

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

**КАФЕДРА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ**

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ИЗБРАННЫЕ ВОПРОСЫ РЕЛЯТИВИСТСКОЙ КВАНТОВОЙ ФИЗИКИ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 14.04.02 Ядерные физика и технологии

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
2	4	144	15	30	0		63	0	Э
Итого	4	144	15	30	0	0	63	0	

## АННОТАЦИЯ

Дисциплина предназначена для приобретения опыта проведения экспериментов на основе изучения публикуемых материалов.

Курс является неотъемлемой частью подготовки инженера-физика. Изучаются различные типы самых современных детекторов излучений, методов их построения, принципов действия, методов калибровки и исследования их физических характеристик применительно к конкретной задаче или области использования детектора.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются углубленное изучение принципов работы и применения современных детекторов излучения в экспериментальной физике, экологии и охране окружающей среды, а также электронных методов съема и обработки информации, поступающей с детекторов излучения.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Данная дисциплина относится к вариативной части цикла – дисциплины специализации.

Логически и содержательно–методически дисциплина является частью заключительной специализации, являющейся неотъемлемой частью знаний инженера-физика в области экспериментальной ядерной физики, физики ионизирующих излучений и элементарных частиц.

«Входными» знаниями являются знания общей физики, ядерной физики, теоретической физики, электротехники и электроники, а также курса Экспериментальные методы ядерной физики. Для освоения данной дисциплины необходимо предшествующее освоение разделов общей физики: механики, молекулярной физики, электричества и магнетизма, атомной физики; освоение разделов ядерной физики, классической и квантовой механики и электродинамики, основ электротехники и электроники.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание	Код и наименование индикатора достижения
--	---------------------------	---	--

		(профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	профессиональной компетенции
организационно-управленческий			
2 Организация работы коллектива исполнителей, принятие исполнительских решений в условиях спектра мнений, определение порядка выполнения работ; поиск оптимальных решений с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды; подготовка заявок на патенты, изобретения и промышленные образцы и оценка стоимости объектов интеллектуальной деятельности; составление рефератов, написание и оформление научных статей; участие в организации семинаров, конференций; участие в организации инфраструктуры предприятий, в том числе информационной и технологической	2 Участие в организации, подготовке и проведении различных экспериментов по физике ядра и частиц (включая создание и использование детекторов элементарных частиц и излучений), в измерениях и обработке экспериментальных данных, в дискуссиях по анализу теоретических гипотез и интерпретаций экспериментов в области физики высоких энергий (в том числе - на современных коллайдерах частиц), а также во многих смежных научных направлениях	ПК-3.2 [1] - Способен формулировать исходные данные, а также вырабатывать и обосновывать организационные решения в области проектирования ядерно-физических установок и проведения исследований в области физики ядра, физики элементарных частиц, астрофизики, решать поставленные задачи с выбором необходимых физико-технических средств  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-3.2[1] - Знать основные методы постановки задач и организации работ в области проектирования ядерно-физических установок, методы проведения исследований в области физики ядра, физики элементарных частиц; У-ПК-3.2[1] - Уметь решать поставленные задачи в области физики ядра, физики элементарных частиц, астрофизики с выбором необходимых физико-технических средств; В-ПК-3.2[1] - Владеть методами проведения выбора и обоснования организационных решений в области проектирования ядерно-физических установок, методами проведения исследований в области физики ядра, физики элементарных частиц
проектный			
4 Формирование целей проекта (программы) решения задач, критериев и показателей достижения целей, построение структуры их взаимосвязей,	4 Математические модели для теоретических, экспериментальных и прикладных проектов по исследованию	ПК-5 [1] - Способен проводить расчет и проектирование физических установок и приборов с использованием современных	З-ПК-5[1] - Знать основные физические законы и стандартные прикладные пакеты используемые при моделировании

<p>выявление приоритетов решения задач с учетом всех аспектов деятельности;</p> <p>разработка обобщенных вариантов решения проблемы, анализ этих вариантов, прогнозирование последствий, нахождение компромиссных решений в условиях многокритериальности, неопределенности, планирование реализации проекта;</p> <p>использование информационных технологий при разработке новых установок, материалов и изделий; разработка проектов технических условий, стандартов и технических описаний новых установок, материалов и изделий</p>	<p>явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, газообразного и конденсированного состояния вещества, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, включая экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности гражданских объектов</p>	<p>информационных технологий</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>физических процессов и установок ;</p> <p>У-ПК-5[1] - Уметь применять стандартные прикладные пакеты используемые при моделировании физических процессов и установок;</p> <p>В-ПК-5[1] - Владеть стандартными прикладными пакетами используемыми при моделировании физических процессов и установок</p>
---	--	---	---

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>2 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	8/16/0		25	КИ-8	3-ПК-3.2, У-ПК-3.2, В-ПК-3.2, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5
2	Часть 2	9-15	7/14/0		25	КИ-15	3-ПК-3.2, У-ПК-3.2, В-ПК-3.2, 3-ПК-5, У-ПК-5,

							В-ПК-5
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		15/30/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 2 Семестр</b>				50	Э	3-ПК-3.2, У-ПК-3.2, В-ПК-3.2, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>2 Семестр</i>	15	30	0
<b>1-8</b>	<b>Часть 1</b>	8	16	0
1 - 2	<b>Детекторы излучений</b> Черенковские детекторы	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	<b>Детекторы излучений</b> Детекторы алмазные	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	<b>Детекторы излучений</b> Камеры с резистивным анодом	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	<b>Детекторы излучений</b> Камеры с резистивным анодом	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
<b>9-15</b>	<b>Часть 2</b>	7	14	0
9 - 15	<b>Детекторы излучений</b> Микроструктурные детекторы	Всего аудиторных часов		
		7	14	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
-------------	---------------------

ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

## ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>2 Семестр</i>
1	<b>Изучение студентами оригинальных научных работ для подготовки к докладу на семинаре.</b> Получение студентами препринтов статей из журнала "Nuclear Instruments and Methods" (2 препринта по 5-7 страниц). Статьи ежегодно обновляются с учетом последних разработок в области детекторов излучений.
2 - 7	<b>В процессе подготовки к докладу проведение обязательных консультаций с преподавателем.</b> Получение помощи в переводе статей и понимании сути работы. Обсуждение с преподавателем плана доклада. По результатам консультаций допуск студента к докладу.
8 - 14	<b>Проведение докладов студентами.</b> Проведение докладов. По окончании - обсуждение доклада, сопровождаемое замечаниями и дополнениями преподавателя.
15	<b>Получение студентом допуска к экзамену по результатам сделанных докладов.</b> Получение студентом итоговой промежуточной аттестации после двух успешно сделанных докладов.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Лекционные (частично) и особенно семинары (практические занятия) проводятся в форме дискуссионных клубов (с поощрением активности).

1. В процессе освоения курса, используются следующие технологии семинарского занятия :

- с разбором и решением типичных современных научных задач (в том числе - теоретических);
- с разбором типичных ситуаций, встречающихся при постановке физического эксперимента;
- с разбором политики соотношения теоретических и экспериментальных результатов эксперимента;
- с разбором методики подготовки и проведения ядерно-физического эксперимента;
- с разбором решения типичных задач по методам обработки событий в детекторах излучений.

2. Также широко используется самостоятельная работа студентов при их подготовке к аттестациям, в том числе - с учетом

подготовки и участия в дискуссиях на семинарах (с выступлением по тематике семинара).

3. Индивидуальная работа со студентами. Наличие самостоятельной работы студентов. Помощь в переводе статей, их понимании, помощь в подготовке докладов.

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-3.2	З-ПК-3.2	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-3.2	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-3.2	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-5	З-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-15

## Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

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

Оценка «отлично» соответствует глубокому и прочному освоению материала программы обучающимся, который последовательно, четко и логически стройно излагает свои ответы, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответах материалы монографической литературы.

Оценка «хорошо» соответствует твердым знаниям материала обучающимся, который грамотно и, по существу, излагает свои ответы, не допуская существенных неточностей.

Оценка «удовлетворительно» соответствует базовому уровню освоения материала обучающимся, при котором освоен основной материал, но не усвоены его детали, в ответах присутствуют неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности.

Отметка «зачтено» соответствует, как минимум, базовому уровню освоения материала программы, при котором обучающийся владеет необходимыми знаниями, умениями и навыками, умеет применять теоретические положения для решения типовых практических задач.

Оценку «неудовлетворительно» / отметку «не зачтено» получает обучающийся, который не знает значительной части материала программы, допускает в ответах существенные ошибки, не выполнил все обязательные задания, предусмотренные программой. Как правило, такие обучающиеся не могут продолжить обучение без дополнительных занятий.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. 539.1 N94 Introduction to Polarization Physics : Original Russian edition published by Moscow Engineering Physics Institute, 2007, Strikhanov M.N., Runtso M.F., Nurushev S.B., New York: Springer Heidelberg, 2013
2. 539.1 Н90 Введение в поляризационную физику : учебное пособие для вузов, Стриханов М.Н., Рунцо М.Ф., Нурушев С.Б., Москва: МИФИ, 2007
3. ЭИ Н90 Введение в поляризационную физику : учебное пособие для вузов, Стриханов М.Н., Рунцо М.Ф., Нурушев С.Б., Москва: МИФИ, 2007
4. 539.1 Г95 Телескопические полупроводниковые детекторы для ускорительных экспериментов : учебное пособие для вузов, Гуров Ю.Б., Чернышев Б.А., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. 539.1 Д38 Детекторы излучений и ядерно-физический эксперимент : Сб.науч. тр., Феокистов Л.П., М.: Энергоатомиздат, 1987

### **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

Специальное программное обеспечение не требуется

### **LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:**

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>



## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

1/ Итоговая оценка представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий (подготовке к докладам и выступлениям с докладами) в рамках текущего и промежуточного контроля и выставляется в соответствии с Положением о кредитно-модульной системе

2/ На рубежном контроле (8 и 16 недели) оценочным средством является выступления (с необходимым количеством докладов). Минимальное количество докладов за семестр – два доклада.

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

Преподаватель должен сконцентрировать свои усилия на обеспечении самостоятельной работы студентов.

Предполагается следующая структура лекционно-практических занятий: чтение блока теоретического материала с последующей проработкой в ходе самостоятельной работы.

Опыт, накопленный в ходе преподавания данной дисциплины, показывает, что необходимо мотивировать студента на самостоятельную работу. Постановка нетривиальной задачи является наилучшим стимулом.

Хорошо зарекомендовали себя такие формы работы как диалог со студентом, групповая дискуссия. Активным студентам предлагается сделать небольшие сообщения по каким-либо частным аспектам изученных материалов.

Автор(ы):

Тараненко Аркадий Владимирович, к.ф.-м.н.

Окороков Виталий Алексеевич, д.ф.-м.н., профессор

Рецензент(ы):

Курепин А.Б. проф. ИТЭФ