

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

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

\_\_\_\_\_ С.В. Моржухина

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2011 г.

## ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Дозиметрия ионизирующих излучений

(наименование дисциплины)

по направлению (специальности)

140307.65 – «Радиационная безопасность человека и окружающей среды»

(№, наименование направления, специальности)

Форма обучения: *очная*

Уровень подготовки: *специалист*

Курс (семестр): *4 курс, 7 семестр;*

г. Дубна, 2011г.

Программа дисциплины « Дозиметрия ионизирующих излучений » по направлению (специальности) «Радиационная безопасность человека и окружающей среды»: Учебная программа. Автор: Комочков М.М. – Дубна: Университет «Дубна», 2010.

Автор программы:

Комочков М.М., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры Биофизики

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования и учебным планом по направлению подготовки (специальности)

\_\_\_\_\_  
(указывается номер ОКСО, код и наименование направления подготовки (специальности))

Программа рассмотрена на заседании кафедры Биофизики  
(название кафедры)

Протокол заседания № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2009 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / Красавин Евгений Александрович /, профессор  
(подпись) (фамилия, имя, отчество) (ученое звание)

СОГЛАСОВАНО

заведующий выпускающей кафедрой<sup>1</sup> \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

\_\_\_\_\_ « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2009 г.  
(ученое звание)

Рецензент: \_\_\_\_\_  
(ученая степень, ученое звание, ФИО)

\_\_\_\_\_  
(место работы, должность)

ОДОБРЕНО

Декан факультета \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
(подпись) (ФИО)

\_\_\_\_\_ « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2009 г.  
(ученое звание)

Руководитель библиотечной системы \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
(подпись) (ФИО)

\_\_\_\_\_  
<sup>1</sup> Если программа разработана обучающей кафедрой

## 1. Аннотация

Курс «Дозиметрия ионизирующих излучений» входит в учебный план подготовки специалистов по направлению 140307.65 – «Радиационная безопасность человека и окружающей среды» и изучается студентами в седьмом семестре. В рамках настоящего курса дозиметрия излучений представляется как раздел прикладной науки и техники, который рассматривает свойства ионизирующих излучений, физические величины, характеризующие поле излучения и его трансформацию в веществе, а также принципы и методы определения этих величин. Дозиметрия имеет дело с такими физическими величинами, которые связаны с ожидаемым радиационным эффектом, в частности в человеке. Первопричиной радиационных эффектов является поглощение энергии излучения облучаемым объектом, и доза, как мера поглощенной энергии, становится основной дозиметрической величиной.

Назначение дозиметрии - определение дозы излучения в различных средах и, особенно, в тканях живого организма. Для достижения этой цели используют различные расчетные и экспериментальные методы. Количественное определение дозы излучения, действующей на живой организм, необходимо для выявления, оценки и предупреждения возможной радиационной опасности для человека.

Важным аспектом приложений дозиметрии является охрана окружающей природной среды, неотъемлемым компонентом которой являются радиационные поля и рассеянные радионуклиды естественного и искусственного происхождения. Дозиметрический контроль окружающей среды и связанные с ним прогнозы радиационной обстановки требуют создания оптимизированных дозиметрических систем, развития новых методов дозиметрии, решения вопросов, связанных с определением необходимого объема и точности дозиметрической информации.

Многообразие радиационных эффектов, в общем случае, при отсутствии простой взаимосвязи доза - эффект, привело к выделению дозиметрии для радиационной безопасности в отдельный раздел дозиметрии со своими величинами и единицами.

### **Выписка из «ТРЕБОВАНИЯ К ОБЯЗАТЕЛЬНОМУ МИНИМУМУ СОДЕРЖАНИЯ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ ДИПЛОМИРОВАННОГО СПЕЦИАЛИСТА «ЯДЕРНЫЕ ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИИ»»**

<b>Индекс</b>	<b>Наименование дисциплин и их основные разделы</b>	<b>Всего часов</b>
<b>СД.00</b>	<b>Специальные дисциплины</b>	
<b>СД.07</b>	Дозиметрия ионизирующих излучений Физические основы дозиметрии ионизирующих излучений; электронное равновесие; дозиметрические величины и единицы их измерения; методы дозиметрии фотонного излучения: ионизационный, сцинтилляционный, люминесцентный, фотографический, полупроводниковые дозиметрические детекторы; дозиметрия нейтронов; дозиметрия заряженных частиц; дозиметрия высокоинтенсивного излучения, дозиметрия релятивистских ядер. Дозиметрия для радиационной безопасности. Величины для контроля радиационной безопасности. Дозиметрический контроль внешнего и внутреннего профессионального облучения.	<b>138</b>

## 2. Цели и задачи дисциплины

Важнейшая задача дозиметрии – определение дозы излучения в различных средах и особенно в тканях живого организма. Для этого используют различные расчетные и экспериментальные методы. Количественное определение дозы ионизирующего излучения, действующего на живой организм необходимо прежде всего для выявления, оценки и предупреждения возможной радиационной опасности для человека. Установленная связь между измеряемой физической величиной и ожидаемым радиационным эффектом – важнейшее свойство дозиметрических величин. Вне этой связи дозиметрические измерения теряют смысл.

## 3. Требования к уровню освоения содержания дисциплины

В результате изучения дисциплины студенты должны знать:

- 3.1 Основные понятия о поле излучения и его физические характеристики.
- 3.2 Величины, определяемые преобразованием энергии и вкладом энергии
- 3.3 Физические основы и методы радиометрии и дозиметрии.
- 3.4 Величины для контроля радиационной безопасности.
- 3.5 Методы контроля радиационной безопасности.

Уметь

- адекватно условиям формулировать запрос оператору источника ионизирующих излучений о его необходимых характеристиках;
- на основе полученной информации определить необходимый перечень методов и средств измерений физических характеристик полей ионизирующих излучений.

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид занятий	Всего часов	Семестры
		7
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>138</b>	<b>138</b>
<b>Аудиторные занятия</b>	<b>68</b>	<b>68</b>
Лекции (Лк)	51	51
Практические занятия (ПЗ)		
Семинары (С)	17	17
Лабораторные работы (ЛР)		
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>26</b>	<b>26</b>
Курсовой проект (работа)		
Расчетно-графические работы		
Реферат (эссе)		
Контрольная работа		
<b>Вид итогового контроля (зачет/экзамен)</b>	<b>Экзамен</b>	<b>Экзамен</b>

## 5. Содержание программы

Разделы (темы) дисциплины, содержание и виды занятий:

№ п/п	Наименование и содержание тем	Лекции	ПЗ (или С)	ЛР	Самостоятельная работа студентов
1	<b>1.Основные понятия и величины.</b> Поле излучение. Радиометрические величины. Место, назначение и задачи дозиметрии ионизирующих излучений. Стохастические и нестохастические величины. Скалярные радиометрические величины.	3	1	-	1
2	Коэффициенты взаимодействия излучения с веществом.. Основные понятия о поле излучения. Коэффициенты взаимодействия излучений с веществом и соответствующие величины: поперечное сечение, линейный и массовый коэффициенты ослабления и передачи энергии, линейная и массовая тормозная способность вещества и линейная передача энергии заряженными частицам (ЛПЭ). Средняя энергия ионообразования.	3	1	-	1
3	<b>Величины и единицы дозиметрии</b> Величины, характеризующие преобразование энергии: керма, экспозиционная доза, сема. Величины, определяемые переданной энергией: переданная (поглощенная) энергия, линейная энергия, удельная энергия, поглощенная доза.	3	1	-	2
4	<b>2. Физические основы и методы радиометрии и дозиметрии.</b> Электромагнитное взаимодействие заряженных частиц	3	1	-	1
5	<b>Физические основы дозиметрии фотонов.</b> Фотоэффект, комптон-эффект, образование пар, коэффициент передачи энергии излучения, электронное равновесие, соотношение Брэгга - Грея, энергетическая зависимость чувствительности дозиметрического детектора.	3	1	-	2
6	<b>Ионизационные дозиметрические де-</b>	3	1	-	2

	<b>детекторы.</b> Вольт-амперная характеристика ионизационной камеры, закономерности ионизационных камер при непрерывном и импульсном облучении, конденсаторные камеры, газоразрядные счетчики, полостные ионизационные камеры.				
7	<b>Полупроводниковые детекторы</b> Особенности детекторов, беспримесные и примесные полупроводники, p-n переход.	1	1		1
8	<b>Сцинтилляционный метод. Люминесцентные методы. Фотографический метод.</b> Принципы методов, дозиметрические характеристики сцинтилляторов, токовый и счетчиковый режимы детекторов, сцинтилляционный метод дозиметрии нейтронов. Оптические эффекты в люминофорах, механизм радиофотолюминесценции, радиофотолюминесцентные дозиметры, механизм радиотермолюминесценции, кривая термовысвечивания, влияние режима на чувствительность термолюминесцентных дозиметров.	5	2		3
9	<b>Дозиметрия нейтронов и заряженных частиц.</b> Преобразование энергии нейтронов в веществе, Формирование дозы нейтронов в живой ткани, дозиметрия быстрых нейтронов с помощью ионизационных камер, применение пропорциональных счетчиков для дозиметрии быстрых нейтронов. Активационный метод дозиметрии нейтронов.	3	2		2
10	<b>Трековые дозиметрические детекторы.</b> Дозиметрии высокоинтенсивных потоков ионизирующего излучения. Дозиметрия релятивистских ядер	3	1		1
11	<b>Дозиметрия для радиационной безопасности.</b> Основные величины и единицы: флюенс, средняя переданная энергия, поглощенная доза, линейная передача энергии, линейная энергия, распределение поглощенной дозы по ЛПЭ, фактор качества в точке ткани, эквивалент дозы, амбиентный эквивалент дозы, эквивалент дозы направления, индивидуальный эквивалент дозы.	3	1		2
12	<b>3. Величины, основанные на средних значениях и используемые для огра-</b>	6	2		3

	<b>ничений:</b> средняя поглощенная доза в органе или ткани, средний фактор качества, эквивалент дозы в органе и эффективный эквивалент дозы, эквивалентная доза в ткани или органе, эффективная доза, эквивалентная или эффективная ожидаемая доза при внутреннем облучении, годовая эффективная (эквивалентная) доза, коллективная эффективная доза, доза предотвращенная, риск радиационный..				
13	<b>Взаимосвязь величин, используемых для контроля радиационной безопасности при внешнем облучении</b> Особенности радиационного контроля. Контроль радиационной обстановки вблизи источников и за их защитой. Индивидуальный дозиметрический контроль: фотографический метод дозиметрии фотонного излучения: фотохимическое действие излучения, энергетическая зависимость чувствительности фотодозиметра и ее компенсация, метод дозиметрии нейтронов с помощью ядерной эмульсии, альбедодозиметры, специальные методы индивидуальной дозиметрии при авариях.	6	2		3
14	Радиационный контроль в окружающей среде, особенности методов измерений. Измерения радиоактивности проб почвы, воды, растительности и воздуха. Контроль радиоактивности на местности. Результаты дозиметрии в Дубне.	3	2		2

(в таблице название раздела указывается в соответствии с обязательным минимумом содержания, изложенным в ГОС ВПО. В графах, обозначающих предусматриваемые виды занятий, проставляется знак \*).

#### 6. Лабораторный практикум, практические занятия (семинары)

##### Практические занятия (семинары)

№ п/п	№ раздела Учебного пособия[1] дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)
1	Введение	Ионизирующие излучения (ии) и их состав. Назначение дозиметрии. Поиск величин для измерения количества ии.
2	1.1 – 1.3	Основные понятия о поле ии. Скалярные радиометрические величины.
3	1.4	Коэффициенты взаимодействия излучения с веществом и соответствующие величины.
4	1.5	Величины и единицы дозиметрии
5,6	2.1	Физические основы дозиметрии фотонов

7,8	2.2	Ионизационные дозиметрические детекторы
9	2.3; 2.4	Полупроводниковые детекторы. Сцинтилляционные методы дозиметрии
10	2.5; 2.6	Люминесцентные методы дозиметрии. Фотографический метод.
11,12	2.7	Дозиметрия нейтронов и заряженных частиц
13	2.8	Дозиметрия высокоинтенсивного излучения
14	3.1	Дозиметрия для радиационной безопасности
15	3.2	Величины для контроля радиационной безопасности
16	3.3	Дозиметрический контроль

#### 6.1 Задачи к семинарам:

6.1.1 Дано; энергетическое распределение угловой мощности флюенса.

Определить все остальные скалярные радиометрические величины.

6.1.2 Определить условия при котором формулу (1.19) можно заменить формулой (1.20) УП [1].

6.1.3 При каких условиях уравнение переноса излучения можно описать формулой (1.18) УП.

6.1.4 Показать, что определение кермы (1.34) можно представить формулой (1.35).

6.1.5 Показать с помощью (2.4), что энергия рассеянного назад фотона не может превысить 0,255 МэВ.

6.1.6 Показать, что ток насыщения в ионизационной камере и мощность дозы фотонов связаны формулой (2.17) УП.

6.1.7 Вывести формулу (2.20).

6.1.8 Определить с помощью (2.45) относительную атомную массу ядра – мишени, при которой передаваемая нейтроном энергия максимальна.

#### 7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

##### Основная литература

1. Комочков М.М. «Дозиметрия ионизирующих излучений», Дубна, 2006.
2. Черняев А.П. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. — М.: Физматлит, 2004. — 152с.
3. Белоус Д.А. Радиация, биосфера, технология. — СПб.: ДЕАН, 2004. — 448с.
4. Барсуков О.А. Радиационная экология. — М.: Научный мир, 2003. - 253с.

##### Дополнительная

1. В.И.Иванов, В.Н. Лысцов. Основы дозиметрии. — М: Атомиздат, 1979. — 192 с.
2. Юрасова Т.И. Основы радиационной безопасности: учебное пособие / сост. Т.И. Юрасова. — М.: Издательский дом «АТИСО», 2008. – 155 с. // ЭБС «КнигаФонд». – URL: <http://www.knigafund.ru/books/14976> (дата обращения: 30.08.2011).-Режим доступа: с компьютеров ун-та «Дубна».

#### Авторские методические разработки



На семинарских занятиях используется разработанное Учебное пособие (УП) «Дозиметрия ионизирующих излучений» М.М. Комочков, Дубна, 2006.

#### Технические и электронные средства обучения, иллюстрированные материалы

Не предусмотрены

#### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Аудитория, оборудованная экраном и прибором для демонстрации лекционного материала.
2. Лаборатория дозиметрии ионизирующих излучений.
3. Средства дозиметрического контроля на ядерно-физических установках ОИЯИ и в Отделе радиационной безопасности ОИЯИ.

#### 9. Перечень выносимых на экзамен вопросов.

1. Основные понятия о поле излучения. Стохастическая и нестохастическая природа величин.
2. Преобразование энергии фотонов в веществе. Электронное равновесие. .
3. Скалярные радиометрические величины (характеристики поля излучения).
4. Соотношение Брегга – Грея и средняя энергия ионообразования
5. Коэффициенты взаимодействия излучения с веществом и соответствующие величины.
6. Вольтамперная характеристика ионизационной камеры.
7. Массовая тормозная способность вещества для заряженных частиц и линейная передача энергии..
8. Величины, определяемые преобразованием энергии.
9. Полостные ионизационные камеры.
10. Величины, определяемые вкладом энергии.
11. Полупроводниковые дозиметрические детекторы.
12. Схема формирования базисных величин дозиметрии.
13. Конденсаторные ионизационные камеры.
14. Сцинтилляционный метод дозиметрии нейтронов
15. Операционные величины:  $N^*(d)$ ,  $N'(d, \Omega)$ ,  $N_p(d)$ .
- 16.. Сцинтилляционный метод дозиметрии фотонов.
17. Величины эквивалента дозы.
18. Формирование кермы нейтронов в живой ткани.
19. Дозиметрия нейтронов с помощью ионизационных камер
20. Применение пропорциональных счетчиков для дозиметрии быстрых нейтронов.
21. Величины, основанные на средних значениях и используемые для целей ограничения облучений:  $D_T$ ,  $N_{T,R}$ ,  $N_T$ ,  $E$ .
22. Активационный метод дозиметрии нейтронов.
23. Эквивалентная доза,  $N_T(\tau)$ , и эффективная доза,  $E(\tau)$ .
24. Трековые дозиметрические детекторы.
25. Дозиметрический контроль внешнего профессионального облучения.
26. Методы индивидуального дозиметрического контроля внешнего облучения.
27. Контроль радиационной обстановки и измерение активности.
28. Ионизирующие излучения и их состав.
29. Дозиметрия релятивистских ядер.
30. Взаимосвязь величин, используемых для контроля радиационной безопасности при внешнем облучении.

