

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 22.07.2024 16:05:28  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФГБОУ ВО «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Утверждаю:

Руководитель ООП

Б.Б.Педько

«21»

мая

2024 г.



Рабочая программа дисциплины

## **БИОФИЗИКА**

### **Взаимодействие излучения с веществом**

Закреплена за кафедрой: **Физики конденсированного состояния**

Направление подготовки: **03.03.02 Физика**

Направленность (профиль): **Медицинская физика**

Квалификация: **Бакалавр**

Форма обучения: **очная**

Семестр: **6**

Программу составил(и):

*канд. физ.-мат. наук, декан, Педько Б.Б.*

Тверь, 2024

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цели освоения дисциплины (модуля):

изучить взаимодействие ионизирующего излучения с веществом, влияние разных видов излучения на человека, медицинские аспекты воздействия ионизирующего излучения

### Задачи:

получить базовые представления о взаимодействии ионизирующих излучений с веществом

изучить влияние ионизирующих излучений на биологические объекты

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ОП: Б1.В.08Б1.В

### Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Математический анализ

Аналитическая геометрия и линейная алгебра

Дифференциальные уравнения

Обработка и анализ данных физического эксперимента

Численные методы и математическое моделирование

Электричество и магнетизм

Методы математической физики

Физический практикум по электричеству и магнетизму

Физический практикум по оптике

Физический практикум по молекулярной физике

Химия

Физический практикум по атомной физике

Физика магнитных явлений

**Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**

Методы и средства лучевой диагностики

Преддипломная практика

Основы электромагнитной и радиационной безопасности

Физико-технические основы методов ультразвукового исследования

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>Общая трудоемкость</b>	2 ЗЕТ
Часов по учебному плану	72
<b>в том числе:</b>	
аудиторные занятия	42
самостоятельная работа	20

## 4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ПК-2.2: Анализирует физические явления и процессы и составляет отчет по теме исследования или по результатам проведенных экспериментов

ПК-3.1: Осуществляет анализ данных с применением математических методов и информационных технологий

ПК-3.2: Использует систематизированные теоретические и практические знания для определения и решения профессиональных задач в области медицинской физики

**5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ**

Виды контроля в семестрах:	
зачеты	6

**6. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ**

Язык преподавания: русский.

**7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Код занят.	Наименование разделов и тем	Вид занятия	Семестр / Курс	Часов	Источники	Примечание
	Раздел 1. Основные понятия, величины и единицы в области ионизирующих излучений					
1.1	Дифференциальные и интегральные характеристики поля излучения. Сечение взаимодействия (поперечное сечение) ионизирующих излучений с веществом. Закон ослабления узкого пучка. Радиоактивный распад. Дозовые характеристики поля излучения	Лек	6	6	Л1.4 Л1.1 Л1.3Л2.4 Л2.1 Л2.3 Л2.5	
1.2	Выполнение практических заданий по заданной теме	Пр	6	4		
1.3	Самостоятельная работа по изучению темы	Ср	6	4		
	Раздел 2. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом					
2.1	Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом.	Лек	6	6	Л1.2Л2.2	
2.2	Взаимодействие нейтронов с веществом	Лек	6	6	Л1.5 Л1.6	
2.3	Взаимодействие заряженных частиц с веществом	Лек	6	6		
2.4	Выполнение практических заданий по теме "Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом"	Пр	6	6		
2.5	Самостоятельная работа по изучению вопросов и выполнению практических заданий по теме "Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом"	Ср	6	12		
	Раздел 3. Радиационная безопасность					

3.1	Радиационный фон. Нормы радиационной безопасности. Воздействие радиации на человека	Лек	6	4		
3.2	Выполнение практических заданий по теме "Радиационная безопасность"	Пр	6	4		
3.3	Подготовка доклада по заданной теме.	Ср	6	4		

### Список образовательных технологий

1	Активное слушание
2	Информационные (цифровые) технологии

## 8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 8.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

См. Приложение

### 8.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

См. Приложение

### 8.3. Требования к рейтинг-контролю

Модуль 1

Работа в аудитории (доклады, участие в дискуссии, решение задач) - 30 баллов  
Контрольная работа - 20 баллов

Модуль 2

Работа в аудитории (доклады, участие в дискуссии, решение задач) - 30 баллов  
Контрольная работа - 20 баллов

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 9.1. Рекомендуемая литература

#### 9.1.1. Основная литература

Шифр	Литература
Л1.1	Кузнецов, Лидер, Физика. Волновая оптика. Квантовая природа излучения. Элементы атомной и ядерной физики, Москва: Вузовский учебник, 2024, ISBN: 978-5-9558-0350-0, URL: <a href="https://znanium.com/catalog/document?id=436939">https://znanium.com/catalog/document?id=436939</a>
Л1.2	Мирошниченко И. Б., Взаимодействие лазерного излучения с веществом, Новосибирск: НГТУ, 2021, ISBN: 978-5-7782-4355-2, URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/216539">https://e.lanbook.com/book/216539</a>
Л1.3	Макаров О. А., Николаева Л. А., Гигиеническое нормирование воздействия природных источников ионизирующего излучения и медицинское облучение населения, Иркутск: ИГМУ, 2020, ISBN: , URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/213389">https://e.lanbook.com/book/213389</a>

Л1.4	Макаров О. А., Николаева Л. А., Воздействие ионизирующего излучения на организм человека, Иркутск: ИГМУ, 2016, ISBN: , URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/158734">https://e.lanbook.com/book/158734</a>
Л1.5	Джепаров Ф. С., Львов Д. В., Нейтронные исследования конденсированных сред, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012, ISBN: 978-5-7262-1760-4, URL: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=75934">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=75934</a>
Л1.6	Алексеев П. А., Менушенков А. П., Нейтронные методы в физике конденсированного состояния, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012, ISBN: 978-5-7262-1666-9, URL: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=75924">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=75924</a>

### 9.1.2. Дополнительная литература

Шифр	Литература
Л2.1	Романцова И. В., Ткаченко В. В., Кутьков В. А., Сборник задач по дозиметрии и защите от ионизирующих излучений, Москва: НИЯУ МИФИ, 2022, ISBN: 978-5-7262-2874-7, URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/355547">https://e.lanbook.com/book/355547</a>
Л2.2	Кирпичников Ю. А., Корнилов Г. П., Николаев А. А., Храмшин Т. Р., Сборник задач по теории электромагнитного поля, Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2019, ISBN: 978-5-9967-1549-7, URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/162562">https://e.lanbook.com/book/162562</a>
Л2.3	Дресвянников А. Ф., Колпаков М. Е., Ермолаева Е. А., Петрова Е. В., Выжимов Ю. М., Назипов Р. А., Измерение ионизирующих излучений: теоретические и прикладные аспекты, методы и средства, Казань: КНИТУ, 2018, ISBN: 978-5-7882-2304-9, URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/138428">https://e.lanbook.com/book/138428</a>
Л2.4	Климанов В. А., Крамер-Агеев Е. А., Смирнов В. В., Дозиметрия ионизирующих излучений, Москва: НИЯУ МИФИ, 2015, ISBN: 978-5-7262-2096-3, URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/126644">https://e.lanbook.com/book/126644</a>
Л2.5	Кондратенко С. Г., Физические основы измерений характеристик ионизирующих излучений: конспект лекций, Москва: Академия стандартизации, метрологии и сертификации, 2011, ISBN: 978-5-93088-088-5, URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=138890">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=138890</a>

### 9.3.1 Перечень программного обеспечения

1	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
2	Adobe Acrobat Reader
3	OpenOffice
4	Google Chrome
5	Mozilla Firefox
6	Многофункциональный редактор ONLYOFFICE

### 9.3.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1	Репозиторий ТвГУ
2	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (подписка на журналы)
3	ЭБС ТвГУ
4	ЭБС BOOK.ru
5	ЭБС «Лань»

6	ЭБС IPRbooks
7	ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
8	ЭБС «ЮРАИТ»
9	ЭБС «ZNANIUM.COM»

#### **10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

<b>Аудит-я</b>	<b>Оборудование</b>
3-227	комплект учебной мебели, переносной ноутбук, проектор, экран
3-38	комплект учебной мебели, печь трубчатая, мониторы, проектор, фотомикроскоп, вакуумные посты, весы лабораторные, коммутатор,

#### **11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Задания для текущей и промежуточной аттестации

#### Вопросы

1. Дозиметрия ионизирующих излучений - общая характеристика.
2. Дифференциальные и интегральные характеристики поля излучения
3. Сечение взаимодействия (поперечное сечение) ионизирующих излучений с веществом
4. Закон ослабления узкого пучка
5. Радиоактивный распад
6. Дозовые характеристики поля излучения
7. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом
8. Фотоэффект
9. Эффект Комптона
10. Образование электрон - позитронных пар
11. Аннигиляция позитрония
12. Квантовая запутанность и Квантовая телепортация
13. Образование фотонейтронов
14. Общая характеристика взаимодействия фотонов с веществом
15. Взаимодействие нейтронов с веществом
16. Общая характеристика взаимодействия нейтронов с веществом
17. Кинематика рассеяния нейтронов
18. Радиационный захват
19. Захват нейтрона с последующим испусканием заряженных и не заряженных частиц
20. Вынужденное деление атомных ядер нейтронами
21. Естественный атомный реактор в Окло
22. Общая характеристика прохождения нейтронов через вещество
23. Взаимодействие заряженных частиц с веществом
24. Ионизационное торможение заряженных частиц. Уравнение Бете - Блоха
25. Пробег заряженных частиц в веществе.  $\delta$ -электроны
26. Упругое рассеяние заряженных частиц на ядрах. Ядерное взаимодействие
27. Тормозное излучение
28. Излучение Вавилова - Черенкова
29. Излучение сверхсветовых источников в вакууме
30. Переходное излучение на границе раздела двух сред
31. Естественный радиационный фон
32. Техногенный радиационный фон
33. Искусственный радиационный фон
34. Требования к ограничению техногенного облучения в контролируемых условиях
35. Воздействие радиации на человека

## Контрольные вопросы

1. Назвать физический смысл микроскопического сечения взаимодействия. От чего зависит величина сечения?
2. Что такое дифференциальное сечение взаимодействия, как оно связано с полным сечением, как с его помощью вычислить средние характеристики частиц после взаимодействия?
3. Дать определение и физический смысл сечения рассеяния и поглощения энергии.
4. Привести примеры формул для преобразования сечений.
5. Какое излучение называют нерассеянным?
6. Дать определение физического смысла макроскопического сечения. Как оно связано с микроскопическим сечением?
7. Что такое тормозная способность вещества?
8. Объяснить фразу «пробег в приближении непрерывного замедления».
9. Назвать макроскопические коэффициенты взаимодействия частиц с веществом и объяснить их физический смысл.
10. Чем отличается ЛПЭ от тормозной способности вещества?

## Упражнения

1. Вывести закон ослабления нерассеянного излучения.
2. Получить выражения для средней переданной (поглощенной) энергии и  $\cos \theta$  при рассеянии.

## Задачи

1. (\*) Для рассеяния низкоэнергетических фотонов  $\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{r_e^2}{2} (1 + \cos^2 \vartheta)$ , где  $r_e = e^2/m_e c^2$ . Построить график этой функции. Вычислить число фотонов, рассеянных "вперед" ( $\vartheta < \pi/2$ ) и "назад" ( $\vartheta > \pi/2$ ).
2. Найти  $d\sigma/d\Omega$ , если  $\rho = a \cos \vartheta/2$ .
3. (\*) Точечная частица рассеивается на шаре радиуса  $a$ . Найти и построить графики функций  $\rho(\vartheta)$ ,  $d\sigma/d\Omega$ ,  $d\sigma/dQ$ ,  $\bar{\eta}(T)$ ,  $\kappa_a(T)$ ,  $T(s)$ .
4. Поверхность сферы разделена параллелями на  $n$  равных частей, каждая получившаяся площадь разделена на  $n$  равных частей меридианами. Найти границы получившихся областей в сферической системе координат и вычислить площадь одной из них интегрированием.



5. Пусть массы сталкивающихся частиц равны и  $\frac{d\sigma}{dQ} = \frac{A}{T} \frac{1}{Q^2}$  ( $I < Q < T/2$ ).

Вычислить полное сечение рассеяния,  $d\sigma/d\Omega$  в СЦИ,  $d\sigma/d\Omega_1$  и  $d\sigma/d\Omega_2$  в ЛСК, потери энергии на единице пути, зависимость энергии от пройденного пути, зависимость пробега от энергии.

6. При энергии 1 ГэВ сечение взаимодействия нейтрино с грунтом  $\sigma = 10^{-35}$  см<sup>2</sup>. Вычислить среднюю длину свободного пробега, найти среднее число столкновений нейтрино на диаметре Земли и кратность ослабления нейтринного пучка Землей.  $R_3 = 6\,380$  км.
7. Частица с прицельным параметром  $\rho$  падает вдоль оси OZ на сферический детектор радиуса  $R$ . Вычислить длину пути частицы в детекторе  $L$  (лучевые размеры детектора).
8. (\*) Поток частиц с равномерной плотностью падает вдоль оси OZ на сферический детектор радиуса  $R$ . Найти аналитически среднее значение прицельного параметра  $\bar{\rho}$  и среднее значение лучевых размеров детектора  $\bar{L}$ . Вычислить эти значения методом статистического моделирования и сравнить с аналитическими значениями. Получить распределения частиц по прицельному параметру и лучевым размерам. Примечание: для статистического моделирования можно использовать листинги программ, приведенные в приложении 2.