

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

«ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ 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

Трехгорный
2021

1 ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина посвящена изучению методов детектирования ионизирующих излучений, сравнительному анализу основных измерительных характеристик детекторов, рассмотрению их конструктивных, технологических и эксплуатационных особенностей, а также выбору оптимального типа детектора для решения конкретных практических задач.

1.1 Цели дисциплины

Изучить методы детектирования ионизирующих излучений, научить студентов сравнительному анализу основных измерительных характеристик детекторов, рассмотреть их конструктивные, технологические и эксплуатационные особенности, а также освоить особенности выбора оптимального типа детектора для решения конкретных практических задач.

1.2 Задачи дисциплины

- изучение принципов регистрации ионизирующих излучений;
- изучение конструктивных особенностей и характеристик различных детекторов;
- освоение методов обработки информации, поступающей с различных детекторов.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Физические основы ядерного приборостроения» (Б1.В.ДВ.3.1) 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 Обще профессиональные и профессиональные компетенции

Изучение дисциплины «Физические основы ядерного приборостроения» направлено на формирование у студентов следующих компетенций:

- способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах (УКЕ-1);
- способен представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики (ОПК-1);
- способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения (ОПК-2);
- способен к логическому мышлению, обобщению, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их достижения, освоению работы на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения различных научно-технических задач в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-3).

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

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;
- фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы;
- современное состояние области профессиональной деятельности;
- методы решения задач анализа и расчета характеристик радиоэлектронных систем и устройств с применением современного измерительного, диагностического и технологического оборудования.

уметь:

- использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики;
- решать типовые расчетные задачи;
- применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера;
- искать и представлять актуальную информацию о состоянии предметной области;
- подготавливать научные публикации на основе результатов исследований.

владеть:

- методами математического анализа и моделирования;
- методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами;
- навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач;
- навыками работы за персональным компьютером, в том числе пакетами прикладных программ для разработки и представления документации;

– навыками использования методов решения различных научно-технических задач в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий.

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 (B17)	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 развитие и профессиональные решения (B18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
	- формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик "Основы научных исследований", «"Учебная практика (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)" для: - 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.
	<ul style="list-style-type: none"> - 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>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 компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
	<ul style="list-style-type: none"> - формирование культуры информационной безопасности (B23) 	<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»:</p> <p>- формирование навыков коммуникации и командной работы при разработке электронных средств (B27);</p> <p>- 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;</p> <p>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 8 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 8										
1	Раздел 1	1-4	6	-	6	14	ДЗ1	T1	10	
2	Раздел 2	5-8	6	-	6	13	ДЗ2	KP1	15	
3	Раздел 3	9-12	6	-	6	14	ДЗ3	T2	10	
4	Раздел 4	13-18	10	-	8	13	T3	KP2	15	

Итого		28	-	26	54			50
Зачет с оценкой		-						50
Итого за семестр								100

4.1 Содержание лекций

8 семестр

Раздел 1. Характеристики и режимы работы детекторов.

Общая схема включения детектора. Токовый и импульсный режимы работы детекторов. Амплитудный спектр импульсов. Функция отклика детектора. Энергетическое разрешение детектора. Эффективность регистрации излучений. Временное разрешение детекторов, мертвое время.

Раздел 2. Газовые ионизационные детекторы.

3.1. Ионизационный эффект в газах, вольтамперная характеристика газового промежутка. Теорема Рамо – Шокли. Ионизационные камеры (ИК). Устройство и особенности работы в токовом и импульсном режимах. Импульсная ИК, схема ее включения. Форма импульсов тока и напряжения в для плоской ИК. Индукционный эффект и способы его уменьшения. Энергетические и временные характеристики импульсной ИК. Области применения и примеры использования.

3.2. Пропорциональный счетчик (ПС), особенности его устройства и работы. Форма импульсов тока и напряжения в ПС. Временное и энергетическое разрешение ПС. Области применения и примеры использования.

3.3. Газоразрядные счетчики (ГС), их разновидности. Вторичные эффекты. Полный коэффициент газового усиления, механизм разряда. Особенности галогенных счетчиков. Временные характеристики, эффективность регистрации различных видов излучений.

3.4. Конструктивные особенности газовых ионизационных детекторов: охранные кольца, 2п - и 4п - геометрия, коррекция поля в месте крепления нити анода и т.п.

Раздел 3. Твердотельные (полупроводниковые) детекторы.

4.1. Механизм регистрации излучений, требования к материалу детектора. Однородные счетчики, их преимущества и недостатки.

4.2. Полупроводниковые детекторы на основе р-п перехода. Поверхностно-барьерные и диффузионные детекторы, схема их включения и технологические особенности. Толщина и емкость чувствительной области. Форма импульсов тока и напряжения.

Основные факторы, определяющие энергетическое и временное разрешение детекторов. Области применения и примеры использования.

4.3. Полупроводниковые диффузионно – дрейфовые детекторы (p-i-p детекторы). Схема включения, технологические особенности. Форма импульсов тока и напряжения. Энергетическое и временное разрешение. Эффективность регистрации различных типов излучений.

4.4. Некоторые разновидности полупроводниковых детекторов: из сверхчистых материалов, на основе теллурида кадмия, арсенида галлия, дионида ртути и т.п. Области применения и примеры использования.

Раздел 4. Сцинтилляционные детекторы (СС).

Структура, принцип работы и основные характеристики СС. Сцинтилляторы, механизм высвечивания неорганических и органических сцинтилляторов. Фотоэлектронный умножитель (ФЭУ), его составные части, конструктивные особенности и характеристики. Схема включения и питания ФЭУ. Шумы ФЭУ. Одноэлектронный режим работы ФЭУ. Форма сцинтилляционных импульсов тока и напряжения. Временное и энергетическое разрешение СС. Эффективность регистрации различных видов излучений. Области применения и примеры использования.

4.2 Тематический план практических работ

1. Аппаратура для работы с детекторами, программное обеспечение.
2. Галогенный газоразрядный счётчик.
3. Газовый пропорциональный счётчик.
4. Поверхностно-барьерный детектор (p-n типа).
5. Детектор из сверхчистого германия.
6. Сцинтилляционный детектор с неорганическим сцинтиллятором NaI.
7. Сцинтилляционный детектор с ZnS.
8. Позиционно-чувствительный детектор на основе гамма-камеры

4.2.2 Самостоятельная работа студентов

Самостоятельное изучение лекционного материала по темам:

1. Вторичноэмиссионные детекторы.
Особенности работы, области применения. Схемы включения, основные режимы работы и характеристики. Микроканальные пластины.
2. Счётчики Черенкова.

Особенности и характеристики пороговых и угловых счётчиков Черенкова. Материалы радиаторов. Энергетическое и временное разрешение. Конструктивные особенности, области применения и примеры использования.

3. ПЗС-детекторы.

Принцип работы и структурная схема детекторов. Основные характеристики и области применения.

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 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы», 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
8 семестр			
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		
ПР1-2	Практические занятия	Средства оценки умения практической обработки теоретического материала	Материал по курсу
ПР3-4	Практические занятия		
ПР5-6	Практические занятия		
ПР7-9	Практические занятия		

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)	
УКЕ-1	31, 32, 33, 34	У1, У2, У3, У4, У5	В1, В2, В3, В4, В5	8 семестр: Т1, Т2, Т3, КР1, КР2, Д31, Д32, Д33
ОПК-1	31, 32, 33, 34	У1, У2, У3, У4, У5	В1, В2, В3, В4, В5	8 семестр: Т1, Т2, Т3, КР1, КР2, Д31, Д32, Д33
ОПК-2	31, 32, 33, 34	У1, У2, У3, У4, У5	В1, В2, В3, В4, В5	8 семестр: Т1, Т2, Т3, КР1, КР2, Д31, Д32, Д33
ОПК-3	31, 32, 33, 34	У1, У2, У3, У4, У5	В1, В2, В3, В4, В5	8 семестр: Т1, Т2, Т3, КР1, КР2, Д31, Д32, Д33

Этапы формирования компетенций

Раздел	Темы занятий	Коды компетенций	Знания, умения и навыки	Виды аттестации		
				Текущий контроль – неделя	Аттестация раздела – неделя	Промежуточная аттестация
8 семестр						
Раздел 1.	<p>Характеристики и режимы работы детекторов. Общая схема включения детектора. Токовый и импульсный режимы работы детекторов. Амплитудный спектр импульсов. Функция отклика детектора. Энергетическое разрешение детектора. Эффективность регистрации излучений. Временное разрешение детекторов, мертвое время.</p>	УКЕ-1, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3	31, 32, 33, 34, У1, У2, У3, У4, У5, В1, В2, В3, В4, В5	ДЗ1	Т1	Зачет с оценкой
Раздел 2.	<p>Газовые ионизационные детекторы. 3.1. Ионизационный эффект в газах, вольтамперная характеристика газового промежутка. Теорема Рамо – Шокли. Ионизационные камеры (ИК). Устройство и особенности работы в токовом и импульсном режимах. Импульсная ИК, схема ее включения. Форма импульсов тока и напряжения в для плоской ИК. Индукционный эффект и способы его уменьшения. Энергетические и временные характеристики импульсной ИК. Области применения и примеры использования. 3.2. Пропорциональный счетчик (ПС), особенности его устройства и работы. Форма импульсов тока и напряжения в ПС. Временное и энергетическое разрешение ПС. Области применения и примеры использования. 3.3. Газоразрядные счетчики (ГС), их разновидности. Вторичные эффекты. Полный коэффициент газового усиления,</p>	УКЕ-1, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3	31, 32, 33, 34, У1, У2, У3, У4, У5, В1, В2, В3, В4, В5	ДЗ2	КР1	

	<p>механизм разряда. Особенности галогенных счетчиков.</p> <p>Временные характеристики, эффективность регистрации различных видов излучений.</p> <p>3.4. Конструктивные особенности газовых ионизационных детекторов: охранные кольца, 2п - и 4п - геометрия, коррекция поля в месте крепления нити анода и т.п.</p>					
Раздел 3.	<p>Твердотельные (полупроводниковые) детекторы.</p> <p>4.1. Механизм регистрации излучений, требования к материалу детектора. Однородные счетчики, их преимущества и недостатки.</p> <p>4.2. Полупроводниковые детекторы на основе р-п перехода. Поверхностно-барьерные и диффузионные детекторы, схема их включения и технологические особенности. Толщина и емкость чувствительной области. Форма импульсов тока и напряжения. Основные факторы, определяющие энергетическое и временное разрешение детекторов. Области применения и примеры использования.</p> <p>4.3. Полупроводниковые диффузионно – дрейфовые детекторы (р-і-п детекторы). Схема включения, технологические особенности. Форма импульсов тока и напряжения. Энергетическое и временное разрешение. Эффективность регистрации различных типов излучений.</p> <p>4.4. Некоторые разновидности полупроводниковых детекторов: из сверхчистых материалов, на основе теллурида кадмия, арсенида галлия, дионида ртути и т.п. Области применения и примеры использования.</p>	УКЕ-1, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3	31, 32, 33, 34, У1, У2, У3, У4, У5, В1, В2, В3, В4, В5	ДЗЗ	Т2	

Раздел 4.	<p>Сцинтилляционные детекторы (СС). Структура, принцип работы и основные характеристики СС. Сцинтилляторы, механизм высвечивания неорганических и органических сцинтилляторов. Фотоэлектронный умножитель (ФЭУ), его составные части, конструктивные особенности и характеристики. Схема включения и питания ФЭУ. Шумы ФЭУ. Одноэлектронный режим работы ФЭУ. Форма сцинтилляционных импульсов тока и напряжения. Временное и энергетическое разрешение СС. Эффективность регистрации различных видов излучений. Области применения и примеры использования.</p>	УКЕ-1, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3	31, 32, 33, 34, 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	
			4	
			3-2 <2	
КР1	Контрольная работа №1	выставляется студенту, если все 5 задач решены верно	10	10 – 6
		выставляется студенту, если 4 задачи решены верно, а одна задача не решена или решение содержит ошибки	9	
		выставляется студенту, если 3 задачи решены верно, а 2 задачи не решены или решения содержат ошибки	8	
		выставляется студенту, если 2 задачи решены верно, и хотя	6	

		бы одна задача из 3 оставшихся решена с незначительными недочетами		
		выставляется студенту, во всех остальных случаях	<6	
КР2	Контрольная работа №2	выставляется студенту, если все 5 задач решены верно	10	10 – 6
		выставляется студенту, если 4 задачи решены верно, а 1 задачи не решены или решения содержат ошибки	9	
		выставляется студенту, если 3 задач решены верно, а две задачи не решены или решения содержат ошибки	8	
		выставляется студенту, если 2 задачи решены верно, и хотя бы 1 задача из 3 оставшихся решена с незначительными недочетами	6	
		выставляется студенту, во всех остальных случаях	<6	
ДЗ	Дифференцированный зачет	Выставляется студенту при правильном ответе, 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
ЗО	Зачет с оценкой	выставляется студенту при правильном ответе и при ответе на часть дополнительных вопросов по курсу с демонстраций базовых знаний, умений и навыков, предусмотренных данной дисциплиной	35-39	50 – 30
		выставляется студенту при ответах на зачетные вопросы, допускается содержание некоторых неточностей	30-34	
		если студент не дал ответ на вопросы и не может ответить на дополнительные 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	F
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 твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
«удовлетворительно» – E, D	60 ÷ 69	Оценка «удовлетворительно» 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.
«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 зачету с оценкой

1. Общая схема включения детектора.
2. Токовый и импульсный режимы работы детекторов.
3. Амплитудный спектр импульсов.
4. Функция отклика детектора.
5. Энергетическое разрешение детектора.
6. Эффективность регистрации излучений. Временное разрешение детекторов, мертвое время.
7. Ионизационный эффект в газах, вольтамперная характеристика газового промежутка.
8. Теорема Рамо – Шокли.
9. Ионизационные камеры (ИК).
10. Устройство и особенности работы в токовом и импульсном режимах.
11. Импульсная ИК, схема ее включения.
12. Форма импульсов тока и напряжения в для плоской ИК.
13. Индукционный эффект и способы его уменьшения.
14. Энергетические и временные характеристики импульсной ИК. Области применения и примеры использования.
15. Пропорциональный счетчик (ПС), особенности его устройства и работы. Форма импульсов тока и напряжения в ПС. Временное и энергетическое разрешение ПС. Области применения и примеры использования.

16. Газоразрядные счетчики (ГС), их разновидности. Вторичные эффекты. Полный коэффициент газового усиления, механизм разряда. Особенности галогенных счетчиков. Временные характеристики, эффективность регистрации различных видов излучений.
17. Конструктивные особенности газовых ионизационных детекторов: охранные кольца, 2п - и 4п - геометрия, коррекция поля в месте крепления нити анода и т.п.
18. Механизм регистрации излучений, требования к материалу детектора. Однородные счетчики, их преимущества и недостатки.
19. Полупроводниковые детекторы на основе р-п перехода. Поверхностно-барьерные и диффузионные детекторы, схема их включения и технологические особенности. Толщина и емкость чувствительной области. Форма импульсов тока и напряжения. Основные факторы, определяющие энергетическое и временное разрешение детекторов. Области применения и примеры использования.
20. Полупроводниковые диффузионно – дрейфовые детекторы (р-і-п детекторы). Схема включения, технологические особенности. Форма импульсов тока и напряжения. Энергетическое и временное разрешение. Эффективность регистрации различных типов излучений.
21. Некоторые разновидности полупроводниковых детекторов: из сверхчистых материалов, на основе теллурида кадмия, арсенида галлия, дионида ртути и т.п. Области применения и примеры использования.
22. Структура, принцип работы и основные характеристики СС.
23. Сцинтилляторы, механизм высвечивания неорганических и органических сцинтилляторов.
24. Фотоэлектронный умножитель (ФЭУ), его составные части, конструктивные особенности и характеристики.
25. Схема включения и питания ФЭУ. Шумы ФЭУ. Одноэлектронный режим работы ФЭУ.
26. Форма сцинтилляционных импульсов тока и напряжения. Временное и энергетическое разрешение СС.
27. Эффективность регистрации различных видов излучений. Области применения и примеры использования.

28. Вторичноэмиссионные детекторы. Особенности работы, области применения. Схемы включения, основные режимы работы и характеристики.
29. Микроканальные пластины.
30. Особенности и характеристики пороговых и угловых счётчиков Черенкова.
31. Материалы радиаторов. Энергетическое и временное разрешение. Конструктивные особенности, области применения и примеры использования.
32. ПЗС-детекторы. Принцип работы и структурная схема детекторов. Основные характеристики и области применения.
33. Позиционно-чувствительные детекторы для определения пространственного распределения частиц.
34. Составные детекторы (фосфичи) для разделения частиц по форме сигнала.

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Основная литература

1. Иродов И. Е. Квантовая физика. Основные законы: учебное пособие [Электронный ресурс] / И. Е. Иродов. — 8-е изд. — Москва: Лаборатория знаний, 2021. — 259 с. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS [сайт]. — Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/105767.html>.
2. Кравченко Н. Ю. Физика: учебник и практикум для вузов [Электронный ресурс] / Н. Ю. Кравченко. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 300 с. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/488428>.
3. Мартинсон Л. К. Квантовая физика: учебное пособие [Электронный ресурс] / Л. К. Мартинсон, Е. В. Смирнов. — 5-е изд. — Москва: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2021. — 528 с. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS [сайт]. — Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/115606.html>.
4. Практические занятия по общему курсу физики: учебник для вузов [Электронный ресурс] / Г. В. Ерофеева, Ю. Ю. Крючков, Е. А. Склярова, И. П. Чернов. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 492 с. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/490125>.

5. Савельев И. В. Курс общей физики: учебное пособие: в 5 томах [Электронный ресурс] / И. В. Савельев. — 5-е изд. — Санкт-Петербург: Лань, 2021 — Том 5: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц — 2021. — 384 с. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система Лань [сайт]. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/167873>.

6. Сазонов А. Б. Ядерная физика: учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] / А. Б. Сазонов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 320 с. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/493030>.

7.2 Дополнительная литература

1. Иродов И. Е. Задачи по квантовой физике [Электронный ресурс] / И. Е. Иродов. — 6-е изд. — Москва: Лаборатория знаний, 2020. — 218 с. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS [сайт]. — Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/89078.html>.

2. Паршаков А. Н. Квантовая физика для инженеров: учебное пособие [Электронный ресурс] / А. Н. Паршаков. — Саратов: Вузовское образование, 2019. — 404 с. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS [сайт]. — Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/86463.html>.

3. Сазонов А. Б. Ядерная физика и дозиметрия. Сборник задач: учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] / А. Б. Сазонов, М. А. Богородская. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 98 с. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/493031>.

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)	http://link.springer.com/

	Springer Customer Service Center GmbH, обеспечение доступа ФГБУ "ГПНТБ России"	
6	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	http://window.edu.ru/
7	StudFiles (Файловый архив студентов)	https://studfile.net/preview/960265/
8	Рынок микроэлектроники. Справочник по электронным компонентам.	http://www.gaw.ru/
9	Автор Микушин А. В. All rights reserved.	https://digteh.ru/MCS51/MCS_51.php
10	SCI-ARTICL Публикация научных статей	https://sci-article.ru/gryps.php?i=elektrotehnika
11	Большая Энциклпедия Нефти и Газа	http://www.ngpedia.ru/id155581p1.html
12	ИСТИНА (Интеллектуальная Система Тематического Исследования НАукометрических данных)	https://istina.msu.ru/journals/96319/
13	Международный научно-практический журнал «Программные продукты и системы»	http://www.swsys.ru/index.php?page=infotg&id=57
14	KMSOFT (Научные статьи)	http://kmssoft.ru/lc/C012

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. ОБОРОУДОВАНИЕ – Режим доступа: https://elibrary.ru/title_about.asp?id=9796 - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.
4. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – Режим доступа: https://elibrary.ru/title_about_new.asp?id=8742 - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.
5. РАДИОЭЛЕКТРОНИКА. НАНОСИСТЕМЫ. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ - Режим доступа: https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=32094 – Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ЭБС.

6. 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://tti-mephi.ru/ttimephi/sveden/objects>