

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 13.11.2023 16:26:59  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной  
и методической работе

\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский

«01» марта 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**МЕТОДЫ АНАЛИТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ**  
**В ПРОИЗВОДСТВЕ МАТЕРИАЛОВ**  
**СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**  
(Начало подготовки – 2021 год)

Специальность

**18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики**

Специализации программы специалитета:

**«Технология теплоносителей и радиозоология ядерных энергетических установок»,**  
**«Радиационная химия и радиационное материаловедение»,**  
**«Химическая технология редких и редкоземельных металлов»**

Квалификация

**Инженер**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **инженерно-технологический**

Кафедра **радиационной технологии**

Санкт-Петербург

2021

Б1.В.05

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчики Зав. кафедрой РТ		профессор И.В. Юдин,

Рабочая программа дисциплины «Методы аналитического контроля в производстве материалов современной энергетики» обсуждена на заседании кафедры радиационной технологии

протокол от 17 февраля 2021 г., № 2

Заведующий кафедрой

И.В. Юдин

Одобрено учебно-методической комиссией инженерно-технологического факультета

протокол от «25» февраля 2021 № 5

Председатель

А.П. Сусла

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химическая технология материалов современной энергетики»		профессор И.В. Юдин
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник УМУ		С.Н. Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	06
3. Объем дисциплины .....	06
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	06
4.2. Занятия лекционного типа.....	07
4.3. Занятия семинарского типа.....	08
4.3.1. Семинары, практические занятия .....	08
4.3.2. Лабораторные занятия.....	08
4.4. Самостоятельная работа.....	08
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	14
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	14
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.....	15
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	16
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	16
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	17
10.2. Программное обеспечение.....	17
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	17
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.....	18
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	18

Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения образовательной программы специалитета обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции <sup>1</sup>	Код и наименование индикатора достижения компетенции <sup>2</sup>	Планируемые результаты обучения (дескрипторы) <sup>3</sup>
<b>ПК-3</b> способен самостоятельно выполнять исследования с использованием современной аппаратуры и методов исследования в области объектов профессиональной деятельности, проводить корректную обработку результатов и устанавливать адекватность моделей	<b>ПК-3.1</b> Разработка планов и программ проведения научно-исследовательских разработок, выбору методов и средств решения новых задач	<b>Знать:</b> принципы и возможности современных химических и физико-химических методов исследования (З-1); <b>Уметь:</b> составлять планы и программы проведения научно-исследовательских разработок, выбору методов и средств решения новых задач (У-1); <b>Владеть:</b> алгоритмами применения стандартных и специфических методов исследования (Н-1).
	<b>ПК-3.2</b> Самостоятельное выполнение исследования с использованием современной аппаратуры и методов исследования	<b>Знать:</b> стандартные физико-химические методы и особенности аналитического контроля в отрасли (Н-2), <b>Уметь:</b> применять стандартные и специфические методы физико-химического анализа для решения практических задач (У-2); <b>Владеть:</b> стандартными и специфическими методами физико-химического анализа материалов современной энергетики (Н-2).

<sup>1</sup> Содержание и номер компетенции в точности соответствует ФГОС ВО и отображается в матрице компетенций для конкретной дисциплины

<sup>2</sup> Код индикатора присваивается руководителем направления подготовки, отображается в матрице компетенции и доводится разработчиком РПД. Повторение кодов индикаторов для конкретной компетенции, реализуемой разными дисциплинами, не допускается

<sup>3</sup> Дескрипторы переносятся из матрицы компетенций без смены формулировок

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.05), и изучается на 4 курсе во 7 и 8 семестрах.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин: химия, математика, физика, физической химия, основы ядерной физики и дозиметрии.

Полученные в процессе изучения дисциплины знания и умения могут быть использованы при изучении последующих учебных дисциплин, прохождении практик, при выполнении выпускной квалификационной работы (государственной итоговой аттестации) и в дальнейшей трудовой деятельности.

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов	Семестр	
		7	8
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	8/288	3/108	5/180
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	112	40	72
занятия лекционного типа	36	36	
занятия семинарского типа, в т.ч.	64	--	64
семинары, практические занятия		--	
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	64 (19)	--	64 (19)
курсовое проектирование (КР или КП)		--	
КСР	12	4	8
другие виды контактной работы		-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	131	23	108
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)		Тесты	Защита лаб. работ
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	Экзамен, Зачет	Экзамен (45)	зачет

#### 4. Содержание дисциплины.

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Введение. Роль методов аналитического контроля в производстве материалов современной энергетики	2			12	ПК-3	ПК-3.1
2.	Спектральные и оптические методы	4		12	12	ПК-3	ПК-3.2
3.	Электрохимические методы анализа	2		6	10	ПК-3	ПК-3.2
4.	Масс-спектрометрия	2		20	22	ПК-3	ПК-3.2
5.	Магнитно-резонансная спектроскопия	4			10	ПК-3	ПК-3.1
6.	Хроматографические методы исследования	4		8	10	ПК-3	ПК-3.2
7.	Химические методы анализа	2		6	10	ПК-3	ПК-3.2
8.	Ядерные и рентгеновские методы анализа	4			10	ПК-3	ПК-3.1
9.	Методы анализа экспериментальных результатов	2			10	ПК-3	ПК-3.1
10.	Физические основы работы детекторов ядерных излучений	4			10	ПК-3	ПК-3.1
11.	Радиометрия и спектрометрия ядерных излучений	6		12	15	ПК-3	ПК-3.2
	<b>ИТОГО</b>	36		64	131		

##### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы	Инновационная форма
----------------------	--	---------------------	---------------------

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<p><b>Введение. Роль методов аналитического контроля в производстве материалов современной энергетики.</b> Систематизация физико-химические методы анализа ФХМА, применяемых в производстве материалов современной энергетики. Роль методов аналитического контроля в производстве материалов современной энергетики на службе обеспечения надежного контроля и управления радиохимическими и радиационно-химическими технологическими процессами. Принципы и методы отбора и подготовки проб в целях технологического контроля и защиты окружающей среды. Методы выделения, разделения и концентрирования микрокомпонентов. Контроль влияния предприятий атомной энергетики на окружающую среду. Проблема накопления промышленных отходов с повышенным уровнем естественных радионуклидов в неатомных отраслях.</p>	2	ЛВ
2	<p><b>Спектральные и оптические методы.</b> Энергетическая шкала электромагнитного излучения. Методы УФ-, видимой и ИК-спектроскопии. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Понятие импульсного радиолитиза. Фотометрическая и люминесцентная регистрация короткоживущих продуктов. Различные энергетические состояния атомов и молекул. Общая характеристика оптических методов исследования процессов, возбуждаемых ионизирующим излучением (ИИ). Люминесцентный анализ. Основные понятия. Выход люминесценции. Время жизни возбужденного состояния. Тушение люминесценции. Флуориметрия. Связь структуры продукта и его окружения со спектральными характеристиками. Интерпретация ИК- спектров как отражение колебательных уровней энергии в многоатомных молекулах.</p>	2	ЛВ
2	<p><b>Спектральные и оптические методы</b> Терагерцовое излучение. Спектроскопия комбинационного рассеяния оптических фотонов. Аппаратура для спектральных и оптических исследований. Атомно-абсорбционная спектроскопия (ААС) и ее разновидности по способу атомизации пробы. Лампы с полым катодом. Атомизаторы на принципе индукционно связанной плазмы (ИСП). Высокотемпературные кюветы (ВТК). Атомно-эмиссионная спектроскопия (АЭС) и ее разновидности по способу возбуждения пробы. Квантометры. Фотоприемники в виде линеек из полупроводниковых приборов с зарядовой связью. ИСП-эмиссионные спектрометры. Сравнение аналитических возможностей ВТК-ААС, ИСП-ААС, искровой АЭС и др. Применение оптических методов в кинетических радиационно-химических исследованиях. ААС и АЭС при химико-токсикологическом мониторинге окружающей среды. Флуориметрическое определение следовых концентраций урана.</p>	2	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
3	<p><b>Электрохимические методы анализа.</b> Потенциометрия. Электроды первого, второго и третьего рода. Ионселективные мембранные электроды. Коэффициенты селективности. Электроды сравнения. Потенциометрическое титрование. Применение потенциометрических ЭХМА при контроле состояния водного теплоносителя АЭС и других технологических и исследовательских целей. Неравновесные ЭХМА. Вольтамперометрия и полярография. Составляющие полярограммы. Количественный и качественный анализ по полярографическим данным. Кондуктометрия. Кондуктометрическое титрование.</p>	2	ЛВ
4	<p><b>Масс-спектрометрия.</b> Принципиальные этапы масс-спектрометрического анализа. Методы ионизации пробы: электронным ударом, химической ионизацией, атомным пучком. Масс-анализаторы: анализаторы с магнитным сектором (анализаторы с двойной фокусировкой), времяпролетные масс-анализаторы, квадрупольные анализаторы. Разрешение масс-спектрометров основных типов. МС-детекторы: ловушка Фарадея, вторичный электронный умножитель (динодного или канального типа). Применение МС: исследование радиационно-химических процессов (РХП), определение масс ионов, нахождение изотопного состава, анализ газов, анализ твердых образцов, препаративные применения. Нахождение энергий ионизации, возбуждения и диссоциации молекул. Исследование кинетики химических реакций.</p>	2	ЛВ
5	<p><b>Магнитно-резонансная спектроскопия.</b> Общие сведения о МРС. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР). Вводная информация о ЭПР. Аппаратура ЭПР. Тонкая и сверхтонкая структура (СТС), g- фактор. Анализ структуры реакционных центров на основании результатов данных ЭПР. Методические приемы, повышающие информативность результатов анализа. Примеры успешного применения метода при исследовании РХП в различных объектах.</p> <p>Метод спектроскопии ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Место ЯМР как частного случая МРС. Основы и аппаратура метода ЯМР. Влияние химических связей на вид спектров ЯМР. Использование ЯМР при изучении РХП.</p>	4	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
6	<p><b>Хроматографические методы исследования.</b> Общие понятия и закономерности сорбционных явлений. Приемы разделения индивидуальных компонентов. Газо-адсорбционная (ГАХ), газожидкостная (ГЖХ) и жидкостная хроматография. Принципы регистрации и типы детекторов. Основные требования к твердофазным носителям. Принципы регистрации и типы детекторов (катарометр – детектор по теплопроводности, пламенно-ионизационный детектор (ПИД), детектор электронного захвата (ДЭЗ). Типовая комплектация и структура ГЖ-хроматографа. Качественный анализ в ГХ/ГЖХ. Время удержания и метод внутреннего стандарта (н-пентан и др.). Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ). Разновидности ВЭЖХ: жидко-твердофазная хроматография (ЖТХ), жидко-жидкостная хроматография (ЖЖХ), ионообменная хроматография (ИОХ), хроматография на молекулярных ситах. Особенности аппаратного оформления ВЭЖХ. Детекторы для ВЭЖХ: фотометрический монохроматический, фотометрический поливолновой детектор, рефрактометрический детектор, детектор по электропроводности с удержанием фонового электролита. Факторы, влияющие на степень разрешения хроматограмм.</p>	4	ЛВ
7.	<p><b>Химические методы анализа.</b> Химический анализ неорганических соединений. Комплексометрия. Химический анализ органических соединений, содержащих различные функциональные группы (карбонильные, карбоксильные, оксикислотные, перекисные и др.). Кинетические закономерности химических реакций в растворах и твердых телах. Методы стационарных концентраций и линейных анаморфоз кинетических кривых. Методы исследования, основанные на применении радиоактивных и стабильных изотопов. Дейтерирование и тритирование органических соединений. Использование радиоактивной метки.</p>	2	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
8.	<p><b>Ядерные и рентгеновские методы анализа.</b> Мессбауэровская спектроскопия. Активационный анализ (на тепловых нейтронах, на быстрых нейтронах, на заряженных частицах). Метод изотопного разбавления (ИР). Методы прямого и обратного разбавления. Методы классического и субстехиометрического ИР.</p> <p>Испускание и поглощение рентгеновских лучей. Обозначение линий. Источники сплошного и монохроматического рентгеновского излучения. Рентгеновские детекторы: сцинтилляционные, газовые пропорциональные счетчики, твердотельные полупроводниковые детекторы. Сравнительное энергетическое разрешение и чувствительность детекторов. Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА). Дифракционный рентгено-флуоресцентный спектрометр. РФА-спектрометр с энергетической дисперсией. Радионуклидные источники для РФА. Аналитические возможности метода РФА для элементов тяжелее кальция. Электронно-микронный анализ с РФ-спектрометром.</p>	4	ЛВ
9.	<p><b>Методы анализа экспериментальных результатов.</b> Систематические и случайные погрешности измерений. Способы исключения отдельных составляющих систематической погрешности. Верхняя граница неисключенной систематической погрешности.</p> <p>Расчет случайной составляющей погрешности измерения для выборок различного размера. Медиана и среднеарифметические выборки. Среднеквадратическое отклонение выборки (СКО). Исключение аномальных результатов (h-, t- и Q-критерии). Нормальное нормированное распределение плотности вероятности отклонения случайной величины от ее математического ожидания. Таблицы распределения Стьюдента для малых выборок. Проверка нормальности распределения результатов измерения. Проверка однородности выборки. Расчет характеристики сходимости (для нескольких групп измерений). Расчет случайной погрешности по принятому уровню доверительной вероятности. СКО среднеарифметического (связь точности и числа параллельных измерений). Вычисление случайной составляющей погрешности по принятому уровню доверительной вероятности.</p> <p>Правила вычисления общей погрешности результата измерения. Методика учета погрешности, вносимой в результат измерения при использовании линейного градуировочного графика, полученного методом линейного регрессивного анализа.</p>	2	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
10.	<p><b>Физические основы работы детекторов ядерных излучений.</b></p> <p>Ионизационные детекторы. Ионизационная камера (ИК). Конструкции ИК. Рабочий газ. Энергия ионизации. Режим работы. Двухэлектродные и трехэлектродные импульсные ИК. Ионизационные камеры с сеткой. Подвижность электронов и ионов в газе. Время собирания электронов и ионов на электродах ИК. Импульс тока и напряжения. Роль эквивалентной емкости и сопротивления нагрузки в формировании импульса напряжения на электродах ИК.</p> <p>Газоразрядные детекторы: Ионизационные процессы в газоразрядном счетчике. Режим работы. Вторичная ионизация, газовое усиление. Пропорциональные счетчики (ПС). Конструкция, рабочий газ и основные характеристики ПС спектрометрического детектора. Счетчик Гейгера-Мюллера. Форма импульса, мертвое время, счетная характеристика, эффективность регистрации.</p> <p>Сцинтилляционные детекторы: Конструкция и принцип работы сцинтилляционного детектора. Процесс люминесценции в твердых кристаллах. Конверсионная эффективность сцинтиллятора. Неорганические и органические твердотельные сцинтилляторы. Жидкие органические сцинтилляторы. Состав и свойства. Спектральные, временные и другие характеристики сцинтилляторов. Фотоэлектронные умножители (ФЭУ). Спектральная чувствительность и конверсионная эффективность фотокатода ФЭУ. Счетная характеристика сцинтилляционного счетчика. Зависимость световыхода от плотности ионизации.</p> <p>Физические основы полупроводниковых (ПП) детекторов. Проводимость полупроводниковых детекторов. Переходы в полупроводниковых детекторах, энергетическое и временное разрешение. Типы полупроводниковых детекторов и их применение в радиометрии спектрометрии ядерного излучения. Кремневые и германиевые полупроводниковые детекторы. Конструктивные особенности и режим работы. Твердотельные пробойные детекторы осколков деления</p>	4	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
11	<p><b>Радиометрия и спектрометрия ядерных излучений.</b> Спектры ядерного излучения. Линейчатые и сплошные спектры. Спектрометры. Аппаратурные спектры. Интегральные и дифференциальные спектры. Функция отклика прибора. Основные параметры спектрометра. Энергетическое разрешение, эффективность, чувствительность и светосила спектрометра.</p> <p>Измерение энергии тяжелых заряженных частиц ионизационным и сцинтилляционным методами. Факторы, влияющие на разброс амплитуд в ионизационном и сцинтилляционном детекторах.</p> <p>Полупроводниковый <math>\alpha</math>-спектрометр. Энергетическое разрешение, временные характеристики. Требования к источникам излучения. Коллиматоры.</p> <p>Времяпролетные спектрометры тяжелых заряженных частиц, осколков деления и других продуктов ядерных реакций.</p> <p>Спектрометрия <math>\beta</math>-частиц. Магнитные спектрометры. Применение газовых пропорциональных счетчиков, сцинтилляционных и полупроводниковых детекторов в спектрометрии <math>\beta</math>-частиц. Основные погрешности при измерении <math>\beta</math>-спектров. Требования к источникам.</p> <p>Спектрометрия <math>\gamma</math>-квантов. Основные методы <math>\gamma</math>-спектрометрии. Оценка энергетического состава <math>\gamma</math>-излучения по функциям пропускания и продуктам фотоядерных реакций. Кристалл-дифракционные <math>\gamma</math>-спектрометры. Сцинтилляционные <math>\gamma</math>-спектрометры. Однокристалльный спектрометр. Функция отклика. Энергетическое разрешение. Многокристалльные сцинтилляционные <math>\gamma</math>-спектрометры. Комптоновский <math>\gamma</math>-спектрометр. Сцинтилляционные парные <math>\gamma</math>-спектрометры. Энергетическое разрешение, эффективность, светосила.</p> <p>Полупроводниковые <math>\gamma</math>-спектрометры. Разрешение, эффективность.</p> <p>Спектрометрия нейтронов. Интегральные методы определения нейтронных спектров. Метод шаровых замедлителей. Активационный метод по пороговым реакциям. Дифференциальные методы. По максимальной энергии протонов отдачи из тонких радиаторов. По протонам отдачи в органических сцинтилляторах. Дискриминация сопутствующего <math>\gamma</math>-излучения по форме импульсов. Двухкристалльный сцинтилляционный спектрометр. Пропорциональные газовые счетчики, содержащие водород и <math>^3\text{He}</math>. Метод времени пролета. Разрешение по энергии и эффективность различных методов спектрометрии нейтронов</p>	6	Слайд-презентация

<sup>1</sup>Примеры образовательных технологий, способов и методов обучения (с сокращениями): традиционная лекция (Л), лекция-визуализация (ЛВ), проблемная лекция (ПЛ), лекция – пресс-конференция (ЛПК), занятие – конференция (ЗК), тренинг (Т), дебаты (Д), мозговой штурм (МШ), мастер-класс (МК),

«круглый стол» (КрСт), активизация творческой деятельности (АТД), регламентированная дискуссия (РД), дискуссия типа форум (Ф), деловая и ролевая учебная игра (ДИ, РИ), метод малых групп (МГ), занятия с использованием тренажёров, имитаторов (Тр), компьютерная симуляция (КтСм), использование компьютерных обучающих программ (КОП), интерактивных атласов (ИА), посещение врачебных конференции, консилиумов (ВК), участие в научно-практических конференциях (НПК), съездах, симпозиумах (Сим), учебно-исследовательская работа студента (УИРС), проведение предметных олимпиад (О), подготовка письменных аналитических работ (АР), подготовка и защита рефератов (Р), проектная технология (ПТ), экскурсии (Э), дистанционные образовательные технологии (ДОТ).

### 4.3. Занятия семинарского типа.

#### 4.3.1. Семинары, практические занятия.

Не предусмотрено.

#### 4.3.2. Лабораторные занятия.

№	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Объем, академ. час	
			Всего	В том числе на практ. подгот.
1	2	Спектрофотометрия неорганических солей в растворах	6	5
2	2	Спектрофотометрическое определение содержания бихромат-иона и перманганата в водном растворе.	6	4
3	3	Кислотно-основное потенциометрическое титрование.	6	
4	4	Масс-спектрометрический анализ	12	
5	6	Хроматографическое определение стереоизомеров нитроанилина	8	6
6	7	Фотоколориметрическое определение содержания ионов железа в водных растворах.	6	4
7	11	Идентификация актиноидов (количественный и качественный анализ)	20	
ИТОГО			64	19

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Исторические аспекты развития методов анализа материалов современной энергетики.	12	Устный опрос №1
2	Оптико-акустическая спектроскопия. Ультразвуковые методы анализа.	12	Устный опрос №1

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
3	Кулонометрия при постоянном потенциале (при постоянном токе).	4	Устный опрос №2
4	Применение МС для датировки образцов в геологии и археологии	10	Устный опрос №3
5	Метод протонного магнитного резонанса в медицине	22	Устный опрос №2
6	Гибридные методы ГЖХ- масс-спектрометрия и хромато – ИК-спектрофотометрия. Их особенности и ограничения.	10	Устный опрос №3
7	Методы исследования, основанные на применении радиоактивных и стабильных изотопов. Аналитические применения методов радиоактивных индикаторов Дейтерирование и тритирование органических соединений. Использование радиоактивной метки.	10	Устный опрос №3
8	Применение мессбауэровской спектроскопии для исследования быстрых процессов. Электронный перенос между соседними катионами. Проявление суперпарамагнетизма в спектрах $^{57}\text{Fe}$ .	10	Устный опрос №3
9	Статистическая обработка экспериментальных результатов с использованием стандартных компьютерных программ.	10	Устный опрос №4
10	Жидкие ионизационные детекторы: Конструкция, рабочее напряжение. Временное и энергетическое разрешение. Влияние примесей на рабочие характеристики детектора. Преимущества перед газонаполненными ионизационными детекторами. Недостатки.	11	Устный опрос №4
11	Спектрометрия нейтронов	20	Устный опрос №4
	ИТОГО	131	

Контроль освоения компетенций проводится в форме устных опросов, по результатам лабораторных работ.

#### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.**

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>.

#### **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.**

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена и зачета.

К сдаче экзамена и зачета допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

И экзамен, и зачет предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами (заданиями).

При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

Вариант № 1

1. Шкала электромагнитного излучения. Какие процессы происходят в материале анода рентгеновской трубки? Какие порции энергии расходуются и выделяются при этом?
2. Составьте алгоритм хроматографического анализа пробы, содержащей ненасыщенные альдегиды и кетоны при использовании хроматографа «Милихром».

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

При сдаче зачета, студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 20 мин.

Пример варианта вопросов на зачете:

Вариант № 1

1. Какие энергетические уровни возбуждаются при действии радиоизлучения на материал, помещенный в магнитное поле?
2. Составьте алгоритм определения концентрации ионов бихромата при совместном присутствии их в растворе перманганата калия.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

## **7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.**

### **а) печатные издания:**

1. Булатов М.И. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа : Текст лекций / М. И. Булатов, Т. Э. Маметнабиев, С. В. Харитонов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра аналитической химии. – СПбГТИ(ТУ), 2010. - 207 с.

2. Юдин, И.В., Хроматографические методы исследования: учеб. пособие / И.В. Юдин, Н.В. Чумак; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра радиационной технологии. - СПбГТИ(ТУ), 2019. – 64 с.

3. Юдин, И.В., Хроматографические методы исследования: Практикум / И.В. Юдин, Н.В. Чумак; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра радиационной технологии. - СПбГТИ(ТУ), 2019. – 40 с.

4. Спектрофотометрические методы анализа в производстве материалов современной энергетики: учебное пособие / Ж.Б. Лютова, А.А. Персинен, Н.В. Чумак, И.В. Юдин. Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра радиационной технологии. - СПбГТИ(ТУ), 2016. - 56 с.

5. Экспериментальные методы химии высоких энергий: учебное пособие /Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова ; Под общ. ред. М.Я.Мельникова. – Москва : МГУ, 2009. – 824 с.- ISBN 978-5-211-05561-2

6. Мухин, К.Н.. Экспериментальная ядерная физика, в 3-х томах / К.Н. Мухин. – СПб.: Издательство «Лань», 2008, – 412 с. ISBN 978-5-8114-074-5

### **б) электронные учебные издания<sup>4</sup>:**

1 Юдин, И.В., Хроматографические методы исследования: учеб. пособие / И.В. Юдин, Н.В. Чумак; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра радиационной технологии. -СПбГТИ(ТУ), 2019. – 64 с. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения:14.02.2021). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

2 Булатов М.И. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа: Текст лекций / М. И. Булатов, Т. Э. Маметнабиев, С. В. Харитонов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра аналитической химии. – СПбГТИ(ТУ), 2010. - 207 с. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения:14.02.2021). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

3 Юдин, И.В., Хроматографические методы исследования: Практикум / И.В. Юдин, Н.В. Чумак; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра радиационной технологии. - СПбГТИ(ТУ), 2019. – 40 с. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения:14.02.2021). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

4 Спектрофотометрические методы анализа в производстве материалов современной энергетики: учебное пособие / Ж.Б. Лютова, А.А. Персинен, Н.В. Чумак, И.В. Юдин. Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-

---

<sup>4</sup> В т.ч. и методические пособия

Петербургский государственный технологический институт (технический университет),  
Кафедра радиационной технологии. - СПбГТИ(ТУ), 2016. - 56 с.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

1. Ганеев А. А., Шолупов С.Е., Пупышев А. А., Большаков А. А. Погарев С. Е. Атомно-абсорбционный анализ. М.: Лань 2011 .- 304 с. Режим доступа - <http://e.lanbook.com/view/book/4028/>
2. Фриш С.Э. Оптические спектры атомов. М.: Лань. 2010 .- 640 с. Режим доступа - <http://e.lanbook.com/view/book/625/>
3. Очкин В.Н. Спектроскопия низкотемпературной плазмы М.: Физматлит , 2010 .- 592 с. М.: Режим доступа - <http://e.lanbook.com/view/book/2273/>
4. А.Н.Васильев, В.В. Михаилин. Введение в спектроскопию диэлектриков, часть II. Вторичные процессы (учебное пособие). — М.: Университетская книга, 2010.— 238 с. Режим доступа - [http://window.edu.ru/resource/656/74656/files/Vasiljev-Mihajlin\\_02\\_2010.pdf](http://window.edu.ru/resource/656/74656/files/Vasiljev-Mihajlin_02_2010.pdf)
5. СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)». Режим доступа - <http://docs.cntd.ru/document/902170553>.
6. Сайты профильных организаций: [www.rosatom.ru](http://www.rosatom.ru), [www.gosnadzor.ru](http://www.gosnadzor.ru), [www.tvel.ru](http://www.tvel.ru), [www.rosenergoatom.ru](http://www.rosenergoatom.ru), [www.iaea.ru](http://www.iaea.ru).
7. Физико-химические методы анализа. Учебное пособие. Код доступа: <https://www.chem-astu.ru/chair/study/PCMA/>
8. электронно-библиотечные системы: «Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>; «Лань » <https://e.lanbook.com/books/>.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Все виды занятий по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

Положение о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся (Приказ ректора от 12.12.2014 № 463).

При изучении дисциплины предусматривается использование активных форм проведения занятий: с разбором конкретных ситуаций, сложившихся в зонах воздействия опасных и вредных факторов, и возможных принципов и методов защиты.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, необходимо осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

### **10.1. Информационные технологии.**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- видеоматериалы и учебные фильмы;
- взаимодействие с обучающимися посредством электронно-образовательной среды.

### **10.2. Программное обеспечение.**

Операционные системы Windows, стандартные офисные программы (MicrosoftOffice).

### **10.3. Информационные справочные системы.**

Информационно-справочный портал ФИПС  
[http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content\\_ru/ru](http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru)

Информационно-поисковая система «РОСАТОМ»: <http://www.rosatom.ru/sitemap/>

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

Для проведения лекционных и практических занятий используются учебные аудитории, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лекционных и практических занятий используются видеоматериалы и учебные фильмы.

Лаборатории, укомплектованные специализированной мебелью, оснащены лабораторным оборудованием: комплект радиоспектрометрической аппаратуры, спектрофотометры СФ-26, СФ-2000, Specord, рН-метры, хроматограф «Миличром-б».

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду СПбГТИ(ТУ).

Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования оснащены специализированной мебелью и техническими средствами.

## **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебный процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014г.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Методы аналитического контроля в производстве материалов  
современной энергетики»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

Индекс компетенции	Содержание <sup>5</sup>	Этап формирования <sup>6</sup>
ПК-3	Способность самостоятельно выполнять исследования с использованием современной аппаратуры и методов исследования в области объектов профессиональной деятельности, проводить корректную обработку результатов и устанавливать адекватность моделей	Начальный

<sup>5</sup>**Жирным шрифтом** выделяется та часть компетенции, которая формируется в ходе изучения данной дисциплины (если компетенция осваивается полностью, то фрагменты не выделяются).

<sup>6</sup> Этап формирования компетенции выбирается по п.2 РПД и учебному плану (начальный – если нет предшествующих дисциплин, итоговый – если нет последующих дисциплин (или компетенция не формируется в ходе практики или ГИА), промежуточный - все другие)

## 2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-3.1. Разработка планов и программ проведения научно-исследовательских разработок, выбору методов и средств решения новых задач	<b>Разрабатывает планы и программы</b> проведения научно-исследовательских разработок (У-1)	Правильные ответы на вопросы №1-5 к экзамену	Демонстрирует навыки разработки планов и программ проведения научно-исследовательских разработок с ошибками	Демонстрирует навыки разработки планов и программ проведения научно-исследовательских разработок без ошибок, но путается в последовательности операций	Демонстрирует навыки разработки планов и программ проведения научно-исследовательских разработок хорошо ориентируется в последовательности операций. Может применить эти знания для решения научно-исследовательских задач
	<b>Приводит примеры</b> методов и средств решения новых задач (З-1)	Правильные ответы на вопросы № 5-63 и 72-114 к экзамену	Имеет представление о методах и средствах решения новых задач. Перечисляет основные принципы выбора метода с ошибками	Может выбирать методы и средства решения новых задач с помощью наводящих вопросов	Способен самостоятельно выбирать методы и средства решения новых задач, легко ориентируется в особенностях конкретных методов.
	<b>Описывает алгоритм действий при</b> выборе методов и средств решения новых задач (Н-1)	Правильные ответы на вопросы №1-5 к экзамену	Описывает алгоритм действий при выборе методов и средств решения новых задач после наводящих вопросов преподавателя	Описывает алгоритм действий при выборе методов и средств решения новых задач с небольшими ошибками	Уверенно описывает алгоритм действий при выборе методов и средств решения новых задач

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-3.2 Самостоятельное выполнение исследования с использованием современной аппаратуры и методов исследования	<b>Перечисляет</b> особенности аналитического контроля в отрасли, стандартные физико-химические методы анализа в отрасли (3-2)	Правильные ответы на вопросы № 9-20, 89,99, 114 к экзамену	Перечисляет особенности аналитического контроля в отрасли, стандартные физико-химические методы анализа после наводящих вопросов преподавателя	Перечисляет особенности аналитического контроля в отрасли, стандартные физико-химические методы анализа с небольшими ошибками	Уверенно перечисляет особенности аналитического контроля в отрасли, приводит примеры использования стандартных физико-химических методов анализа
	<b>Излагает алгоритм</b> применения стандартных и специфических методов физико-химического анализа для решения практических задач (У-2)	Правильные ответы на вопросы № 64-71 к экзамену	Имеет представление об алгоритмах применения стандартных и специфических методов физико-химического анализа для решения практических задач	Излагает алгоритм применения стандартных и специфических методов физико-химического анализа для решения практических задач с небольшими ошибками	Уверенно излагает алгоритм применения стандартных и специфических методов физико-химического анализа для решения практических задач
	<b>Самостоятельно выполняет</b> исследования с использованием современной аппаратуры и методов исследования (Н-2)	Правильные ответы на вопросы № 5-63 и 72-114 к экзамену	Путается в перечислении последовательности экспериментальных операций	Перечисляет последовательности экспериментальных операций с небольшими ошибками	Уверенно и без ошибок перечисляет последовательности экспериментальных операций

**3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации**  
**Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента**  
**по компетенции ПК-3:**

1. Роль методов аналитического контроля в производстве материалов современной энергетики.
2. Методы выделения, разделения и концентрирования микрокомпонентов.
3. Методы регистрации радиоактивных и стабильных изотопов и химических соединений.
4. Энергетическая шкала электромагнитного излучения. Методы УФ-, видимой и ИК-спектроскопии.
5. Связь структуры молекулы и её окружения со спектральными характеристиками.
6. Люминесцентный анализ. Основные понятия. Выход люминесценции. Время жизни возбужденного состояния
7. Интерпретация ИК- спектров как отражение колебательных уровней энергии в многоатомных молекулах.
8. Аппаратура для спектральных и оптических исследований.
9. Атомно-абсорбционная спектроскопия (ААС) и ее разновидности по способу атомизации пробы.
10. Атомно-эмиссионная спектроскопия (АЭС) и ее разновидности по способу возбуждения пробы. Квантометры.
11. Применение оптических методов для решения производственных и исследовательских задач.
12. Потенциометрия. Электроды первого, второго и третьего рода.
13. Ионселективные мембранные электроды. Коэффициенты селективности
14. Потенциометрическое титрование. Применение потенциометрических ЭХМА при контроле состояния водного теплоносителя АЭС.
15. Вольтамперометрия и полярография. Составляющие полярограммы.
16. Количественный и качественный анализ по полярографическим данным.
17. Кулонометрия при постоянном потенциале (при постоянном токе).
18. Кондуктометрия. Кондуктометрическое титрование.
19. Принципиальные этапы масс-спектрометрического анализа.
20. Методы ионизации пробы: электронным ударом, химической ионизацией, атомным пучком.
21. Анализаторы с магнитным сектором (анализаторы с двойной фокусировкой).
22. Времяпролетные масс-анализаторы.
23. Квадрупольные анализаторы.
24. Разрешение масс-спектрометров основных типов.
25. МС-детекторы: ловушка Фарадея, вторичный электронный умножитель (динодного или канального типа).
26. Нахождение изотопного состава, анализ газов. Определение масс ионов.
27. Анализ твердых образцов, препаративные применения.
28. Нахождение энергий ионизации, возбуждения и диссоциации молекул.
29. Исследование кинетики химических реакций.
30. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР). Принципы реализации.
31. Аппаратура ЭПР (Блок-схема прибора).
32. Тонкая и сверхтонкая структура (СТС), g- фактор.
33. Анализ структуры реакционных центров на основании результатов данных ЭПР.
34. Метод спектроскопии ядерного магнитного резонанса (ЯМР).
35. Основы и аппаратура метода ЯМР.
36. Влияние химических связей на вид спектров ЯМР.
37. Использование ЯМР при изучении структуры химических соединений

38. Общие понятия и закономерности сорбционных явлений. Приемы разделения индивидуальных компонентов.
39. Газо-адсорбционная хроматография (ГАХ).
40. Газо-жидкостная хроматография (ГЖХ).
41. Жидкостная хроматография.
42. Принципы регистрации и типы детекторов.
43. Основные требования к твердофазным носителям.
44. Принципы регистрации и типы детекторов (катарометр – детектор по теплопроводности, пламенно-ионизационный детектор (ПИД), детектор электронного захвата (ДЭЗ).
45. Типовая комплектация и структура ГЖ-хроматографа.
46. Качественный анализ в ГХ/ГЖХ. Время удержания и метод внутреннего стандарта (н-пентан и др.).
47. Гибридные методы ГЖХ- масс-спектрометрия и хромато – ИК-спектрофотометрия.
48. Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ).
49. Разновидности ВЭЖХ: жидко-твердофазная хроматография (ЖТХ), жидко-жидкостная хроматография (ЖЖХ), ионообменная хроматография (ИОХ), хроматография на молекулярных ситах
50. Особенности аппаратного оформления ВЭЖХ.
51. Детекторы для ВЭЖХ: фотометрический монохроматический, фотометрический поливолновой детектор, рефрактометрический детектор, детектор по электропроводности с удержанием фонового электролита
52. Факторы, влияющие на степень разрешения хроматограмм.
53. Химический анализ воды. Окисляемость.
54. Определение жесткости воды химическими методами.
55. Химический анализ соединений, содержащих различные функциональные группы (карбонильные, карбоксильные, оксикислотные, перекисные и др.).
56. Методы исследования, основанные на применении радиоактивных и стабильных изотопов. Дейтерирование и тритирование органических соединений. Использование радиоактивной метки. Мессбауэровская спектроскопия.
57. Активационный анализ (на тепловых нейтронах, на быстрых нейтронах, на заряженных частицах).
58. Испускание и поглощение рентгеновских лучей. Обозначение линий.
59. Рентгеновские детекторы: сцинтилляционные, газовые пропорциональные счетчики, твердотельные полупроводниковые детекторы.
60. Сравнительное энергетическое разрешение и чувствительность детекторов.
61. Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА). Аналитические возможности метода РФА для элементов тяжелее кальция.
62. Дифракционный рентгено-флуоресцентный спектрометр.
63. Электронно-микронзондовый анализ с рентгенофлуоресцентным спектрометром.
64. Систематические и случайные погрешности измерений. Способы исключения отдельных составляющих систематической погрешности. Верхняя граница не исключенной систематической погрешности.
65. Расчет случайной составляющей погрешности измерения для выборок различного размера. Расчет характеристики сходимости (для нескольких групп измерений).
66. Расчет случайной погрешности по принятому уровню доверительной вероятности. СКО среднеарифметического (связь точности и числа параллельных измерений).
67. Вычисление случайной составляющей погрешности по принятому уровню доверительной вероятности.
68. Правила вычисления общей погрешности результата измерения

69. Методика учета погрешности, вносимой в результат измерения при использовании линейного градуировочного графика, полученного методом линейного регрессивного анализа.
70. Правила определения погрешности косвенных измерений (закон сложения погрешностей).
71. Правила представления окончательного результата измерения (число значащих цифр, правила округления).
72. Газовые ионизационные детекторы: ионизационные камеры, пропорциональные счетчики, газоразрядные счетчики Гейгера-Мюллера.
73. Применение детекторов для технологических целей и для радиохимического анализа.
74. Сцинтилляционные детекторы. Типы сцинтилляторов.
75. Сцинтилляционные гамма-радиометры и гамма-спектрометры
76. Жидкосцинтилляционные детекторы «чистых» бета- и альфа-активных радионуклидов.
77. Растворители, активаторы и сместители спектра. Конверсионная эффективность сцинтилляторов.
78. Энергетическое разрешение и чувствительность твердотельных жидкосцинтилляционных спектрометров.
79. Полупроводниковые детекторы. Диффузионно-дрейфовые спектрометрические детекторы гамма-излучения: германиевые и кремневые, теплового и холодного хранения, коаксиальные и планарные.
80. Энергетическое разрешение детекторов.
81. Полупроводниковые поверхностно барьерные спектрометрические детекторы тяжелых заряженных частиц, нейтронов и рентгеновского излучения.
82. Аппаратурные и программные средства качественного и количественного определения радиохимического состава проб по сцинтилляционным и полупроводниковым амплитудным распределениям.
83. Современные твердотельные полупроводниковые дозиметры.
84. Физические основы полупроводниковых (ПП) детекторов. Проводимость полупроводниковых детекторов. Переходы в полупроводниковых детекторах, энергетическое и временное разрешение.
85. Спектрометрия тяжелых заряженных частиц и осколков деления. Определение энергии заряженных частиц по пробегу, плотности ионизации и отклонению в электрическом поле. Магнитные спектрометры  $\alpha$ -частиц. Энергетическое разрешение и светосила магнитных спектрометров.
86. Радиометрия нейтронного излучения. Классификация нейтронов по энергии. Ядерные реакции, используемые для детектирования нейтронов. Детекторы: пропорциональный счетчик, сцинтилляционный счетчик. Дискриминация сопутствующего  $\gamma$ -излучения.
87. Конструкции ИК. Рабочий газ. Энергия ионизации. Режим работы. Двухэлектродные и трехэлектродные импульсные ИК. Ионизационные камеры с сеткой.
88. Полупроводниковый  $\alpha$ -спектрометр. Энергетическое разрешение, временные характеристики. Требования к источникам излучения. Коллиматоры.
89. Радиометрия нейтронного излучения. Метод борного бака при определении абсолютной активности нейтронного источника.
90. Счетчик Гейгера-Мюллера. Форма импульса, мертвое время, счетная характеристика, эффективность регистрации. Область применения.
91. Времяпролетные спектрометры тяжелых заряженных частиц, осколков деления и других продуктов ядерных реакций.
92. Методы абсолютной радиометрии (интегральные и дифференциальные). Дифференциальные методы (импульсные): счет импульсов от «невесомого» радиоактивного препарата, регистрация частиц по сцинтилляциям в объеме детектора.

93. Жидкие ионизационные детекторы. Конструкция, рабочее напряжение детектора. Временное и энергетическое разрешение. Пропорциональный режим усиления. Энергия ионизации. Подвижность ионов и электронов. влияние примесей на рабочие характеристики детектора. Преимущества перед газонаполненными ионизационными детекторами. Недостатки.
94.  $\beta$ -спектрометрия. Магнитные спектрометры. Применение пропорциональных газовых счетчиков, сцинтилляционных и полупроводниковых детекторов. Основные погрешности при измерении  $\beta$ -спектров. Требования к источникам.
95. Основные методы  $\gamma$ -спектрометрии. Оценка энергетического состава  $\gamma$ -излучения по функциям пропускания и продуктам фотоядерных реакций. Кристалл-дифракционные  $\gamma$ -спектрометры.
96. Методы абсолютной радиометрии (интегральные и дифференциальные). Радиометрия путем сравнения со стандартным источником. Определение абсолютной активности тонких и толстых  $\alpha$ -активных препаратов.
97. Ионизационный метод детектирования частиц. Подвижность электронов и ионов в газе. Время собирания электронов и ионов на электродах ИК. Импульс тока и напряжения. 43 Роль эквивалентной емкости и сопротивления нагрузки в формировании импульса напряжения на электродах ИК.
98. Основные методы  $\gamma$ -спектрометрии. Сцинтилляционные  $\gamma$ -спектрометры.
99. Методы абсолютной радиометрии (интегральные и дифференциальные). Определение абсолютной активности тонких и толстых  $\alpha$ -активных препаратов. Определение абсолютной  $\beta$ -активности препаратов различной толщины. Особенности регистрации  $\alpha$ - и  $\beta$ -частиц.
100. Ионизационные процессы в газоразрядном счетчике. Режим работы. Вторичная ионизация, газовое усиление. Пропорциональные счетчики (ПС). Конструкция, рабочий газ и основные характеристики ПС спектрометрического детектора. Счетчик Гейгера-Мюллера.
101. Спектрометрия нейтронов. Дифференциальные методы. Двухкристальный сцинтилляционный спектрометр. Разрешение по энергии и эффективность.
102. Методы абсолютной радиометрии (интегральные и дифференциальные). Определение абсолютной активности источников методами  $\beta$ - $\gamma$ ,  $\alpha$ - $\gamma$  и  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадений.
103. Конструкция и принцип работы сцинтилляционного детектора. Процесс люминесценции в твердых кристаллах. Конверсионная эффективность сцинтиллятора. Органические твердотельные сцинтилляторы. Спектральные, временные и другие характеристики сцинтилляторов. Счетная характеристика сцинтилляционного счетчика. Зависимость световых выхода от плотности ионизации.
104. Спектрометрия нейтронов. Метод времени пролета. Разрешение по энергии и эффективность различных методов спектрометрии нейтронов.
105. Методы абсолютной радиометрии (интегральные и дифференциальные). Особенности регистрации  $\alpha$ - и  $\beta$ -частиц.
106. Конструкция и принцип работы сцинтилляционного детектора. Жидкие органические сцинтилляторы. Состав и свойства. Спектральные, временные и другие характеристики сцинтилляторов. Счетная характеристика сцинтилляционного счетчика. Зависимость световых выхода от плотности ионизации.
107. Полупроводниковые  $\gamma$ -спектрометры. Разрешение, эффективность.
108. Методы абсолютной радиометрии (интегральные и дифференциальные). Регистрация частиц по сцинтилляциям в объеме детектора.
109. Твердотельные детекторы структуры полупроводник – окисел – металл и структуры металл – окисел – металл. Дискриминация частиц по удельной ионизации. Конструкция. Рабочее напряжение. Эффективность регистрации осколков деления,

временные и амплитудные характеристики. Применение в ядерно-физических экспериментах.

110. Сцинтилляционные парные  $\gamma$ -спектрометры. Энергетическое разрешение, эффективность, светосила.

111. Импульсные ионизационные камеры (ИИК). Влияние давления газа на режим работы ИИК. Подвижность электронов и ионов. Максимальная амплитуда импульса при регистрации частиц. Форма импульса напряжения. Разрешающее время и энергетическое разрешение.

112. Сцинтилляционные детекторы на основе сжиженных благородных газов. Конструкция и принцип работы. Конверсионная эффективность, энергетическое и временное разрешение.

113. Конструкция и принцип работы сцинтилляционного детектора. Процесс люминесценции в твердых кристаллах. Конверсионная эффективность сцинтиллятора. Неорганические твердотельные сцинтилляторы. Спектральные, временные и другие характеристики сцинтилляторов. Счетная характеристика сцинтилляционного счетчика. Зависимость световыхода от плотности ионизации.

114. Методы абсолютной радиометрии (интегральные и дифференциальные). Раздельная регистрация  $\alpha$ - и  $\beta$ -частиц.

При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше.

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 45 мин.

К сдаче зачет допускаются обучающиеся, выполнившие и защитившие все лабораторные работы, продемонстрировав достижение порогового уровня сформированности компетенции.

#### **4. Темы курсовых проектов**

Курсовой проект не предусмотрен в учебном плане

#### **5. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПб ГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена и зачёта.

Шкала оценивания на экзамене балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»), на зачёте – «зачёт», «незачёт». При этом «зачёт» соотносится с пороговым уровнем сформированности компетенции.

## Тесты для проведения текущего контроля.

Вопрос	Варианты ответов
1. Спектр испускания атомов даёт информацию, позволяющую вести:	а) качественный и количественный анализ; б) только качественный анализ; в) только количественный анализ;
2. К физико-химическим методам анализа относятся:	а) нейтрализация б) комплексометрия в) рефрактометрия г) эмиссионный спектральный анализ д) потенциметрический анализ е) поляриметрический анализ
3. Характерный качественный фактор, по которому можно определить наличие того или иного элемента, в присутствии других элементов на пламенном фотометре, это:	а) длина световой волны; б) интенсивность излучения; в) интенсивность света.
4. Выберите правильную последовательность прохождения воздуха перед его попаданием в смеситель:	а) фильтр, вентиль, манометр; б) вентиль, манометр, фильтр; в) фильтр, манометр, вентиль.
5. Крупные капли анализируемого раствора в смесителе с горелкой:	а) остаются в растворе; б) оседают в слив; в) их вообще не образуется.
6. Анализируемое вещество при работе на пламенном фотометре начинает светиться, если:	а) сообщить его атомам энергию; б) перевести атомы в возбуждённое состояние; в) сообщить атомам энергию и перевести их в возбуждённое состояние.
7. Горючая смесь для работы пламенного фотометра.	а) бутан – воздух; б) пропан – бутан; в) воздух
8. Выбрать из широкого спектра волн узкую часть в пламенном фотометре позволяют:	а) фотоэлементы; б) светофильтры;
9. Прибор в пламенном фотометре, фиксирующий фототоки:	а) амперметр, б) вольтметр
10. Рефрактометрический анализ относится к методам:	а) оптическим б) электрохимическим в) хроматографическим
11. В основе рефрактометрического метода лежит:	а) способность растворов проводить электрический ток; б) способность атомов и молекул поглощать электромагнитное излучение; в) способность различных веществ по-разному преломлять проходящий свет.
12. На рефрактометре определяют:	а) оптическую плотность; б) показатель преломления; в) рН раствора
13. В основе абсорбционного спектрального анализа лежит:	а) закон светопоглощения; б) закон Бугера – Ламберта - Бера; в) закон эквивалентов.
14. В абсорбционном спектральном анализе применяют приборы:	а) фотоэлектроколориметр б) пламенный фотометр

<b>Вопрос</b>	<b>Варианты ответов</b>
	в) спектрофотометр
15. На ФЭЖе определяют:	а) оптическую плотность; б) показатель преломления; в) рН раствора
16. На ФЭЖе можно провести анализ веществ:	а) окрашенных; б) неокрашенных; в) органических; г) неокрашенных веществ, если их можно окрасить с помощью химической реакции.
17. Стандартные растворы – это:	а) растворы, с точно известной концентрацией; б) рабочие растворы; в) растворы, содержащие все компоненты, кроме определяемого вещества.
18. Растворы сравнения это:	а) растворы, с точно известной концентрацией; б) рабочие растворы; в) растворы, содержащие все компоненты, кроме определяемого вещества.
19. В основе поляриметрического метода анализа лежит:	а) способность атомов и молекул поглощать электромагнитное излучение; б) изучение поляризованного света; в) способность различных веществ по-разному преломлять проходящий свет
20. Поляризованным лучом называют:	а) луч, колебания которого совершаются в одной плоскости; б) луч, колебания которого совершаются в перпендикулярной плоскости; в) луч, колебания которого совершаются в параллельной плоскости
21. Оптически-активными веществами называются:	а) неорганические; б) способные вращать плоскость поляризации; в) неспособные вращать плоскость поляризации
22. На поляриметре определяют:	а) рН раствора; б) оптическую плотность; в) показатель преломления; г) угол вращения
23. К оптически-активным веществам относятся:	а) сахар б) глюкоза в) хлорид натрия г) пенициллин
24. В основе эмиссионного спектрального анализа лежит:	а) способность атомов в возбужденном состоянии излучать энергию; б) способность атомов и молекул поглощать электромагнитное излучение; в) способность многих веществ реагировать с бромом.
25. На пламенном фотометре можно определить:	а) металлы; б) неметаллы;

Вопрос	Варианты ответов
	в) кислоты; г) щёлочи
26. Горючей смесью для пламенного фотометра является:	а) водород – кислород; б) углерод – азот; в) пропан – бутан.
27. Сколько элементов можно определить на пламенном фотометре:	а) меньше 10; б) 18 элементов; в) свыше 30.
28. Светофильтры в приборах предназначены для:	а) выбора узкой полосы волн из широкого спектра излучения; б) выбора широкой полосы волн из широкого спектра излучения.
29. Фотоэлементы необходимы:	а) для преобразования света в электромагнитное излучение; б) для преобразования световой энергии в электрическую.
30. В основе потенциметрического метода анализа лежит:	а) измерение потенциала электродов погружённых в раствор; б) зависимость между составом вещества и его свойствами; в) измерение длины волны.
31. Для измерения потенциала электродов необходима система:	а) из 3 электродов; б) из 2 электродов; в) из 4 электродов.
32. Система для измерения электродного потенциала состоит из:	а) индикаторный электрод; б) температурный электрод; в) электрод сравнения; г) ртутный электрод.
33. Индикаторный электрод должен быть:	а) не чувствителен к ионам, находящимся в растворе; б) чувствителен к ионам, находящимся в растворе.
34. В качестве электрода сравнения используют:	а) стеклянный; б) ртутный; в) водородный; г) каломельный.
35. В электрод сравнения для контакта с ионами, добавляют:	а) NaOH; б) HgCl; в) KCl
36. Потенциметрический метод относится:	а) оптическим методам; б) хроматографическим методам; в) электрохимическим методам.
37. В основе эмиссионного спектрального анализа лежит:	а) способность молекул поглощать электромагнитное излучение; б) способность атомов в возбуждённом состоянии излучать энергию; в) измерение показателя преломления веществ
38. Эмиссионный спектральный анализ можно провести	а) качественным методом; б) объёмным методом; в) количественным методом

<b>Вопрос</b>	<b>Варианты ответов</b>
39. Разновидность эмиссионного метода спектрального анализа:	а) стандартные серии б) фотометрия пламени; в) фотоколориметрический метод
40. В основе эмиссионного спектрального анализа лежит:	а) способность молекул поглощать электромагнитное излучение; б) способность атомов в возбуждённом состоянии излучать энергию; в) измерение показателя преломления веществ
41. Эмиссионный спектральный анализ можно провести	а) качественным методом; б) объёмным методом