

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования Московской области  
«Международный университет природы, общества и человека «Дубна»  
(университет «Дубна»)  
Факультет естественных и инженерных наук  
Кафедра биофизика

---

**У Т В Е Р Ж Д А Ю**  
проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ С.В. Моржухина

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2010 г.

**ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Микродозиметрия**

(наименование дисциплины)

**по направлению (специальности)**

**140307.65 – «Радиационная безопасность человека и окружающей среды»**

(№, наименование направления, специальности)

Форма обучения: *очная*

Уровень подготовки: *специалист*

Курс (семестр): *5 курс, 9 семестр*

г. Дубна, 2010 г.

Автор программы:

Пархоменко А.Ю., канд. физ.-мат. наук, доцент, кафедра биофизики

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования и учебным планом по направлению подготовки (специальности) 140307.65 – «Радиационная безопасность человека и окружающей среды»

Программа рассмотрена на заседании кафедры биофизики

Протокол заседания № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ /Е.А. Красавин/

Рецензент: \_\_\_\_\_  
(ученая степень, ученое звание, Ф.И.О., место работы, должность)

ОДОБРЕНО

декан факультета

\_\_\_\_\_ /А.С. Деникин/  
(подпись) (ФИО)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Руководитель библиотечной системы \_\_\_\_\_ /В.Г. Черепанова/  
(подпись) (ФИО)

## **1. Аннотация**

**Тип курса** - ЕН.Р

**Год обучения** - 5

**Семестр** – 9

### **Место курса в профессиональной подготовке магистров**

Курс «Микродозиметрия» входит в учебный план подготовки специалистов по направлению 140307.65 – «Радиационная безопасность человека и окружающей среды» и изучается студентами в девятом семестре.

Цель его изучения состоит в ознакомлении слушателей с физическими основами и приложениями микродозиметрии к задачам радиационной физики и радиационной биофизики. Исходный уровень знаний студентов требует некоторой специальной подготовки. Предполагается, что известны свойства ионизирующих излучений, процессы их взаимодействия с веществом, основы обычной дозиметрии ионизирующих излучений. Математическим аппаратом микродозиметрии является теория вероятностей и математическая статистика, подразумевается также знакомство с математическим анализом в пределах стандартного курса.

**Формы работы студентов** в ходе изучения дисциплины предусмотрены семинарские занятия и выполнение контрольных и домашних работ.

**Самостоятельная работа студентов**, предусмотренная учебным планом в объеме 81 часа, выполняется в ходе семестра в форме решения контрольных задач по индивидуальному заданию.

**Виды текущего контроля** – проверка домашних заданий

**Форма итогового контроля**

Зачет.

## **2. Цель и задачи дисциплины**

### **Цель дисциплины**

Микродозиметрия – область прикладной ядерной физики, которая изучает распределение поглощенной энергии в пределах чувствительных микроструктур вещества при облучении ионизирующим излучением объектов живой и неживой природы. Поглощенная энергия является причиной первичных поражений и запускает механизмы, которые в конечном итоге приводят к наблюдаемому радиационно-индуцированному эффекту.

Основное внимание настоящего курса уделяется изучению современных моделей радиационного воздействия, учитывающих микроскопическое распределение поглощенной энергии. Курс включает подробный анализ свойств функций распределения микродозиметрических величин. Особое внимание обращается на раскрытие закономерностей формирования спектров энерговыделений ионизирующего излучения в микрообъемах облучаемого объекта.

### **Задачи дисциплины**

Познакомить магистранта с основами и практическими приложениями микродозиметрии в области радиационной биологии; научить ориентироваться в них; привить навыки планирования эксперимента и обработки его результатов в соответствии с существом решаемой задачи.

### 3. Требования к уровню освоения содержания дисциплины

В результате изучения дисциплины студенты должны получают:

- знания об основных понятиях в микродозиметрии, связанных с методами и средствами измерений;
- навыки вычислений микродозиметрических величин;
- сведения о физике радиационных эффектов, индуцированных излучениям различного вида;
- сведения о механизмах взаимодействия этого излучения с биологической тканью;
- сведения о микрораспределении поглощенной энергии в треке.

### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид занятий	Всего часов	Семестры	
		9	
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	132	132	
<b>Аудиторные занятия</b>	51	51	
Лекции (Лк)	34	34	
Практические занятия (ПЗ)			
Семинары (С)	17	17	
Лабораторные работы (ЛР)			
<b>Самостоятельная работа</b>	81	81	
Курсовой проект (работа)			
Расчетно-графические работы			
Реферат (эссе)			
Контрольная работа			
<b>Вид итогового контроля (зачет/экзамен)</b>	Зачет	Зачет	

#### 4.1. Структура преподавания дисциплины

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины, содержание	Лекции	ПЗ (или С)	ЛР	Самостоятельная работа студентов
1	Основные величины микродозиметрии.	2		-	7
2	Функции распределения микродозиметрических величин.	2	2	-	7
3	Числовые характеристики распределенных микродозиметрических величин.	4	-	-	6
4	Дозово-зависимое распределение удельной энергии.	4	2	-	5
5	Микродозиметрический анализ радиационно-индуцированных эффектов.	2	2	-	7

6	Функция распределения удельной энергии в спектре одиночного события.	4	2	-	7
7	Связь частотного среднего линейной концентрации энергии с ЛПЭ.	2	-	-	7
8	Экспериментальные методы микродозиметрии.	2	2	-	7
9	Теория мишени.	2	-	-	5
10	Многоударные и многомишенные модели.	4	3	-	7
11	От теории мишени к микродозиметрическим моделям.	4	2	-	8
12	Простые микродозиметрические модели.	4	2	-	8

## Содержание разделов дисциплины

### **Основные величины микродозиметрии.**

Предмет микродозиметрии. Макроскопический характер дозиметрических величин. Статистическая природа первичной передачи энергии. Переданная энергия. Флюктуации поглощенной энергии. Линейная энергия. Удельная энергия.

### **Функции распределения микродозиметрических величин.**

Частотные распределения и спектр одиночного события. Дозово-зависимые распределения. Энергетическое распределение.

### **Числовые характеристики распределений микродозиметрических величин.**

Частотное и энергетическое средние линейной энергии. Частотное и энергетическое средние удельной энергии спектра одиночного события. Дозово-зависимые частотное и энергетическое средние удельной энергии. Дисперсии и вариации микродозиметрических распределений.

### **Дозово-зависимое распределение удельной энергии.**

Связь спектра одиночного события с дозово-зависимым распределением. Связь между этими функциями в предельном случае малых доз. Связь моментов распределения с дозой. Связь семиинвариантов дозово-зависимого распределения с начальными моментами спектра одиночного события.

### **Микродозиметрический анализ радиационно-индуцированных эффектов.**

Количественная мера радиационного эффекта и его зависимость от дозы облучения. Полная микродозиметрическая характеристика качества излучения. Связь дисперсии радиационно-индуцированного эффекта с поглощенной дозой. Эффекты первого и второго порядков на примере хромосомных aberrаций. Роль флюктуации поглощенной энергии излучения.

### **Функция распределения удельной энергии в спектре одиночного события.**

Вариации энергопоглощения в спектре одиночного события. Интегральные распределения энерговыделения, ЛПЭ, длины пути. Стратглинг. Роль геометрического фактора. Изотропное и анизотропное поле треков. Стеночный эффект. Трек заряженной частицы. Трековый сегмент. Связь между дозовым распределением линейной концентрации энергии и дозовым ЛПЭ-спектром

## Связь частотного среднего линейной концентрации энергии с ЛПЭ.

### Экспериментальные методы микродозиметрии.

Ионизационно-импульсный метод микродозиметрии. Пропорциональный газоразрядный счетчик. Флюктуации средней энергии ионообразования. Принцип Брегга - Грэя. Вакуумный микродозиметр Барлина – Ханкока.

### Теория мишени.

Основные положения теории мишени. Одноударная модель. Кривые выживаемости и гибели. Экстраполяционное число. Пороговая доза.

### Многоударные и многомишенные модели.

Многоударные модели с одной и несколькими мишенями. Модель Зеркля – Тобайса. Влияние качества излучения на зависимость доза-эффект. Классификация биологических объектов по характеру влияния качества радиации на кривые выживаемости.

### От теории мишени к микродозиметрическим моделям.

Метод присоединенных объемов Ли. Метод трековых сегментов Говарда-Фландерса. Структура трека и радиационные эффекты. Радиус ядра. Двухкомпонентные теории действия радиации. Модель Видерё. Модель Линоуца и Чедвика. Дельта-электронная теория структуры трека. Радиальное распределение дозы, создаваемой дельта-электронами. Сечение инактивации мишени. Модель Каца.

### Простые микродозиметрические модели.

Модель Росси – как микродозиметрический аналог многоударной модели теории мишени. Понятие о пороговой удельной энергии. Способ оценки минимальных размеров чувствительной области. Модель Буза. Теория дуального действия излучения Росси – Келлерера. Эффект насыщения. Эффект мощности дозы. Кислородный эффект. Развитие теории дуального действия излучения. Значение ОБЭ нейтронного излучения. Границы применимости микродозиметрии.

## 6. Практические занятия (семинары)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тема семинарского задания
1	2	Решение задач по теме: «Функции распределения микродозиметрических величин»
2	3	Решение задач по вычислению числовых характеристик микродозиметрических распределений.
3	4	Решение задач по вычислению плотности распределения удельной энергии при заданной дозе, вычислению семиинвариантов и начальных моментов дозово-зависимого распределения удельной энергии.
4	6	Решение задач по теме: «Функция распределения удельной энергии в спектре одиночного события»
5	7	Решение задач по теме: «Связь частотного среднего линейной концентрации энергии с ЛПЭ»
6	9	Решение задач по теме: «Теория мишени»
7	11	Решение задач по теме: «Метод присоединенных объемов и метод трековых сегментов»
8	12	Решение задач по теме: «Теория дуального действия излучения»

## 7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### *Основная:*

1. Кудряшов Ю.Б. Радиационная биофизика (ионизирующие излучения): Учебн. для вузов. — М.: Физматлит, 2004. — 448 с.
2. М.М. Комочков. Дозиметрия ионизирующих излучений: Учеб. Пособие. — Дубна: Международный университет природы, общества и человека, 2006. — 74 с.
3. В.Е. Гмурман. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пособие для вузов. — 9-е изд., стер. — М.: Высш. шк., 2003. — 479 с.
4. Воробьев А.А., Чертов А.Г. Физические величины и их единицы: Полный справочник. — М.: Оникс, Мир и образование, 2010. — 605 с. // ЭБС <<КнигаФонд>>. URL: <http://www.knigafund.ru/books/42574> (дата обращения: 30.08.2011).-Режим доступа: с компьютеров ун-та <<Дубна>>.
5. Потапенко А.Я., Ремизов А.Н., Максина А.Г. Медицинская и биологическая физика: Учебник для вузов. — М.: Дрофа, 2008. — 560 с. // ЭБС <<КнигаФонд>>. URL: <http://www.knigafund.ru/books/38245> (дата обращения: 30.08.2011).-Режим доступа: с компьютеров ун-та <<Дубна>>.
6. Федорова В.Н., Степанова Л.А. Краткий курс медицинской и биологической физики с элементами реабилитологии. Лекции и семинары: Учеб. Пособие. — М.: ФИЗМАТ-ЛИТ, 2008. — 623 с. // ЭБС <<КнигаФонд>>. URL: <http://www.knigafund.ru/books/106342> (дата обращения: 30.08.2011).-Режим доступа: с компьютеров ун-та <<Дубна>>.

### *Дополнительная:*

1. Ахмедзянов В.Р., Лашёнова Т.Н., Максимова О.А. Обращение с радиоактивными отходами: Учеб. Пособие. — М.: ИАЦ "Энергия", 2008. — 284 с. // ЭБС <<КнигаФонд>>. URL: <http://www.knigafund.ru/books/42342> (дата обращения: 30.08.2011).-Режим доступа: с компьютеров ун-та <<Дубна>>.
2. В.И. Иванов, В.Н. Лысцов. Основы микродозиметрии. — М: Атомиздат, 1979. — 192 с.
3. В.И. Иванов. Курс дозиметрии: Для студентов вузов. 4-е изд. — М.: Энергоатом издат, 1988. — 400 с.
4. Е.А. Красавин, С.Козубек. Мутагенное действие излучений с разной ЛПЭ. — М: Энергоатомиздат, 1991. — 182 с.
5. Е.А. Красавин. Проблема ОБЭ и репарация ДНК. Москва, Энергоатомиздат, 1989. — 192 с.
6. Вопросы микродозиметрии, под ред. В.И. Иванова, Москва, Энергоатомиздат, 1982.
7. Радиация и патология: Учеб. пособие для вузов. Под общ. ред. А.Ф. Цыба. — М.: Высшая школа, 2005. — 341 с.
8. Справочное руководство по микродозиметрии, под ред. В.И. Иванова. — М.: Энергоатомиздат, 1986. — 184 с.
9. Микродозиметрия : Доклад 36 МКРЕ, под ред. В.И. Иванова; Пер. В.Н. Лысцова. — М.: Энергоатомиздат, 1988. — 192 с.

### *Рекомендуемые Интернет-ресурсы:*

1. Куц Е.А. Дипломная работа на тему: Исследование вклада вторичных частиц в поглощенную дозу, создаваемую в биологической ткани пучками фотонов // Кафедра физики ускорителей и радиационной медицины. 2009. URL: <http://hea.phys.msu.ru/Boss/user-files/kuts.pdf>. (дата обращения: 5.02.2012).
2. Микродозиметрическая теория «малых доз» радиации. Справочные материалы // ФМБЦ им. А.И. Бурназяна. URL: <http://www.fmbcfmba.org/default.asp?id=60022>. (дата обращения: 5.02.2012).
3. Микродозиметрия // Энциклопедия физики и техники ускорителей. URL: [http://www.femto.com.ua/articles/part\\_1/2274.html](http://www.femto.com.ua/articles/part_1/2274.html). (дата обращения: 5.02.2012).

## **7. Технические и электронные средства обучения**

Не предусмотрены

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

(указываются специализированные лаборатории и классы, основные приборы, установки)

Специализированные лаборатории и классы, основные приборы, установки не предусмотрены.

## **9. Формы контроля**

**Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы:**

1. Как связаны для заданного микрообъема поглощенная, линейная и удельная энергии?
2. Как формируется спектр одиночного события?
3. Как формируется функция для дозово-зависимых распределений?
4. Как строится функция энергетического распределения спектра одиночного события?
5. Какая связь между энергетическим и частотным средним одной и той же микродозиметрической величины?
6. Вычислить дисперсии: линейной энергии, дозово-зависимого энерговыведения, удельной энергии спектра одиночного события.

**Перечень вопросов, выносимых на зачет:**

1. Макроскопический характер дозиметрических величин. Поглощенная энергия и доза излучения. Линейная передача энергии.
2. Статистический характер передачи энергии при взаимодействии излучения с веществом.
3. . Основные величины микродозиметрии: Переданная энергия. Линейная энергия. Удельная энергия.
4. . Частотные распределения и спектр одиночного события микродозиметрических величин.
5. Дозово-зависимое распределение и энергетическое распределение микродозиметрических величин.
6. Средние значения микродозиметрических величин.
7. Дисперсии и вариации микродозиметрических распределений.
8. . Связь спектра одиночного события с дозово-зависимым распределением. Предельный случай малых доз.
9. Связь моментов распределения с дозой.
10. Количественная мера радиационного эффекта и его зависимость от дозы облучения. Связь с параметрами микродозиметрических величин.
11. Связь дисперсии радиационно-индуцированного эффекта с поглощенной дозой.
12. . Связь вариации с поглощенной дозой для одноразрывных хромосомных aberrаций.



13. . Связь вариации с поглощенной дозой для двухразрывных хромосомных aberrаций.
14. Вариации энергопоглощения в спектре одиночного события.
15. . Страгглинг. Предельный случай малого числа столкновений.
16. . Трек заряженной частицы. Трековые сегменты. Изотропное и анизотропное поле треков.
17. . Адекватность микродозиметрического моделирования. Стеночный эффект.
18. . Ионизационно-импульсный метод микродозиметрии. Флуктуации числа пар ионов, образованных излучением.
19. Связь частотного среднего линейной концентрации энергии с ЛПЭ.
20. Основные положения теории мишени. Одноударная модель. Кривые выживаемости и гибели. Экстраполяционное число. Пороговая доза.
21. Многоударные и многамишенные модели.
22. Метод присоединенных объемов Ли.
23. Метод трековых сегментов Говарда-Фландерса.
24. Дельта-электронная теория структуры трека.
25. Модель Росси. Теория дуального действия излучения Росси – Келлерера.
26. Простые микродозиметрические модели. Эффект насыщения.
27. Простые микродозиметрические модели. Эффект мощности дозы.
28. Простые микродозиметрические модели. Кислородный эффект.
29. Развитие теории дуального действия излучения.
30. Границы применимости микродозиметрии.