

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова**

Институт фундаментальной и прикладной химии

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета биологии и экологии



О.А. Маракаев  
«19» мая 2023 г.

**Рабочая программа**  
**«Физическая химия и методы анализа»**

Направление подготовки  
05.03.06 Экология и природопользование

Направленность (профиль)  
«Экологическая безопасность»

Форма обучения  
очная

Программа одобрена  
на заседании института  
протокол № 7 от «17» апреля 2023 года

Программа одобрена  
НМК факультета биологии и экологии  
протокол № 8 от «28» апреля 2023 года

Ярославль

### 1. Цели освоения дисциплины.

Задачи дисциплины «Физическая химия и методы анализа» - формирование у студентов современных представлений о взаимосвязи химических и физических явлений и установление общих закономерностей в протекании химических и биологических процессов. Основная цель курса - познать общие законы, лежащие в основе развития движущейся материи; применение физических и химических методов и физической теории для глубокого изучения биологических и химических процессов. Сюда относятся не только все химические дисциплины, но и биологические науки, а также почвоведение, агрохимия, геология и многие прикладные науки. Курс играет большую роль в совершенствовании производственных методов различных отраслей промышленности, в изучении природных явлений.

### 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Физическая химия и методы анализа» относится к базовой части Блока 1 (обязательная часть Б1.О.32). Она основывается на знаниях, полученных студентами при изучении дисциплин «Неорганическая химия», «Аналитическая химия», «Органическая химия», «Физика», «Биохимия»; используется обучающимися при изучении таких дисциплин как «Аналитический контроль объектов окружающей среды», «Экологическое сопровождение производства и природопользования» и др. Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины необходимы для выполнения выпускной работы.

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ООП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
<b>ОПК-1.</b> Способен применять базовые знания фундаментальных разделов наук о Земле, естественно-научного и математического циклов при решении задач в области экологии и природопользования.	<b>ОПК-1.1.</b> Использует базовые знания в области математики для обработки информации и анализа данных в области экологии и природопользования.	<b>Знать:</b> - теоретические и полуэмпирические модели для изучения свойств веществ и процессов с их участием. <b>Уметь:</b> - использовать стандартное программное обеспечение при решении задач химической и экологической направленности. <b>Владеть навыками:</b> - математического моделирования в биологии и экологии; - обработки и интерпретации экспериментальных данных.
	<b>ОПК-1.2.</b> Применяет базовые знания физических законов и анализа физических явлений для	

решения задач в области экологии и природопользования.

**ОПК-1.3.**

Применяет базовые знания химии при проведении химико-аналитических исследований в области экологии и природопользования.

**ОПК-1.4.**

Использует знания биологии для решения задач в области экологии и природопользования.

**ОПК-1.5.**

Использует знания фундаментальных разделов наук о Земле для решения задач в

**Уметь:**

- логически обосновывать взаимосвязь физических величин, на основании которых проводится обработка и анализ полученных данных.

**Владеть навыками:**

- интерпретировать результаты наблюдений и исследований с использованием физических законов и представлений.

**Знать:**

-основные понятия и законы химии;  
- основы фундаментальных теорий современной химии.

**Уметь:**

- применять законы и общие закономерности физической химии при проведении исследований в области экологии и природопользования.

**Владеть навыками:**

- оценивания возможности протекания химических и биохимических процессов;  
- интерпретирования результатов наблюдений и исследований с использованием законов и представлений химии.

**Знать:**

-основные понятия и разделы биологии;  
-теоретические основы биологических методов анализа.

**Уметь:**

-применять законы и общие закономерности протекания биологических процессов для решения задач в области экологии.

**Владеть навыками:**

-поиска и обработки данных в области биохимических и биофизических исследований.

**Знать:**

-фундаментальные разделы биологии, экологии, химии.

	<p>области экологии и природопользования.</p>	<p><b>Уметь:</b> -проводить научные исследования в области экологии, охраны природы и иных наук об окружающей среде. <b>Владеть навыками:</b> - применения естественнонаучных законов и моделей для решения теоретических и прикладных задач в области экологии.</p>
<p><b>ОПК-3.</b> Способен применять базовые методы экологических исследований для решения задач профессиональной деятельности.</p>	<p><b>ОПК-3.1.</b> Использует основные методы отбора проб компонентов окружающей среды, стандартные измерительно-аналитические приборы и оборудование для анализа проб и загрязняющих веществ.</p> <p><b>ОПК-3.2.</b> Применяет методы полевых исследований для сбора экологических данных.</p> <p><b>ОПК-3.3.</b> Применяет картографические материалы, космические и аэрофотоснимки при проведении исследований и работ</p>	<p><b>Знать:</b> - методы сбора, обработки, систематизации и представления полевой и лабораторной информации; - основные типы оборудования, применяемого в химической и экологической лабораториях.</p> <p><b>Уметь:</b> - обращаться с приборами и оборудованием; - выполнять эксперимент с соблюдением правил техники безопасности.</p> <p><b>Владеть:</b> - практической работы на современных приборах и оборудовании при проведении аналитических исследований в области экологии.</p> <p><b>Знать:</b> - фундаментальные основы и общие закономерности, на которых основано развитие тех или иных методов полевых исследований.</p> <p><b>Уметь:</b> – выбрать метод или совокупность нескольких методов, наиболее подходящих в данных обстоятельствах, дающих наибольшую информацию.</p> <p><b>Владеть навыками:</b> - практической работы на современных приборах для сбора экологических данных.</p> <p><b>Знать:</b> - основные приемы решения и оценки экспериментальных и теоретических исследований при проведении исследований экологической направленности.</p>

экологической направленности.

**ОПК-3.4.** Обрабатывает и систематизирует результаты полевых и лабораторных наблюдений и измерений для оценки и контроля состояния компонентов окружающей среды с использованием статистических методов.

**Уметь:**

- проводить аэрокосмический мониторинг.

**Владеть навыками:**

- применения данных аэрокосмического мониторинга в экологических исследованиях.

**Знать:**

- принципы, на которых построены методики проведения исследования и обработки полученных результатов, современные методы обработки и интерпретации экспериментальных данных.

**Уметь:**

- анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию по теме исследований;  
- проводить соответствующую математическую обработку результатов и формировать сводные таблицы;  
- использовать полученные знания в практической профессиональной деятельности.

**Владеть:**

- современными методами исследования, знать их содержание и особенности использования;  
- методиками обработки, анализа и интерпретации результатов эксперимента;  
- навыками работы с современным лабораторным оборудованием и информационными технологиями.

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины «Физическая химия и методы анализа»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 акад. часа.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости  Форма промежуточной аттестации (по семестрам)  Формы ЭО и ДОТ (при наличии)
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
			<b>Контактная работа</b>						
1	Газы	4	1		1,5	0,2		2,0	Опрос по контрольным вопросам. Тестовые задания.
2	Первый закон термодинамики. Термохимия	4	1		1,5	0,2		2,7	Отчет по лабораторной работе. Опрос по контрольным вопросам. Тестовые задания
3	Второй закон термодинамики. Характеристические функции и термодинамические потенциалы	4	2		3	0,2		4	Опрос по контрольным вопросам. Тестовые задания.
4	Растворы	4	2		3	0,2		4	Отчет по лабораторной работе. Опрос по контрольным вопросам Тестовые задания
5	Электрохимия. Растворы электролитов. Электродные процессы и электродвижущие силы	8	4		6	0,4		8	Отчет по лабораторной работе. Опрос по контрольным вопросам. Тестовые задания.
									Опрос по контрольным вопросам. Тестовые задания.
6	Химическая кинетика и катализ.	4	2		3	0,4		4	Отчет по лабораторной работе. Опрос по контрольным вопросам.

								Тестовые задания.	
7	Электронная спектроскопия	4	2		3	0,2		4	Тест, отчеты по лабораторным работам Опрос по контрольным вопросам
8	Инфракрасная спектроскопия	4	2		3	0,2		4	Тест, отчеты по лабораторным работам Опрос по контрольным вопросам
9	Люминесцентные методы анализа	4	2		3	0,2		4	Тест. Опрос по контрольным вопросам
10	Спектроскопия ядерного магнитного резонанса	4	2		3	0,2		4	Тест. Опрос по контрольным вопросам
11	Метод электронного парамагнитного резонанса	4	2		3	0,2		4	Тест. Опрос по контрольным вопросам
12	Хроматографические методы анализа	4	2		3	0,6		4	Тест, отчеты по лабораторным работам Опрос по контрольным вопросам
13	Масс-спектрометрия	4	2		3	0,2		4	Тест. Опрос по контрольным вопросам
14	Кондуктометрический метод анализа	4	1		3	0,2		3	Тест, отчеты по лабораторным работам. Опрос по контрольным вопросам
15	Потенциометрический метод анализа	4	1		3	0,2		3	Тест, отчеты по лабораторным работам. Опрос по контрольным вопросам
16	Вольтамперометрия	4	2		3	0,2		3	Тест, отчеты по лабораторным работам. Опрос по контрольным вопросам
							0,3		зачет
	<b>Всего</b>		<b>30</b>		<b>48</b>	<b>4</b>	<b>0,3</b>	<b>61,7</b>	

### Содержание разделов дисциплины:

#### 1. Газы.

- 1.1. Общие понятия об агрегатных состояниях вещества.
- 1.2. Газовые законы.
- 1.3. Газовые смеси. Законы для идеальных газовых смесей.
- 1.4. Реальные газы.

#### 2. Первый закон термодинамики. Термохимия.

- 2.1. Основные понятия и определения.
- 2.2. Первое начало термодинамики.
- 2.3. Работа расширения идеального газа.

## 2.4. Термохимия.

Лабораторная работа: Определение интегральной теплоты растворения и теплоты гидратообразования.

## 3. Второй закон термодинамики. Характеристические функции и термодинамические потенциалы.

3.1. Равновесные и неравновесные процессы.

3.2. Обратимые и необратимые процессы.

3.3. Формулировки второго начала термодинамики.

3.4. Энтропия.

3.5. Статическая природа второго начала термодинамики.

3.6. Характеристические функции и термодинамические потенциалы.

3.7. Химическое сродство. Принцип Бертелло и его несостоятельность.

3.8. Уравнение Гиббса– Гельмгольца.

3.9. Химический потенциал.

3.10. Химическое равновесие. Константа равновесия и способы ее выражения.

3.11. Второй закон термодинамики и биологические процессы.

3.12. Фазовое равновесие в однокомпонентных системах.

## 4. Растворы.

4.1. Давление насыщенного пара над раствором. Закон Рауля.

4.2. Реальные растворы.

4.3. Состав пара растворов. Законы Коновалова.

4.4. Диаграмма «состав – давление пара».

4.5. Диаграмма «состав – температура кипения».

4.6. Дистилляция и ректификация.

4.7. Давление насыщенного пара в системах с ограниченной взаимной растворимостью компонентов. Перегонка с водяным паром.

4.8. Растворимость газов в жидкостях. Закон Генри.

4.9. Закон распределения Нернста. Экстракция из растворов.

4.10. Температура замерзания разбавленных растворов.

4.11. Температура кипения разбавленных растворов

4.12. Криоскопия и эбулиоскопия.

4.13. Осмос. Осмотическое давление.

4.14. Коллигативные свойства растворов.

Лабораторная работа: перегонка бинарных смесей.

## 5. Электрохимия.

### 5.1. Растворы электролитов.

5.1.1. Основные положения теории электролитической диссоциации Аррениуса.

5.1.2. Причины и механизм электролитической диссоциации.

5.1.3. Диссоциация воды. Ионное произведение воды. Водородный показатель

5.1.4. Буферные растворы.

5.1.5. Растворы сильных электролитов.



5.1.6. Понятие об активностях и коэффициентах активности в теории сильных электролитов.

5.1.7. Ионная сила растворов.

5.1.8. Электропроводность растворов электролитов.

5.1.9. Подвижность ионов. Закон Кольрауша.

5.1.10. Кондуктометрия. Кондуктометрическое титрование.

Лабораторная работа: Определение степени диссоциации и константы диссоциации уксусной кислоты.

## **5.2. Электродные процессы и электродвижущие силы.**

5.2.1. Гальванический элемент.

5.2.2. Электродный потенциал.

5.2.3. Классификация электродов.

5.2.4. Водородный электрод.

5.2.5. Электроды сравнения.

5.2.6. Окислительно-восстановительные электроды.

5.2.7. Классификация гальванических элементов.

5.2.8. Потенциометрия. Потенциометрическое титрование.

## **6. Кинетика химических реакций и катализ.**

6.1. Скорость химической реакции.

6.2. Кинетическая классификация химических реакций.

6.3. Формулировка закона действия масс.

6.4. Реакции различных порядков.

6.5. Методы определения порядка реакции.

6.6. Константа скорости химической реакции.

6.7. Уравнение Аррениуса. Энергия активации.

6.8. Сложные реакции.

6.9. Теории химической кинетики.

6.10. Кинетика реакций в растворах.

6.11. Введение в фотохимию.

6.12. Основы катализа.

Лабораторная работа.

## **7. Электронная спектроскопия.**

7.1. Спектр электромагнитных колебаний. Длина волны, частота, волновое число, энергия электромагнитного излучения. Единицы измерения этих величин.

7.2. Закон Бугера-Ламберта-Беера. Светопроникание, абсорбция, молярный коэффициент ослабления. Отклонения от закона Беера.

7.3. Определение концентрации растворенного вещества по величине абсорбции, метод калибровочных кривых. Чувствительность колориметрического метода. Анализ с помощью реагентов.

7.4. Правило выбора светофильтра, длины волны и толщины кюветы.

7.5. Спектры поглощения. Определение молярного коэффициента ослабления по спектрам поглощения.

7.6. Механизм поглощения видимых и ультрафиолетовых лучей.

7.8. Количественный анализ по УФ-спектрам.

7.9. Качественный анализ по УФ-спектрам: хромофоры, батохромный и гипсохромный сдвиги.

7.10. Источники, монохроматоры, приемники излучения, материал оптики в видимой и ультрафиолетовой области. Растворители в УФ-спектроскопии.

Лабораторная работа: Определение хрома дифенилкарбазидным методом.

Лабораторная работа: Определение концентрации аминокислот спектрофотометрическим методом.

## **8. Инфракрасная спектроскопия.**

8.1. Сопоставление механизмов поглощения образцами ультрафиолетовых и инфракрасных лучей.

8.2. Валентные и деформационные колебания.

8.3. Рекомендации по расшифровке инфракрасных спектров (корреляционные диаграммы, таблицы характеристических частот).

8.5. Количественный анализ по ИК-спектрам.

8.6. Подготовка образцов: растворы, тонкие пленки, пасты, твердые вещества, газы.

8.7. Устройство приборов: источники, монохроматоры и приемники излучения.

8.8. Особенности солевой оптики.

Лабораторная работа: Определение строения ароматических соединений по инфракрасным спектрам.

Лабораторная работа: Определение концентрации циклогексанона в циклогексане.

## **9. Люминесцентные методы анализа.**

9.1. Люминесценция, виды люминесценции.

9.2. Теоретические основы люминесцентного метода анализа.

9.3. Понятие о синглете и триплете.

9.4. Внутренняя конверсия, интеркомбинационная конверсия.

9.5. Флуоресценция и фосфоресценция.

9.6. Принцип Франка-Кондона.

9.7. Квантовый выход. Определение квантового выхода.

9.8. Законы Стокса и Вавилова, правило Каши.

9.9. Качественный и количественный анализ.

## **10. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса.**

10.1. Ядра, имеющие магнитный момент.

10.2. Условие резонанса.

10.3. Химический сдвиг. Эталонное вещество. Факторы, влияющие на величину химического сдвига.

10.4. Спин-спиновое взаимодействие.

10.5. Аналитические параметры ПМР-спектра.

10.6. Приборы. Применение ПМР.

## **11. Метод электронного парамагнитного резонанса.**

11.1. Теоретические основы метода.

11.2. Аналитические параметры ЭПР-спектра.

11.3. Спиновые метки, спиновые зонды.

11.4. Применение ЭПР.

11.5. Спектрометры ЭПР.

## **12. Хроматографические методы анализа.**

12.1. Теоретические основы методов хроматографии.

12.2. Принципы классификации хроматографических методов.

12.3. Жидкостно-адсорбционная хроматография (ТСХ: на чем основано разделение;  $R_f$ -индекс, методы количественного определения).

12.4. Жидкостно-жидкостная хроматография (хроматография на бумаге: на чем основано разделение;  $R_f$ -индекс, от чего он зависит; методы количественного определения).

12.5. Проникающая хроматография (сущность метода, структура ячейки сефадекса, методы количественной оценки).

12.6. Разделение веществ методом ВЭЖХ. Блок-схема жидкостного хроматографа. Области применения ВЭЖХ.

12.7. Теоретические основы газо-жидкостной хроматографии.

12.8. Принцип выбора газа-носителя, жидкой фазы, твердого носителя.

12.9. Неполярные и полярные жидкие фазы.

12.10. Качественный анализ. Зависимость времени удерживания от различных факторов.

12.11. Способы количественного обсчета хроматограмм.

12.12. Принципиальная схема хроматографической установки.

12.13. Принцип работы дифференциальных детекторов.

12.14. Сущность капиллярной газо-жидкостной хроматографии.

12.15. Области применения газовой хроматографии.

Лабораторная работа: Определение углеводов методом тонкослойной хроматографии.

Лабораторная работа: Анализ многокомпонентной смеси углеводов методом газо-жидкостной хроматографии.

### **13. Масс-спектрометрия.**

13.1. Основы метода. Метод ионизации электронным ударом. Энергия ионизации.

13.2. Принципиальная схема масс-спектрометра.

13.3. Типы фрагментации.

13.4. Химическая ионизация.

13.5. Масс-спектры. Разрешающая способность.

13.6. Закономерности фрагментации.

13.7. Возможности масс-спектрометрии.

13.8. Хромомасс-спектрометрия.

### **14. Кондуктометрический метод анализа.**

14.1. Электропроводность, ее размерность. Принцип метода определения электропроводности.

14.2. Удельная электропроводность, ее размерность. Зависимость удельной электропроводности от температуры, концентрации ионов и их подвижности.

14.3. Постоянная сосуда, ее физический смысл.

14.4. Молярная электропроводность, ее размерность. Зависимость молярной электропроводности от температуры, концентрации ионов и их подвижности.

14.5. Сущность метода кондуктометрического титрования.

14.6. Ход кривых кондуктометрического титрования.

14.7. Преимущества метода кондуктометрического титрования перед другими объемными методами.

Лабораторная работа: Анализ кислот и отдельных компонентов их смеси методом кондуктометрического титрования.

Лабораторная работа: Определение удельной электропроводности воды.

### **15. Потенциометрический метод анализа.**

15.1. Потенциометрические методы анализа.

15.2. Гальванический элемент, ЭДС гальванического элемента.

15.3. Электродный потенциал, уравнение Нернста для электродного потенциала. Стандартный электродный потенциал.

15.4. Типы электродов.

15.5. Диффузионный потенциал. Солевой мостик и его назначение.

15.6. Индикаторные электроды и электроды сравнения (водородный, каломельный, хлорсеребряный).

15.7. Сущность потенциометрического определения pH раствора.

15.8. Стеклоэлектрод, достоинства и недостатки стеклянного электрода.

15.9. Ионоселективные электроды.

15.10. Достоинства, недостатки и области применения метода прямой потенциометрии.

15.10. Водородный показатель.

15.11. Активность, коэффициент активности, их вычисление.

15.12. Кривые потенциометрического титрования.

15.13. Достоинства и области применения потенциометрического титрования в неводных средах.

Лабораторная работа: Анализ кислот и отдельных компонентов их смеси методом потенциометрического титрования.

Лабораторная работа: Определение нитрат-ионов в техническом образце (фторид-ионов и хлорид-ионов).

### **16. Вольтамперометрия.**

16.1. Сущность вольтамперометрического метода.

16.2. Вольтамперная кривая.

16.3. Полярографический фон и его назначение.

16.4. Диффузионный ток, его определение и связь с концентрацией растворенного вещества.

16.5. Потенциал полуволны, применение потенциала полуволны в качественном анализе.

16.6. Устройство простейшего полярографа, ртутного капаящего и вращающегося платинового микроэлектродов. Электрохимические процессы, протекающие на ртутном капаящем электроде.

16.7. Хроноамперометрия с линейной разверткой потенциала.

16.8. Инверсионная вольтамперометрия.

16.9. Практическое применение вольтамперометрии.

Лабораторная работа: Обнаружение ионов  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$

Лабораторная работа: Обнаружение ионов  $\text{Pb}^{2+}$  и  $\text{Pb}^{+}$

## **5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

**Вводная лекция** – дает первое целостное представление о дисциплине и знакомит студентов с системой изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с задачами и целями данного курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. На лекции рассматриваются методические и организационные особенности изучения данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

**Академическая лекция** – последовательное изложение учебного материала в виде монолога преподавателя с применением презентаций и таблиц по теме. Возможно также общение со студентами при рассмотрении примеров и фактов, знакомых из школьного материала или смежных учебных дисциплин. Требования к академической лекции: современный научный уровень, информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, современных фактов.

**Лабораторное занятие** - посвящено освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных на лекции знаний на практике. В лабораторных работах осуществляется интеграция теоретико-методологических знаний с практическими умениями и навыками студентов в условиях той или иной степени близости к реальной профессиональной деятельности.

**Консультации** – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины,

преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

**Электронный учебный курс «Неорганическая химия» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ**, в котором:

- представлены задания для самостоятельной работы обучающихся по темам дисциплины;
- осуществляется проведение отдельных мероприятий текущего контроля успеваемости студентов;
- представлены тексты лекций по отдельным темам дисциплины;
- представлены правила прохождения промежуточной аттестации по дисциплине;
- представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в режиме онлайн;
- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины.

**6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:**

- операционные системы семейства Microsoft Windows;
- программы Microsoft Office;
- Adobe Acrobat Reader;
- браузеры Mozilla Firefox, Google Chrome.

**7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости).**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»  
[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)

**8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины**

**а) основная литература**

1. Казин В.Н., Е.М. Плисс, А.И. Русаков. Курс физической химии: учебное пособие (гриф УМО). - Ярославль: ЯрГУ, 2011. 236 с.

<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20100337.pdf>

2. Физическая химия: метод. указания к лабораторному практикуму / Сост. А. М. Гробов, В. Н. Казин, Е. М. Плисс, А. В. Сирик, И. В. Тихонов. - Ярославль, ЯрГУ, 2010. 103 с.

<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20100303.pdf>

3. Казин В.Н. Физико-химические методы анализа Учебно-методическое пособие / Яросл. гос. ун-т. Ярославль, 2016. - 55 с.

<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20160305.pdf>

4. Васильев В.П. Аналитическая химия. – к.н.2. Физико-химические методы анализа. М.: Министерство образования РФ. 2007. - 383 с.

[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_card.php?rec\\_id=359128&cat\\_cd=YARSU](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=359128&cat_cd=YARSU)

5. Казин В.Н., Т.Н. Орлова, И.В. Тихонов. Физико-химические методы анализа: лабораторный практикум / Ярославль: ЯрГУ, 2011. - 72 с.

**б) дополнительная литература**

1. Ипполитов Е.Г., Артемов А.В., Батраков В.В. Физическая химия Изд-во: Академия, 2005. - 448 с.

2. Формальная кинетика: метод. указания / Сост. Е.М. Плисс, А.М. Гробов, А.В. Сирик, И. В. Тихонов, А.И. Русаков. Ярославль.: ЯрГУ, 2009. - 54 с.

<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20090308.pdf>

3. Решение задач по физической химии: метод. указания / Сост. А.М. Гробов, Е.М. Плисс, А. В. Сирик, И. В. Тихонов. – Ярославль: ЯрГУ, 2010. - 45 с.

<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20100309.pdf>

5. Казин В.Н., Урванцева Г.А. Физико-химические методы исследования в экологии и биологии // Учеб. пособие (гриф УМО); Ярославль, 2002. - 172 с.

<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20020305.pdf>

**9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения лабораторных работ;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лабораторных работ используются: центрифуга лабораторная СМ-6, весы лабораторные, расходные и раздаточные материалы и др.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ.

Автор:

Профессор института фундаментальной  
и прикладной химии, д.х.н.



В.Н. Казин

**Приложение №1**  
**к рабочей программе дисциплины**  
**«Физическая химия и методы анализа»**

**Фонд оценочных средств**  
**для проведения текущего контроля успеваемости**  
**и промежуточной аттестации студентов**  
**по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания и иные материалы,**  
**используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

**1.1. Контрольные вопросы к разделам по дисциплине «Физическая химия и методы анализа», необходимые для текущего контроля успеваемости.**

*Литература:* Казин В.Н., Е.М. Плисс, А.И. Русаков Курс физической химии: учебное пособие (гриф УМО) -Ярославль: ЯрГУ, 2011. - 236 с.  
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20100337.pdf>

**1. Газы.**

Подготовить ответы на вопросы № 1-3, С. 25.

Выполнить тестовые задания. С. 22-24.

**2. Первый закон термодинамика. Термохимия.**

Ответить на вопросы № 1-9. С.47.

Выполнить тестовые задания. С. 44-46.

**3. Второй закон термодинамики. Характеристические функции и термодинамические потенциалы.**

Подготовить ответы на вопросы № 1-17. С. 92.

Выполнить тестовые задания. С. 89-91.

**4. Растворы.**

Подготовить ответы на вопросы № 1-12. С. 123.

Выполнить тестовые задания. С. 120-123.

**5. Электрохимия.**

**5.1. Растворы электролитов.**

Подготовить ответы на вопросы № 1-13. С. 157-158.

Выполнить тестовые задания. С. 154-157.

**5.2. Электродные процессы и электродвижущие силы.**

Подготовить ответы на вопросы № 1-8. С. 186.

Выполнить тестовые задания. С. 183-185.

**6. Химическая кинетика и катализ.**

Подготовить ответы на вопросы № 1-17. С. 233.

Выполнить тестовые задания. С. 229-232.

*Литература:* Казин В.Н., Урванцева Г.А. Физико-химические методы исследования в экологии и биологии // Учеб. пособие (гриф УМО); Яросл. гос. ун-т. Ярославль, 2002. 172 с. <http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20020305.pdf>

**7. Электронная спектроскопия.**

Подготовить ответы на вопросы № 1-8. С. 28.

Выполнить тестовые задания.

**8. Инфракрасная спектроскопия.**

Подготовить ответы на вопросы № 1-8. С. 38.

Выполнить тестовые задания.

**12. Хроматографические методы анализа.**

Подготовить ответы на вопросы № 1-10. С. 165.

Выполнить тестовые задания.

**14. Кондуктометрический метод анализа.**

Подготовить ответы на вопросы № 1-10. С. 62.

Выполнить тестовые задания.

**15. Потенциометрический метод анализа.**

Подготовить ответы на вопросы № 1-16. С. 79.

Выполнить тестовые задания.

**16. Вольтамперометрия.**

Подготовить ответы на вопросы № 1-9. С. 93.

Выполнить тестовые задания.

*Литература:* Казин В.Н. Физико-химические методы анализа Учебно-методическое пособие / Ярослав. гос. ун-т. Ярославль, 2016. 55 с.

<http://www.lib.uni Yar.ac.ru/edocs/iuni/20160305.pdf>

**9. Люминесцентные методы анализа.**

Подготовить ответы на вопросы № 1-17. С. 233.

Выполнить тестовые задания.

**10. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса.**

Подготовить ответы на вопросы № 1-17. С. 233.

Выполнить тестовые задания.

**11. Метод электронного парамагнитного резонанса.**

Подготовить ответы на вопросы № 1-17. С. 233.

Выполнить тестовые задания.

**13. Масс-спектрометрия.**

Подготовить ответы на вопросы № 1-17. С. 233.

Выполнить тестовые задания.

**Правила выставления оценки по результатам опроса:**

- *Отлично* выставляется за полный ответ на поставленный вопрос с включением в содержание ответа содержания лекции, материалов учебников, дополнительной литературы без наводящих вопросов.

- *Хорошо* выставляется за полный ответ на поставленный вопрос в объеме лекции, с включением в содержание ответа материалов учебников с четкими положительными ответами на наводящие вопросы преподавателя.

- *Удовлетворительно* выставляется за ответ, в котором озвучено более половины требуемого материала, с положительным ответом на большую часть наводящих вопросов.

- *Неудовлетворительно* выставляется за ответ, в котором озвучено менее половины требуемого материала или не озвучено главное в содержании вопроса с отрицательными ответами на наводящие вопросы, или обучающийся отказался от ответа без предварительного объяснения уважительных причин.

**Правила оценивания отчета по лабораторной работе:**

- *Зачтено* выставляется за полный и правильно оформленный отчет по лабораторной работе в соответствии с требованиями методического указания

- Физическая химия: метод. указания к лабораторному практикуму / Сост. А.М. Гробов, В.Н. Казин, Е.М. Плисс, А.В. Сирик, И.В. Тихонов; Ярославль: ЯрГУ, 2010. - 103 с.



- Казин В.Н., Орлова Т.Н., Тихонов И.В. Физико-химические методы анализа: лабораторный практикум. - Ярославль: ЯрГУ, 2011. - 72 с.

- *Не зачтено* выставляется за неполный или неправильно оформленный отчет по лабораторной работе в соответствии с требованиями методического указания:

- Физическая химия: метод. указания к лабораторному практикуму / Сост. А.М. Гробов, В.Н. Казин, Е.М. Плисс, А.В. Сирик, И.В. Тихонов. Ярославль: ЯрГУ, 2010. - 103 с.

- Казин В.Н., Т.Н. Орлова, И.В. Тихонов. Физико-химические методы анализа: лабораторный практикум. Ярославль: ЯрГУ, 2011. - 72 с.

### Задания для самостоятельной работы

#### Примеры тестовых заданий для проведения промежуточной аттестации по темам разделов:

#### Тестовое задание к разделу «Идеальные и реальные газы»

*Выберите один правильный ответ*

##### 1. Математическое выражение закона Амага:

А.  $pV = nRT$ .

Б.  $p_1V_1 = p_2V_2$ .

В.  $p_{\text{общ.}} = \sum p_i$ .

Г.  $V_{\text{общ.}} = \sum V_i$

##### 2. Следствие из закона Дальтона:

А.  $V_m = 2,24 \times 10^{-2} \text{ м}^3/\text{моль}$ .

Б.  $p_i = N_i \times p_{\text{общ.}}$

В.  $pV = \text{const.}$

Г.  $V_i = N_i \times V_{\text{общ.}}$

##### 3. Уравнение состояния идеального газа:

А.  $pV/T = \text{const.}$

Б.  $V_1/T_1 = V_2/T_2$ .

В.  $p_1V_1/T_1 = p_2V_2/T_2$ .

Г.  $pV = nRT$ .

##### 4. Закон Бойля-Мариотта:

А. При постоянном давлении объем газа изменяется пропорционально его температуре.

Б. Один моль любого газа всегда занимает один и тот же объем.

В. При постоянной температуре объем газа обратно пропорционально его давлению.

Г. В равных объемах различных газов при одинаковых температуре и давлении содержится одинаковое число молекул.

##### 5. Математическое выражение закона Гей-Люссака:

А.  $pV = nRT$ .

Б.  $V_1/T_1 = V_2/T_2$ .

В.  $p_1V_1 = p_2V_2$ .

Г.  $p_1V_1/T_1 = p_2V_2/T_2$ .

*Выберите несколько правильных ответов*

##### 1. Универсальная газовая постоянная (R) может иметь размерность:

А. Дж×кг<sup>-1</sup>×К<sup>-1</sup>×моль<sup>-1</sup>.

Б. атм×л×К<sup>-1</sup>×моль<sup>-1</sup>.

В. Дж×К<sup>-1</sup>×моль<sup>-1</sup>.

Г. Дж×кг×К<sup>-1</sup>×моль<sup>-1</sup>.

Д. кал×К<sup>-1</sup>×моль<sup>-1</sup>.

## 2. Свойства идеального газа:

- А. Не имеет запаха.
- Б. Объем молекул бесконечно мал.
- В. Неограниченно растворяется в воде.
- Г. Молекулы не взаимодействуют между собой.

## 3. Математическое выражение объединенного газового закона:

- А.  $pV = nRT$ .
- Б.  $pV/T = \text{const}$ .
- В.  $p_1V_1 = p_2V_2$ .
- Г.  $p_1V_1/T_1 = p_2V_2/T_2$ .

## 4. Математическое выражение закона Бойля-Мариотта:

- А.  $V/T = \text{const}$ .
- Б.  $p_1V_1 = p_2V_2$ .
- В.  $V_1/T_1 = V_2/T_2$ .
- Г.  $pV = \text{const}$ .
- Д.  $V \propto 1/p$ .
- Е.  $V \propto T$ .

## 5. Мольная доля ( $N_i$ ) определяется соотношением:

- А.  $N_i = m/M$ .
- Б.  $N_i = n_i/\sum n_i$ .
- В.  $N_i = V/V_m$ .
- Г.  $N_i = \%_{\text{мол.}}/100$ .

### *Установите соответствие*

#### I. Нормальные (стандартные) условия:

- 1. Температура.
- 2. Давление.

#### Величины:

- А.  $T = 298\text{K}$ .
- Б.  $p = 100\text{кПа}$ .
- В.  $T = 25^\circ\text{C}$ .
- Г.  $p = 760\text{ мм.рт.ст.}$
- Д.  $T = 273\text{K}$ .
- Е.  $P = 1\text{атм.}$

#### II. Объект:

- 1. Идеальный газ.
- 2. Идеальная газовая смесь.

#### Законы:

- А. Закон Амага.
- Б. Закон Бойля-Мариотта.
- В. Закон Гей-Люссака.
- Г. Закон Дальтона.
- Д. Закон Авогадро.

#### III. Реальные газы подчиняются уравнению состояния идеального газа при следующих условиях:

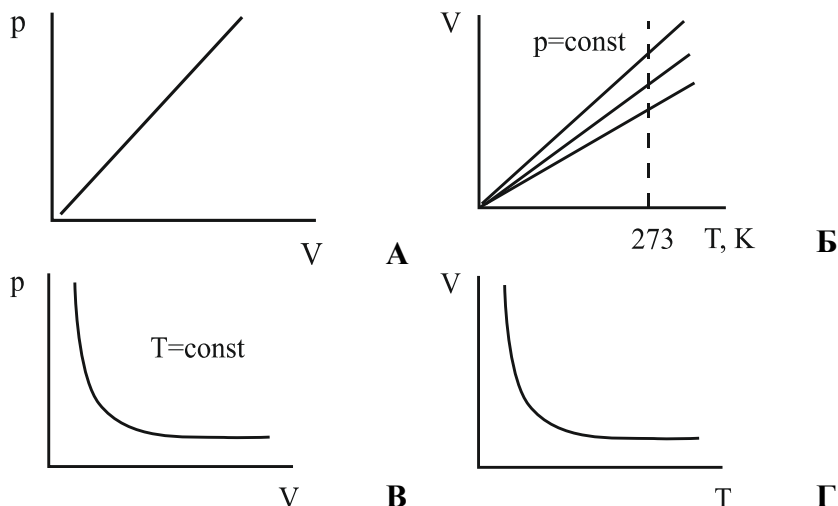
- 1. Температура
- 2. Давление

- А. Высокое давление.
- Б. Низкая температура.
- В.  $p \rightarrow 0$ .
- Г.  $T = 273\text{K}$ .
- Д. Высокая температура.
- Е.  $p = 1\text{атм.}$

#### IV. Газовые законы:

#### Графические формы представления:

1. Закон Гей-Люссака
2. Закон Бойля-Мариотта



## V. Параметры состояния

### Единицы измерения в международной системе единиц (СИ):

- |                 |                     |
|-----------------|---------------------|
| 1. Температура. | А. атм.             |
| 2. Давление.    | Б. л.               |
| 3. Объем.       | В. Кельвин (К).     |
|                 | Г. м <sup>3</sup> . |
|                 | Д. °С.              |
|                 | Е. Па.              |

### Тестовое задание к разделу «Электронная спектроскопия»

1. Разбейте спектр электромагнитных колебаний на области и расположите их в сторону уменьшения длины волны и увеличения энергии:

- а) микроволны, инфракрасное излучение, радиоволны, видимые лучи, ультрафиолетовое излучение,  $\gamma$ -излучение, рентгеновское излучение;
- б)  $\gamma$ -излучение, рентгеновское излучение, ультрафиолетовое излучение, видимые лучи, инфракрасное излучение, микроволны, радиоволны;
- в) радиоволны, микроволны, инфракрасное излучение, видимые лучи, ультрафиолетовое излучение, рентгеновское излучение,  $\gamma$ -излучение;
- г) инфракрасное излучение, микроволны, радиоволны, видимые лучи, ультрафиолетовое излучение, рентгеновское излучение,  $\gamma$ -излучение.

Ответ: **в)**

2. Какими соотношениями определяется энергия электромагнитного излучения?

- а)  $\Delta E = h \cdot \bar{\nu} = h \cdot c / \lambda = h \cdot c \cdot \bar{\nu}$ ; б)  $\Delta E = h \cdot \nu = h \cdot \lambda / c = h \cdot \lambda \cdot \bar{\nu}$ ; в)  $\Delta E = h \cdot \nu = h \cdot \lambda / c = h \cdot c \cdot \bar{\nu}$ ;
- г)  $\Delta E = h \cdot \nu = h \cdot c / \lambda = h \cdot c \cdot \bar{\nu}$ .

Ответ: **г)**

3. Укажите единицы измерения длины волны, частоты и волнового числа:

- а)  $\nu$  [Гц];  $\lambda$  [м];  $\bar{\nu}$  [см<sup>-1</sup>]; б)  $\nu$  [Гц];  $\lambda$  [см<sup>-1</sup>];  $\bar{\nu}$  [м]; в)  $\nu$  [м];  $\lambda$  [см<sup>-1</sup>];  $\bar{\nu}$  [Гц];
- г)  $\nu$  [см];  $\lambda$  [Гц];  $\bar{\nu}$  [см<sup>-1</sup>].

Ответ: **а)**

4. Какое излучение называют монохроматическим?

- а) излучение, заключенное в таком узком интервале длин волн, что дальнейшее его сжатие не позволяет получить о веществе дополнительную информацию; б) излучение, заключенное в широком интервале длин волн; в) лучи от любого источника излучения;
- г) видимый свет.

Ответ: **а)**

5. Запишите математическое выражение закона Беера:

- а)  $\Delta E = h \cdot \nu = h \cdot c / \lambda = h \cdot c \cdot \bar{\nu}$ ; б)  $A = \varepsilon \cdot C \cdot l$ ; в)  $k = \varepsilon \cdot C$ ; г)  $T = I / I_0$ .

Ответ: б)

6. Укажите единицы измерения абсорбции вещества:

а) л/моль·см; б) безразмерная величина; в) %; г) моль/л.

Ответ: б)

7. В каком интервале изменяется абсорбция вещества?

а) от 0 до 100%; б) от 0 до 1; в) изменяется от нуля до бесконечности; г) от 0 до 2.

Ответ: в)

8. Укажите единицы измерения коэффициента ослабления (экстинции):

а) безразмерная величина; б) л/моль·см; в) моль/л; г) %.

Ответ: б)

9. Укажите причины положительного и отрицательного отклонения от закона Беера:

а) сольватация растворенных веществ; б) диссоциация с образованием большего числа поглощающих частиц - положительное отклонение; ассоциации молекул друг с другом - отрицательное отклонение; в) сольватация растворенных веществ, ассоциация молекул друг с другом - положительное отклонение, диссоциация с образованием большего числа поглощающих частиц - отрицательное отклонение; г) закон Беера выполняется во всех случаях.

Ответ: в)

10. Чем определяется чувствительность колориметрического метода?

а) величиной абсорбции вещества; б) величиной  $\text{tg}\alpha = \varepsilon \cdot l$ , чем выше коэффициент ослабления (при  $l = \text{const}$ ), тем чувствительнее метод; в) светопропусканием или прозрачностью образца; г) величиной  $\text{tg}\alpha = \varepsilon \cdot l$ , чем ниже коэффициент ослабления (при  $l = \text{const}$ ), тем чувствительнее метод.

Ответ: б)

### **Правила выставления оценки за тестовые задания.**

При написании контрольной работы оценка выставляется следующим образом (количество верных ответов):

86-100%%- отлично (зачет)

71-85%%- хорошо (зачет)

55-70%%- удовлетворительно (зачет)

менее 55% - неудовлетворительно (незачет)

## **2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации.**

### **Список заданий к зачету.**

Зачет выставляется при наличии среднего бала по текущим оценкам, по результатам защищенных лабораторных работ и собеседования со студентом по темам курса:

### **Список вопросов к зачету.**

1. Законы идеальных газов. Универсальная газовая постоянная. Ее физический смысл.

2. Понятия о парциальном давлении и парциальном объеме. Законы Дальтона и Амага, следствия из них.

3. Реальные газы. Отклонения реальных газов от законов идеальных газов. Уравнение Ван-дер-Ваальса.

4. Основные понятия термодинамики. Теплота и работа.

5. Формулировки и уравнения I начала термодинамики, применение I начала термодинамики в биологии.

6. Внутренняя энергия и энтальпия.
7. Работа расширения идеальных газов при различных условиях.
8. Тепловой эффект реакции при постоянном давлении и при постоянном объеме.

Связь  $Q_p$  и  $Q_v$ .

9. Расчет стандартного теплового эффекта химических реакций по теплотам образования и сгорания.

10. Теплоемкость. Связь  $C_p$  и  $C_v$ .

11. Формулировки и уравнения II начала термодинамики.

12. Равновесные и обратимые процессы, их свойства.

13. Энтропия. Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах.

14. Физический смысл энтропии. Формула Больцмана. Статистическая природа II начала термодинамики.

15. Энергия Гельмгольца, ее изменение как критерий направления процессов и состояния равновесия.

16. Энергия Гиббса, ее изменение как критерий направления процессов и состояния равновесия.

17. Уравнение Гиббса-Гельмгольца.

18. Зависимость изменения энергии Гиббса от температуры.

19. Химический потенциал – наиболее общий критерий самопроизвольности протекания процесса.

20. Константа равновесия. Способы ее выражения.

21. Уравнение изотермы химической реакции.

22. Реальные системы. Летучесть, активность, коэффициент активности.

23. Уравнение изотермы и изобары химической реакции. Дифференциальное и интегральное выражения.

24. Методы расчета стандартного изменения энергии Гиббса.

25. Применение II начала термодинамики в биологии.

26. Закон Рауля. Идеальные растворы.

27. Положительные и отрицательные отклонения от закона Рауля и их причины.

28. Законы Коновалова. Азеотропные смеси.

29. Виды диаграмм “состав-температура кипения” и “состав-давление”.

30. Диаграммы “состав-температура кипения”. Дистилляция. Ректификация.

31. Смеси двух взаимно нерастворимых жидкостей. Давление насыщенного пара и температуры кипения таких смесей. Перегонка с водяным паром.

32. Растворимость газов в жидкостях. Закон Генри.

33. Осмос. Осмотическое давление.

34. Закон распределения Нернста. Процессы экстракции.

35. Температура замерзания разбавленных растворов.

36. Температура кипения разбавленных растворов.

37. Криоскопия и эбулиоскопия. Коллигативные свойства растворов.

38. Основные положения теории электролитической диссоциации Аррениуса.

Гидратация и сольватация ионов в растворе. Степень диссоциации.

39. Термодинамическая, условная константы диссоциации слабого электролита.

Закон разведения Оствальда.

40. Основы теории сильных электролитов Дебая и Гюккеля. Катафоретическое и релаксационное торможение.

41. Понятие об активностях электролитов и ионов, коэффициентах активности.

Ионная сила растворов.

42. Водородный показатель. Буферные растворы и буферная емкость.

43. Абсолютные скорости движения ионов. Числа переноса.

44. Удельная электропроводность. Зависимость удельной электропроводности от концентрации, подвижности ионов и температуры.

45. Эквивалентная электропроводность и зависимость ее от концентрации и температуры.

46. Подвижность ионов. Закон Кольрауша.

47. Кондуктометрия.

48. Гальванический элемент. Скачки потенциала на границе раздела фаз. Причины возникновения разности потенциалов.

49. Двойной электрический слой. Диффузный потенциал.

50. Электродный потенциал. Типы электродов.

51. Формула Нернста для ЭДС и электродных потенциалов. Водородный электрод. Стандартные электродные потенциалы.

52. Электроды сравнения. Измерение ЭДС.

53. Концентрационные элементы.

54. Окислительно-восстановительные электроды и цепи. Хингидронный электрод.

55. Потенциометрия. Потенциометрическое титрование. Стекланный электрод.

56. Скорость химических реакций. Средняя и истинная скорости. Закон действующих масс. Константа скорости.

57. Молекулярность и порядок реакции. Кинетическое уравнение 1-го порядка, период полураспада.

58. Кинетические уравнения 2-го и нулевого порядков. Период полураспада.

59. Методы определения константы скорости и порядка реакции.

60. Влияние температуры на константу скорости химических реакций. Температурный коэффициент. Правило Вант-Гоффа. Уравнение Уррениуса.

61. Теория активных соударений. Вероятностный или стерический фактор. Энергия активации. Источники активации.

62. Основные типы сложных реакций: обратимые, параллельные, последовательные и сопряженные.

63. Цепные реакции и их механизмы (на примере синтеза  $\text{HCl}$ ), зарождение и обрыв цепи.

64. Фотохимические реакции. Фотохимические законы. Квантовый выход реакции.

65. Кинетика гетерогенных процессов. Основные понятия катализа. Представление о механизме действия катализаторов. Типы катализа.

66. Спектр электромагнитных колебаний. Длина волны, частота, волновое число, энергия электромагнитного излучения. Закон Бугера-Ламберта-Бееера. Светопропускание, абсорбция, молярный коэффициент ослабления. Отклонения от закона Бееера.

67. Определение концентрации растворенного вещества по величине абсорбции, метод калибровочных кривых. Чувствительность колориметрического метода. Анализ с помощью реагентов. Правило выбора светофильтра, длины волны и толщины кюветы. Спектры поглощения. Определение молярного коэффициента ослабления по спектрам поглощения.

68. Механизм поглощения видимых и ультрафиолетовых лучей. Количественный анализ по УФ-спектрам. Качественный анализ по УФ-спектрам: хромофоры, батохромный и гипсохромный сдвиги. Источники, монохроматоры, приемники излучения, материал оптики в видимой и ультрафиолетовой области. Растворители в УФ-спектроскопии.

69. Сопоставление механизмов поглощения образцами ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. Валентные и деформационные колебания. ИК-спектры, число колебательных степеней свободы, обертоны, вырождение.

70. Рекомендации по расшифровке инфракрасных спектров (корреляционные диаграммы, таблицы характеристических частот, характеристические и нехарактеристические колебания, интенсивность полос). Количественный анализ по ИК-спектрам.

71. Подготовка образцов в ИК-спектроскопии: растворы, тонкие пленки, пасты, твердые вещества, газы. Устройство приборов: источники, монохроматоры и приемники излучения. Особенности солевой оптики.

72. Люминесценция, виды люминесценции. Теоретические основы люминесцентного метода анализа. Понятие о синглете и триплете. Внутренняя и интеркомбинационная конверсии. Флуоресценция и фосфоресценция. Принцип Франка-Кондона.

73. Квантовый выход. Определение квантового выхода. Законы Стокса и Вавилова, правило Каши. Качественный и количественный анализ по спектрам люминесценции. Флуоресцентные метки и зонды.

74. Ядерный магнитный резонанс. Ядра, имеющие магнитный момент. Условие резонанса. Химический сдвиг. Эталонное вещество. Факторы, влияющие на величину химического сдвига. Спин-спиновое взаимодействие. Аналитические параметры ПМР-спектра. Приборы. Применение ПМР.

75. Теоретические основы метода электронного парамагнитного резонанса. Аналитические параметры ЭПР-спектра. Применение ЭПР. Спиновые метки, спиновые зонды.

76. Основы метода масс-спектрометрии. Энергия ионизации. Метод ионизации электронным ударом. Принципиальная схема масс-спектрометра.

77. Типы фрагментации (диссоциация и перегруппировка). Химическая ионизация. Масс-спектры. Разрешающая способность. Закономерности фрагментации. Возможности масс-спектрометрии. Хроматомасс-спектрометрия.

78. Что называется электропроводностью, какова ее размерность? Принцип метода определения электропроводности. Постоянная сосуда, ее физический смысл. Удельная электропроводность, ее размерность. Зависимость удельной электропроводности от концентрации ионов и их подвижности.

79. Молярная электропроводность, ее размерность. Зависимость молярной электропроводности от концентрации ионов. Влияние температуры на электропроводность. Почему нельзя проводить измерение электропроводности раствора, если электроды не полностью погружены в жидкость? В чем состоит сущность метода кондуктометрического титрования?

80. От чего зависит ход кривых кондуктометрического титрования? В каких случаях имеет место отклонение кривых от линейного хода? Преимущества метода кондуктометрического титрования.

81. На чем основаны потенциметрические методы анализа? Что такое гальванический элемент? Что такое э.д.с. гальванического элемента? Что такое электродный потенциал? Уравнение Нернста для электродного потенциала. Стандартный электродный потенциал. Диффузионный потенциал. Солевой мостик и его назначение.

82. Какие функции выполняют индикаторные электроды и электроды сравнения? Электроды сравнения: водородный, каломельный, хлорсеребряный. Водородный показатель, пределы его изменения. Какие индикаторные электроды могут быть использованы для определения pH?

83. Применение метода прямой потенциометрии. Ионоселективные электроды. Устройство стеклянного электрода. Достоинства и недостатки стеклянного электрода. Кривые потенциметрического титрования. Области применения потенциметрического титрования в неводных средах.

84. Сущность вольтамперометрического метода. Вольтамперная кривая. Полярографический фон и его назначение. Диффузионный ток, его определение и связь с концентрацией растворенного вещества. Потенциал полуволны, применение потенциала полуволны в качественном анализе.

85. Устройство простейшего полярографа. Ртутный капаящий электрод, электрохимические процессы, протекающие на ртутном капаящем электроде.

Вращающиеся и вибрирующие твердые электроды. Хроноамперометрия с линейной разверткой потенциала. Инверсионная вольтамперометрия. Практическое применение вольтамперометрии.

86. Теоретические основы методов хроматографии. Принципы классификации хроматографических методов. Жидкостно-адсорбционная хроматография (ТСХ: на чем основано разделение;  $R_f$ -индекс, от чего он зависит; методы количественного определения). Высокоэффективная жидкостная хроматография.

87. Жидкостно-жидкостная хроматография (хроматография на бумаге: на чем основано разделение;  $R_f$ -индекс, от чего он зависит; методы количественного определения). Проникающая хроматография (сущность метода, структура ячейки сефадекса, методы количественной оценки).

88. Теоретические основы газо-жидкостной хроматографии. Принцип выбора газ-носителя, жидкой фазы, твердого носителя. Неполлярные и полярные жидкие фазы. Качественный анализ, зависимость времени удерживания от различных факторов.

89. Способы количественного обсчета хроматограмм. Принципиальная схема хроматографической установки. Каков принцип работы дифференциальных детекторов? В чем сущность капиллярной газо-жидкостной хроматографии? Возможности метода.

### **Правила выставления оценки на зачете:**

Устный ответ студента на зачете оценивается по 2-х балльной системе.

Отметка «зачтено» ставится, если:

- знания отличаются глубиной и содержательностью, дается полный исчерпывающий ответ, как на основные вопросы к зачету, так и на дополнительные;
- студент свободно владеет научной терминологией;
- ответ студента структурирован, содержит анализ существующих теорий, научных школ, направлений и их авторов;
- ответ студента логично и доказательно раскрывает проблему, предложенную для решения;
- ответ студента характеризуется глубиной, полнотой и не содержит фактических ошибок;
- ответ студента иллюстрируется примерами, в том числе из собственной научно-исследовательской деятельности;
- студент демонстрирует умение аргументировано вести диалог и научную дискуссию;
- студент демонстрирует навыки поиска и обработки научной информации и экспериментальных данных.

Отметка «незачтено» ставится, если:

- ответ студента обнаружил незнание или непонимание сущностной части дисциплины;
- содержание вопросов не раскрыто, допускаются существенные фактические ошибки, которые студент не может исправить самостоятельно;
- на большую часть дополнительных вопросов по содержанию зачета студент затрудняется дать ответ или не дает верных ответов;
- студент не демонстрирует навыки поиска и обработки научной информации и экспериментальных данных.



**Приложение №2**  
**к рабочей программе дисциплины**  
**«Физическая химия и методы анализа»**

**Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Физическая химия и методы анализа» являются лекции. По некоторым темам предусмотрены лабораторные занятия, на которых происходит закрепление лекционного материала путем практического применения его при изучении качественного и количественного состава вещества.

Для успешного освоения дисциплины очень важна предварительная подготовка студентов к лабораторным занятиям. Поэтому в процессе изучения дисциплины рекомендуется регулярное повторение пройденного лекционного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо дома еще раз прорабатывать и при необходимости дополнять информацией, полученной на консультациях, лабораторных занятиях или из учебной литературы.

Большое внимание должно быть уделено выполнению домашней работы. В качестве заданий для самостоятельной работы дома студентам предлагается оформление основной части лабораторной работы согласно методическим указаниям:

- Физическая химия: метод. указания к лабораторному практикуму / Сост. А.М. Гробов, В.Н. Казин, Е.М. Плисс, А.В. Сирик, И.В. Тихонов. – Ярославль: ЯрГУ, 2010. - 103 с.

- Казин В.Н. Физико-химические методы анализа: лабораторный практикум / В.Н. Казин, Т.Н. Орлова, И.В. Тихонов; Яросл. гос. ун-т им. П.Г. Демидова. - Ярославль: ЯрГУ, 2011. 72 с.

- Формальная кинетика: метод. указания / Сост. Е.М. Плисс, А.М. Гробов, А.В. Сирик, И.В. Тихонов, А.И. Русаков. - Ярославль: ЯрГУ, 2009. - 54 с.  
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20090308.pdf>

Для подготовки теоретического материала большое значение имеют литературные источники:

1. Казин В.Н., Плисс Е.М., А.И. Русаков А.И. Курс физической химии: учебное пособие (гриф УМО) / -Ярославль: ЯрГУ, 2011. - 236 с.  
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20100337.pdf>

2. Казин В.Н. Физико-химические методы анализа Учебно-методическое пособие / Яросл. гос. ун-т. Ярославль, 2016. - 55 с.  
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20160305.pdf>

3. Казин В.Н., Урванцева Г.А. Физико-химические методы исследования в экологии и биологии // Учеб. пособие (гриф УМО); Ярославль: ЯрГУ 2002. -172 с.  
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20020305.pdf>

Для проверки и контроля усвоения теоретического материала, приобретенных практических навыков работы в течение обучения проводятся мероприятия текущей аттестации в виде тестовых заданий. Также проводятся консультации (при необходимости) по разбору заданий для самостоятельной работы, которые вызвали затруднения.

В конце семестра изучения дисциплины студенты сдают зачет. Зачет выставляется по итогам собеседования.

Освоить вопросы, излагаемые в процессе изучения дисциплины «Физическая химия и методы анализа» самостоятельно студенту крайне сложно. Это связано со сложностью изучаемого материала и большим объемом курса. Поэтому посещение всех аудиторных занятий является совершенно необходимым.