

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

ПОЗИТРОН-ЭМИССИОННАЯ ТОМОГРАФИЯ (POSITRON EMISSION TOMOGRAPHY)

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 практических подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
2	3	108	30	15	0		27	0	Э
Итого	3	108	30	15	0	0	27	0	

## АННОТАЦИЯ

В рамках курса «Позитрон-эмиссионная томография» студенты знакомятся с принципами получения изображения в ПЭТ, типами ПЭТ-сканеров и особенностями проектирования отделений ПЭТ диагностики. Также в курсе рассматриваются вопросы определения разрешения ПЭТ-изображений и факторов, влияющих на него, преимущества и ограничения метода ПЭТ, сравнение ПЭТ с другими современными методами медицинской диагностики. Часть курса посвящена изучению радиофармацевтических препаратов, используемых в ПЭТ, их областей применения в зависимости от цели исследования, методов синтеза радиоизотопов и производства радиофармпрепаратов, особенностей распределение радиофармпрепаратов в органах. Много внимания уделено клиническому применению ПЭТ в различных медицинских областях – кардиологии, неврологии, онкологии. Часть курса посвящена изучению особенностей сбора данных в ПЭТ и принципов восстановления ПЭТ-изображений.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины «Позитрон-эмиссионная томография» являются:

- изучение принципов работы детектирующего оборудования (ПЭТ-сканера) и освоение методик диагностики распределения в организме биологически активных соединений, меченных позитрон-излучающими радиоизотопами;
- изучение принципов работы циклотрона с радиохимической лабораторией для выработки различных радиофармпрепаратов;
- знакомство с особенностями проектирования отделений ПЭТ диагностики;
- знакомство с особенностями клинического применения ПЭТ в различных медицинских областях;
- освоение методов восстановления изображения в ПЭТ.

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

Изучение дисциплины «Позитрон-эмиссионная томография» позволяет студентам подготовиться к дальнейшей производственной практике и профессиональной деятельности.

Для успешного освоения данной дисциплины необходимо предшествующее или параллельное освоение разделов общей физики, ядерной физики, электроники, биологии человека, анатомии и физиологии человека, физики радиоизотопной медицины, дозиметрии ионизирующих излучений, радиобиологии.

### 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:

<b>Задача профессиональной деятельности (ЗПД)</b>	<b>Объект или область знания</b>	<b>Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции</b>
<b>научно-исследовательский</b>			
Физико-техническое обеспечение ядерной медицины	Гамма-камеры, ОФЭКТ, ПЭТ, в том числе гибридные томографы; циклотроны и оборудование для наработки радионуклидов, радиофармпрепараты; приборы для клинической радиометрии	ПК-3.1 [1] - Способен проводить контроль радиационно-физических и физико-технических параметров и средств и технологий ядерной медицины  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-3.1[1] - знать физико-технические и клинические основы ядерной медицины, а также радиационно-гигиенические основы; знать российскую 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
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 проведения исследования; составление рефератов, написание и оформление научных статей	Биологические объекты различной организации	<p>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> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>3-ПК-1[1] - знать методы проведения научных исследований и выполнения опытно-конструкторских работ в области физики ;</p> <p>У-ПК-1[1] - уметь самостоятельно формулировать цели, ставить задачи научных исследований в своей профессиональной сфере; решать физические задачи с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта;</p> <p>В-ПК-1[1] - владеть навыками работы на современной аппаратуре, оборудовании; навыками использования информационных технологий в своей профессиональной области</p>
проектный			
Применение результатов научных исследований в инновационной деятельности, участие в формулировке новых задач и разработке новых методических подходов в научно-	результаты научной деятельности	<p>ПК-2.2 [1] - Способен обеспечивать физико-техническое сопровождение лучевой диагностики и терапии</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>3-ПК-2.2[1] - Знать: основы прикладной радиационной физики, физико-технические основы лучевой диагностики и терапии, клинические основы лучевой диагностики и терапии, основы</p>

<p>инновационных исследованиях, разработка проектной документации, а также физико-техническое обеспечение лучевой диагностики и терапии</p>			<p>радиобиологии и радиационной безопасности, физико-технические и эксплуатационные характеристики, принципы и методы защиты от воздействия ионизирующего излучения;</p> <p>У-ПК-2.2[1] - Уметь: проводить проверки физико-технических параметров и нерадиационных характеристик оборудования, выбирать значения физико-технических параметров и протоколов визуализации, оптимальные для выполнения планируемого диагностического исследования;</p> <p>В-ПК-2.2[1] - Владеть: навыками оптимизации лучевой нагрузки на пациентов с точки зрения её минимизации при получении изображений диагностического качества, навыками калибровки и использования радиометров и клинических дозиметров,</p>
<p>Применение результатов научных исследований в инновационной деятельности, участие в формулировке новых задач и разработке</p>	<p>Результаты научной деятельности</p>	<p>ПК-3 [1] - Способен разрабатывать технические задания на проектирование технологических процессов и схем производства устройств, приборов,</p>	<p>З-ПК-3[1] - знать основы проектирования технологических процессов производства устройств, приборов, систем и комплексов</p>

новых методических подходов в научно-инновационных исследованиях, разработка проектной документации		систем и комплексов.  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	по профилю профессиональной деятельности ; У-ПК-3[1] - уметь проводить анализ современных технологических процессов и схем производства, перспективных материалов для производства устройств, приборов, систем и комплексов по профилю профессиональной деятельности; В-ПК-3[1] - владеть навыками составления технического задания на проектирование технологических процессов и схем производства устройств, приборов, систем и комплексов по профилю профессиональной деятельности
---	--	--	---

#### 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
	2 Семестр						
1	Часть 1	1-8	16/8/0		25	КИ-8	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, 3-ПК-3, У-ПК-3,

							В-ПК-3, З-ПК-3.1, У-ПК-3.1, В-ПК-3.1
2	Часть 2	9-15	14/7/0		25	КИ-15	З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-3.1, У-ПК-3.1, В-ПК-3.1
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		30/15/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 2 Семестр</b>			50	Э		З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-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
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>2 Семестр</i>	30	15	0
<b>1-8</b>	<b>Часть 1</b>	16	8	0
1	Виды радиоизотопов и методы их получения. Циклотрон, компьютерное управление и биосинтез радиоизотопов. Особенности применения радиофармацевтических препаратов в зависимости от цели исследования. Проектирование отделений РЕТ диагностики, выбор	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	1	0

	технического оснащения, вариантов размещения аппаратуры, расходных материалов.			
2	Принципы получения изображения в PET. Математическое моделирование распространения радиофармпрепарата в организме. Распределение радиофармацевтических препаратов в органах в зависимости от их перфузии и антигенных свойств ткани.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
	Онлайн			
		0	0	0
3	Клиническое применение PET. Методы применения PET в кардиологии. Параметрическое изображение. Полярные карты. Метаболизм. Исследование ишемической болезни сердца. Подготовка пациента к исследованию. Термоскопия, термография, термометрия. Основные признаки патологических изменений.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
	Онлайн			
		0	0	0
4	Клиническая PET неврология. Оценка сканированного изображения в неврологии. Болезнь Альцгеймера. Болезнь Паркинсона. Анатомия черепа и позвоночника. Рентгеноанатомия черепа и позвоночника. Форма черепа и ее варианты. Ошибки реконструкции изображения. Воспалительные заболевания черепа. Воспалительные поражения позвоночника. Опухоли черепа и позвоночника. Изменения черепа и позвоночника при общих заболеваниях.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
	Онлайн			
		0	0	0
5	Клиническая PET онкология. Оценка PET изображения в онкологии. Опухолевидные образования и доброкачественные опухоли костей, суставов и мягких тканей. Злокачественные опухоли мышечно-скелетной системы. Опухоли мозга.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
	Онлайн			
		0	0	0
6	Современные методы измерения изотопа 18F. Соединения 18F с аэрозолями. Измерение абсолютной концентрации изотопа и определение статистической ошибки измерений.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
	Онлайн			
		0	0	0
7	Особенности применения PET томографии. Структурная схема и основные элементы PET диагностики пациента. Сравнение с магниторезонансной (MR) и компьютерной томографией (CT).	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
	Онлайн			
		0	0	0
8	Современные PET с высоким пространственным разрешением. Гибридные системы. Методы уменьшения стоимости детекторной системы. Фрагментарные системы PET.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
	Онлайн			
		0	0	0
<b>9-15</b>	<b>Часть 2</b>	14	7	0
9	Сбор данных в PET для восстановления изображений. Схематическая диаграмма. Определение размера матрицы данных восстанавливаемого изображения. Радиус поворота и количество проекций. Основные принципы.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
	Онлайн			
		0	0	0
10	Виды многоканальных детекторов для регистрации рентгеновского и гамма излучения. Их характеристики и область применения. Особенности многоканальных детекторов PET. Конструктивные и схемные особенности детекторов в зависимости от их назначения.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
	Онлайн			
		0	0	0
11	Стандарты информационных баз данных в PET томографии. Организация архива полученных	Всего аудиторных часов		
		2	1	0

	изображений.	Онлайн
		0 0 0
12	Алгебраические методы реконструкции изображений. Линейные уравнения. Коррекция ослабления.	Всего аудиторных часов
		2 1 0
		Онлайн
		0 0 0
13	Увеличение резкости получаемого изображения. Измерение разрешения систем визуализации. Языки программирования, используемые при создании программного комплекса PET диагностики. Особенности C++, Fortran.	Всего аудиторных часов
		2 1 0
		Онлайн
		0 0 0
14	Контраст изображения PET. Факторы, влияющие на контраст восстановленного изображения. Артефакты. Дозовые нагрузки персонала при радионуклидных исследованиях. Регламентация облучения больных.	Всего аудиторных часов
		2 1 0
		Онлайн
		0 0 0
15	Преимущества PET по сравнению с другими методами радиоизотопной диагностики. Возможность дополнительного обнаружения ярко выраженных метаболических нарушений, которые не дифференцируются другими методами.	Всего аудиторных часов
		2 1 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

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В курсе «Позитрон-эмиссионная томография» используются активные и интерактивные формы обучения с применением информационно-коммуникационных технологий.

## 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-1	З-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-3	З-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-3.1	З-ПК-3.1	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-3.1	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-3.1	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-2.2	З-ПК-2.2	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-2.2	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-2.2	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-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 вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	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.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	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. 66 К57 Методы получения радиофармацевтических препаратов и радионуклидных генераторов для ядерной медицины : учебное пособие для вузов, Кодина Г.Е., Красикова Р.Н., Москва: МЭИ, 2014
2. 66 С 46 Фармацевтическая технология. Методы и технологии получения радиофармпрепарата : учебное пособие для вузов, Скуридин В.С., Москва: Юрайт, 2020
3. ЭИ Б44 Физика ядерной медицины Ч.2 Позитронно-эмиссионные сканеры, реконструкция изображений в позитронно-эмиссионной томографии, комбинированные системы ПЭТ/КТ и ОФЭКТ/ПЭТ, кинетика радиофармпрепарата, радионуклидная терапия, внутренняя дозиметрия, радиационная безопасность, Беляев В.Н., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
4. 61 Э55 Эмиссионная томография: основы ПЭТ и ОФЭКТ : , , Москва: Техносфера, 2009
5. ЭИ К 49 Ядерная медицина. Радионуклидная диагностика : учебное пособие для вузов, Климанов В. А., Москва: Юрайт, 2022

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. 61 М42 Медицинские приборы : Разработка и применение, , М.: Медицинская книга, 2004
2. 61 Н35 Национальное руководство по радионуклидной диагностике : , , Томск: СТТ, 2010
3. ЭИ А 50 Радиоактивность : учебное пособие, Калмыков С. Н., Алиев Р. А., Санкт-Петербург: Лань, 2022
4. ЭИ К49 Физика ядерной медицины Ч.1 Физический фундамент ядерной медицины, устройство и основные характеристики гамма-камер и коллиматоров-излучения, однофотонная эмиссионная томография, реконструкция и распределение активности радионуклидов в организме человека, получение радионуклидов, Климанов В.А., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
5. 66 Б74 Химическая технология радиофармацевтических препаратов : сборник вопросов и задач, Кодина Г.Е., Богородская М.А., Москва: НИЯУ МИФИ, 2011

### **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

Специальное программное обеспечение не требуется

### **LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:**

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

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

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

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

Дисциплина «Позитрон-эмиссионная томография» включает в себя аудиторную нагрузку в виде лекций и практических занятий, а также самостоятельную работу студентов. Для успешного освоения курса студенты должны самостоятельно закреплять темы пройденных лекционных и практических занятий, изучать предложенную литературу по курсу, ответственно подходить к подготовке к рубежной и итоговой аттестации. Активная работа студентов над материалами курса позволит им в результате приобрести предусмотренные дисциплиной компетенции, знания и умения, овладеть необходимыми навыками для дальнейшей работы в области медицинской физики.

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

Аудиторная часть дисциплины «Позитрон-эмиссионная томография» включает в себя лекции и практические занятия, в ходе которых преподаватель обеспечивает студентов необходимой информацией и требуемыми навыками по темам, отвечает на возникающие вопросы и помогает им усвоить материал. Для самостоятельной работы студентов преподаватель рекомендует литературу, дополняющую информацию, полученную студентами во время аудиторных занятий и углубляющую их знания по пройденным темам.

Оценка приобретенных знаний и навыков производится во время рубежной аттестации в середине и в конце семестра, а также во время итоговой аттестации по курсу. Максимальное количество баллов, выставляемых студентам, составляет 25 баллов для рубежной аттестации в середине семестра, 25 баллов для рубежной аттестации в конце семестра, 50 баллов для итоговой аттестации. Таким образом, максимальное общее количество баллов составляет 100.

Автор(ы):

Курашвили Юлия Борисовна, д.мед.н., профессор