

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Димитровградский инженерно-технологический институт –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ДИТИ НИЯУ МИФИ)



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Физико-химические методы анализа»

Специальность 18.05.02 Химическая технология материалов современно энергетики

Квалификация выпускника инженер

Специализация Химическая технология материалов ядерного топливного цикла

Форма обучения очная

Выпускающая кафедра Кафедра радиохимии

Кафедра-разработчик рабочей программы Кафедра радиохимии

Семестр	Трудоемкость час. (ЗЕТ)	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет/кр)
5	144(4)	34	34	0	76	Зачет с оценкой
6	180(5)	36	36	36	36	Экзамен
Итого	324(9)	70	70	36	112	

Димитровград
2021 г.

Рабочая программа разработана в соответствии с требованиями Федерального закона от 29.12.2012г. №273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», Образовательного стандарта высшего образования, самостоятельно установленного НИЯУ МИФИ (далее – Образовательный стандарт (или ОС) НИЯУ МИФИ), по специальности__18.05.02 *Химическая технология материалов современной энергетики*, утвержденного Ученым советом университета (протокол № 18/03 от 31.05.2018 г., актуализировано Ученым советом университета (протокол № 21/11 от 27.07.2021 г.)), учебного плана ДИТИ НИЯУ МИФИ.

Составитель рабочей программы

Старший преподаватель _____ Чернакова Т.А.

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры радиохимии _____

Зав. кафедрой-разработчика

«__» _____ 20__ г. _____ Лизин А.А.

СОГЛАСОВАНО:

Зав. выпускающей кафедрой

«__» _____ 20__ г. _____ Лизин А.А.

Руководитель ООП

«__» _____ 20__ г. _____

СОДЕРЖАНИЕ

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	4
2 ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	4
3 ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ	5
4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	6
5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	10
6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ).....	11
7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	19
8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	20
9 ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ.....	21

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: ознакомление студентов с основными задачами современной аналитической химии в области теории и практики, изучение логики, терминологии и содержания аналитической химии, выбор метода анализа и исследования, рациональное сочетание методов разделения, определения и концентрирования, сопоставление методов и результатов анализа на основе аналитико-метрологических характеристик, требования к качеству результатов химического анализа.

Задачи освоения дисциплины **состоит** :

- в изучении теоретических основ методов анализа на основе общих принципов аналитической химии;
- в освоении важнейших стандартных методик аналитической химии, широко используемых в современной практике, на содержательной основе которых становится возможным изучение циклов соответствующих специальных дисциплин направления;
- в осознании студентом важности аналитического контроля и проблем обеспечения качества результатов количественного химического анализа на основе действующих нормативных документов;
- в стимулировании творческой самостоятельной работы студента, направленной на углубленное изучение курса и на понимание сущности профессиональной ответственности аналитика;
- в освоении студентом одной из методических особенностей курса, связанной с активным использованием в нем номенклатурных правил и рекомендаций ИЮПАК.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций и индикаторов их достижения в соответствии с ОС НИЯУ МИФИ и ООП ВО по специальности.

Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
ОПК-2 Способен использовать современное технологическое и аналитическое оборудование в профессиональной и научно-исследовательской деятельности	З-ОПК-2 Знать: современное технологическое и аналитическое оборудование применяемое в атомной отрасли, способы его использования при проведении научных исследований У-ОПК-2 Уметь: обоснованно выбирать технологическое и аналитическое оборудование для решения задач своей профессиональной деятельности; уметь анализировать полученные результаты научных исследований В-ОПК-2 Владеть: навыками работы на современном технологическом и аналитическом оборудовании и проведения с его использованием научных исследований
ОПК-3 Способен проводить научные исследования и анализ полученных результатов	З-ОПК-3 Знать: организационные принципы и основные этапы проведения научно-исследовательских работ. У-ОПК-3 Уметь: проводить предварительную оценку методов исследований, выбирать оптимальную методику исследований и аналитическое оборудование, осуществлять исследование и самостоятельно обрабатывать его результаты. В-ОПК-3 Владеть: навыками проведения научных исследований с использованием современного технологического и аналитического оборудования.

В результате изучения дисциплины студент специалитета должен:

Знать:

- основные принципы, лежащие в основе радиохимических методов анализа;
- спектр задач, решаемых с использованием радиоизотопов;
- основные положения, лежащие в основе выбора метода анализа и схемы анализа;
- основные положения учета погрешностей на всех стадиях выполнения анализа и расчета

результатов анализа;

- основные пути выделения, разделения и концентрирования радиоизотопов;

Уметь:

• выполнять качественный и количественный анализ с использованием радиохимических методов;

- выбирать условия и методику радиохимического анализа для решения задач;

• самостоятельно работать с учебной, научной, нормативной и справочной литературой, вести поиск, превращать полученную информацию в средство для решения профессиональных задач;

Владеть:

- основными приемами, применяемыми для проведения радиохимического анализа;

• методами математической статистики для обработки экспериментальных результатов, полученных в ходе радиохимического анализа;

- знаниями по процессам, лежащих в основе радиохимических методов анализа.

3 ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное и трудовое воспитание	В14 формирование глубокого понимания социальной роли профессии, позитивной и активной установки на ценности избранной специальности, ответственного отношения к профессиональной деятельности, труду	Использование воспитательного потенциала дисциплины для: - формирования позитивного отношения к профессии инженера, понимания ее социальной значимости и роли в обществе, стремления следовать нормам профессиональной этики посредством контекстного обучения, решения практико-ориентированных ситуационных задач; - формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, способности критически, самостоятельно мыслить, понимать значимость профессии посредством осознанного выбора тематики проектов, выполнения проектов с последующей публичной презентацией результатов, в том числе обоснованием их социальной и практической значимости; - формирования навыков командной работы, в том числе реализации различных проектных ролей (лидер, исполнитель, аналитик и пр.) посредством выполнения совместных проектов.
	В15 формирование психологической готовности к профессиональной деятельности по избранной профессии	Использование воспитательного потенциала дисциплины для: - формирования устойчивого интереса и мотивации к профессиональной деятельности, потребности в достижении результата, понимания функциональных

		обязанностей и задач избранной профессиональной деятельности, чувства профессиональной ответственности через выполнение учебных, в том числе практических заданий, требующих строгого соблюдения правил техники безопасности и инструкций по работе с оборудованием в рамках лабораторного практикума.
--	--	--

4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Радиохимические методы анализа» относится к основной части общепрофессионального модуля учебного плана по специальности 18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики.

4.1 Объем дисциплины

Общая трудоемкость (объем) «Радиохимические методы анализа» составляет 9 зачетных единиц (ЗЕТ), 324 академических часов.

Таблица 4.1 Объём дисциплины по видам учебных занятий

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. часов)	Семестр	
		5	6
Контактная работа с преподавателем в том числе: – аудиторная по видам учебных занятий	9	4	5
– лекции	70	34	36
– практические занятия	70	34	36
– лабораторные работы	36	-	36
Самостоятельная работа обучающихся в том числе:	112	76	36
– изучение теоретического курса	72	56	16
– расчетно-графические задания, задачи	40	20	20
– реферат, эссе	-	-	-
– подготовка курсового проекта	-	-	-
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)		зачет	экз., 36
Итого по дисциплине	324	144	180
в том числе в форме практической подготовки (при наличии)	-	-	-

Таблица 4.2 - Распределение учебной нагрузки по разделам дисциплины

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, включая самостоятельную работу студентов, акад. часы						Формируемые индикаторы освоения компетенций
		Лекции	Практические занятия	в том числе в форме практической подготовки	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов	
1	Общая характеристика и классификация физико-химических методов анализа.	6	6	4	-	16	28	ОПК-2

2	Электрохимические методы анализа	16	22	20	-	76	114	ОПК-2, ОПК-3
4	Спектроскопические методы	20	20	18	18	10	68	ОПК-2, ОПК-3
5	Хроматография Ядерно-физический методы анализа Электронная микроскопия	28	22	20	18	10	78	ОПК-2, ОПК-3

4.2 Содержание дисциплины

Таблица 4.3 - Лекционный курс

№ лекции	Номер раздела	Тема лекции	Трудоемкость, акад. часов	
			всего	в том числе с использованием интерактивных образовательных технологий
1	1	Особенности и области применения физико-химических методов анализа. Основные физико-химические методы анализа.	2	1
2	1	Основные приемы, используемые в физико-химических методах анализа (метод градуировочного графика, метод молярного состава, метод титрования)	2	1
3	1	Физические величины для выражения химического состава вещества (международная система единиц, закон химического эквивалента, оценочные и точные расчеты)	2	1
4	2	Основные понятия. Потенциометрические методы анализа	2	1
5	2	Потенциометрические методы анализа (индикаторные электроды и электроды сравнения, ионоселективные электроды).	2	1
6	2	Потенциометрические методы анализа (выполнение потенциометрических измерений, потенциометрическое титрование).	2	1
7	2	Вольтамперометрические методы анализа (общие сведения)	2	1
8	2	Вольтамперометрические методы анализа (постоянноточковая полярография, количественный анализ в полярографии).	2	1
9	2	Вольтамперометрические методы анализа (аналитические возможности постоянноточковой полярографии, вольтамперометрия).	2	1
10	2	Кулонометрические методы анализа	2	1

		(общие сведения, прямая кулонометрия (кулонометрическое титрование))		
11	2	Кулонометрические методы анализа (косвенная кулонометрия (кулонометрическое титрование))	2	1
12	3	Общая характеристика и классификация спектроскопических методов	2	1
13	3	Излучение и его взаимодействие с веществом.	2	1
14	3	Приборы для спектрального анализа.	2	1
15	3	Атомные спектральные методы (основные принципы атомного спектрального анализа, атомно-эмиссионная спектроскопия).	2	1
16	3	Атомные спектральные методы (атомно-абсорбционная спектроскопия, атомно-флуорисцентная спектроскопия).	2	1
17	3	Молекулярные спектральные методы	2	1
18	3	Молекулярно-абсорбционный анализ в ультрафиолетовой и видимой областях спектра, молекулярно-абсорбционный анализ в инфракрасной области	2	1
19	3	Фурье спектроскопия, качественный анализ методом ИК спектроскопии	2	1
20	3	Рефрактометрический метод анализа	2	1
21	3	Рентгеновский спектральный анализ.	2	1
22	4	Хроматография. Основные понятия.	2	1
23	4	Количественные характеристики хроматографии	2	1
24	4	Теоретические основы хроматографии. Общая схема хроматографического анализа	2	1
25	4	Газовая хроматография. Жидкостная хроматография. Планарная хроматография.	2	1
26	4	Масс-спектрометрия. Основные понятия. Принцип работы масс-спектрометра.	2	1
27	4	Количественный и качественный анализ методом масс-спектрометрии.	2	1
28	4	Ядерно-физические методы анализа. Основные понятия.	2	1
29	4	Активационные ядерно-физические методы (теоретические основы, нейтронно-активационный и гамма-активационный анализы, активационный анализ на заряженных частицах	2	1
30	4	Неактивационные ядерно-физические методы.	2	1
31	4	Электронная микроскопия. Основные понятия. Просвечивающая и сканирующая электронная микроскопия.	2	1

32	4	Электронные и ионные микроскопы.	2	1
33	4	Современные сканирующие (растровые) электронные микроскопы.	2	1
34	4	Рентгеновский микроанализ.	2	1
35	4	Аналитическая электронная микроскопия.	2	1
Итого:			70	35

Таблица 4.4 - Практические занятия

№ занятия	Номер раздела	Наименование практического занятия	Трудоемкость, акад. часов	
			всего	в том числе в форме практической подготовки
1	1	Вводное Тестирование	2	-
2	1	Физические величины для выражения химического состава вещества	2	2
3	1	Тестирование	2	-
4	2	Потенциометрические методы анализа	6	6
5	2	Полярографические методы анализа	6	6
6	2	Кулонометрический и кондуктометрический методы анализа	8	6
7	2	Контрольная работа № 1	2	-
8	3	Колориметрические методы анализа	6	6
9	3	Фотометрические методы анализа	6	6
10	3	Рефрактометрические методы анализа	6	4
11	3	Контрольная работа № 2	2	-
12	4	Спектральные методы анализа.	6	6
13	4	Тестирование	2	-
14	5	Хроматография	6	6
15	5	Ядерно-физические методы анализа	6	4
16	5	Тестирование	2	-
Итого:			70	60

Таблица 4.5 - Лабораторные работы

№ занятия	Номер раздела	Наименование лабораторной работы	Трудоемкость, акад. часов	
			всего	в том числе в форме практической подготовки
1	3	Определение серной и фосфорной кислоты при совместном присутствии Инверсионная вольтамперометрия Определение кислоты кондуктометрическим титрованием Определение неизвестных органических соединений методом инфракрасной спектроскопии Определение фосфорной кислоты	18	18
2	4	Определение содержания меди в растворе Спектрофотометрическое определение	18	18

		перманганата калия и дихромата калия при совместном присутствии Идентификация органических веществ методом рефрактометрии. Рефрактометрическое определение органических веществ		
Итого:			36	36

Таблица 4.6 - Самостоятельная работа студента

Раздел дисциплины	№ п/п	Вид самостоятельной работы студента	Трудоемкость, часов
1	1.1	изучение теоретического курса	4
	1.2	подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	8
	1.3	выполнение домашнего задания	4
2	2.1	изучение теоретического курса	8
	2.2	подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	24
	2.3	выполнение домашнего задания	20
	2.4	написание реферата	24
3	3.1	изучение теоретического курса	6
	3.2	выполнение домашнего задания	4
4	4.1	изучение теоретического курса	6
	4.2	выполнение домашнего задания	4
ИТОГО:			112

5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной работы и дающие наиболее эффективные результаты освоения дисциплины:

1. ЛЕКЦИЯ, мастер-класс (Лк, МК) – передача учебной информации от преподавателя к студентам, как правило с использованием компьютерных и технических средств, направленная в основном на приобретение студентами новых теоретических и фактических знаний. Наиболее распространенные виды (формы) организации учебного процесса для достижения определенных результатов обучения и компетенций:

Информационная лекция.

Проблемная лекция – в отличие от информационной лекции, на которой сообщаются сведения, предназначенные для запоминания, на проблемной лекции знания вводятся как «неизвестное», которое необходимо «открыть». Проблемная лекция начинается с вопросов, с постановки проблемы, которую в ходе изложения материала необходимо решить. При этом выдвигаемая проблема требует не однотипного решения, готовой схемы которого нет. Данный тип лекции строится таким образом, что деятельность студента по ее усвоению приближается к поисковой, исследовательской. На подобных лекциях обязателен диалог преподавателя и студентов.

Лекция-визуализация – учит студента преобразовывать устную и письменную информацию в визуальную форму, выделяя при этом наиболее значимые и существенные элементы. На лекции используются схемы, рисунки, чертежи и т.п., к подготовке которых привлекаются обучающиеся. Проведение лекции сводится к связному развернутому комментированию преподавателем подготовленных наглядных пособий. При этом важна логика и ритм подачи учебного материала. Данный тип лекции хорошо использовать на введения студентов в новый раздел, тему, дисциплину.

Лекция с заранее запланированными ошибками, которые должны обнаружить студенты. Список ошибок передается студентам лишь в конце лекции. Подбираются наиболее распространенные ошибки, которые делают как студенты, так и преподаватели во время чтения лекций. Студенты во время лекции должны обнаружить ошибки и занести их в конспект. В конце лекции проводится их обсуждение.

Лекция-беседа, лекция-дискуссия.

2. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА (СР) – изучение студентами теоретического материала, подготовка к лекциям, лабораторным работам, практическим и семинарским занятиям, оформление конспектов лекций, написание рефератов, отчетов, курсовых работ, проектов, работа в электронной образовательной среде и др. для приобретения новых теоретических и фактических знаний, теоретических и практических умений.

3. КОНСУЛЬТАЦИЯ, тьюторство (Конс., тьют.) – индивидуальное общение преподавателя со студентом, руководство его деятельностью с целью передачи опыта, углубления теоретических и фактических знаний, приобретенных студентом на лекциях, в результате самостоятельной работы, в процессе выполнения курсового проектирования и др.

4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ (Пр. зан.) – решение конкретных задач (математическое моделирование, расчеты и др.) на основании теоретических и фактических знаний, направленное в основном на приобретение новых фактических знаний и теоретических умений.

5. СЕМИНАР, коллоквиум (Сем., колл.) – систематизация теоретических и фактических знаний в определенном контексте (подготовка и презентация материала по определенной теме, обсуждение ее, формулирование выводов и заключения), направленная в основном на приобретение новых фактических знаний и теоретических умений.

Типы практических занятий, используемых при изучении дисциплины:

Кейс-метод. Его название происходит от английского слова «кейс» – папка, чемодан, портфель (в то же время «кейс» можно перевести и как «случай, ситуация»). Процесс обучения с использованием кейс-метода представляет собой имитацию реального события, сочетающую в целом адекватное отражение реальной действительности, небольшие материальные и временные затраты и вариативность обучения. Учебный материал подается студентам виде проблем (кейсов), а знания приобретаются в результате активной и творческой работы: самостоятельного осуществления целеполагания, сбора необходимой информации, ее анализа с разных точек зрения, выдвижения гипотезы, выводов, заключения, самоконтроля процесса получения знаний и его результатов.

Основные виды образовательных технологий

Информационные технологии – обучение в электронной образовательной среде с целью расширения доступа к образовательным ресурсам (теоретически к неограниченному объему и скорости доступа), увеличения контактного взаимодействия с преподавателем, построения индивидуальных траекторий подготовки и объективного контроля и мониторинга знаний студентов.

Работа в команде – совместная деятельность студентов в группе под руководством лидера, направленная на решение общей задачи путем творческого сложения результатов индивидуальной работы членов команды с делением полномочий и ответственности.

Проблемное обучение – стимулирование студентов к самостоятельному приобретению знаний, необходимых для решения конкретной проблемы.

Контекстное обучение – мотивация студентов к усвоению знаний путем выявления связей между конкретным знанием и его применением. При этом знания, умения, навыки даются не как предмет для запоминания, а в качестве средства решения профессиональных задач.

Обучение на основе опыта – активизация познавательной деятельности студента за счет ассоциации и собственного опыта с предметом изучения.

Междисциплинарное обучение – использование знаний из разных областей, их группировка и концентрация в контексте решаемой задачи.

Опережающая самостоятельная работа – изучение студентами нового материала до его изучения в ходе аудиторных занятий.

6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ)

Фонд оценочных средств, включающий типовые задания, контрольные работы, тесты и методы контроля, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, приведен в Приложении.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о рейтинговой системе оценки знаний студентов ДИТИ НИЯУ МИФИ.

Входной контроль представляет собой перечень из 10-15 основных вопросов, ответы на которые студент должен знать в результате изучения предыдущих дисциплин (общей и неорганической химии, математики, физики). Поставленные вопросы требуют точных и коротких ответов. Входной контроль проводится в письменном виде на первой лекции в течение 20 минут.

Примеры вопросов входного контроля

1. Истинным раствором называется.....
2. Растворы могут быть в трех агрегатных состояниях:.....
3. Жидкие растворы состоят из
4. Концентрированные растворы – это растворы.....
5. Разбавленные растворы – это растворы.....
6. Насыщенные растворы – растворы, в которых....., при этом значение энергии Гиббса
7. Ненасыщенный раствор – раствор, в котором....., при этом значение энергии Гиббса
8. Перенасыщенный раствор – раствор, в котором....., при этом значение энергии Гиббса.....
9. Концентрация раствора – это.....
10. Перечислите основные шесть способов выражения концентрации растворов, и укажите единицу измерения.....

Текущий контроль студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем(-ями), ведущими лабораторные работы и практические занятия по дисциплине, в следующих формах:

- выполнение и сдача лабораторных работ
- тестирование
- контрольные работы

Пример лабораторной работы

Лабораторная работа №2

«СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРМАНГАНАТА КАЛИЯ И ДИХРОМАТА КАЛИЯ ПРИ СОВМЕСТНОМ ПРИСУТСТВИИ»

Цель работы:

Ознакомление с методикой спектрофотометрического анализа двухкомпонентной смеси с наложением спектров поглощения. Определение масс дихромата и перманганата калия при совместном присутствии.

Сущность работы.

Ионы MnO_4^- и $Cr_2O_7^{2-}$ интенсивно окрашены и поглощают свет в видимой области спектра (рис. 14). Значения их молярных коэффициентов поглощения ϵ в области максимального поглощения достаточно велики, что позволяет проводить определение каждого иона по собственному поглощению, без перевода в окрашенные соединения.

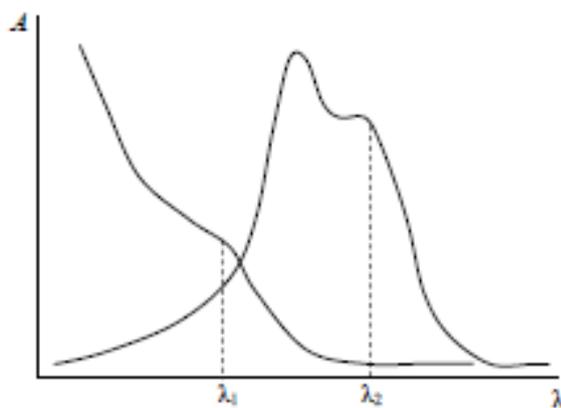


Рисунок 14 – Вид спектров поглощения KMnO_4 и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

В соответствии с законом аддитивности для любой выбранной длины волны суммарное поглощение раствора равно:

$$\sum A^{\lambda_i} = A_{\text{KMnO}_4}^{\lambda_i} + A_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}^{\lambda_i}$$

Для вычисления двух неизвестных достаточно составить два уравнения, выражающих суммарную оптическую плотность раствора при двух различных длинах волн. По возможности выбирают такие длины волн, при которых поглощающая способность компонентов смеси различна. Спектры поглощения перманганата и дихромата перекрываются частично, поэтому целесообразно выбрать первую длину волны λ_2 , при которой нет поглощения света дихроматом, и вторую длину волны λ_1 , при которой поглощают свет оба компонента раствора. Система уравнений в этом случае имеет вид:

$$A_{\lambda_1} = A_{X,\lambda_1} + A_{Y,\lambda_1} = \varepsilon_{X,\lambda_1} \cdot l \cdot C_X + \varepsilon_{Y,\lambda_1} \cdot l \cdot C_Y \quad (5)$$

$$A_{\lambda_2} = A_{X,\lambda_2} + A_{Y,\lambda_2} = \varepsilon_{X,\lambda_2} \cdot l \cdot C_X + \varepsilon_{Y,\lambda_2} \cdot l \cdot C_Y \quad (6)$$

можно упростить. С этой целью для измерений оптической плотности анализируемой смеси необходимо выбрать длины волн λ_1 и λ_2 так, чтобы при λ_1 хорошо поглощали свет оба вещества, а при λ_2 – только KMnO_4 .

Тогда можно записать:

$$A_{\lambda_1} = A_{\text{KMnO}_4,\lambda_1} + A_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7,\lambda_1} = \varepsilon_{\text{KMnO}_4,\lambda_1} \cdot l \cdot C_{\text{KMnO}_4} + \varepsilon_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7,\lambda_1} \cdot l \cdot C_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}, \quad (7)$$

$$A_{\lambda_2} = A_{\text{KMnO}_4,\lambda_2} = \varepsilon_{\text{KMnO}_4,\lambda_2} \cdot l \cdot C_{\text{KMnO}_4} \quad (8)$$

Для решения этой системы линейных уравнений предварительно вычисляют молярные коэффициенты поглощения перманганата при λ_1 и λ_2 и дихромата при λ_1 , измеряя оптические плотности стандартных растворов компонентов известной концентрации.

Во втором варианте определения содержания дихромата и перманганата калия используется метод градуировочных графиков. С этой целью определяются оптические плотности серии стандартных растворов KMnO_4 при λ_1 и λ_2 и оптические плотности серии стандартных растворов $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ при λ_1 . По полученным данным для стандартных растворов перманганата и дихромата строят градуировочные графики в координатах $A - V_{\text{ст}}$ (рис. 15).

Измерив оптическую плотность анализируемого раствора при λ_2 , по графику (рис. 6) определяют объем стандартного раствора KMnO_4 , соответствующий содержанию KMnO_4 в исследуемом растворе, и долю оптической плотности перманганата в суммарной оптической плотности раствора, измеренной при длине волны λ_1 .

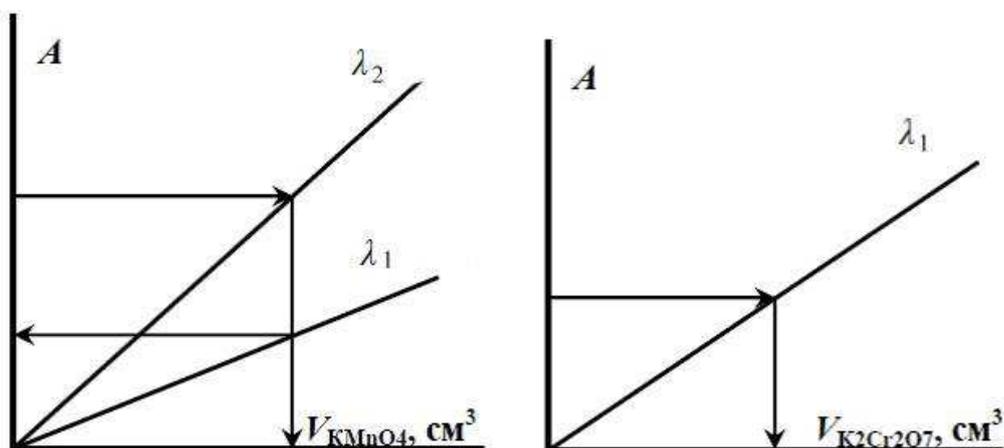


Рисунок 15 – Градуировочные графики для перманганата калия и дихромата калия

Разность между суммарной оптической плотностью и оптической плотностью перманганата при λ_1 , определенной по графику (рис. 6), дает значение оптической плотности дихромата при длине волны λ_1 . По этому значению находят объем стандартного раствора $K_2Cr_2O_7$, соответствующий содержанию $K_2Cr_2O_7$ в анализируемом растворе (рис. 6).

Реактивы.

Анализируемый раствор,
содержащий 5 – 50 мг/дм³ дихромата и перманганата калия.
дихромат калия (ГОСТ 2652–78),
стандартный раствор $K_2Cr_2O_7$, $T = 2,94 \cdot 10^{-3}$ г/см³;
перманганат калия (ГОСТ 20490–75),
стандартный раствор $KMnO_4$, $T = 3,16 \cdot 10^{-4}$ г/см³;
кислота серная (ГОСТ 4204–77),
раствор H_2SO_4 концентрации 1 моль/дм³;
вода дистиллированная (ГОСТ 6709–72).

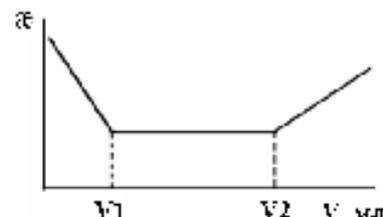
Посуда и оборудование.

Спектрофотометр ПЭ-5400ВИ
Цилиндры, мензурки, колбы (ГОСТ 1770–74)
Бюретки, пипетки (ГОСТ 20292–74Е)

Пример теста

- Какая величина является аналитическим сигналом в кондуктометрии?
 - U
 - χ
 - I
 - R
- Какой электрический параметр является аналитическим сигналом в методах прямой кондуктометрии?
 - удельная электропроводность;
 - сила тока;
 - эквивалентная электропроводность;
 - предельная эквивалентная электропроводность.
- Какие электроды используются в методах низкочастотной кондуктометрии?
 - два электрода: поляризованный индикаторный и электрод сравнения;
 - два идентичных неполяризованных электрода;
 - три электрода: поляризованный индикаторный, вспомогательный и электрод сравнения;

- один поляризованный электрод.
4. Единицей измерения электропроводности является:
- ампер;
 ом;
 сименс;
 кулон.
5. Когда эквивалентная электропроводность имеет предельно высокое значение?
- в насыщенных растворах;
 в растворах средних концентраций;
 в очень концентрированных растворах;
 в бесконечно разбавленных растворах.
6. В основе метода прямой кондуктометрии лежит зависимость:
- Электрического сопротивления раствора от напряжения;
 Силы тока от электрического сопротивления раствора;
 Силы тока от подвижности ионов в растворе;
 Электрической проводимости от концентрации вещества.
7. Как определяется точка эквивалентности в методе кондуктометрического титрования:
- По измерению окраски индикатора;
 По резкому изменению pH;
 По излому кривой;
 По скачку титрования
8. Рассчитайте массу меди (г) по результатам кондуктометрического титрования смеси H_2SO_4 и $CuSO_4$, если в качестве титранта использовали 0,1М раствор NaOH, причем $V_1=7,0$ мл, $V_2=19,0$ мл, $M(Cu)=63,55$ г/моль
- 0,7626;
 0,0763;
 0,800;
 0,0381
9. На чем основан метод кондуктометрического титрования?
- на изменении электропроводности раствора в процессе электролиза;
 на изменении диэлектрической проницаемости раствора в процессе титрования;
 на изменении электропроводности раствора в ходе титрования;
10. Какой из перечисленных растворов концентрации 0,1 моль/л имеет наибольшую электрическую проводимость:
- KOH
 Na_2SO_4
 NaCl
 HNO_3



Пример контрольной работы

Зависимость аналитического сигнала от количественного состава пробы

Какими уравнениями выражается основной закон светопоглощения Бугера -Ламберта - Бера?

Определить процентное содержание марганца в стали по следующим значениям почернений S линий гомологической пары:

параметры	Эталоны			Исследуемый образец
	I	II	III	
C(Mn),%	0,10	0,38	1,90	-
S (Fe)	0,98	0,94	0,99	0,75
S(Mn)	0,71	0,90	1,24	0,61

Из навески стали $m = 0.3170$ г после соответствующей обработки получили 1000 мл окрашенного раствора диметилглиоксимины никеля. Относительная оптическая плотность этого раствора, измеренная по отношению к раствору сравнения, содержащему 30 мг Ni в 1000мл, оказалась $A_{x(отн)}=0,37$.

Относительные оптические плотности четырех стандартных растворов, содержащих 9,00; 15,0; 18,0 и 24,0 мг Ni в 1000 мл, оказались соответственно 0,22; 0,48; 0,60 и 0,87.

Построить калибровочный график в координатах $A_{отн} - (C_{cp} - C_{ст})$ и определить процентное содержание никеля в стали.

Отдельно оцениваются личностные качества студента (аккуратность, исполнительность, инициативность) – работа у доски, своевременная сдача тестов, отчетов к лабораторным работам и письменных домашних заданий.

Примеры контрольных работ

ФГАОУ ВПО «ДИТИ НИЯУ МИФИ»

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1

по дисциплине «**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА**»

для специальности **18.05.02 «Химическая технология**

материалов современной энергетики»

ВАРИАНТ № 1

Что такое аналитический сигнал? Как получить полезный аналитический сигнал?

Что называют коэффициентом пропускания T и оптической плотностью A ? В каких пределах изменяются эти величин?

Определить процентное содержание марганца в стали по следующим значениям почернений S линий гомологической пары:

параметры	Эталоны			Исследуемый образец
	I	II	III	
C(Mn),%	0.33	0.89	3.03	-
S (Fe)	1.33	1.24	1.14	1.08
S(Mn)	0.95	1.06	1.20	0.96

Перекисные комплексы титана и ванадия при $\lambda_{эфф}=432\text{нм}$ (с. ф. 8) интенсивно поглощают свет. При $\lambda_{эфф}=619\text{нм}$ (с. ф. 3) поглощает практически только комплекс ванадия. Для построения калибровочного графика приготовили по четыре стандартных раствора перекисных комплексов, содержащих по 0,2; 0,4; 0,5 и 0,6 мг/мл V и Ti. Исследуемый раствор довели водой до объема 100,0 мл.

Построить калибровочный график и определить содержание V и Ti (г) в исследуемом растворе, если при измерении оптической плотности стандартных растворов и исследуемого получили следующие результаты (кювета 1 см):

№ Свето-фильтра	Стандартные растворы мг/мл								Исслед. раствор
	V				Ti				
	0,2	0,4	0,5	0,6	0,2	0,4	0,5	0,6	
Оптическая плотность									
3	0,16	0,28	0,34	0,40	-	-	-	-	0,38
8	0,36	0,68	0,83	1,00	0,51	1,10	1,40	1,68	1,58

ФГАОУ ВПО «ДИТИ НИЯУ МИФИ»

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2

по дисциплине «**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА**»

для специальности **18.05.02 «Химическая технология**

материалов современной энергетики»

ВАРИАНТ № 1

На чем основан рентгеноструктурный анализ, в чем заключается качественный и количественный анализ. Что является аналитическим сигналом в рентгеноструктурном анализе?

Укажите, от каких факторов и как зависит удельная электропроводность раствора.

Для определения концентрации HF используют зависимость удельной элек-

тропроводности χ от содержания кислоты в растворе:

C_{HF} , моль/л	0,004	0,007	0,015	0,030	0,060	0,121	0,243
$\chi \cdot 10^4$, Ом ⁻¹ ·см ⁻¹	2,5	3,8	5,0	8,0	12,3	21,0	36,3

Построить по этим данным калибровочный график в координатах $\text{Lg}\chi\text{-Lg}C_{\text{HF}}$ и с его помощью определить концентрацию фтористоводородной кислоты, если ее удельная электропроводность равна 3,2.

Для определения содержания марганца в стали методом добавок навеску стали $a=0,5020\text{г}$ растворили и после соответствующей обработки объем раствора довели до 200,0мл. для снятия полярограммы взяли 15,5мл этого раствора. Высота волны оказалась равной 20,5мм. После добавки 0,0500н MnSO_4 $V_{\text{ст}}=5,0\text{мл}$ высота волны увеличилась до $h'=33,0\text{мл}$. Определить процентное содержание марганца в стали.

ФГАОУ ВПО «ДИТИ НИЯУ МИФИ»

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 3

по дисциплине «**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА**»

для специальности **18.05.02 «Химическая технология**

материалов современной энергетики»

ВАРИАНТ № 1

Дайте определение разделению и концентрированию. Какие виды концентрирования вы знаете?

Какую информацию для качественного и количественного анализа можно получить из хроматограммы?

Определить массовую долю (%) компонентов газовой смеси по следующим данным:

Компонент смеси	Пропан	Бутан	Пентан	Циклогексан
S , мм ²	175	203	182	35
k	0,68	0,68	0,69	0,85

Промежуточный контроль студентов производится в форме зачета с оценкой (4 семестр) и экзамена (5 семестр).

Зачет с оценкой

Зачет с оценкой является основной формой контроля и оценивания сформированности у обучающихся компетенций ОПК-2, ОПК-3 по результатам освоения дисциплины Физико-химические методы анализа

Пример вопросов для подготовки зачету с оценкой

1. Аналитический сигнал, определение. Получение аналитического сигнала.
2. Классификация методов аналитической химии по принципу получения аналитического сигнала.
3. Классификация инструментальных методов анализа.
4. Измерение аналитического сигнала. Дайте определение значимым мешающим и шумовым сигналам. Как определить полезный сигнал.
5. Опишите зависимость аналитического сигнала от количественного состава пробы.
6. Опишите приемы определения неизвестной концентрации в инструментальных методах анализа. Какие методы определения неизвестной концентрации можно отнести к прямому приему? Опишите сущность этих методов, приведите формулы.
7. Перечислите метрологические характеристики инструментальных методов анализа.
8. Электрохимические методы анализа, определение. Аналитический сигнал в ЭХМА.
9. Электрохимическая ячейка, определение. Типы электрохимических ячеек. Перечислите основные узлы ЭХМА.

10. Кондуктометрия, сущность метода. Кондуктометрическая ячейка. Удельная электропроводность как аналитический сигнал, формула описание.

Экзамен

Экзамен является основной формой контроля и оценивания сформированности у обучающихся компетенций ОПК-2, ОПК-3 по результатам освоения дисциплины Физико-химические методы анализа

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Димитровградский инженерно-технологический институт –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ДИТИ НИЯУ МИФИ)

Физико-технический факультет

Кафедра радиохимии

Направление подготовки (специальность)

18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики

Дисциплина

Физико-химические методы анализа

Форма обучения – очная

Семестр 6

Экзаменационный билет № 1

1. **1** Аналитический сигнал, определение. Получение аналитического сигнала. Классификация методов аналитической химии по принципу получения аналитического сигнала. Классификация инструментальных методов анализа.

2. Потенциометрия, определение. Ионоселективные электроды. Определение потенциала ионоселективного электрода в отсутствие посторонних ионов, формула. Определение ионоселективного электрода в присутствии мешающих ионов, формула. Основные электрохимические характеристики ИСЭ.

3. Навеску стали 0,2000 г растворили, отделили мешающие ионы, окислили Mn до MnO_4^- , Cr до $Cr_2O_7^{2-}$ и объем раствора довели до 100,0 мл.

Для построения калибровочных графиков использовали раствор $KMnO_4$, с титром по марганцу 0,0001090 и раствор $K_2Cr_2O_7$ с титром по хрому 0,001210. Брали 5,00; 8,00 и 10,00мл каждого стандартного раствора, разбавляли водой до метки в колбах на 100 мл и фотометрировали, используя светофильтры 5 и 8.

Построить калибровочные графики и определить процентное содержание Mn и Cr в стали, если при измерении оптической плотности стандартных растворов и исследуемого получили следующие результаты (кювета 1 см):

№ Свето-фильтра	Стандартные растворы, мл						Исслед. раствор
	$KMnO_4$			$K_2Cr_2O_7$			
	5	8	10	5	8	10	
Оптическая плотность							
5	0,23	0,36	0,47	-	-	-	0,33
8	0,10	0,15	0,18	0,43	0,63	0,78	0,76

Составил: _____ Т.А.Чернакова

Утверждаю:

И.о.зав. кафедрой _____ А.А.Лизин

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Таблица 7.1 - Обеспечение дисциплины основной и дополнительной литературой по дисциплине

№ п/п	Автор	Название	Место издания	Наименование издательства	Год издания	Количество экземпляров
Основная литература						
1	Золотов Ю.А.	Основы аналитической химии: в 2-х кн.	Москва	Академия	2010	[Электронный ресурс] http://library.mephi.ru/

7.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень рекомендуемых Интернет сайтов:

1. <http://library.mephi.ru/> (Электронно-библиотечная система НИЯУ МИФИ)
2. <http://www.rusanalytchem.org/>; (Аналитическая химия в России)
3. <http://www.anchem.ru/>; (Российский химико-аналитический портал)
4. <http://www.chem.msu.ru/> (Портал фундаментального химического образования России)
5. <http://pubs.acs.org/> (ACS Publications)
6. <http://www.sciencedirect.com/> (ScienceDirect база данных)
7. <http://www.chemport.ru/> (Химический портал ChemPort)

Таблица 7.2 – Рекомендуемые электронно-библиотечные системы

№	Наименование ресурса	Тематика
1	Электронная библиотека учебных материалов по химии ChemNet химического факультета МГУ им М.В. Ломоносова http://www.chem.msu.su/rus/elibrary/welcome.html	Химия
2	Ресурс «Ядерная физика в интернете» МГУ: nuclphys.sinp.msu.ru	Физика
3	Международная база данных научных статей и публикаций: http://www.sciencedirect.com	Естественно-научная
4	ЭБС НИЯУ МИФИ http://libcatalog.mephi.ru/cgi/irbis64r/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK	Естественно-научная
5	Научная электронная библиотека: http://elibrary.ru	Химия
6	ЭБС «Айбукс» http://ibooks.ru/	Естественно-научная
7	ЭБС «Лань» www.e.lanbook.com	Естественно-научная
8	ЭБС «Юрайт» http://www.biblio-online.ru/	Естественно-научная

7.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 7.3 – Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

№	Наименование	Краткое описание
1	Windows 10 Pro	Операционная система
2	Microsoft Office	Пакет офисных приложений
3	Браузеры: Internet Explorer 10, Internet Explorer 9, Internet Explorer 8, FireFox	Специальные программы для просмотра веб-страниц, поиска контента, файлов и их катало-

	10, Safari 5, Google Chrome 17	гов в Интернете
4	Антиплагиат.ВУЗ	Интернет-сервис для вузов, предназначенный для оценки степени самостоятельности письменных работ обучающихся

Таблица 7.4 – Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование	Тематика	Электронный адрес
1	Международная база данных научных статей и публикаций	Научные статьи	http://www.sciencedirect.com
2	Научная электронная библиотека России	Научные статьи	http://elibrary.ru
3	База данных ВИНТИ РАН	Естественно-научная	http://www2.viniti.ru.-

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий и используемого программного обеспечения	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом (в случае реализации образовательной программы в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор)
1	<p>Учебная аудитория для проведения занятий № 210</p> <p>посадочных мест — 16; площадь 53,92 кв.м.</p> <p>Специализированная мебель: стол преподавательский – 1 шт., стол компьютерный – 1 шт., рабочее место студента с табуретами – 20 мест., стол моечный – С-6 ПАО10 – 1 шт., стол весовой – 2 шт., стол торцевой С-23 – 1 шт., кондиционер – 1 шт., вытяжной шкаф металлический NS-801-01k – 1 шт.</p> <p>Технические средства обучения: компьютеры (монитор, системный блок, клавиатура, мышка) – 2 шт., баня водяная – термостат TW-2.02 ELM1 – 2 шт., баня комбинированная водяная – 1 шт., весы аналитические ANG -200 – 2 шт., весы электронные MW-120 – 2 шт., вискозиметр ротационный Брукфильда LVDV II+PRO – 1шт., калориметр ЭКСПЕРТ- 001К – 1 шт., Лабораторный иономер АНИОН-4151 – 2 шт., Микроскоп БИОМЕД -4 – 4 шт., Нефилометр – HI -93703 – 1 шт., Полярограф – 1 шт., рефрактометр – 2 шт., спектрометр – 1 шт., спектрофотометр тип 1– 1 шт., спектрофотометр тип -2 – 1 шт., сталагмометр СТ-2 – 1 шт., тензиометр – 1 шт., термостат ТС-200 – 1 шт., флокулятор ПЭ-0244 – 1 шт., центрифуга лабораторная СМ-6М – 1 шт., центрифуга лабораторная СМ-50 – 1 шт., электроплитка – 1 шт., мешалка магнитная ПЭ-6110 с подогревом – 1 шт., рН –метр – 1 шт., сушильный шкаф SNOL 6,7/350 – 1 шт. сушильный шкаф (Электродуховка SNOL 6,7/1300 – 1 шт., сушильный шкаф SNOLCHOЛ -3,2 – 1 шт., сушилка настенная полипропиленовая – 1 шт. программное обеспечение: ОС Windows 10, Microsoft Office 10</p>	433507, Ульяновская область, г. Димитровград, ул. Куйбышева 294, корпус 3

<p>Учебная аудитория для проведения занятий №204 посадочных мест — 20; площадь 53,47 кв.м. Специализированная мебель: учебная доска – 1 шт., стол студенческий – 11 шт., стулья – 26 шт., стол библиотечный – 8 шт., шкаф двухстворчатый – 1 шт., шкаф книжный – 1 шт., трибуна настольная – 1 шт. Технические средства обучения: проектор – 1 шт., экран – 1 шт., колонки -1 пара</p>	
---	--

9 ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);
- Положением об организации обучения студентов-инвалидов и студентов с ограниченными возможностями здоровья в НИЯУ МИФИ, утвержденным 29.08.2017г.;
- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения в рабочей программе
дисциплины на 20__/20__ уч.г.**

Внесенные изменения на 20__/20__ учебный год

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

1)

2)

или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на данный учебный год

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры

(дата, номер протокола заседания кафедры, подпись зав. кафедрой).

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой

наименование кафедры личная подпись расшифровка подписи дата

Руководитель ООП,

ученая степень, должность

личная подпись расшифровка подписи дата