых для проведения лабораторных работ.
3. Основные правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ.
4. Протоколирование результатов опытов.
5. Представление результатов эксперимента в виде таблиц и (или) графических зависимостей в отчете.
6. Обработка экспериментальных результатов.
7. Анализ полученных данных. Выводы.
8. Оформление списка литературы согласно требованиям к отчету; отражение литературных источников по теме работы.

Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Продемонстрированы основные умения, имеется набор навыков выше минимального для решения стандартных задач. Оформление отчета соответствует требованиям, критерии выдержаны, представлено теоретическое обоснование важнейших аспектов лабораторной работы, правильно выполнены все поставленные экспериментальной частью задачи, приведены таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления погрешностей.
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований, при решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки. Отчет содержит неполную (или некорректную) информацию о проделанной работе, имеют место грубые ошибки. Либо студент не предоставил отчет.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой

	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-2

1. Поясните методы расчета и экспериментального определения энтальпий химических реакций.
2. Приведите кривые температурного хода в калориметрическом опыте. Опишите метод графического определения изменения температуры (ΔT) при протекании химической реакции.
3. В чем заключается статический метод определения давления насыщенных паров? В каких случаях он используется?
4. Физико-химический анализ диаграмм двухкомпонентных систем с образованием твердых растворов.
5. Диаграммы с образованием химических соединений: конгруэнтные и инконгруэнтные точки плавления.
6. Поясните, в чем заключается перегонка жидкостей?

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-6

1. Приведите фазовую диаграмму воды и поясните методы определения координаты тройной точки.
2. Приведите примеры фазовых диаграмм для равновесия «жидкость–пар» и прокомментируйте их.
3. Сформулируйте условие и критерии химического равновесия.

4. Что такое квантовый выход реакции? Какие значения он может принимать?
5. Приведите примеры каталитических процессов, протекающих по слитному и отдельному механизмам.
6. Укажите область применения теории электролитической диссоциации и ее существенные недостатки.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Допустимый уровень знаний выше минимального. Продемонстрированы основные умения. При решении типовых заданий могут быть негрубые ошибки. Имеется набор навыков выше минимального для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки. Или невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Еремин Вадим Владимирович. Основы общей и физической химии : учеб. пособие для студентов вузов, изучающих дисциплину "Химия", по направлению подготовки ВПО 011200. - Долгопрудный : Интеллект, 2012. - 848 с. - ISBN 978-5-91559-092-1 : 1472.90., 30 экз.
2. Дамаскин Борис Борисович. Электрохимия : учеб. по направлению 510500 "Химия" и специальности 011000 "Химия". - 2-е изд., испр. и перераб. - М. : Химия : КолосС, 2006. - 672 с. : ил. - (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). - ISBN 5-98109-011-1 (Химия) : 363.20., 117 экз.
3. Эмануэль Николай Маркович. Курс химической кинетики : [для хим. фак. ун-тов]. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1974. - 400 с. : с черт. - 1.06., 5 экз.
4. Борщевский Андрей Яковлевич. Физическая химия : Том 1: Общая химическая термодинамика; Учебник / Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, физический факультет. - 1. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2023. - 606 с. - (Высшее образование). - Профессиональное образование. - ISBN 978-5-16-018556-9. - ISBN 978-5-16-104227-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=874338&idb=0>.
5. Еремин Евгений Николаевич. Основы химической кинетики : учеб. пособие. - 2-е изд., доп. - М. : Высшая школа, 1976. - 375 с. : с рис. - 0.96., 56 экз.
6. Основы физической химии : в 2 ч. : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 011000 - Химия. Ч. 1 : Теория. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2013. - 320 с. : ил. - (Учебник для высшей школы : сер. осн. в 2009 г.). - Авт. указ. на обороте тит. л. - ISBN 978-5-9963-0535-3 (ч. 1) : 282.09., 18 экз.
7. Основы физической химии : в 2 ч. : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по

специальности 011000 - Химия. Ч. 2 : Задачи. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2013. - 263 с. : ил. - (Учебник для высшей школы : сер. осн. в 2009 г.). - Авт. указ. на обороте тит. л. - ISBN 978-5-9963-0536-0 (ч. 2) : 282.09., 18 экз.

Дополнительная литература:

1. Байрамов Вадим Михайлович. Основы электрохимии : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 011000 "Химия" и направлению 510500 "Химия" / под ред. В. В. Лунина. - М. : Академия, 2005. - 240 с. - (Высшее профессиональное образование). - ISBN 5-7695-1985-1 : 184.80., 25 экз.
2. Байрамов Вадим Михайлович. Основы химической кинетики и катализа : учеб. пособие для студентов хим. фак. ун-тов, обучающихся по специальности 011000 "Химия" и направлению 510500 "Химия" / под ред. В. В. Лунина. - М. : Академия, 2003. - 256 с. - (Высшее образование). - Предм. указ.: с. 244 - 250. - ISBN 5-7695-1297-0 : 169.20., 5 экз.
3. Бажин Н. М. Термодинамика для химиков : учебник для студентов вузов. - М. : Химия, 2000. - 408 с. : ил. - Федер. целевая программа "Гос. поддержка интеграции высш. образования и фундам. науки на 1997-2000 г.". - ISBN 5-7545-1166-5 : 40.00., 5 экз.
4. Эткинс П. Физическая химия : [в 2 т.]. [Т.] 1 / пер. с англ. К. П. Бутина. - М. : Мир, 1980. - 580 с. : ил. - 2.90., 3 экз.
5. Эткинс П. Физическая химия : [в 2 т.]. [Т.] 2 / пер. с англ. К. П. Бутина. - М. : Мир, 1980. - 584 с. : ил. - 2.90., 3 экз.
6. Антропов Лев Иванович. Теоретическая электрохимия : [учеб. для хим. и химико-технол. специальностей вузов]. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1984. - 519 с. : ил. - 1.60., 4 экз.
7. Полторацкая Олесь Михайлович. Термодинамика в физической химии : [учеб. пособие для хим. и хим.-технол. специальностей вузов]. - М. : Высшая школа, 1991. - 318, [1] с. : ил. - ISBN 5-06-002041-X (в пер.) : 36.00., 5 экз.
8. Пригожин И. Химическая термодинамика : пер. с англ. / под ред. В. А. Михайлова. - Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1966. - 509 с. : черт. - 2.73., 1 экз.
9. Курс физической химии : [для хим. фак. ун-тов]. Т. 1 / под общ. ред. Я. И. Герасимова. - М. : Госхимиздат, 1963. - 624 с. : ил. - 1.50., 6 экз.
10. Курс физической химии : [для хим. фак. ун-тов]. Т. 2 / под ред. Я. И. Герасимова. - 2-е изд., испр. - М. : Химия, 1973. - 623 с. : с черт. - 1.47., 16 экз.
11. Романовский Борис Васильевич. Основы катализа : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению ВПО 020100 - бакалавр химии и специальности ВПО 020201 - "Фундам. и приклад. химия". - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2015. - 172 с. : ил. - (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-0520-9 : 288.00., 4 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

<http://elibrary.ru>.

<http://link.springer.com>.

<http://www.sciencedirect.com>.

<http://pubs.acs.org>.

<http://pubs.rsc.org>.

<http://www.uspkhim.ru>.

<http://webbook.nist.gov>.

<http://www.chem.msu.ru/cgi-bin/tkv.pl>.

<https://lib.unn.ru/>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, специализированным оборудованием: Для проведения лабораторных работ по физической химии химический факультет и кафедра физической химии располагают лабораториями, оснащенными посудой, реактивами и оборудованием, необходимыми для проведения физико-химических экспериментов. Лаборатория оборудована учебно-лабораторными комплексами (УЛК «Химия») для выполнения работ по химической термодинамике, химической кинетике и катализу, электрохимии, позволяющими получать и обрабатывать данные экспериментов в электронном виде. Лаборатория оснащена калориметрами для измерения энтальпии химических реакций, фотоэлектрическими колориметрами, поляриметрами, вытяжными шкафами, штативами, магнитными мешалками, современными термостатами, плитками, сушильным шкафом, дистиллятором и другим оборудованием, необходимым для проведения лабораторных работ.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по специальности 04.05.01 - Фундаментальная и прикладная химия.

Автор(ы): Маркин Алексей Владимирович, доктор химических наук, профессор.

Заведующий кафедрой: Маркин Алексей Владимирович, доктор химических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 28.09.2023 г., протокол № 1.