

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

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ**

**«ПРИБОРЫ И ТЕХНИКА ФИЗИЧЕСКОГО  
ЭКСПЕРИМЕНТА»**

**направления 011700 «Физика»**

**Магистерская программа «Физика ядра и элементарных частиц»**

г. Дубна, 2011 г.

УМК разработан \_\_\_\_\_ к. ф.-м. н. доцентом А. Г. Попеко. \_\_\_\_\_  
(ученая степень, ученое звание, фамилия, имя, отчество разработчиков)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
Протокол заседания кафедры **ядерной физики** № \_\_\_\_\_ от “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Заведующий кафедрой д. ф.-м. н. профессор / \_\_\_\_\_ / Оганесян Ю.Ц.

Декан факультета естественных и инженерных наук \_\_\_\_\_ / А.С. Деникин /  
(подпись) (фамилия,  
имя, отчество)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Проректор по учебной работе

к.х.н., доцент С.В. Моржухина

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

## Оглавление

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА .....	4
КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН (РАБОЧАЯ ПРОГРАММА) .....	5
1. Выписка из ГОС ВПО .....	10
2. Аннотация.....	10
3. Цели и задачи дисциплины.....	11
4. Требования к уровню освоения содержания дисциплины.....	11
5. Объём дисциплины и виды учебной работы (час):.....	12
6. Разделы (темы) дисциплины.....	12
Содержание разделов дисциплины .....	12
Семинары (практические занятия) .....	13
7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	13
Основная литература.....	13
Дополнительная литература: .....	14
Периодические издания: .....	14
Справочные ресурсы и материалы в Интернет:.....	14
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины .....	15
9. Формы контроля и оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.....	15
Вопросы к экзамену .....	15
10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины.....	16
Методические рекомендации преподавателю .....	16
Методические указания студентам.....	16

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Курс изучается на 5 курсе в А семестре

Целью курса «Приборы и техника физического эксперимента» является углубление студентами знаний физики и техники ускорителей как базовых установок для получения пучков заряженных частиц и ядер, а также физических процессов, определяющих принципы работы и особенности функционирования основных типов детекторов частиц, применяемых в современном ядерно-физическом эксперименте.

В ходе изучения данного курса студент должен изучить технологию работы на ускорителях с пучками заряженных частиц и ядер, а также с потоками гамма-квантов и нейтронов.

При разработке учебно-методического комплекса курса «Приборы и техника физического эксперимента» особое внимание уделялось тому, чтобы ее содержание было ориентировано на изложение материала с учетом современного состояния предмета, а также с использованием современных компьютерных и Интернет технологий при организации учебного процесса и самостоятельной работы студентов.

По содержанию данная дисциплина является продолжением изученных в рамках подготовки бакалавров дисциплин специализации «Физика ускорителей», «Детекторы ядерных излучений» и «Специальный семинар по физике ядра и ядерным реакциям» и связана с изучаемыми одновременно дисциплинами «Ядерные реакции с тяжелыми ионами» и «Нейтронная оптика и основы нейтронографии».

Международный университет природы, общества и человека «Дубна»  
**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН (РАБОЧАЯ ПРОГРАММА)**

Учебно-методическая карта дисциплины «Приборы и техника физического эксперимента»

Кафедра Ядерной физики.....направление: Физика.....курс.....5.....семестр...А(10)...2011/2012 учебного года, учебный план 2011г.

Утверждаю:  
 проректор.....С.В.Моржухина

“.....”.....2011г.

Номера и даты недель	Виды и содержание учебных занятий												
	Лекции ( 1 час. в неделю)*						Практические занятия ( 1 час. в неделю)	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студентов				
	В аудитоии			Самостоятельное изучение					№	Вид задан	Содержание	Часы	Форма контроля
	Даты лекций	Часы	Содержание	Использ. ТСО**	Содержание и раздел учебника (глава, параграф)	Форма контроля							
1 нед.		1	Введение. Современные измерительные установки ядерной физики		3, гл. 9 § 1,2.	К	Размеры микрообъектов. Накопление результатов измерений.		А	Современные измерительные установки ядерной физики	7	К	
2 нед.		2	Ускорители заряженных частиц		3, гл. 9 § 1,2.	К			А	Ускорители и источники заряженных частиц	4	К	
3 нед.					3, гл. 9 § 1,2.	К	Ускорители заряженных частиц		А	Ускорители заряженных частиц	4	К	
4 нед.		2	Сечения ядерных реакций		3, гл. 9 § 1,2.	К			А	Сечения ядерных реакций	4	К	
5 нед.					3, гл. 9 § 1,2	К	Сечения ядерных реакций		А	Сечения ядерных реакций	4	К	
6 нед.		2	Анализаторы и сепараторы продуктов реакций		Дополнительная литература	К			А	Анализаторы и сепараторы продуктов реакций.	4	К	
7 нед.					3, гл. 9 § 1,2	К	Анализаторы и сепараторы продуктов реакций		А	Анализаторы и сепараторы продуктов реакций	4	К	
8 нед.		2	Источники гамма-квантов		3, гл. 9 § 1,2.	К			А	Источники гамма-квантов.	4	К	
9 нед.					3, гл. 9 § 1,2		Источники гамма-квантов		А	Источники гамма-квантов	4	К	
10 нед.		2	Источники нейтронов		3, гл. 9 § 1,2.	К			А	Источники нейтронов	4	К	
11 нед.						К	Источники нейтронов		А	Источники нейтронов	4	К	
12 нед.		2	Детекторы		3, гл. 9 § 1,2	К			А	Детекторы	4	К	

13 нед.				1, гл. 12, § 84 5, гл. 9 § 1,2	К	Детекторы			Детекторы	4	К
---------	--	--	--	-----------------------------------	---	-----------	--	--	-----------	---	---

А		55	
			Экза- мен

**УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА (ОБЯЗАТЕЛЬНАЯ)**

№	Название, автор, год издания	Примечания
1	К.Н. Мухин. "Экспериментальная ядерная физика" (в трех томах), СПб., Издательство Лань, 2008.	
2	Л.Л. Гольдин. Физика ускорителей. М., Энергоиздат, 1984.	
3	Ю.М. Широков и Н.П. Юдин. Ядерная физика. М.: Наука, 1972	
4	Измерение характеристик ядерных реакций и пучков частиц. Определение величины Q и сечений ядерных реакций, измерение интенсивности пучков частиц и $\gamma$ -квантов / Сост.-ред. Люк К.Л. Юан и Ву Цзянь-Сюн; Пер. с англ., под ред. Л.А. Арцимовича. - М.: Мир, 1965.	
5	Методы определения основных характеристик атомных ядер и элементарных частиц. Измерение масс, спинов, четности, поляризации и времен жизни: / Сост.-ред. Люк К.Л. Юан и Ву Цзянь-Сюн; Под ред. Л.А. Арцимовича. - М.: Мир, 1965.	

Виды заданий:

- А – задание к практич. занятиям
- Л – задание к лабор. занятиям
- Р – расчетное задание
- Т – типовой расчет
- П – курсовой проект
- К – контрольная или проверочная работа

"Утверждаю"

Дата 01.09.2011 г. Лектор \_\_\_\_\_ Попеко А.Г. Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Оганесян Ю.Ц.

подпись, фамилия, и., о.

Зав. кафедрой .....(Ю.Ц.Оганесян.....)

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

УТВЕРЖДАЮ

проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ С.В. Моржухина

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
**«ПРИБОРЫ И ТЕХНИКА ФИЗИЧЕСКОГО  
ЭКСПЕРИМЕНТА»**

направления **011700.68 Физика**

Магистерская программа «Физика ядра и элементарных частиц»

Форма обучения: очная

Уровень подготовки: \_\_\_\_\_ *магистр* \_\_\_\_\_

Курс (семестр): 5 курс, 10 семестр

г. Дубна, 2011 г.

Автор программы:  
Попеко А.Г.  
кандидат физико-математических наук  
доцент кафедры «Ядерная физика» \_\_\_\_\_

Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования и учебным планом по направлению подготовки 011200.68 Физика

Программа рассмотрена на заседании кафедры «Ядерная физика»

Протокол заседания № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / Оганесян Ю.Ц. /

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета естественных и инженерных наук \_\_\_\_\_ / Деникин А.С. /

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

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

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



## Содержание

1. Выписка из ГОС ВПО.....	10
2. Аннотация .....	10
3. Цели и задачи дисциплины.....	11
4. Требования к уровню освоения содержания дисциплины.....	11
5. Объём дисциплины и виды учебной работы (час):.....	12
6. Разделы (темы) дисциплины.....	12
Содержание разделов дисциплины .....	12
Семинары (практические занятия).....	13
7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	13
Основная литература .....	13
Дополнительная литература: .....	14
Периодические издания: .....	14
Справочные ресурсы и материалы в Интернет:.....	14
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	15
9. Формы контроля и оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины .....	15
Вопросы к экзамену .....	15
10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины .....	16
Методические рекомендации преподавателю .....	16
Методические указания студентам .....	16

## 1. Выписка из ГОС ВПО

Выписка из государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования. Специальность 010700 Физика. Квалификация – физик. Регистрационный N 177 ен/маг (утв. Минобразованием РФ 17.03.2000г.).

1.5 Аннотированный перечень магистерских программ:

### 510401 - Физика ядра и элементарных частиц

Источники, методы регистрации и измерения физических характеристик ядер и элементарных частиц. Взаимодействия частиц. Ядерные реакции и реакторы. Ускорители. Экспериментальное изучение фундаментальных явлений физики микромира. Современные теоретические представления и математические методы исследований в физике ядра и элементарных частиц. Практика научной работы.

### Требования к обязательному минимуму содержания специализированной подготовки

СДМ.00	<b><u>Специальные дисциплины</u></b>	<b><u>800</u></b>
СДМ.01	<b>Специальный физический практикум</b>	160
	Лабораторные работы, связанные с изучением экспериментальными методами фундаментальных эффектов и явлений по областям физики в соответствии с перечнем магистерских программ.	
СДМ.02 и т.д.	Состав и содержание <b>специальных дисциплин</b> определяется требованиями специализации магистра физики при реализации конкретной магистерской программы	500
ДВМ.01	<b>Дисциплины по выбору студента</b>	140

## 2. Аннотация

*Место курса в профессиональной подготовке магистров*

Дисциплина «Приборы и техника физического эксперимента» относится к циклу дисциплин по выбору студента. До данной дисциплины студенты изучили бакалаврские курсы специализации «Физика ускорителей», «Детекторы ядерных излучений», «Взаимодействие излучения с веществом» и «Специальный семинар по физике ядра и ядерным реакциям». По содержанию она связана с изучаемыми одновременно дисциплинами «Ядерные реакции с тяжелыми ионами» и «Нейтронная оптика и основы нейтронографии».

*Методы обучения (в т.ч. инновационные)*

Преподавание дисциплины «Приборы и техника физического эксперимента» предусматривает активное использование следующих методов обучения: мультимедийных презентаций с представлением схем ускорителей, детекторов и другого ядерно-физического оборудования; в т.ч. инновационных методов: ознакомлением с действующими установками ОИЯИ, использованием образовательных Интернет-ресурсов.

### *Требования к студентам*

В качестве входных знаний студенты должны владеть основными законами общей и квантовой физики.

*Виды контроля и формы работ студентов:*

практические (семинарские) занятия, итоговый контроль – экзамен.

*Методика формирования результирующей оценки.*

Для оценки результатов деятельности студента по изучению дисциплины используется четыре показателя:

- участие в аудиторной работе,
- посещение занятий,
- выполнение заданий к практическим занятиям,
- уровень ответов на экзаменационные вопросы.

### **3. Цели и задачи дисциплины.**

#### **Цели освоения дисциплины:**

- приобретение знаний основ физики и техники ускорителей, детекторов и другого ядерно-физического оборудования;
- ознакомление с основными направлениями научного и прикладного применения ускорителей и пучков заряженных частиц и ядер в ядерной физике и смежных областях науки и техники;

#### **Задачи освоения дисциплины:**

- освоение принципов действия современных ускорителей, обеспечения устойчивости движения заряженных частиц в ускорителях;
- изучение применения сепараторов, анализаторов и детекторов продуктов ядерных реакций;
- практическое ознакомление с действующими ускорительными установками ОИЯИ.

### **4. Требования к уровню освоения содержания дисциплины.**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:** принципы действия ускорителей, детекторов, анализаторов, сепараторов, источников заряженных частиц.

**Уметь:** объяснять свойства пучков заряженных частиц, произведенных различными ускорителями, а также свойства потоков гамма-излучения и нейтронов от разных источников.

**Владеть навыками:** управления пучками заряженных частиц, их транспортировки, сепарации, анализа и детектирования.

**Приобрести опыт деятельности:** практической работы по обслуживанию, выполнению исследований и прикладному применению ускорителей ОИЯИ.

## 5. Объем дисциплины и виды учебной работы (час):

Вид занятий	Всего часов	Семестр
		А (10)
Общая трудоемкость	81	81
Аудиторные занятия:	26	26
Лекции	13	13
Практические занятия (ПЗ)	13	13
Самостоятельная работа:	55	55
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)	экзамен	экзамен

## 6. Разделы (темы) дисциплины.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины, содержание	Лк	ПЗ (С)	СР
1	Введение. Современные измерительные установки ядерной физики	1	1	7
2	Ускорители заряженных частиц	2	2	8
3	Сечения ядерных реакций	2	2	8
4	Анализаторы и сепараторы продуктов реакций	2	2	8
5	Источники гамма-квантов	2	2	8
6	Источники нейтронов	2	2	8
7	Детекторы	2	2	8
Всего		13	13	55

### Содержание разделов дисциплины

#### 1. Введение. Современные измерительные установки ядерной физики

Размеры микрообъектов. Накопление результатов измерений. Современные измерительные установки в физике элементарных частиц.

#### 2. Ускорители заряженных частиц

Общие характеристики ускорителей заряженных частиц. Ускорители заряженных частиц прямого действия. Автофазировка. Линейные ускорители заряженных частиц. Автофазировка. Циклические ускорители заряженных частиц. Ускорители заряженных частиц-коллайдеры. Получение пучков частиц высоких энергий. Методы получения вторичных пучков.

#### 3. Сечения ядерных реакций

Сечение реакции. Дифференциальное сечение реакции. Светимость. Методика определения сечений реакций.

#### 4. Анализаторы и сепараторы продуктов реакций

Методы идентификации частиц. Идентификация частиц с помощью магнитных анализаторов. Селекторы скоростей. Электростатические сепараторы. Газонаполненные сепараторы. Off-line сепарация продуктов ядерных реакций. On-line сепарация продуктов ядерных реакций.

## 5. Источники гамма-квантов

Источники тормозного излучения. Источники синхротронного излучения. Изотопные источники  $\gamma$ -квантов. Типы источников  $\gamma$ -квантов. Использование комптоновского рассеяния для получения  $\gamma$ -квантов. Использование обратного комптоновского рассеяния для получения  $\gamma$ -квантов.

## 6. Источники нейтронов

Характеристики нейтронов. «Малогобаритные» источники нейтронов. Стационарные и импульсные ядерные реакторы. Получение нейтронов на ускорителях.

## 7. Детекторы.

Прохождение частиц через вещество. Общие свойства детекторов. Детекторы частиц ионизационного типа. Сцинтилляционные детекторы. Координатные и трековые детекторы частиц. Рентгеновский флуоресцентный анализ. Получение «меченых»  $\gamma$ -квантов.

### Семинары (практические занятия)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование семинаров (практических занятий)	Кол-во ч.
С1	1	Размеры микрообъектов. Накопление результатов измерений.	1
С2	2	Ускорители заряженных частиц	2
С3	3	Сечения ядерных реакций	2
С4	4	Анализаторы и сепараторы продуктов реакций	
С5	5	Источники гамма-квантов	2
С6	6	Источники нейтронов	2
С7	7	Детекторы	2

### 7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

#### Основная литература

1. К.Н. Мухин. "Экспериментальная ядерная физика" (в трех томах), СПб., Издательство Лань, 2008.
2. Л.Л. Гольдин. Физика ускорителей. М., Энергоиздат, 1984.
3. Ю.М. Широков и Н.П. Юдин. Ядерная физика. М.: Наука, 1972.
4. Измерение характеристик ядерных реакций и пучков частиц. Определение величины  $Q$  и сечений ядерных реакций, измерение интенсивности пучков частиц и  $\gamma$ -квантов / Сост.-ред. Люк К.Л. Юан и Ву Цзянь-Сюн; Пер. с англ., под ред. Л.А. Арцимовича. - М.: Мир, 1965. - 416с.
5. Методы определения основных характеристик атомных ядер и элементарных частиц. Измерение масс, спинов, четности, поляризации и времен жизни: Пер. с англ. / Сост.-ред. Люк К.Л. Юан и Ву Цзянь-Сюн; Под ред. Л.А. Арцимовича. - М.: Мир, 1965. - 432с.

### **Дополнительная литература:**

1. Экспериментальная ядерная физика: Пер.с англ. Т.1 / Под ред. Э.Сегре. - М.: Издательство иностранной литературы, 1955. - 662с. Т. 1955. - 494с
2. Калашникова В.И. Детекторы элементарных частиц: Учебное пособие для вузов /. - М.: Наука, 1966. - 408с.
3. Биркс Дж. Сцинтилляционные счетчики / Биркс Дж.; Пер.с англ.А.С.Белоусова,Е.И.Тамма; Под ред.П.А.Черенкова. - М.: Иностранная литература, 1955. - 150с. –
4. Росси Б. Ионизационные камеры и счетчики / Росси Бруно, Штауб Г.; Пер.с англ.Г.М.Гуро и О.И.Козинец; Под ред.Г.Б.Жданова. - М.: Иностранная литература, 1951. - 240с.
5. Бор Н. Прохождение атомных частиц через вещество / Бор Нильс; Пер.с англ.А.Д.Галанина; Под ред.Я.А.Сморodinского. - М.: Иностранная литература, 1950. - 152с.
6. Методы анализа данных в физическом эксперименте / Под ред.М.Реглера; Пер.с англ.под ред.Э.П.Кистенева,В.П.Жигунова. - М.: Мир, 1993. - 478с.:
7. Санин А.А. Электронные приборы ядерной физики / Санин Алексей Александрович. - 2-е изд. - М.: Наука, 1964. - 624с.
8. Басиладзе С.Г. Быстродействующая ядерная электроника / Басиладзе Сергей Геннадьевич. - М.: Энергоиздат, 1982. - 160с.
9. Мелешко Е.А. Наносекундная электроника в экспериментальной физике / Мелешко Евгений Алексеевич. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 216с.
10. Молоковский С.И. Интенсивные электронные и ионные пучки / Молоковский Сергей Иванович, Сушков Александр Данилович. - 2-е изд., перераб.и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1991. - 304с.
11. Ципенюк Ю.М. Фундаментальные и прикладные исследования на микротроне / Ципенюк Юрий Михайлович. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 424с.
12. Ливингстон М.С. Циклотрон: Сборник статей / Ливингстон М.С., Розе М.Э., Намиас М.; Пер.под ред.П.А.Черенкова. - М.; Л.: ОГИЗ, 1948. - 296с.
13. Ливингстон М.С. Ускорители: Установки для получения заряженных частиц больших энергий / Ливингстон М.Стенли; Пер.с англ.Э.Л.Бурштейна; Под ред.М.С.Рабиновича. - М.: Иностранная литература, 1956. - 148с.
14. Резонансные циклические ускорители элементарных частиц: Сборник статей / Эльдер Ф., Гуревич А., Лэнгмюр Р. и др.; Пер.с англ. Э.Л.Бурштейна. - М.: Иностранная литература, 1950. - 184с.
15. Ядерная энциклопедия / Авт.и гл.ред. А.А.Ярошинская. - М.: Благотворительный фонд Ярошинской, 1996. - 656с.
16. Справочник по ядерной физике / Кларк Р.У., Барнес Д.Э., Перкин Дж.П. и др.; Пер.с англ. под ред. Л.А.Арцимовича. - М.: Физматгиз, 1963. - 632с.
17. А.Д.Коваленко. От синхрофазотрона – к Нуклотрону. УФН, т.177, №8, август 2007.

### **Периодические издания:**

1. Успехи физических наук/ Учредитель: РАН; Гл.ред. Л.В.Келдыш. - М.: Успехи физических наук. - Журнал, выходит 1 раз в месяц. - Основан в 1918 году. - См. электронные версии статей: <http://ufn.ru/ru/articles/>.
2. Ядерная физика / Учредитель: РАН; Гл.ред. Ю.Г. Абов. - М.: Наука. - Журнал, выходит 1 раз в месяц. - Основан в 1965 году.

### **Справочные ресурсы и материалы в Интернет:**

1. <http://nr.v.jinr.ru/nrv>

2. <http://nuclphys.sinp.msu.ru/>

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

1. мультимедийный проектор;
2. иллюстративный материал в форме компьютерных презентаций и образовательных материалов из Интернет;
3. ускорители ОИЯИ.

### **9. Формы контроля и оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

#### **Вопросы к экзамену**

1. Размеры микрообъектов.
2. Накопление результатов измерений.
3. Современные измерительные установки в физике элементарных частиц.
4. Ускорители заряженных частиц прямого действия.
5. Общие характеристики ускорителей заряженных частиц.
6. Ускорители заряженных частиц-коллайдеры.
7. Автофазировка. Линейные ускорители заряженных частиц.
8. Автофазировка. Циклические ускорители заряженных частиц.
9. Получение пучков частиц высоких энергий.
10. Методы получения вторичных пучков.
11. Сечение реакции. Дифференциальное сечение реакции. Светимость.
12. Методика определения сечений реакций.
13. Методы идентификации частиц.
14. Идентификация частиц с помощью магнитных анализаторов.
15. Селекторы скоростей.
16. Электростатические сепараторы.
17. Off-line сепарация продуктов ядерных реакций.
18. On-line сепарация продуктов ядерных реакций.
19. Источники тормозного излучения.
20. Источники синхротронного излучения.
21. Изотопные источники  $\gamma$ -квантов.
22. Типы источников  $\gamma$ -квантов.
23. Использование комптоновского рассеяния для получения  $\gamma$ -квантов.
24. Использование обратного комптоновского рассеяния для получения  $\gamma$ -квантов.
25. Характеристики нейтронов.
26. «Малогобаритные» источники нейтронов.
27. Стационарные и импульсные ядерные реакторы.
28. Получение нейтронов на ускорителях.
29. Общие свойства детекторов.
30. Прохождение частиц через вещество.
31. Детекторы частиц ионизационного типа.
32. Сцинтилляционные детекторы.
33. Газонаполненные сепараторы.
34. Координатные и трековые детекторы частиц.
35. Рентгеновский флуоресцентный анализ.
36. Получение «меченых»  $\gamma$ -квантов.

## **10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

### **Методические рекомендации преподавателю**

Чрезвычайная полезность изучения данного курса состоит в том, что, он базируется на многих основных понятиях и законах общей физики, электродинамики, квантовой теории. В процессе освоения студентами данного курса, закрепляется материал ранее пройденных курсов.

### **Методические указания студентам**

В силу большого объема изучаемого материала и ограниченного количества занятий работа студентов во многом должна быть самостоятельной. Допускается использование любой литературы и Интернет-ресурсов: материалов сайтов рекомендованных преподавателем и результатов поиска в различных системах. Одобряется обращаться к преподавателю за консультациями. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из основных и дополнительных литературных источников и из Интернет. По каждой теме рекомендуется иметь краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания.

Владение курсом общей физики и квантовой механики. Крайне желательно владение английским языком.