

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

---

УТВЕРЖДАЮ

проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ С.В. Моржухина

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

## ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ**

(наименование дисциплины)

**по направлению (специальности)**

140 307.65 «Радиационная безопасность человека и окружающей среды»

(№, наименование направления, специальности)

Форма обучения: очная

Уровень подготовки: специалист

Курс (семестр): IV курс, 8 семестр

г. Дубна, 2009г.

Программа дисциплины «Экспериментальные методы ядерной физики» по направлению (специальности) «140 307.65»: Учебная программа. Автор: Батусов Ю.А.– Дубна: Университет «Дубна», 2009.

Автор программы: Батусов Юрий Александрович, профессор кафедры биофизика  
ФИО, ученое звание, кафедра

\_\_\_\_\_ (подпись)

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

140 307.65 Радиационная безопасность человека и окружающей среды  
(указывается номер ОКСО, код и наименование направления подготовки (специальности))

Программа рассмотрена на заседании кафедры Биофизика  
(название кафедры)

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ /профессор / Красавин Е.А. /  
(подпись) (ученое звание) (фамилия, имя, отчество)

СОГЛАСОВАНО

заведующий выпускающей кафедрой<sup>1</sup> \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
(ученое звание) (подпись) (фамилия, имя, отчество)  
«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

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

ОДОБРЕНО

декан факультета (директор института, филиала) \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
(ученое звание, степень) (подпись) (ФИО)  
«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

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

## 1. Аннотация

<sup>1</sup> если программа разработана обучающей кафедрой

Курс «Экспериментальные методы ядерной физики» входит в учебный план подготовки специалистов по направлению 140307.65 – «Радиационная безопасность человека и окружающей среды» и изучается студентами в восьмом семестре. Цель его изучения состоит в ознакомлении слушателей с основными принципами и методами детектирования излучений. Это обусловлено тем, что практически все сведения об окружающем нас мире мы получаем с помощью регистрации и анализа излучений. Поэтому основное содержание курса – это изучение физических процессов, происходящих в объёме детектора после поглощения в нём энергии излучения; анализ эффектов, приводящих к образованию сигнала; рассмотрение принципов детектирования излучений в общих характеристиках детекторов; методах обработки и анализа информации, содержащейся в сигнале детектора.

Исходный уровень знаний студентов подразумевает знакомство с общей физикой и владение математическим аппаратом в пределах стандартного курса математического анализа и теории вероятности. В процессе освоения курса важную роль играет проведение семинарских занятий, выполнение домашних заданий, знакомство с методами работы на просмотровых и измерительных микроскопах и современных детектирующих установок ЛЯП ОИЯИ им. В.П. Дзелепова.

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

<b>СД.05</b>	<b>Экспериментальные методы ядерной физики</b> Физические методы регистрации излучений: ионизационные камеры, счетчики, полупроводниковые, сцинтилляционные и черенковские детекторы; электронные методы в экспериментальной ядерной физике и технике: усилители, линейные схемы пропускания; селектирование сигналов по форме; дискриминаторы, интенсиметры и счетчики импульсов; схемы совпадений и антисовпадений; измерение интервалов времени; методы амплитудного анализа.	<b>119</b>
--------------	---	------------

2. Цели и задачи дисциплины.

В курсе подробно рассматриваются физические процессы, приводящие к возникновению сигнала на выходе детектора при взаимодействии с веществом детектора заряженных частиц, нейтронов, нейтрино и  $\gamma$ -квантов, особенности детектирования частиц различного типа в разных энергетических диапазонах.

Детально рассматриваются принципы действия, основные параметры и области применения газонаполненных, пропорциональных и искровых счётчиков, сцинтилляционных, полупроводниковых и черенковских детекторов, диффузионных, стримерных, пузырьковых камер и камер Вильсона, а так же ядерных фотоэмульсий и диэлектрических трековых детекторов.

По мере развития методов детектирования излучений роль их в исследованиях различных явлений растёт и уже сейчас трудно найти такую область знаний, где бы эти методы не применялись. В качестве примера можно привести выдающиеся достижения в области радиационной генетики, радиационной физики и химии, медицины, физики элементарных частиц, геологии и астрофизики, которые непосредственно связаны с применением методов детектирования излучений.

Главное внимание настоящего курса уделяется изложению физических основ регистрации излучений, принципов действия и основы характеристик детектор ядерных

излучений и методов спектрометрии, что приведёт к развитию у студентов навыков применения современных детектирующих установок в их дальнейшей работе.

### 3. Требования к уровню освоения содержания дисциплины.

В результате изучения дисциплины студенты должны знать:

1. роль экспериментальных методов в проведении физических исследований и решений прикладных задач;
2. физические свойства методов детектирования излучений ;
3. особенности взаимодействия с веществом заряженных частиц, нейтронов, нейтрино, рентгеновского и  $\gamma$ -излучения;
4. общую схему преобразования энергии частиц в веществе детектора, регистрируемые эффекты, классификацию и основные характеристики детекторов излучений;
5. принцип действия, основные параметры, область применения газонаполненных, пропорциональных и искровых счётчиков, сцинтилляционных, полупроводниковых и черенковских детекторов;
6. классификацию трековых детекторов и принципы их работы;
7. особенности детектирования частиц различного типа и в различных энергетических диапазонах;
8. иметь представления об информации, содержащейся в сигнале детектора и методах её обработки и анализа.

Уметь:

- самостоятельно разбираться в вопросах современных детектирующих устройствах ядерного излучения.

### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид занятий	Всего часов	Семестры
		7
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>119</b>	<b>119</b>
<b>Аудиторные занятия</b>	<b>68</b>	<b>68</b>
Лекции (Лк)	34	34
Практические занятия (ПЗ)		
Семинары (С)	34	34
Лабораторные работы (ЛР)		
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>51</b>	<b>51</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>Введение.</b> Общая схема регистрации и исследования излучения: источник излучения – мишень – детектор – электроника – ЭВМ. Физические параметры процесса, подлежащие изменению.	2	2		
2	<b>Физические свойства методов детектирования излучений.</b> Взаимодействие заряженных частиц с веществом. Ионизационные потери энергии частиц. Первичная и вторичная ионизация. Дельта-электрон.	2	2		3
3	<b>Пробег частицы.</b> Радиационные потери энергии заряженных частиц. Потери на черенковское излучение. Взаимодействие адронов с веществом.	2	2		3
4	<b>Взаимодействие нейтронного излучения с веществом..</b> Взаимодействие нейтронов с атомами и ядрами среды. Взаимодействие рентгеновского и гамма-излучения с веществом. Электромагнитные ливни, адронные каскады. Взаимодействие нейтрино с веществом.	2	2		4
5	<b>Общая схема преобразования энергии частиц в веществе детектора.</b> Регистрируемые эффекты. Классификация методов детектирования излучения. Классификация и основные характеристики детекторов излучений.	2	2		3
6	<b>Ионизационный метод регистрации излучения.</b> Газонаполненные детекторы. Ионизационная камера: принцип действия, область применения. Ионизационные камеры с жидким рабочим веществом.	2	2		4
7	<b>Методы усиления ионизационного эффекта.</b> Газовые пропорциональные счётчики, счётчики Гейгера-Мюллера, коронные и искровые счётчики. Основные параметры газоразрядных детекторов и области применения.	2	2		3
8	<b>Кристаллические и полупроводниковые детекторы.</b> Принцип действия, основные параметры, область применения. Спектрометрия излучения с помощью полупроводниковых	2	2		3

	детекторов.				
9	<b>Сцинтилляционный метод регистрации излучения.</b> Сцинтилляционный процесс. Принцип действия и различные варианты устройства сцинтилляционных детекторов. Основные параметры и область применения сцинтилляционных детекторов различных типов.	2	2		4
10	<b>Детекторы Черенковского излучения.</b> Пороговые детекторы. Детекторы с фокусировкой. Детекторы переходного излучения. Электролюминисцентные пропорциональные детекторы.	2	2		4
11	<b>Трековые детекторы.</b> Классификация трековых детекторов. Искровые и стримерные камеры.	2	2		3
12	<b>Регистрация следов частиц в пересыщенном паре.</b> Камера Вильсона.	2	2		4
13	<b>Регистрация следов частиц в перегретой жидкости.</b> Пузырьковые камеры.	2	2		2
14	<b>Механизм образования следов частиц в фотоэмульсии.</b> Основные характеристики ядерных фотоэмульсий, регистрация следов частиц в диэлектриках.	2	2		4
15	<b>Систематизация методов регистрации излучения и различных типов детекторов.</b> Сравнительные характеристики различных типов детекторов. Особенности детектирования частиц различных типов и в различных энергетических диапазонах. Много детекторные системы регистрации.	2	2		4
16	<b>Магнитные спектрометры заряженных частиц.</b> Движение заряженных частиц в магнитном поле. Спектрометры с поперечным магнитным полем. Спектрометры с продольным магнитным полем.	2	2		4
17	<b>Информация, содержащаяся в сигнале детектора, методы её обработки и анализа.</b> Методы измерения энергетических, массовых, зарядовых распределений. Примеры экспериментальных задач.	2	2		4

5. Лабораторный практикум, практические занятия (семинары).

## Практические занятия (семинары)

№ п.п.	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)
1		Решение задач по практическому применению закона Пуассона.
2		Решение задач по определению энергии теряемой частицы при прохождении слоя вещества.
3		Решение задач по взаимодействию фотонов высокой энергии с веществом.
4		Решение задач по эффективности регистрации частиц детекторами.
5		Решение задач по определению пробега заряженных частиц в веществе.
6		Знакомство с ионизационными камерами.
7		Знакомство с работой полупроводниковых сцинтилляционных детекторов
8		Знакомство с работой стримерной камеры.
9		Знакомство с медицинским комплексом на фазатроне ЛЯП ОИЯИ.
10		Знакомство с методами работы на просмотровых и измерительных микроскопах.
11		Идентификация следов лептонов, мезонов и барионов в ядерной фотоэмульсии.
12		Методы измерения длин и пространственных углов вторичных частиц от взаимодействия $\pi$ , $\mu$ , $K$ – мезонов и гиперонов с ядрами в фотоэмульсии.
13		Изучение процессов $\beta$ -распада ядер ${}^8\text{Li}$ , ${}^8\text{B}$ , ${}^8\text{He}$ .

### 6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

#### Основная литература.

1. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: Учебник: В 3 т. Т.1: Физика атомного ядра. 6-е изд., испр. и доп. СПб.: Лань, 2008. – 234 с.: ил.
2. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: Учебник: В 3 т. Т.2: Физика ядерных реакций. 6-е изд., испр. и доп. СПб.: Лань, 2008. – 336 с.: ил.
3. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: Учебник: В 3 т. Т.3: Физика элементарных частиц. 6-е изд., испр. и доп. СПб.: Лань, 2008. – 432 с.: ил.

#### Дополнительная.

1. Любимов А., Киш Д. Введение в экспериментальную физику частиц. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Физматлит, 2001. - 272с.
2. Пергамент М.И. Методы исследований в экспериментальной физике: Учебное пособие для студентов вузов. Долгопрудный: Интеллект, 2010. – 304 с.: ил.

#### Авторские методические разработки.

На семинарских занятиях используется «Сборник задач по ядерной физике» - оригинальная разработка автора.

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

Не предусмотрены.

### 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Аудитория, оборудованная экраном и прибором для демонстрации лекционного материала.

Лаборатория: микроскопы, биноккулярные лупы, объект-микрометры, окулярные шкалы, фотоэмульсионные камеры, фотоэмульсионные пластины, сцинтилляторы, фотоумножители, лабораторная посуда, реактивы (эмерсия, спирт).

## 8. Формы контроля, перечень выносимых на экзамен (зачёт) вопросов.

### Вопросы к экзамену

1. Структурная схема эксперимента.
2. Определение числа частиц, попадающих в данный интервал, для потока Пуассона.
3. Статистическая характеристика экспериментальных данных.
4. Определение энергии, теряемой частицей при прохождении слоя вещества.
5. Общая схема процессов в треках заряженных частиц.
6. Основные методы и детекторы ионизирующих излучений.
7. Методы и детекторы, основанные на регистрации процессов в локализованном треке.
8. Методы и детекторы, основанные на регистрации процессов в движущемся треке.
9. Ионизационные потери электронов.
10. Взаимодействие нейтронов с веществом.
11. Фотоэффект.
12. Комптон-эффект.
13. Регистрация излучения Вавилова-Черенкова.
14. Образование электрон-позитронных пар.
15. Счётчики Гейгера-Мюллера.
16. Газонаполняемая ионизационная камера.
17. Электромагнитные и адронные ливни.
18. Принцип действия камеры Вильсона.
19. Переходное излучение.
20. Принцип действия диффузионной камеры.
21. Принцип действия пузырьковой камеры.
22. Принцип действия стримерной камеры.
23. Принцип действия люминисцентной камеры.
24. Принцип действия проволочной искровой камеры.
25. Основные понятия из физики полупроводников.
26. Принцип действия сцинтилляционных счётчиков.
27. Область применения полупроводниковых счётчиков.