

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 РАДИАЦИОННОЙ ФИЗИКИ И БЕЗОПАСНОСТИ АТОМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ВВЕДЕНИЕ В РАДИАЦИОННУЮ ФИЗИКУ

Направление подготовки [1] 22.03.01 Материаловедение и технологии
(специальность) материалов

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	KCP, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
5	2	72	16	16	0		40	0	3
Итого	2	72	16	16	0	0	40	0	

АННОТАЦИЯ

В первой части курса приводится обзор основных видов ионизирующего излучения и рассматриваются токовые и потоковые радиометрические величины, определяющие поля излучения. Вторая часть посвящена взаимодействию излучения с веществом. В ней вводится понятие полного и дифференциального сечения и детально рассматриваются физические процессы взаимодействия фотонов, нейтронов и заряженных частиц в диапазоне энергий до 30 МэВ. Третий раздел акцентирован на рассмотрении процессов поглощения энергии излучения в веществе. В нем вводятся основные дозовые величины и устанавливается связь между дозовыми и радиометрическими величинами. Четвертые раздел рассматривает вопросы внутреннего облучения человека при поступлении радионуклидов с дыханием, пищей или через кожу. В нем также приводятся основные сведения по биологическому действию излучений на молекулярном, клеточном и организменном уровне. Лекции поддержаны практическими занятиями, которые проходят в форме решения задач.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины является формирование базовых знаний в области ионизирующих излучений для специалистов, работающих в сфере ядерной энергетики и ядерных и радиационных технологий. Такие знания являются основой культуры радиационной безопасности.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Введение в радиационную физику» является первой частью курса «Радиационная безопасность». Для освоения потребуются знания интегрального и дифференциального исчисления, базовых понятий теории вероятности, общей и атомной физики.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УК-1 [1] – Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	З-УК-1 [1] – Знать: методики сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа У-УК-1 [1] – Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников В-УК-1 [1] – Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации;

	методикой системного подхода для решения поставленных задач
УК-3 [1] – Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде	<p>З-УК-3 [1] – Знать: основные приемы и нормы социального взаимодействия; основные понятия и методы конфликтологии, технологии межличностной и групповой коммуникации в деловом взаимодействии</p> <p>У-УК-3 [1] – Уметь: устанавливать и поддерживать контакты, обеспечивающие успешную работу в коллективе; применять основные методы и нормы социального взаимодействия для реализации своей роли и взаимодействия внутри команды</p> <p>В-УК-3 [1] – Владеть: простейшими методами и приемами социального взаимодействия и работы в команде</p>
УК-8 [1] – Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов	<p>З-УК-8 [1] – Знать: требования, предъявляемые к безопасности условий жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций и пути обеспечения комфортных условий труда на рабочем месте</p> <p>У-УК-8 [1] – Уметь: обеспечивать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций и комфортные условия труда на рабочем месте; выявлять и устранять проблемы, связанные с нарушениями техники безопасности на рабочем месте</p> <p>В-УК-8 [1] – Владеть: навыками предотвращения возникновения чрезвычайных ситуаций (природного и техногенного происхождения) на рабочем месте</p>

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Духовно-нравственное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование этического мышления и профессиональной ответственности ученого (В2)	1. Использование воспитательного потенциала базовых гуманитарных дисциплин. 2. Разработка новых инновационных курсов гуманитарной и междисциплинарной направленности.
Духовно-нравственное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование личностно-центрированного подхода в профессиональной коммуникации, когнитивно-поведенческих и практико-ориентированных навыков, основанных на общероссийских	1. Использование воспитательного потенциала базовых гуманитарных дисциплин. 2. Разработка новых инновационных курсов гуманитарной и междисциплинарной направленности.

	традиционнých ценностях (В3)	
Экологическое воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование бережного отношения к природе и окружающей среде (В9)	Использование воспитательного потенциала дисциплин гуманитарного, естественнонаучного и общепрофессионального модулей: - развитие экологической культуры через учебные задания исследовательского характера, подготовку рефератов, докладов, презентаций, эссе, научно-образовательных проектов экологической направленности; - содействие развитию экологического мышления через изучение последствий влияния человека на окружающую среду.
Профессиональное и трудовое воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование глубокого понимания социальной роли профессии, позитивной и активной установки на ценности избранной специальности, ответственного отношения к профессиональной деятельности, труду (В14)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин естественнонаучного и общепрофессионального модуля для: - формирования позитивного отношения к профессии инженера (конструктора, технолога), понимания ее социальной значимости и роли в обществе, стремления следовать нормам профессиональной этики посредством контекстного обучения, решения практико-ориентированных ситуационных задач. - формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, способности критически, самостоятельно мыслить, понимать значимость профессии посредством осознанного выбора тематики проектов, выполнения проектов с последующей публичной презентацией результатов, в том числе обоснованием их социальной и практической значимости; - формирования навыков командной работы, в том числе реализации различных проектных ролей (лидер, исполнитель, аналитик и пр.) посредством выполнения совместных проектов. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплины «Экономика и управление в промышленности» на основе инновационных подходов к управлению

		конкурентоспособностью», «Юридические основы профессиональной деятельности» для: - формирования навыков системного видения роли и значимости выбранной профессии в социально-экономических отношениях через контекстное обучение
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (В19)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для: - 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.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование способности и стремления следовать в профессии нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности

	неслужебного поведения (В21)	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. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - 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.
--	------------------------------	---

5. 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>5 Семестр</i>							
1	Первый раздел	1-8	8/8/0		25	КИ-8	З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, З-УК-3, У-УК-3, В-УК-3, З-УК-8, У-УК-8,

							В-УК-8
2	Второй раздел	9-16	8/8/0		25	T-16	3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, З-УК-3, У-УК-3, В-УК-3, З-УК-8, У-УК-8, В-УК-8
	<i>Итого за 5 Семестр</i>		16/16/0		50		
	Контрольные мероприятия за 5 Семестр				50	3	3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, З-УК-3, У-УК-3, В-УК-3, З-УК-8, У-УК-8, В-УК-8

* – 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
Т	Тестирование
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>5 Семестр</i>	16	16	0
1-8	Первый раздел	8	8	0
1 - 2	Поля ионизирующего излучения Историческое введение. Предмет радиационной физики, области применения. Виды ионизирующего излучения и его основные источники. Потоковые и токовые характеристики поля излучения.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	2 0 0	0
3 - 4	Сечения взаимодействия Сечения взаимодействия излучения с веществом. Микро- и макроскопическое сечение. Дифференциальное и интегральное сечение рассеяния. Индикатриса рассеяния. Релаксация возбужденных атомов: характеристическое излучение и электроны Оже. Образование многозарядных ионов.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	2 0 0	0
5 - 6	Взаимодействие фотонов с веществом	Всего аудиторных часов		

	Взаимодействие фотонов с веществом: фотоэлектрическое поглощение, рассеяние на свободных и связанных электронах, образование электрон-позитронных пар и триплетов, аннигиляционное излучение, фотоядерные реакции	2	2	0
	Онлайн			
	0	0	0	
7 - 8	Взаимодействие нейтронов с веществом Взаимодействие нейтронов с веществом: основные механизмы взаимодействия, упругое и неупругое рассеяние, радиационный захват, деление	Всего аудиторных часов		
	2 2 0			
	Онлайн			
	0 0 0			
9-16	Второй раздел	8	8	0
9 - 10	Взаимодействие заряженных частиц с веществом Взаимодействие заряженных частиц с веществом: резерфордовское рассеяние, эффект экранирования, неупругое взаимодействия с ионизационными и радиационными потерями.	Всего аудиторных часов		
	2 2 0			
	Онлайн			
	0 0 0			
11 - 12	Поглощение энергии в веществе Поглощение энергии в веществе. Коэффициенты поглощения и передачи энергии. Дозиметрические величины и единицы. Связь радиометрических и дозиметрических величин. Расчет доз при внешнем облучении.	Всего аудиторных часов		
	2 2 0			
	Онлайн			
	0 0 0			
13 - 14	Внутреннее облучение Внутреннее облучение. Ингаляционное, пероральное и резорбтивное поступление радионуклидов. Камерная модель организма. Метаболизм основных дозообразующих радионуклидов. Формирование дозы внутреннего облучения.	Всего аудиторных часов		
	2 2 0			
	Онлайн			
	0 0 0			
15 - 16	Биологическое действие ионизирующих излучений Биологическое действие ионизирующих излучений. Прямое и косвенное действие. Молекулярный и клеточный уровень. Уровень организма: соматические и стохастические эффекты. Отдаленные эффекты облучения.	Всего аудиторных часов		
	2 2 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>5 Семестр</i>
1 - 2	Расчеты полей излучения в вакууме

	Расчеты полей излучения в вакууме от протяженных источников
3 - 4	Сечения взаимодействия Расчеты сечений взаимодействия
5 - 6	Взаимодействие фотонов с веществом Взаимодействие фотонов с веществом
7 - 8	Взаимодействие нейтронов с веществом Взаимодействие нейтронов с веществом
9 - 10	Взаимодействие заряженных частиц с веществом Взаимодействие заряженных частиц с веществом
11 - 12	Расчеты доз внешнего облучения Расчеты доз внешнего облучения
13 - 14	Расчеты доз внутреннего облучения Расчеты доз внутреннего облучения
15 - 16	Обзорное занятие Обзорное занятие по курсу

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Чтение лекций с распространением среди студентов лекционных презентаций. Практические занятия проводятся в виде решения задач.

7. 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)
УК-1	3-УК-1	3, КИ-8, Т-16
	У-УК-1	3, КИ-8, Т-16
	В-УК-1	3, КИ-8, Т-16
УК-3	3-УК-3	3, КИ-8, Т-16
	У-УК-3	3, КИ-8, Т-16
	В-УК-3	3, КИ-8, Т-16
УК-8	3-УК-8	3, КИ-8, Т-16
	У-УК-8	3, КИ-8, Т-16
	В-УК-8	3, КИ-8, Т-16

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 иочно 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		B	
75-84		C	
70-74	4 – «хорошо»	D	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
65-69			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.
60-64	3 – «удовлетворительно»	E	
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.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 50 П16 Безопасность человека и окружающей среды в ядерной энергетике : учеб. пособие для вузов, Панин М.П., Скотникова О.Г., М.: МИФИ, 2006
2. 621.039 С22 Введение в теорию переноса и физику защиты от ионизирующих излучений : учебного пособия для вузов, Сахаров В.К., Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
3. ЭИ Б 53 Радиационная защита : учебное пособие для спо, Беспалов В. И., Москва: Юрайт, 2022
4. ЭИ С23 Сборник задач по теории переноса, дозиметрии и защите от ионизирующих излучений : учебное пособие для вузов, Панин М.П. [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2011

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.1 Б53 Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом : учеб. пособие, Беспалов В.И., Томск: , 2006

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

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

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

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Дисциплина «Введение в радиационную физику» является первой частью непрофилирующего курса «Радиационная безопасность», который читается студентам, не специализирующимися в данной области.

Целью дисциплины является формирование базовых знаний в области ионизирующих излучений для специалистов, работающих в сфере ядерной энергетики и ядерных и радиационных технологий. Такие знания являются основой культуры радиационной безопасности.

При освоении дисциплины «Введение в радиационную физику» потребуются знания интегрального и дифференциального исчисления, базовых понятий теории вероятности, общей и атомной физики.

Курс состоит из четырех частей. В первой части приводится обзор основных видов ионизирующего излучения и рассматриваются токовые и по-токовые радиометрические величины, определяющие поля излучения. Вторая часть посвящена взаимодействию излучения с веществом. В ней вводится понятие полного и дифференциального сечения и детально рассматриваются физические процессы взаимодействия фотонов, нейтронов и заряженных частиц в диапазоне энергий до 30 МэВ. Третий раздел акцентирован на рассмотрении процессов поглощения энергии излучения в веществе. В нем вводятся основные дозовые величины и устанавливается связь между дозовыми и радиометрическими величинами. Четвертые раздел рассматривает вопросы внутреннего облучения человека при поступлении радионуклидов с дыханием, пищей или через кожу. В нем также приводятся основные сведения по биологическому действию излучений на молекулярном, клеточном и организменном уровне.

Лекции поддержаны практическими занятиями, которые проходят в форме решения задач.

В результате освоения дисциплины «Введение в радиационную физику» обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

Знать:

- Основные характеристики поля излучений.

- Основные физические процессы, сопровождающие взаимодействие ионизирующих излучений с веществом, в том числе - приводящие к выделению энергии в веществе и формированию поглощенной дозы

• Основные особенности формирования дозы в органах и тканях человека при поступлении радионуклидов внутрь организма

• Основы биологические эффекты облучения человека на молекулярном, клеточном и организменном уровне

Уметь:

• Производить аналитические оценки полей излучения в простейших случаях в вакууме, а также с приближенным учетом рассеяния.

• Оценивать дозы внешнего и внутреннего облучения в стандартных ситуациях

• Оценивать в первом приближении степень опасности облучения

Владеть:

• способностью корректной количественной оценки степени опасности работы с источниками ионизирующего излучения;

• способностью к корректной постановке практических задач радиационной физики для целей защиты от ионизирующих излучений ядерно-технических установок и аварийных источников;

В курсе имеется некоторое количество математических выкладок и преобразований. Для того, чтобы разобраться в этих выкладках не формально, студенты должны систематически самостоятельно работать. С целью поддержки самостоятельной работы студентам даются задачи для домашнего решения. Соответствующая литература имеется в библиотеке института.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Дисциплина «Введение в радиационную физику» является первой частью непрофилирующего курса «Радиационная безопасность», который читается студентам, не специализирующимися в данной области.

Целью дисциплины является формирование базовых знаний в области ионизирующих излучений для специалистов, работающих в сфере ядерной энергетики и ядерных и радиационных технологий. Такие знания являются основой культуры радиационной безопасности.

При освоении дисциплины «Введение в радиационную физику» потребуются знания интегрального и дифференциального исчисления, базовых понятий теории вероятности, общей и атомной физики.

Курс состоит из четырех частей.

В первой части приводится обзор основных видов ионизирующего излучения и рассматриваются токовые и потоковые радиометрические величины, определяющие поля излучения. При его изучении необходимо обратить внимание на понимание студентами физического смысла всех вводимых величин, описывающих поля излучения. При решении задач по этой части необходимо добиться понимания студентами техники перехода от элементарных точечных источников к пространственно распределенным источникам с помощью соответствующего интегрирования.

Вторая часть посвящена взаимодействию излучения с веществом. В ней вводится понятие полного и дифференциального сечения и детально рассматриваются физические

процессы взаимодействия фотонов, нейтронов и заряженных частиц в диапазоне энергий до 30 МэВ. Рекомендуется на практических занятиях рассмотреть связь интегральных и дифференциальных сечений рассеяния, а также разобрать образование сечений взаимодействия для смеси веществ.

Третий раздел акцентирован на рассмотрении процессов поглощения энергии излучения в веществе. В нем вводятся основные дозовые величины и устанавливается связь между дозовыми и радиометрическими величинами. Особое внимание следует уделить назначению и области применимости каждой из дозиметрических величин. При проведении семинарских занятий необходимо добиться уверенного навыка расчета дозовых характеристик от радионуклидных источников.

Четвертые раздел рассматривает вопросы внутреннего облучения человека при поступлении радионуклидов с дыханием, пищей или через кожу. В нем также приводятся основные сведения по биологическому действию излучений на молекулярном, клеточном и организменном уровне. При обзоре биологических эффектов следует продемонстрировать последовательность взаимодействий на разных уровнях, в частности, обращая внимание на ошибки репарации молекулярных повреждений как основной источник отдаленных последствий для всего организма.

Весьма важным является проведение небольших экспресс-тестов в течение семе, о которых студентов следует оповестить заранее, стимулируя тем самым регулярный просмотр теоретического материала в течение всего семестра.

Автор(ы):

Панин Михаил Петрович, к.ф.-м.н., с.н.с.