

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Трехгорный технологический институт –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ТТИ НИЯУ МИФИ)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ТТИ НИЯУ МИФИ
_____ Т.И. Улитина
«31» августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЯДЕРНОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

Специальность: 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Специализация: Проектирование и технология радиоэлектронных систем и комплексов

Квалификация (степень) выпускника: инженер

Форма обучения: очная

1 ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина посвящена изучению и сравнительному анализу энергетических спектрометров, используемых для регистрации различных ионизирующих излучений. Рассматриваются принципы работы спектрометров, их структурные схемы, форма аппаратурной линии и ее зависимость от параметров излучений и типа блока детектирования. Большое внимание уделяется вопросам градуировки спектрометров по энергии и эффективности, а также особенностям спектрометрических измерений и обработки приборных спектров.

1.1 Цели дисциплины

Цель дисциплины заключается в изучении методов спектрометрии излучений и устройства различных спектрометров, а также овладении навыками практической работы со спектрометрами различных типов и назначения.

1.2 Задачи дисциплины

Задачи, вытекающие из поставленной цели, состоят в приобретении навыков корректного измерения спектров излучений, проведении градуировок спектрометров по энергии и эффективности, освоении методов обработки спектрометрической информации с последующей интерпретацией результатов измерений.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Метрологическое обеспечение ядерного приборостроения» (Б1.В.ОД.17) относится к вариативной части обязательных дисциплин.

3 КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ / ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Профессиональные компетенции

Изучение дисциплины «Метрологическое обеспечение ядерного приборостроения» направлено на формирование у студентов следующих компетенций:

- способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных (ОПК-4);
- способен выполнять опытно-конструкторские работы с учетом требований нормативных документов в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-5);
- способен проводить организационно-методическое обеспечение технической эксплуатации радиоэлектронных комплексов (ПК-1.1);
- способен производить ввод в эксплуатацию радиоэлектронных комплексов (ПК-1.2);
- способен проводить текущий ремонт радиоэлектронных комплексов (ПК-1.4).

3.2 Перечень результатов образования, формируемых дисциплиной, с указанием уровня их освоения

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации;
- основные методы проектирования, исследования и эксплуатации радиотехнических систем;
- виды и содержание эксплуатационных документов, методы технического сопровождения обслуживаемых радиоэлектронных комплексов, методы и средства контроля технического состояния обслуживаемых радиоэлектронных комплексов,

стандарты в области постановки изделий для производства и эксплуатации радиоэлектронных комплексов;

– теорию и практику эксплуатации радиоэлектронных комплексов, виды и содержание эксплуатационных документов, содержание мероприятий по вводу в эксплуатацию радиоэлектронных комплексов, методы метрологического обеспечения эксплуатации радиоэлектронных комплексов;

– методы мониторинга и диагностики технического состояния радиоэлектронных комплексов, принципы работы, устройство, технические возможности средств контроля технического состояния радиоэлектронных комплексов и перспективы их совершенствования, радиоизмерительного оборудования в объеме выполняемых работ, методы и способы калибровки контрольно-измерительных приборов.

уметь:

– выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования;

– применять информационные технологии и информационно-вычислительные системы для решения научно-исследовательских и проектных задач радиоэлектроники;

– планировать мероприятия по техническому обслуживанию радиоэлектронных комплексов при непосредственной их эксплуатации, хранении и транспортировании;

– работать с эксплуатационной документацией по техническому обслуживанию радиоэлектронных комплексов;

– использовать оборудование для диагностирования и устранения неисправностей, возникших при эксплуатации радиоэлектронных комплексов, производить замену ответственных узлов и элементов радиоэлектронных комплексов, составлять ремонтные ведомости и рекламационные акты, необходимые для устранения возникших во время эксплуатации неисправностей в радиоэлектронных комплексах или их составных частях.

владеть:

– способами обработки, представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений;

– навыками оформления проектно-конструкторской документации в соответствии с действующей нормативной базой;

– навыками составления специальных эксплуатационных инструкций на радиоэлектронные комплексы, ведомостей комплектов запасных частей, инструментов,

принадлежностей и материалов, расходуемых за срок эксплуатации радиоэлектронных комплексов;

– навыками изучения руководства по эксплуатации радиоэлектронных комплексов, содержащего сведения о конструкции, принципе действия, характеристиках радиоэлектронных комплексов и их составных частей, инструкций, необходимых для правильной эксплуатации радиоэлектронных комплексов и оценки их технического состояния;

– навыками проведения мониторинга технического состояния радиоэлектронных комплексов по основным показателям, локализации неисправностей при техническом диагностировании радиоэлектронного комплекса, отказ части которого привел к возникновению его неработоспособного состояния, проверки функционирования радиоэлектронных комплексов после проведения ремонтных работ, контроля качества проведения ремонта радиоэлектронных комплексов и их составных частей.

3.3 Воспитательная работа

Направление/ цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин
Профессиональный модуль		
Профессиональное воспитание	- формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.
	- формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных

	<p>развитие и профессиональные решения (B18)</p>	<p>траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.</p>
	<p>- формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)</p>	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик "Основы научных исследований", «"Учебная практика (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы))" для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик "Введение в специальность", "Основы научных исследований", "Учебная практика (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы))" для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий <p>.</p>
	<p>- формирование навыков коммуникации, командной работы и лидерства (B20); - формирование способности и стремления следовать в профессии нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения (B21); - формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (B22)</p>	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.

	<p>- формирование культуры информационной безопасности (B23)</p>	<p>Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования базовых навыков информационной безопасности через изучение последствий халатного отношения к работе с информационными системами, базами данных (включая персональные данные), приемах и методах злоумышленников, потенциальном уроне пользователям.</p>
	<p>УГНС 11.00.00 «Электроника, радиотехника и системы связи»: - формирование навыков коммуникации и командной работы при разработке электронных средств (B27); - формирование культуры безопасности при работе в электромонтажной и электрорадиомонтажной лаборатории (B28)</p>	<p>1. Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин "Основы конструирования электронных средств", "Схемо- и системотехника электронных средств", "Технология производства электронных средств", "Конструирование механизмов и несущих конструкций радиоэлектронных средств", "Конструирование деталей и узлов радиоэлектронных средств» для формирования профессиональной коммуникации, а также привития навыков командной работы за счет использования методов коллективных форм познавательной деятельности, командного выполнения учебных заданий по разработке электронных средств, курсовых работ/проектов и защиты их результатов; 2. Использование воспитательного потенциала учебной практики и профильной дисциплины "Технология поверхностного монтажа" для формирования культуры безопасности при работе в электромонтажной и электрорадиомонтажной лаборатории через выполнение студентами практических заданий.</p>

4 СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины в 9 семестре составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Текущий контроль успеваемости (неделя, форма)	Аттестация раздела (неделя, форма)	Макс. балл за раздел*
			Лекции	Лаб. работы	Прак. работы	Самост. работа	работа			
Семестр 9										
1	Раздел 1	1-2	5	-	8	6	ДЗ1	Т1	10	
2	Раздел 2	3-4	5	-	9	7	ДЗ2	КР1	15	

3	Раздел 3	5	5	-	8	7	ДЗЗ	Т2	10
4	Раздел 4	6-7	5	-	9	7	ТЗ	КР2	15
Итого			20	-	34	27			50
Экзамен			27						50
Итого за семестр									100

4.1 Содержание лекций

9 семестр

Раздел 1. Спектрометрия зараженных частиц.

Виды и особенности структуры спектрометров для регистрации тяжелых заряженных частиц и электронов. Спектрометры с линейным преобразованием энергии – амплитуда. Газовые, полупроводниковые и сцинтилляционные спектрометры: диапазон измеряемых энергий, предельные параметры. Факторы, влияющие на энергетическое и временное разрешение. Основные причины искажения формы аппаратурных спектров. Особенности спектрометрии тяжелых ионов. Стабилизация характеристик $E - A$ спектрометров во времени.

ЛПЭ спектрометры заряженных частиц: структура, область применения, форма аппаратурной линии и ее зависимость от различных факторов.

Магнитные спектрометры заряженных частиц, их разновидности. Спектрометр с однородным магнитным полем и полукруговой фокусировкой. Форма аппаратурной линии, энергетическое разрешение и светосила этих спектрометров.

Раздел 2. Спектрометрия рентгеновского и гамма-излучения.

Однокристалльные спектрометры со сцинтилляционными и полупроводниковыми детекторами. Форма аппаратурной линии, ее зависимость от различных факторов. Энергетическое и временное разрешение, эффективность регистрации, фотоэффективность. Особенности рентгеновских спектрометров с газовыми пропорциональными и полупроводниковыми детекторами.

Многокристалльные гамма-спектрометры: с защитой анти совпадениями, комптоновский, комптоновский со сложением амплитуд и др. Форма аппаратурной линии этих спектрометров, основные характеристики и области применения

Кристалл-дифракционная гамма – спектрометрия. Физические основы метода и основные характеристики спектрометров. Области применения кристалл-дифракционных спектрометров.

Мессбауэровская спектрометрия. Физические основы метода, структурная схема спектрометра. Форма мессбауэровских спектров. Области практической реализации метода.

Раздел 3. Спектрометрия нейтронов.

Метод ядер отдачи. Физические основы, области применения. Форма аппаратного спектра. Дифференциальная и интегральная методики. Основные характеристики Н-спектрометров.

Метод ядерных реакций. Физические основы, область применения. Форма аппаратного спектра, основные характеристики. Выбор рабочего материала и особенности спектрометров на He, В и Li. Способы дискриминации гамма-фона.

Метод времени пролета. Физические основы, область применения, требования к различным элементам спектрометра. Основные характеристики.

Раздел 4. Спектрометрические измерения и обработка приборных спектров.

Учет погрешностей при спектрометрических измерениях: статистическая погрешность, потери в счете из-за мертвого времени аппаратуры, корректный учет фона и искажений спектра, нестабильность во времени параметров спектрометра, выбор способа градуировки. Способы определения энергетического разрешения спектрометра, положения и площади пиков в линейчатых спектрах.

Метрологическое обеспечение ядерно-спектрометрических измерений.

Пример обработки приборного спектра.

Методы восстановления истинных спектров. Моделирование спектров.

4.2 Тематический план практических работ

1. Полупроводниковый альфа- спектрометр.
2. Сцинтилляционный гамма- спектрометр.
3. Моделирование спектров обратного рассеяния тяжелых ионов.
4. Мессбауэровский спектрометр.
5. Спектрометр тепловых нейтронов на пропорциональном газовом детекторе.

4.2.2 Самостоятельная работа студентов

Самостоятельное изучение лекционного материала по темам:

1. Градуировка спектрометров по энергии.
2. Градуировка спектрометров по эффективности (светосиле).
3. Обработка приборных спектров: способы автоматического поиска пиков, сглаживание, анализ мультиплексности пиков, метод численного дифференцирования и т.п.

5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с компетентностным подходом выпускник вуза должен не просто обладать определенной суммой знаний, а уметь при помощи этих знаний решать конкретные задачи производства.

Учитывая требования ОС НИЯУ МИФИ ВО по направлению подготовки 11.03.03 "Конструирование и технология электронных средств", реализация компетентностного подхода должна предусматривать широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Лекционные занятия проводятся в специализированной аудитории с применением мультимедийного проектора в виде учебной презентации. Учебные материалы предъявляются обучающимся для ознакомления и изучения, основные моменты лекционных занятий конспектируются. Отдельные темы предлагаются для самостоятельного изучения с обязательным составлением и контролем конспекта.

Практические занятия проводятся также с применением мультимедийного проектора с разбором типовых решений.

Текущий контроль знаний студентов по отдельным разделам и в целом по дисциплине проводится в форме компьютерного или бумажного тестирования, а также выполнением самостоятельных работ по решению задач.

6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Перечень оценочных средств, используемых для текущей аттестации

Код	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
T1	Тест №1	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Фонд тестовых заданий
T2	Тест №2		
T3	Тест №3		
KP1	Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам
KP2	Контрольная работа		
ДЗ 1	Домашнее задание	Средства проверки умения самостоятельной обработки теоретического материала по курсу	Теоретический материал по курсу
ДЗ 2	Домашнее задание		
ДЗ 3	Домашнее задание		

Расшифровка компетенций через планируемые результаты обучения

Связь между формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения представлена в следующей таблице:

Код	Проектируемые результаты освоения дисциплины и индикаторы формирования компетенций			Средства и технологии оценки
	Знать (З)	Уметь (У)	Владеть (В)	
ОПК-4	31, 32, 33, 34, 35	У1, У2, У3, У4, У5	В1, В2, В3, В4, В5	9 семестр: Т1, Т2, Т3, КР1, КР2, ДЗ1, ДЗ2, ДЗ3
ОПК-5	31, 32, 33, 34, 35	У1, У2, У3, У4, У5	В1, В2, В3, В4, В5	9 семестр: Т1, Т2, Т3, КР1, КР2, ДЗ1, ДЗ2, ДЗ3
ПК-1.1	31, 32, 33, 34, 35	У1, У2, У3, У4, У5	В1, В2, В3, В4, В5	8 семестр: Т1, Т2, Т3, КР1, КР2, ДЗ1, ДЗ2, ДЗ3
ПК-1.2	31, 32, 33, 34, 35	У1, У2, У3, У4, У5	В1, В2, В3, В4, В5	9 семестр: Т1, Т2, Т3, КР1, КР2, ДЗ1, ДЗ2, ДЗ3
ПК-1.4	31, 32, 33, 34, 35	У1, У2, У3, У4, У5	В1, В2, В3, В4, В5	9 семестр: Т1, Т2, Т3, КР1, КР2, ДЗ1, ДЗ2, ДЗ3

Этапы формирования компетенций

Раздел	Темы занятий	Коды компетенций	Знания, умения и навыки	Виды аттестации		
				Текущий контроль – неделя	Аттестация раздела – неделя	Промежуточная аттестация
Раздел 1.	<p>Спектрометрия зараженных частиц. Виды и особенности структуры спектрометров для регистрации тяжелых заряженных частиц и электронов. Спектрометры с линейным преобразованием энергия – амплитуда. Газовые, полупроводниковые и сцинтилляционные спектрометры: диапазон измеряемых энергий, предельные параметры. Факторы, влияющие на энергетическое и временное разрешение. Основные причины искажения формы аппаратурных спектров. Особенности спектрометрии тяжелых ионов. Стабилизация характеристик $E - A$ спектрометров во времени.</p> <p>ЛПЭ спектрометры зараженных частиц: структура, область применения, форма аппаратурной линии и ее зависимость от различных факторов.</p> <p>Магнитные спектрометры зараженных частиц, их разновидности. Спектрометр с однородным магнитным полем и полукруговой фокусировкой. Форма аппаратурной линии, энергетическое разрешение и светосила этих спектрометров.</p>	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.4	31, 32, 33, 34, 35, У1, У2, У3, У4, У5, В1, В2, В3, В4, В5	ДЗ1	Т1	экзамен

<p>Раздел 2.</p>	<p>Спектрометрия рентгеновского и гамма-излучения. Однокристалльные спектрометры со сцинтилляционными и полупроводниковыми детекторами. Форма аппаратурной линии, ее зависимость от различных факторов. Энергетическое и временное разрешение, эффективность регистрации, фотоэффективность. Особенности рентгеновских спектрометров с газовыми пропорциональными и полупроводниковыми детекторами. Многокристалльные гамма-спектрометры: с защитой анти совпадениями, комптоновский, комптоновский со сложением амплитуд и др. Форма аппаратурной линии этих спектрометров, основные характеристики и области применения Кристалл-дифракционная гамма – спектрометрия. Физические основы метода и основные характеристики спектрометров. Области применения кристалл-дифракционных спектрометров. Мессбаэровская спектрометрия. Физические основы метода, структурная схема спектрометра. Форма мессбаэровских спектров. Области практической реализации метода.</p>	<p>ОПК-4, ОПК-5, ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.4</p>	<p>31, 32, 33, 34, 35, У1, У2, У3, У4, У5, В1, В2, В3, В4, В5</p>	<p>Д32</p>	<p>КР1</p>	
<p>Раздел 3.</p>	<p>Спектрометрия нейтронов. Метод ядер отдачи. Физические основы, области применения. Форма аппаратурного спектра. Дифференциальная и</p>	<p>ОПК-4, ОПК-5, ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.4</p>	<p>31, 32, 33, 34, 35, У1, У2, У3, У4, У5, В1, В2, В3, В4, В5</p>	<p>Д33</p>	<p>Т2</p>	

	<p>интегральная методики. Основные характеристики Н-спектрометров. Метод ядерных реакций. Физические основы, область применения. Форма аппаратурного спектра, основные характеристики. Выбор рабочего материала и особенности спектрометров на He, В и Li. Способы дискриминации гамма- фона. Метод времени пролета. Физические основы, область применения, требования к различным элементам спектрометра. Основные характеристики.</p>					
Раздел 4.	<p>Спектрометрические измерения и обработка приборных спектров. Учет погрешностей при спектрометрических измерениях: статистическая погрешность, потери в счете из-за мертвого времени аппаратуры, корректный учет фона и искажений спектра, нестабильность во времени параметров спектрометра, выбор способа градуировки. Способы определения энергетического разрешения спектрометра, положения и площади пиков в линейчатых спектрах. Метрологическое обеспечение ядерно- спектрометрических измерений. Пример обработки приборного спектра. Методы восстановления истинных спектров. Моделирование спектров.</p>	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.4	31, 32, 33, 34, 35, У1, У2, У3, У4, У5, В1, В2, В3, В4, В5	Т3	КР2	

Шкала оценки образовательных достижений

Код	Вид оценочного средства	Критерии	Балл	Макс. балл– мин. балл
Т1	Тестовое задание №1	выставляется студенту, если 90-100% тестовых вопросов выполнено правильно	5	5 – 2
		выставляется студенту, если 80-89% тестовых задач выполнено правильно	4	
		выставляется студенту, если 60-79% тестовых задач выполнено правильно	3-2	
		при ответе студента менее, чем на 60% вопросов тестовое задание не зачитывается и у студента образуется долг, который должен быть закрыт в течение семестра или на зачетной неделе	<2	
Т2	Тестовое задание №2	выставляется студенту, если 90-100% тестовых вопросов выполнено правильно	5	5 – 2
		выставляется студенту, если 80-89% тестовых задач выполнено правильно	4	
		выставляется студенту, если 60-79% тестовых задач выполнено правильно	3-2	
		при ответе студента менее, чем на 60% вопросов тестовое задание не зачитывается и у студента образуется долг, который должен быть закрыт в течение семестра или на зачетной неделе	<2	
Т3	Тестовое задание №3	выставляется студенту, если 90-100% тестовых вопросов выполнено правильно	5	5 – 2
		выставляется студенту, если 80-89% тестовых задач выполнено правильно	4	
		выставляется студенту, если 60-79% тестовых задач выполнено правильно	3-2	
		при ответе студента менее, чем на 60% вопросов тестовое задание не зачитывается и у студента образуется долг, который должен быть закрыт в течение семестра или на зачетной неделе	<2	
КР1	Контрольная работа №1	выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.	10-9	10 – 6
		выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.	8-7	
		выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.	6	

		выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	<6	
КР2	Контрольная работа №2	выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.	10-9	10 – 6
		выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.	8-7	
		выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.	6	
		выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	<6	
Э	Экзамен	выставляется студенту при правильно написанном билете и при ответе на все дополнительные вопросы по курсу с незначительными неточностями, которые студент должен устранить в процессе беседы с преподавателем, в рамках которой он демонстрирует углубленное понимание предмета и владение ключевыми знаниями, умениями и навыками, предусмотренными данной дисциплиной	40-50	
Э	Экзамен	выставляется студенту при правильно написанном билете и при ответе на часть дополнительных вопросов по курсу с демонстрацией базовых знаний, умений и навыков, предусмотренных данной дисциплиной	35-39	50 – 30
		выставляется студенту при написанных ответах на вопросы билета (допускается содержание некоторых неточностей) и демонстрации базовых знаний, умений и навыков по данной дисциплине	30-34	
		если студент не написал ответ хотя бы на один из вопросов билета и не может ответить на дополнительные компетентностно–ориентированные вопросы	<30	

Итоговая оценка представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля и выставляется в соответствии с Положением о кредитно-модульной системе в соответствии со следующей шкалой:

Оценка по 5-балльной шкале	Сумма баллов за разделы	Оценка ECTS
5 – «отлично»	90-100	A
4 – «хорошо»	85-89	B
	75-84	C
	70-74	D
3 – «удовлетворительно»	65-69	E
	60-64	
2 – «неудовлетворительно»	Ниже 60	F

Расшифровка уровня знаний, соответствующего полученным баллам, дается в таблице указанной ниже

Оценка по 5-балльной шкале – оценка по ECTS	Сумма баллов за разделы	Требования к усвоению сформированности компетенций дисциплины
«отлично» – A	90 ÷ 100	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
«хорошо» – D, C, B	70 ÷ 89	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его.
«удовлетворительно» – E, D	60 ÷ 69	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
«неудовлетворительно» – F	менее 60	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Вопросы к экзамену

1. Виды и особенности структуры спектрометров для регистрации тяжелых заряженных частиц и электронов.
2. Спектрометры с линейным преобразованием энергия – амплитуда.
3. Газовые, полупроводниковые и сцинтилляционные спектрометры: диапазон измеряемых энергий, предельные параметры.
4. Факторы, влияющие на энергетическое и временное разрешение. Основные причины искажения формы аппаратурных спектров.
5. Особенности спектрометрии тяжелых ионов.
6. Стабилизация характеристик E – A спектрометров во времени.
7. ЛПЭ спектрометры заряженных частиц: структура, область применения, форма аппаратурной линии и ее зависимость от различных факторов.

8. Магнитные спектрометры заряженных частиц, их разновидности.
9. Спектрометр с однородным магнитным полем и полукруговой фокусировкой.
10. Форма аппаратурной линии, энергетическое разрешение и светосила этих спектрометров.
11. Однокристалльные спектрометры со сцинтилляционными и полупроводниковыми детекторами.
12. Полупроводниковый альфа-спектрометр.
13. Сцинтилляционный гамма-спектрометр.
14. Моделирование спектров обратного рассеяния тяжелых ионов.
15. Мессбауэровский спектрометр.
16. Спектрометр тепловых нейтронов на пропорциональном газовом детекторе.
17. Форма аппаратурной линии, ее зависимость от различных факторов.
18. Энергетическое и временное разрешение, эффективность регистрации, фотоэффективность.
19. Особенности рентгеновских спектрометров с газовыми пропорциональными и полупроводниковыми детекторами.
20. Многокристалльные гамма-спектрометры: с защитой антисовпадениями, комптоновский, комптоновский со сложением амплитуд и др. Форма аппаратурной линии этих спектрометров, основные характеристики и области применения
21. Кристалл-дифракционная гамма – спектрометрия.
22. Физические основы метода и основные характеристики спектрометров. Области применения кристалл-дифракционных спектрометров.
23. Мессбауэровская спектрометрия. Физические основы метода, структурная схема спектрометра.
24. Форма мессбауэровских спектров. Области практической реализации метода.
25. Метод ядер отдачи. Физические основы, области применения. Форма аппаратурного спектра.
26. Дифференциальная и интегральная методики. Основные характеристики Н-спектрометров.
27. Метод ядерных реакций. Физические основы, область применения. Форма аппаратурного спектра, основные характеристики.

28. Выбор рабочего материала и особенности спектрометров на He, V и Li.
29. Способы дискриминации гамма-фона.
30. Метод времени пролета. Физические основы, область применения, требования к различным элементам спектрометра. Основные характеристики.
31. Учет погрешностей при спектрометрических измерениях: статистическая погрешность, потери в счете из-за мертвого времени аппаратуры, корректный учет фона и искажений спектра, нестабильность во времени параметров спектрометра, выбор способа градуировки.
32. Способы определения энергетического разрешения спектрометра, положения и площади пиков в линейчатых спектрах.
33. Градуировка спектрометров по энергии.
34. Градуировка спектрометров по эффективности (светосиле).
35. Метрологическое обеспечение ядерно-спектрометрических измерений.
36. Обработка приборных спектров: способы автоматического поиска пиков, сглаживание, анализ мультиплексности пиков, метод численного дифференцирования и т.п. Пример обработки приборного спектра.
37. Методы восстановления истинных спектров.
38. Моделирование спектров.

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Основная литература

1. Латышенко К. П. Метрология и измерительная техника. Микропроцессорные анализаторы жидкости: учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] / К. П. Латышенко, Б. С. Первухин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 203 с. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/491286>.
2. Сергеев А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация в 2 ч. Часть 1. Метрология: учебник и практикум для вузов [Электронный ресурс] / А. Г. Сергеев. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 324 с. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/490836>.

3. Сергеев А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация в 2 ч. Часть 2. Стандартизация и сертификация: учебник и практикум для вузов [Электронный ресурс] / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 325 с. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/490837>.

7.2 Дополнительная литература

1. Атрошенко Ю. К. Метрология, стандартизация и сертификация. Сборник лабораторных и практических работ: учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] / Ю. К. Атрошенко, Е. В. Кравченко. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 176 с. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/490389>.

2. Дерябин И. П., Метрология, стандартизация и сертификация [Текст]: учебная книга инженера-физика / И. П. Дерябин, И. Н. Миронова. - Москва: НИЯУ МИФИ, 2013. - 92 с.: ил.

3. Жуков В. К. Метрология. Теория измерений: учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] / В. К. Жуков. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 414 с. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/490336>.

4. Латышенко К.П. Автоматизация измерений, испытаний и контроля: учебное пособие [Электронный ресурс] / Латышенко К.П.— 2-е изд. - Саратов: Вузовское образование, 2019. — 307 с.— Текст: электронный // Образовательная платформа IPRbooks [сайт]. - Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/79612.html?replacement=1>.

7.3 Интернет ресурсы

№	Наименование ресурса	Интернет-ссылка на ресурс
1	Электронная библиотечная система ЮРАЙТ	https://urait.ru/
2	Электронная библиотечная система «Лань» ООО "Издательство Лань"	e.lanbook.com
3	Электронная библиотечная система IPR BOOKS	https://www.iprbookshop.ru/
4	Электронная библиотечная система eLIBRARY ООО "РУНЭБ"	http://elibrary.ru
5	Научные полнотекстовые ресурсы издательства Springer (архив) Springer Customer Service Center GmbH, обеспечение доступа ФГБУ "ГПНТБ России"	http://link.springer.com/
6	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	http://window.edu.ru/
7	СНИИП РОСАТОМ	http://www.snip.ru/novosti-otrasli/yadernoe-

		priboorostroenie-2015-aktualny-e-voprosy-prakticheskoy-metrologii-apparatury-yadernogo-priboorostroeniya/
8	PROATOM Ядерное приборостроение	http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=print&sid=182
9	SCI-ARTICLE Публикация научных статей	https://sci-article.ru/gryps.php?i=elektrrotehnika
10	Большая Энциклопедия Нефти и Газа	http://www.ngpedia.ru/id155581p1.html
11	ИСТИНА (Интеллектуальная Система Тематического Исследования НАукометрических данных)	https://istina.msu.ru/journals/96319/

7.4 Периодические издания

1. ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ – Режим доступа: https://elibrary.ru/title_about_new.asp?id=7719 - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.

2. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ – Режим доступа: https://elibrary.ru/title_about.asp?id=28889 - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.

3. ИНСТРУМЕНТ. ТЕХНОЛОГИЯ. ОБОРУДОВАНИЕ – Режим доступа: https://elibrary.ru/title_about.asp?id=9796 - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.

4. РАДИОЭЛЕКТРОНИКА. НАНОСИСТЕМЫ. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ - Режим доступа: https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=32094 – Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.

5. ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ – Режим доступа: https://elibrary.ru/title_about.asp?id=28006 - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, групповые и индивидуальные консультации, текущего контроля, промежуточной аттестации используются учебные аудитории, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Учебные аудитории для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду вуза.

ТТИ НИЯУ МИФИ обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения.

Сведения о наличии оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий представлены на официальном сайте ТТИ НИЯУ МИФИ: <http://ttimephi.ru/ttimephi/sveden/objects>