

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

ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ БИОМЕДИЦИНЫ

КАФЕДРА МЕДИЦИНСКОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО НТС ИФИБ

Протокол № 3.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИКА ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ РАДИОЛОГИИ

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 03.04.02 Физика

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	3	108	15	15	0		42	0	Э
3	3	108	16	16	0		76	0	ЗО
Итого	6	216	31	31	0	0	118	0	

## АННОТАЦИЯ

-

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

- заложить понимание физических процессов, лежащих в основе методов диагностической радиологии;
- сформировать у студентов представление о современных методах диагностики с использованием радиофармпрепаратов;
- выработать навыки самостоятельной оценки возможностей современных ядерно-физических методов, необходимые для дальнейшей работы по специальности

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

Освоение дисциплины базируется на предварительном изучении математики, анатомии и физиологии, дозиметрии, радиобиологии и теории переноса ионизирующих излучений. Студент должен иметь навыки в расчете и экспериментальном определении дозовых распределений, знать свойства элементарных частиц, быть знакомым с физикой защиты от излучений, иметь представление об инструментальных методах радиационной физики, уметь программировать.

### 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 (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
Физико-техническое обеспечение ядерной медицины	Гамма-камеры, ОФЭКТ, ПЭТ, в том числе гибридные томографы; циклотроны и оборудование для наработки радионуклидов, радиофармпрепараты;	ПК-3.1 [1] - Способен проводить контроль радиационно-физических и физико-технических параметров и средств и технологий ядерной медицины	З-ПК-3.1[1] - знать физико-технические и клинические основы ядерной медицины, а также радиационно-гигиенические основы; знать российскую

	приборы для клинической радиометрии	<p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>нормативную документацию и международные рекомендации по гарантии качества средств и технологий ядерной медицины и обеспечению радиационной безопасности в подразделениях ядерной медицины; У-ПК-3.1[1] - уметь анализировать и усваивать нормативную документацию и международные рекомендации по гарантии качества средств и технологий ядерной медицины; уметь регулярно проводить процедуры контроля физико-технических параметров и эксплуатационных характеристик используемого оборудования; В-ПК-3.1[1] - владеть навыками работы с оборудованием, используемым в подразделениях ядерной медицины</p>
Проведение научных исследований в рамках заданной тематики, работа с научной литературой с использованием новых информационных технологий, слежение за научной периодикой, а также выбор технических средств и оборудования, необходимого для	Биологические объекты различной организации	ПК-1 [1] - Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта	<p>З-ПК-1[1] - знать методы проведения научных исследований и выполнения опытно-конструкторских работ в области физики ; У-ПК-1[1] - уметь самостоятельно формулировать цели, ставить задачи научных исследований в своей профессиональной</p>

проведения исследования; составление рефератов, написание и оформление научных статей		Основание: Профессиональный стандарт: 40.011	сфере; решать физические задачи с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта; В-ПК-1[1] - владеть навыками работы на современной аппаратуре, оборудовании; навыками использования информационных технологий в своей профессиональной области
---	--	---	--

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (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	Первый раздел	1-7	7/7/0		25	ДЗ-8	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-3.1, У-ПК-3.1, В-ПК-3.1
2	Второй раздел	8-15	8/8/0		25	КИ-15	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-3.1, У-ПК-3.1, В-ПК-3.1
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		15/15/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 2 Семестр</b>				50	Э	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-3.1,

							У-ПК-3.1, В-ПК-3.1
	<i>3 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	7/6/0		25	ДЗ-8	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-3.1, У-ПК-3.1, В-ПК-3.1
2	Второй раздел	9-15	9/10/0		25	Реф-15	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-3.1, У-ПК-3.1, В-ПК-3.1
	<i>Итого за 3 Семестр</i>		16/16/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 3 Семестр</b>				50	30	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-3.1, У-ПК-3.1, В-ПК-3.1

\* – 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
ЗО	Зачет с оценкой
ДЗ	Домашнее задание
Реф	Реферат
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет
Э	Экзамен

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>2 Семестр</i>	15	15	0
<b>1-7</b>	<b>Первый раздел</b>	7	7	0
1	<b>Введение</b> Биологическое действие ионизирующего излучения.	Всего аудиторных часов		
		1	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	<b>Основные закономерности биологического действия ионизирующей радиации.</b> Специфичность действия ионизирующей радиации. Относительная биологическая эффективность	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0

	ионизирующей радиации. Проникающая способность излучения. Величина дозы ионизирующего излучения. Фактор времени. Значение величины облучаемого объема.			
3 - 4	<b>Радиоактивные изотопы, применяемые с лечебной целью, и их физическая характеристика.</b> Изучение радиоактивных изотопов. Радиоактивные изотопы, применяемые для лечебных целей. Радиоактивные изотопы, применяемые для наружного облучения. Радиоактивные изотопы, применяемые для внутреннего облучения. Аппараты- источники излучений высокой энергии.	Всего аудиторных часов		
		2	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 7	<b>Методы лучевой терапии.</b> Методы контактного облучения. Методы наружного дистанционного статического облучения. Облучение фиксированными полями. Определение локализации и распространения опухоли. Компенсирующие фильтры. Учёт гетерогенности тканей. Контроль выбранных условий облучения. Клиновидные фильтры. Метод расщеплённых полей. Облучение через решетку. Центрация пучка излучения.	Всего аудиторных часов		
		3	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
8-15	<b>Второй раздел</b>	8	8	0
8 - 10	<b>Методы лучевой терапии</b> Методы дистанционного облучения движущимся пучком излучения. Одноосевое секторное облучение. Двухосевое секторное облучение. Эксцентрическое секторное облучение. Конвергентное облучение.	Всего аудиторных часов		
		3	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	<b>Лучевые повреждения - осложнения при лучевой терапии.</b> -	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	<b>Метод Фурье-синтеза.</b> Метод фильтрованных обратных проекций. Аподизирующие функции. Метод двумерной фильтрации.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	<b>Позитронизлучающие радионуклиды</b> Преобразование Радона и его решение. Основные математические методы реконструкции изображений в ПЭТ.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	<b>Регламентация облучения.</b> НРБ-99. Дозовые нагрузки при проведении диагностики. Три категории пациентов (АД, БД, ВД). Эффективная и эквивалентная доза.	Всего аудиторных часов		
		1	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<i>3 Семестр</i>	16	16	0
1-8	<b>Первый раздел</b>	7	6	0
1	<b>Лучевая диагностика как специальность, объединяющая врачей и медицинских физиков.</b> Виды диагностического изображения: радионуклидное(сцинтиграфическое), ультразвуковое, рентгеновское, магнитно-резонансное, инфракрасное. Функциональное назначение средств визуализации: преобразователи изображения, средства обработки и	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0

	анализа изображения, средства регистрации и хранения изображения, средства представления изображения, средства вычислительной томографии			
2 - 4	<b>Формирование объемного трехмерного изображения</b> Формирование объемного трехмерного изображения. Использование виртуальной реальности в клинической практике.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
5 - 8	<b>Рентгенодиагностика</b> Конвенциональная рентгенография, флюороскопия, специальные методы рентгенодиагностики. Спектр электромагнитного излучения, основные свойства рентгеновского излучения. Аппаратура рентгенодиагностики: генераторы, рентгеновские трубки, приемники изображения. Цифровая рентгенография. Регистрация рентгеновского изображения. Рентгеновские пленки.	Всего аудиторных часов		
		3	4	0
		Онлайн		
9-15	<b>Второй раздел</b>	Всего аудиторных часов		
		9	10	0
		Онлайн		
9	<b>Компьютерная томография.</b> Аналоговое и цифровое формирование изображения. Обработка и архивирование изображения при компьютерной томографии. Спиральная компьютерная томография. Ультраскоростная компьютерная томография.	Всего аудиторных часов		
		2	3	0
		Онлайн		
10 - 13	<b>Методы лучевого лечения: дистанционные, контактные, сочетанные.</b> Расчет программы радикальной, а различных видов паллиативной, симптоматической лучевой терапии. Показания к ним, разовые и суммарные дозы. Оценка риска осложнений: соотношение суммарной дозы, необходимой для 90% вероятности местного излечения и толерантной дозы для здоровых тканей, дающей 5% вероятност лучевых повреждений.	Всего аудиторных часов		
		4	5	0
		Онлайн		
13 - 15	<b>Химиолучевое и комбинированное (хирургическое и лучевое) лечение.</b> Варианты методик фракционирования дозы ионизирующего излучения. Установки, продуцирующие неионизирующие излучения, применяемые с лечебной целью. Лазерная и фотодинамическая терапия, гипертермия. Физические основы и биологическое действие. Спектр опухолей, подлежащих облучению. Экскурсия с демонстрацией работы установок, продуцирующих неионизирующие излучения	Всего аудиторных часов		
		3	2	0
		Онлайн		

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

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Лекции применением технических средств, практические занятия и самостоятельная работа

## 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)	Аттестационное мероприятие (КП 2)
ПК-1	З-ПК-1	Э, ДЗ-8, КИ-15	ЗО, ДЗ-8, Реф-15
	У-ПК-1	Э, ДЗ-8, КИ-15	ЗО, ДЗ-8, Реф-15
	В-ПК-1	Э, ДЗ-8, КИ-15	ЗО, ДЗ-8, Реф-15
ПК-3.1	З-ПК-3.1	Э, ДЗ-8, КИ-15	ЗО, ДЗ-8, Реф-15
	У-ПК-3.1	Э, ДЗ-8, КИ-15	ЗО, ДЗ-8, Реф-15
	В-ПК-3.1	Э, ДЗ-8, КИ-15	ЗО, ДЗ-8, Реф-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-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	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.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на
75-84		C	
70-74		D	



			вопрос.
65-69			Оценка «удовлетворительно»
60-64	3 – «удовлетворительно»	Е	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.
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	Ф	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.

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

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ К 90 Общая и медицинская радиология: радиационные технологии : учебное пособие для вузов, Кулаков В. Н., Москва: Юрайт, 2021
2. ЭИ О-75 Основы лучевой диагностики : учебное пособие, Лежнев Д.А., Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2019

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 61 Л59 Медицинская радиология : Учебник для мед.ин-тов, Лясс Ф.М., Линденбрaten Л.Д., М.: Медицина, 1986

### 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

Данная дисциплина относится к циклу специальных дисциплин кафедры. Освоение ее базируется на предварительном изучении общей и молекулярной биологии, радиобиологии, статистической физики, радиационной физики, дозиметрии, теории переноса излучений. Слушатель должен иметь представление об устройстве клетки высших организмов и основных внутриклеточных процессах, об общих принципах структуры организации ДНК в клеточном ядре, об основных эффектах ионизирующей радиации, о системах репарации повреждений ДНК.

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать: основные параметры необходимые для расчетов флуктуаций поглощенной энергии излучения в малых объемах вещества, физику прохождения ионизирующих излучений через биологические среды, микродозиметрический критерий малых доз радиации, механизмы радиационных повреждений генетических структур клетки-ДНК, хромосом, закономерности их репарации, основные закономерности биологических эффектов на клеточном уровне.

Уметь: оценивать область больших-малых доз, применять методы учета специфики малых доз при оценке биологических эффектов радиации, выбирать методику количественного анализа данных по радиационному повреждению ДНК, хромосом в условиях конкретного эксперимента.

Владеть современными знаниями об основных биологических эффектах радиации на клеточном уровне (хромосомные aberrации, гибель, злокачественная трансформация), их механизмах и закономерностях (дозовые зависимости, зависимость от мощности дозы, от ЛПЭ излучения), продемонстрировать способность использовать полученные знания для оценки опасности отдаленных последствий воздействия радиации на человека, в частности, ориентироваться в методиках оценки канцеронных эффектов под действием ионизирующей радиации.

В учебном плане дисциплины 82 часа выделено на самостоятельную работу студентов. Это время следует посвятить изучению рекомендованной литературы по темам курса. Кроме того, в настоящее время достаточно много учебной литературы имеется в интернете.

Темы самостоятельных работ

1. Малые-большие» дозы радиации, микродозиметрический критерий
2. Теория флуктуаций энергетических потерь быстрых заряженных частиц в тонких слоях вещества Ландау
3. Теория флуктуаций поглощенной энергии в тонких слоях вещества
4. Микродозиметрическая теория дуального действия радиации и ее модификации
5. Комплексные повреждения ДНК. Кластерные повреждения хроматина, механизмы, зависимость от ЛПЭ. Репарация радиационных повреждений ДНК и хроматина
6. Теории образования хромосомных aberrаций. Внутри и межхромосомные aberrации. Стохастическая модель образования обменных aberrаций
7. Теории и концепции радиационного канцерогенеза. Стохастическая двухмутационная теория канцерогенеза. Оценки канцерогенного риска, функция риска, зависимость от возраста
8. Радиация, нестабильность генома и злокачественная трансформация клеток
9. Радиация и эпигенетика, эпигенетические теории канцерогенного риска

Для оценивания студентов на рубежном контроле подводится Контроль Итогов (КИ) - выставление баллов на основании результатов Текущего контроля отдельно для первой

половины семестра и отдельно для второй. Итоговые баллы за разделы проставляются по результатам суммирования баллов, полученных в соответствующей половине семестра в результате текущего контроля знаний.

Промежуточная аттестация по итогам освоения данного курса представляет собой экзамен.

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

Данная дисциплина относится к циклу специальных дисциплин кафедры. Освоение ее базируется на предварительном изучении общей и молекулярной биологии, радиобиологии, статистической физики, радиационной физики, дозиметрии, теории переноса излучений. Слушатель должен иметь представление об устройстве клетки высших организмов и основных внутриклеточных процессах, об общих принципах структуры организации ДНК в клеточном ядре, об основных эффектах ионизирующей радиации, о системах репарации повреждений ДНК.

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать: основные параметры необходимые для расчетов флуктуаций поглощенной энергии излучения в малых объемах вещества, физику прохождения ионизирующих излучений через биологические среды, микродозиметрический критерий малых доз радиации, механизмы радиационных повреждений генетических структур клетки-ДНК, хромосом, закономерности их репарации, основные закономерности биологических эффектов на клеточном уровне.

Уметь: оценивать область больших-малых доз, применять методы учета специфики малых доз при оценке биологических эффектов радиации, выбирать методику количественного анализа данных по радиационному повреждению ДНК, хромосом в условиях конкретного эксперимента.

Владеть современными знаниями об основных биологических эффектах радиации на клеточном уровне (хромосомные аберрации, гибель, злокачественная трансформация), их механизмах и закономерностях (дозовые зависимости, зависимость от мощности дозы, от ЛПЭ излучения), продемонстрировать способность использовать полученные знания для оценки опасности отдаленных последствий воздействия радиации на человека, в частности, ориентироваться в методиках оценки канцеронных эффектов под действием ионизирующей радиации.

В учебном плане дисциплины 82 часа выделено на самостоятельную работу студентов. Это время следует посвятить изучению рекомендованной литературы по темам курса. Кроме того, в настоящее время достаточно много учебной литературы имеется в интернете.

Темы самостоятельных работ

1. Малые-большие» дозы радиации, микродозиметрический критерий
2. Теория флуктуаций энергетических потерь быстрых заряженных частиц в тонких слоях вещества Ландау
3. Теория флуктуаций поглощенной энергии в тонких слоях вещества
4. Микродозиметрическая теория дуального действия радиации и ее модификации
5. Комплексные повреждения ДНК. Кластерные повреждения хроматина, механизмы, зависимость от ЛПЭ. Репарация радиационных повреждений ДНК и хроматина

6. Теории образования хромосомных aberrаций. Внутри и межхромосомные aberrации. Стохастическая модель образования обменных aberrаций
7. Теории и концепции радиационного канцерогенеза. Стохастическая двухмутационная теория канцерогенеза. Оценки канцерогенного риска, функция риска, зависимость от возраста
8. Радиация, нестабильность генома и злокачественная трансформация клеток
9. Радиация и эпигенетика, эпигенетические теории канцерогенного риска

Автор(ы):

Захаркив Анастасия Юрьевна