

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Аналитической химии

Елисева Т.В.

02.07.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.01.02 Мультисенсорные системы

*Код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом*

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

04.04.01 Химия

2. Профиль подготовки/специализация:

Органическая химия

3. Квалификация выпускника: Магистр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: Аналитической химии

6. Составители программы: Зяблов Александр Николаевич д.х.н., доцент

*(ФИО, ученая степень, ученое звание)*

7. Рекомендована: НМС химического факультета № 5 от 17.06.2021

*(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола,*

*отметки о продлении вносятся вручную)*

8. Учебный год: 2021/2022

Семестр(ы): 2

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

ознакомление магистров с существующими сенсорными методами анализа и перспективами их использования в мониторинге окружающей среды и химической промышленности.

Задачи учебной дисциплины:

- иметь представление об устройстве и принципах работы химических сенсоров и мультисенсорных систем с элементами искусственного интеллекта «электронный нос» и «электронный язык»;
- знать возможности, достоинства и недостатки изучаемых сенсоров и области их применения;
- знать перспективы использования сенсоров в определении различных веществ.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** (обязательная часть или часть, формируемая участниками образовательных отношений (вариативная) блока Б1, к которой относится дисциплина; требования к входным знаниям, умениям и навыкам; дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей))

Дисциплина относится к вариативной части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1

Для изучения дисциплины необходимы знания, умения и компетенции, полученные обучающимися в бакалавриате. Должны иметь представления о химическом анализе:

**знать:** теоретические основы классических методов анализа;

**уметь:** провести статистическую обработку результатов;

**владеть:** практическими навыками химического эксперимента, техники безопасности при его проведении.

В результате освоения дисциплины студенты должны иметь представление о наиболее актуальных проблемах современной теоретической и экспериментальной химии; понимать их значение для развития науки и производства, должны иметь представление о химических сенсорах и перспективах их использования.

Знания, полученные при освоении данной дисциплины являются основой для последующего успешного прохождения Преддипломной практики.

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:**

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПКВ-1	Способен проводить сбор, систематизацию и критический анализ научной, технической и патентной информации, необходимой для решения исследовательских задач химической направленности	ПКВ-1.1	Обеспечивает сбор научной, технической и патентной информации, необходимой для решения исследовательских задач	<b>Знать:</b> принципы сбора, отбора и обобщения информации, методики системного подхода для решения профессиональных задач. <b>Уметь:</b> анализировать и систематизировать разнородные данные, оценивать эффективность процедур анализа проблем и принятия решений в профессиональной деятельности. <b>Владеть:</b> навыками научного поиска и практической работы с информационными источниками; методами принятия решений.
		ПКВ-1.2	Составляет	<b>Знать:</b> принципы построения химического

			аналитический обзор собранной научной, технической и патентной информации по тематике исследовательского проекта	эксперимента, современные методы сбора и анализа данных. <b>Уметь:</b> представлять полученные экспериментальные результаты в виде научных отчетов, протоколов и актов испытаний. <b>Владеть:</b> практическим опытом выступлений и представления результатов своей работы в письменной и устной форме.
ПКВ-2	Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в области физической и неорганической химии	ПКВ-2.1	Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий	<b>Знать:</b> способы и методы планирования работ, способы и методы обработки и интерпретации полученных результатов с использованием теоретических знаний и практических навыков. <b>Уметь:</b> использовать знания теоретических основ различных разделов химии для планирования химического эксперимента, обработки и интерпретирования полученных результатов. <b>Владеть:</b> навыками и опытом планирования работы, обработки и интерпретации полученных результатов с использованием теоретических знаний и практических навыков.
		ПКВ-2.2	Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	<b>Знать:</b> экспериментальные и расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием. <b>Уметь:</b> применять экспериментальные и расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием. <b>Владеть:</b> навыками экспериментальных и расчетно-теоретических методов для изучения свойств веществ и процессов с их участием
ПКВ-3	Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках.	ПКВ-3.1	Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР и НИОКР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными	<b>Знать:</b> основные характеристики исследования; способы систематизации полученной в ходе научной работы информации; анализа состояния научно-технической проблемы и сравнения с данными литературных источников; формы представления теоретических и эмпирических результатов исследования. <b>Уметь:</b> анализировать, систематизировать и обобщать результаты научных исследований с учетом имеющихся литературных данных; вести библиографическую работу с привлечением современных информационных технологий. <b>Владеть:</b> навыками сбора, обработки, систематизации информации, составления отчетов о научно-исследовательской работе в форме презентаций, устных докладов на научных семинарах и конференциях, в виде научных статей.
		ПКВ-3.2	Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов	<b>Знать:</b> основные современные экспериментальные методы исследования, используемые при решении профессиональных задач и возможные сферы их применения. <b>Уметь:</b> выбирать, разрабатывать или модифицировать методы исследования, исходя из поставленных целей и задач; выбирать и применять в профессиональной деятельности современные методы исследования; определять перспективные направления практического применения результатов работ. <b>Владеть:</b> навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов; корректировки планов и методик проведения научного исследования с учетом новых условий.

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.** (в соответствии с учебным планом) — 4 / 144.

**Форма промежуточной аттестации** (зачет/экзамен) Зачет с оценкой.

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость		
		Всего	По семестрам	
			2 семестр	№ семестра
Аудиторные занятия		54	54	
в том числе:	лекции	18	18	
	практические	—	—	
	лабораторные	36	36	
Самостоятельная работа		90	90	
в том числе: курсовая работа (проект)		—	—	
Форма промежуточной аттестации (экзамен — <u>  </u> час.)		—	—	
Итого:		144	144	

#### 13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Введение.	Предмет, цели и задачи сенсорного анализа. Основные сведения о мультисенсорных системах. Перспективы использования мультисенсорных систем анализа в различных областях.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9464">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9464</a>
1.2	Основные сведения о сенсорах.	Конструкции химических сенсоров. Распознающие элементы. Трансдюсеры. Аналитические характеристики. Методы иммобилизации. Химическое и биологическое распознавание молекул.	—
1.3	Оптические сенсоры.	Спектроскопия поглощения в видимом диапазоне. Принцип работы оптоволоконных сенсоров. Оптические газовые сенсоры. Флуоресцентные реагенты. Сенсоры, основанные на спектроскопии внутреннего отражения. Методы светорассеяния. Спектроскопия квазиупругого рассеяния света. Фотонно-корреляционная спектроскопия. Измерение pH. Измерение CO <sub>2</sub> . Измерение аммиака. Примеры оптических биосенсоров.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9464">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9464</a>
1.4	Электрохимические сенсоры	Ионоселективные электроды как потенциметрические сенсоры. Примеры ионоселективных электродов. Твердофазные потенциметрические химические сенсоры. Потенциметрические химические сенсоры с полимерными мембранами. Некоторые практические аспекты применения потенциметрических химических. Вольтамперметрические химические сенсоры. Твердоэлектролитные и полупроводниковые газовые сенсоры. Химически чувствительные полевые транзисторы. Ферментные полевые транзисторы. Применение сенсоров на основе полевых транзисторов. Кондуктометрические сенсоры и биосенсоры. Хемирезисторы. Кулонометрические сенсоры.	—

1.5	Акустические сенсоры	Пьезоэлектрический эффект. Распространение акустических волн. Сенсоры на поверхностных акустических волнах и объемно-акустических волнах. Масс-чувствительные сенсоры. Пьезоэлектрические газовые и жидкостные сенсоры. «Электронный нос» и «электронный язык». Устройство и применение в анализе.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9464">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9464</a>	
<b>2. Лабораторные занятия</b>				
2.1	Введение	Вводная беседа. Инструктаж по ТБ.	–	
2.2	Оптические сенсоры	Фотометрическое определение меди	–	
2.3			Фотометрическое определение железа	–
2.4				
2.5				
2.6				
2.7				
2.8		–		
2.9		Электрохимические сенсоры	Определение концентрации ионов в растворе с помощью ионселективных потенциометрических сенсоров	
2.10				Кулонометрическое определение меди в растворе.
2.11				
2.12				
2.13				
2.14				
2.15			–	
2.16				–
2.17	Акустические сенсоры			Установление зависимости частоты колебаний пьезосенсора от концентрации ионов в растворе
2.18				
2.19				

\* заполняется, если отдельные разделы дисциплины изучаются с помощью онлайн-курса. В колонке Примечание необходимо указать название онлайн-курса или ЭУМК. В других случаях в ячейки ставятся прочерки.

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Введение.	2	–	2	10	14
2	Основные сведения о сенсорах.	2	–	–	20	22
3	Оптические сенсоры.	6	–	14	20	40
4	Электрохимические сенсоры	6	–	14	20	40
5	Акустические сенсоры	2	–	6	20	28
	Итого:	18		38	90	144

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: указание наиболее сложных разделов, работа с конспектами лекций, презентационным материалом, рекомендации по выполнению курсовой работы, по организации самостоятельной работы по дисциплине и др).

#### Методические рекомендации по организации самостоятельной работы

Самостоятельная работа как форма организации учебной работы предусматривает следующие ее виды:

- повторение лекционного материала;
- изучение учебной, учебно-методической литературы и иных источников по инструментальным методам анализа и их применению;
- подготовка и написание рефератов на заданные темы;
- подготовка к экзамену.

Цель самостоятельной работы – это углубление и расширение знаний в области аналитической химии, инструментальных методов анализа; формирование навыка и интереса к самостоятельной познавательной деятельности, что послужит в будущем основанием для написания выпускной квалификационной работы.

В процессе изучения курса необходимо обратить внимание на самоконтроль знаний. С этой целью обучающийся после изучения каждой отдельной темы и затем всего курса по учебнику и дополнительной литературе должен проверить уровень своих знаний с помощью контрольных вопросов, которые помещены в конце каждой темы.

Для самостоятельного изучения отводятся темы, хорошо разработанные в учебных пособиях, научных монографиях и не могут представлять особенных трудностей при изучении.

Самостоятельная работа реализуется: непосредственно в процессе аудиторных занятий на кафедре при выполнении лабораторных работ; в библиотеке, дома.

Текущий контроль осуществляется в форме контрольной работы.

### **Методические рекомендации по подготовке к контрольной работе**

Контрольная работа – это средство проверки умений применять полученные знания для решения практических задач определенного типа по теме или разделу.

Контрольная работа представляет собой, выполненную в письменном виде, самостоятельную учебную работу, раскрывающую теоретические знания и практические навыки студента.

Основными целями выполнения контрольной работы являются:

- закрепление, углубление и обобщение студентами теоретических знаний, полученных в процессе изучения дисциплины;
- выработка умения систематизировать и обобщать научный и экспериментальный материал;
- развитие способности к углубленному анализу учебной и научной литературы.

В ходе выполнения работы должны быть решены следующие задачи:

- научиться анализировать и обобщать экспериментальный и литературный материал, объективные выводы, самостоятельно решать отдельные научные проблемы;
- формирование навыков оформления результатов самостоятельной работы, подготовка к выполнению выпускной квалификационной работы.

### *Структура контрольной работы:*

- Титульный лист.
- Оглавление.
- Введение (дается постановка проблемы, ее значимость и актуальность, указываются цель и задачи контрольной работы).
- Основная часть (раскрываются базовые категории, основные научно-теоретические положения вопроса, формируются определения по рассматриваемой проблеме, приводятся результаты анализа существующих источников (книг, статей, пособий и т.д.), а также таблицы, графики, рисунки и др.).
- Заключение (подводятся итоги и даются обобщенные основные выводы по работе, делаются рекомендации).
- Список литературы. (В списке литературы должно быть не менее 10 – 15 различных источников).

*Критерии оценки контрольной работы:* самостоятельность выполнения работы; систематизация и анализ изученной литературы, обоснованность выводов.

## Методические рекомендации по подготовке к зачету

При подготовке к зачету обучающийся должен повторить пройденный материал в соответствии с учебной программой, примерным перечнем учебных вопросов, выносящихся на экзамен и содержащихся в данной программе, используя конспект лекций и рекомендованную литературу. При необходимости может обратиться за консультацией и методической помощью к преподавателю.

## 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

### а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Евтюгин Г. А. Электрохимические (био)сенсоры на основе супрамолекулярных структур / Г. А. Евтюгин, И. И. Стойков - Казань : Казанский ГМУ, 2016. - 298 с. - ISBN 978-5-00019-722-6. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785000197226.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785000197226.html</a>
2	Войтович И. Д. Интеллектуальные сенсоры : учебное пособие / И. Д. Войтович, В. М. Корсунский. – 2-е изд. – Москва : ИНТУИТ, 2016. – 1164 с. – ISBN 978-5-9963-0124-9. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/100608">https://e.lanbook.com/book/100608</a>

### б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Каттралл Р.В. Химические сенсоры / Р. В. Каттралл; перевод с англ. О.О. Максименко; под ред. О. М. Петрухина – М.: Научный мир, 2000. - 143 с.
4	Аналитическая химия. Проблемы и подходы: в 2-х т. / Р. Кельнер, Ж.-М. Мерме, М. Отто, М. Видмер; перевод с англ. А. Г. Борзенко, [и др.]; под ред. Ю. А. Золотова. – М.: Мир: АСТ, 2004.- Т. 1. – 743 с.
5	Калач А.В. Введение в сенсорный анализ / А.В. Калач, А.Н. Зяблов, В.Ф. Селеменев. – Воронеж : Научная книга, 2007. – 164 с.
6	Будников Г.К. Основы современного электрохимического анализа / Г.К. Будников, В.Н. Майстренко, М.Р. Вяселев. – М. : Мир ; Бином Л.З., 2003. – 592 с.
7	Эггинс Б. Р. Химические и биологические сенсоры / Б. Р. Эггинс; перевод с англ. М. А. Слинкина; под ред. Л. Ф. Соловейчика. - М.: Техносфера, 2005. – 336 с.
8	Калач А.В. Сенсоры в анализе газов и жидкостей : монография / А.В. Калач, А.Н. Зяблов, В.Ф. Селеменев.- Воронеж : Воронеж. институт Госпротивопожарной службы МЧС России, 2011.-240 с.
9	Химические сенсоры : Проблемы аналитической химии / [Х.З. Брайнаина и др.]; Рос. акад. наук, Отделение химии и наук о материалах, Науч. совет по аналит. химии ; под ред. Ю.Г. Власова ; [сост. Ю.Г. Власов]. – Москва : Наука, 2011. – 398 с.
10	Сенсорный анализ продовольственных товаров: практикум / составители Т. И. Шпак [и др.]. – Персиановский : Донской ГАУ, 2020. – 87 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/148566">https://e.lanbook.com/book/148566</a>
11	Сальникова Е.В., Инструментальные методы анализа. Теоретические основы и практическое применение [Электронный ресурс]: учебное пособие / Сальникова Е.В. - Оренбург: ОГУ, 2017. - 121 с. - ISBN 978-5-7410-1725-8 - Режим доступа: <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785741017258.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785741017258.html</a>
12	Пашкова Е.В., Спектральные методы анализа [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Е.В. Пашкова, Е.В. Волосова, А.Н. Шипуля, Ю.А. Безгина, Глазунова Н.Н - Ставрополь : АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2017. - 56 с. - Режим доступа: <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/stavgau_00134.html">http://www.studentlibrary.ru/book/stavgau_00134.html</a>

### в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
1	Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online" <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a>
2	Электронно-библиотечная система "Лань" <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
3	Национальный цифровой ресурс "РУКОНТ" <a href="http://rucont.ru">http://rucont.ru</a>
4	Образовательный портал "Электронный университет ВГУ" <a href="https://edu.vsu.ru/">https://edu.vsu.ru/</a>
5	Сайт, посвященный сенсорам: Журналы, обзоры и публикации, производство. <a href="http://sensor.al.ru/links.html">http://sensor.al.ru/links.html</a>
6	Статьи журнала Sensors and Actuators B: Chemical расположены на сайте <a href="http://www.sciencedirect.com/science/journal/09254005">http://www.sciencedirect.com/science/journal/09254005</a>

7	Интернет ресурс для химиков <a href="http://www.chemweb.com/">http://www.chemweb.com/</a>
8	«Аналитика-Мир профессионалов» ИНТЕРНЕТ ПОРТАЛ ХИМИКОВ-АНАЛИТИКОВ <a href="http://www.anchem.ru/">http://www.anchem.ru/</a>
9	Интернет-ресурсы по методам химического анализа - <a href="http://www.rusanalytchem.org">http://www.rusanalytchem.org</a>
10	ЭУК <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9464">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9464</a>

\* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы, онлайн-курсы, ЭУМК

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)**

№ п/п	Источник
1	<i>Тутов Е.А. Сенсоры измерительно-информационных систем : учебное пособие по специальности 010803 (014100) - "Микроэлектроника и полупроводниковые приборы". Ч.1 / Е.А. Тутов, С.В. Рябцев, М.К. Шаров ; Воронеж. гос. ун-т . – Воронеж : ЛОП ВГУ, 2005. – 27 с.</i>
2	<i>Бобрешова О.В. Потенциометрические сенсоры на основе ионообменников для анализа водных растворов : учебное пособие / О.В. Бобрешова, А.В. Паршина. – Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2012. – 153 с.</i>

**17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):**

*При реализации дисциплины могут проводиться различные типы лекций (вводная, обзорная и т.д.), семинарские занятия (проблемные, дискуссионные и т.д.), применяться дистанционные образовательные технологии в части освоения лекционного материала, проведения текущей аттестации, самостоятельной работы по дисциплине или отдельным ее разделам и т.д. При применении ЭО и ДОТ необходимо в п.15 в) указать используемые ресурсы (см. пример выше)*

Для достижения цели освоения учебной дисциплины, повышения качества образования и формирования компетенций используются аудиторные (лекции, лабораторные) и внеаудиторные/интерактивные (самостоятельная работа студентов) формы обучения.

Кроме того, при реализации учебной дисциплины могут быть использованы элементы электронного обучения (ЭО) и дистанционные образовательные технологии (ДОТ) в части освоения лекционного материала, проведения текущей и промежуточной аттестации, проведения части лабораторных работ и самостоятельной работы обучающихся по дисциплине, позволяющие обеспечивать опосредованное взаимодействие (на расстоянии) преподавателей и обучающихся, включая инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>), проведение вебинаров, видеоконференций, взаимодействие в соцсетях, посредством электронной почты, мессенджеров. Для освоения дисциплины рекомендуется список литературы и ресурсы для электронного обучения (ЭО) (п. 15)

**Аудиторные:**

Основными видами аудиторной работы являются лекции и лабораторные работы. Они решают задачи формирования и развития профессиональных умений и навыков обучающихся.

*Лекции* включают в себя последовательное изложение материала преподавателем в том числе с использованием мультимедийного проектора для компьютерной презентации и видеоматериалов.

*Лабораторные работы* – форма организации обучения, интегрирующая теоретико-методологические знания, практические умения и навыки студентов в едином процессе учебно-исследовательского характера.

В ходе выполнения лабораторных работ студенты вырабатывают умения анализировать, делать выводы и обобщения, пользоваться различными приемами измерений, инструментальными методами анализа, оформлять результаты экспериментов.

Формируются практические профессиональные навыки обращения с аналитическим оборудованием.

**Внеаудиторные:**

Работа в глобальной сети (использование Интернет-технологий), поиск научной и методической информации, написание реферата.

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:** (при использовании лабораторного оборудования указывать полный перечень, при большом количестве оборудования можно вынести данный раздел в приложение к рабочей программе)

Мультимедиа проектор BENQ, ноутбук 15 Toshiba, Спектрофотометр СФ 46, Ионномер-ЭВ-74,

Фотоколориметр – КФК-2, Аналитические весы OHAUS PA64C

**19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций**

По решению кафедры оценки за экзамен/дифференцированный зачет/зачет могут быть выставлены по результатам текущей аттестации обучающегося в семестре, но не ранее, чем на заключительном занятии. При несогласии студента с оценкой последний вправе сдавать экзамен/зачет на общих основаниях.

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Раздел 1.1, 2.1. Введение	ПКВ-3	ПКВ-3.1	Лабораторная работа № 1
2	Раздел 1.2. Основные сведения о сенсорах	ПКВ-3	ПКВ-3.1	Контрольная работа
3	Раздел 1.3, 2.2 – 2.8. Оптические сенсоры	ПКВ-3	ПКВ-3.1 ПКВ-3.2	Лабораторная работа № 2 Лабораторная работа № 3
4	Раздел 1.4, 2.9 – 2.16. Электрохимические сенсоры	ПКВ-3	ПКВ-3.1 ПКВ-3.2	Лабораторная работа № 4 Лабораторная работа № 5
5	Раздел 1.5., 2.17 – 2.19. Акустические сенсоры	ПКВ-3	ПКВ-3.1 ПКВ-3.2	Лабораторная работа № 6 Контрольная работа
Промежуточная аттестация форма контроля - экзамен				Перечень вопросов

**20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания**

**20.1 Текущий контроль успеваемости**

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Лабораторные работы, Контрольная работа

(наименование оценочного средства текущего контроля успеваемости)

Перечень лабораторных работ:

- Лабораторная работа № 1. Общая характеристика сенсорных систем. Инструктаж по ТБ.
- Лабораторная работа № 2. Фотометрическое определение меди.
- Лабораторная работа № 3. Фотометрическое определение железа.
- Лабораторная работа № 4. Определение концентрации ионов в растворе с помощью ионселективных потенциометрических сенсоров.
- Лабораторная работа № 5. Кулонометрическое определение меди в растворе.
- Лабораторная работа № 6. Установление зависимости частоты колебаний пьезосенсора от концентрации ионов в растворе.

## Описание технологии проведения

Лабораторные работы включают самостоятельную проработку теоретического материала обучающимся, изучение методик проведения и планирование эксперимента, освоение измерительных средств, обработку и интерпретацию экспериментальных данных. В ряд работ включены контрольные задания по определению неизвестных концентраций веществ, выдаваемых преподавателем.

При защите лабораторной работы (сдаче отчета о ее выполнении) обучающийся должен уметь объяснять цели, задачи, ход проведения работы, ее результаты, сделанные выводы, а также основные конструктивные особенности используемого оборудования.

## Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания)

### Критерии оценки лабораторной работы

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Обучающийся владеет теоретическими основами методов анализа, лабораторная работа выполнена, сделаны правильные наблюдения и выводы (допускаются некоторые малозначительные ошибки, которые студент обнаруживает и быстро исправляет самостоятельно или при помощи преподавателем), что соответствует освоению компетенций.</i>	<i>Повышенный уровень Базовый уровень Пороговый уровень</i>	<i>Зачтено</i>
<i>Обучающийся не знает методики выполнения практической работы и ее теоретических основ, не может самостоятельно провести исследование, делает грубые ошибки в интерпретации полученных результатов, не может сформулировать выводы, оформить работу, что соответствует не освоению компетенций.</i>	–	<i>Неудовлетворительно</i>

### Перечень вопросов к контрольной работе № 1.

1. Предмет, цели и задачи сенсорного анализа.
2. Основные сведения о сенсорах.
3. Устройство химического сенсора. Распознающие элементы. Трансдюсеры.
4. Перспективы использования сенсорных систем в мониторинге окружающей среды.
5. Аналитические характеристики.

### Перечень вопросов к контрольной работе № 2.

- 1..Оптоволоконные сенсоры. Принцип работы.
2. Потенциометрические химические сенсоры.
3. Электрохимические биосенсоры.
4. Сенсоры на основе полевых транзисторов.
5. Сенсоры на поверхностных акустических волнах и объемно-акустических волнах.

## Описание технологии проведения контрольной работы

*Контрольная работа* – форма проверки качества освоения студентом учебного материала. Весь процесс написания контрольной работы можно условно разделить на следующие этапы:

- выбор темы и составление плана контрольной работы по установленной теме;
- подбор и анализ литературы;
- написание контрольной работы и направление ее на проверку;
- доработка контрольной работы в случае возникновения замечаний у руководителя;
- сдача контрольной работы.

Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания)

*Критериями оценки контрольной работы являются:* самостоятельность выполнения работы, новизна текста, обоснованность выбора источников литературы, точность и правильность проведенного анализа, обоснованность выводов, соблюдения требований к оформлению.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<p><i>Выполнены все требования к написанию и защите контрольной работы: соответствие плана теме работы; соответствие содержания теме и плану работы; правильность выполнения эксперимента; грамотное применение математической обработки результатов анализа; обоснованность выводов; полнота и глубина раскрытия основных понятий проблемы; умение работать с литературой, систематизировать и структурировать материал; правильное оформление ссылок на используемую литературу; умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения по рассматриваемому вопросу, аргументировать основные положения и выводы; отсутствие орфографических и синтаксических ошибок, стилистических погрешностей, что соответствует полному освоению компетенций.</i></p> <p><i>Выполнены основные требования к контрольной работе, но при этом допущены недочеты. Имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; имеются упущения в оформлении, что соответствует освоению компетенций.</i></p>	<p><i>Повышенный уровень</i> <i>Базовый уровень</i> <i>Пороговый уровень</i></p>	<p><i>Зачтено</i></p>
<p><i>Тема контрольной работы не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы. Текст полностью заимствован из интернет-источника или контрольная работа не выполнена или представлена вовсе, что соответствует не освоению компетенций.</i></p>	<p>–</p>	<p><i>Неудовлетворительно</i></p>

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Собеседование по билетам к зачету

(наименование оценочного средства промежуточной аттестации)

Перечень вопросов к экзамену (зачету) и порядок формирования КИМ

### Раздел 1. Введение

Предмет, цели и задачи сенсорного анализа. Основные сведения о сенсорах.

### Раздел 2. Основные сведения о сенсорах

Основные сведения о сенсорах. Терминология. Распознающие элементы. Трансдюсеры. Методы иммобилизации. Аналитические характеристики.

### Раздел 3. Оптические сенсоры

Оптические сенсоры. Принцип работы оптоволоконных сенсоров. Спектроскопия поглощения в видимом диапазоне. Оптические газовые сенсоры. Сенсоры, основанные на спектроскопии внутреннего отражения. Методы светорассеяния. Спектроскопия квазиупругого рассеяния света. Фотонно-корреляционная спектроскопия. Оптические сенсоры. Измерение pH. Измерение CO<sub>2</sub>. Измерение аммиака. Примеры оптических биосенсоров.

### Раздел 4. Электрохимические сенсоры

Электрохимические сенсоры и биосенсоры. Твердофазные потенциометрические химические сенсоры. Потенциометрические химические сенсоры с полимерными мембранами. Вольт-амперометрические химические сенсоры. Кондуктометрические и кулонометрические сенсоры. Твердоэлектролитные и полупроводниковые газовые сенсоры. Применение сенсоров на основе полевых транзисторов. Химически чувствительные полевые транзисторы. Ферментные полевые транзисторы.

## Раздел 5. Акустические сенсоры

Пьезоэлектрический эффект. Распространение акустических волн. Сенсоры на поверхностных акустических волнах и объемно-акустических волнах. Масс-чувствительные сенсоры. Пьезоэлектрические газовые и жидкостные сенсоры. Мультисенсорные системы в экологии.

### Описание технологии проведения

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний, позволяющие оценить степень сформированности умений.

Технология проведения зачета с оценкой, включает в себя:

1. Выдача билетов к зачету и чистых листов ответов. (Билеты к зачету выдаются обучающимся индивидуально).
2. Фиксирование времени начала и доведение до студентов времени окончания зачета.
3. Ответы обучающихся на билеты к зачету в письменном виде с заполнением листов ответов. (При необходимости в них кроме текста приводятся рисунки, схемы, таблицы, диаграммы).
4. Сбор билетов к зачету и листов ответов.
5. Проверка листов ответов и выставление оценок.

Во время зачета обучающимся запрещается разговаривать, ходить по аудитории, пользоваться сотовыми телефонами, шпаргалками, конспектами, учебниками и другой учебно-методической литературой, а также вносить пометки в экзаменационные билеты. Студенты, нарушившие перечисленные требования, удаляются с экзамена.

### Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Обучающийся в полной мере владеет теоретическими основами физико-химических методов анализа, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в физико-химическом анализе, что соответствует полному освоению компетенций.</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<i>Обучающийся владеет теоретическими основами физико-химических методов анализа, способен иллюстрировать ответ примерами, допускает незначительные ошибки, неточности, которые исправлены после замечания преподавателя, что соответствует не достаточно полному освоению компетенций.</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал неполный, без обоснований, объяснений. Демонстрирует частичные знания учебного материала, значительные затруднения в вопросах проведения анализа, что показывает недостаточное владение компетенциями. Ошибки устраняются по дополнительным вопросам преподавателя</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал фрагментарный. Обучающийся демонстрирует несистематические, отрывочные знания, допускает грубые, принципиальные ошибки, которые не устранены после дополнительных наводящих вопросов, что соответствует не освоению компетенций.</i>	<i>–</i>	<i>Неудовлетворительно</i>