

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки**  
**«Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН»**

УТВЕРЖДАЮ  
директор ИЯФ СО РАН,

академик \_\_\_\_\_ П.В.Логачев

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

**СОВРЕМЕННАЯ ФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ.**

Рабочая программа дисциплины

Направление подготовки

**03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации)**

Общая трудоемкость дисциплины: 3 зачетные единицы – **108** часа.

Форма промежуточной аттестации: зачет

Виды деятельности:

Лекции	32	контактная работа обучающихся с преподавателем	32
Семинарские занятия			
Самостоятельная работа	72	занятия в активной и интерактивной форме	32
Консультации			
Зачеты	4	Экзамены	

**Новосибирск- 2018**

Программа курса «Современная физика высоких энергий» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

Курс входит в набор вариативных дисциплин, направленных на подготовку к сдаче экзаменов кандидатского минимума и формирования знаний и компетенций, определенных государственным стандартом и основной образовательной программой обучения в аспирантуре. Курс является элективным (по выбору аспирантов),

Основной целью освоения дисциплины является ознакомление с существующими представлениями об элементарных частицах и основными направлениями получения новых экспериментальных данных в физике высоких энергий.

В рамках курса рассматриваются следующие основные разделы:

1. Схема элементарных и составных частиц.
2. Физика на коллайдерах
3. Неускорительная физика высоких энергий

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, самостоятельная работа студента.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: сдача заданий в течение семестра.

Промежуточная аттестация: зачет.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов, в том числе 34 часа лекций, 64 часа самостоятельных занятий.

Составитель:

д.ф.-м.н., проф. С.И.Средняков

Рабочая программа

## Содержание

### **Содержание**

1. Цели освоения дисциплины .....	4
2. Место дисциплины в структуре программы обучения .....	4
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины .....	4
4. Структура и содержание дисциплины .....	5
5. Образовательные технологии .....	6
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов и аспирантов .....	6
7. Фонд оценочных средств для проведения аттестации по итогам освоения дисциплины: .....	7
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины .....	7
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины .....	8

# «Современная физика высоких энергий»

## Рабочая программа дисциплины

### 1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Современная физика высоких энергий» предназначена для детального обучения аспирантов -физиков современным достижениям физики высоких энергий, предварительные представления о которых они получают при ранее изучаемых курсах (введение в физику высоких энергий, экспериментальная ядерная физика).

Основной целью освоения дисциплины является ознакомление с существующей схемой элементарных частиц и основными направлениями получения новых экспериментальных данных в физике высоких энергий.

Для достижения поставленной цели в курсе рассматриваются три основных раздела:

1. Схема элементарных и составных частиц.
2. Физика на коллайдерах
3. Неускорительная физика высоких энергий

### 2. Место дисциплины в структуре программы обучения

Дисциплина «Современная физика высоких энергий» вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)». Аспиранты, приступающие к изучению этой дисциплины, должны иметь общую базовую подготовку в рамках программы 5-6 лет обучения в ВУЗе, в том числе:

- иметь общее представление о физике элементарных частиц,
- обладать опытом решения задач по физике элементарных частиц,
- знать основы методов регистрации элементарных частиц,
- иметь опыт анализа экспериментальных данных

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

- Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов для решения научных и практических задач (в соответствии с направленностью подготовки) (ПК-1);
- Способность к получению, критическому осмыслению и реферативному изложению научных результатов в области физики (в соответствии с направленностью подготовки) (ПК-2);

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **иметь представление** о спектроскопии элементарных частиц, видах взаимодействий между частицами, методах регистрации и идентификации частиц.
- **знать** как создаются и проводятся эксперименты во физике высоких энергий (современные и прошлого столетия), где проходит передний фронт исследований
- **уметь** проводить анализ экспериментальных данных, уметь настраивать аппаратуру и участвовать в проведении современного эксперимента

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Дисциплина «Современная физика высоких энергий» представляет собой полугодовой курс, читаемый в аспирантуре ИЯФ СО РАН. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа в течение семестра (не включая период сессии)	Зачет
				Лекции (кол-во часов)	Семинары		
1	Предмет ФВЭ. Основные определения. Система единиц	1	6	2		4	
2	Точечные частицы: кварки. Классификация мезонов и барионов.	2	6	2		4	
3	Точечные частицы: лептоны, промежуточные бозоны.	3	8	2		5	
4	Квантовая электродинамика. Диаграммы Фейнмана.	4	6	2		4	
5	Слабые взаимодействия.	5	8	2		5	
6	Квантовая хромодинамика.	6	6	2		4	
7	Физика на $e^+e^-$ пучках	7	6	2		4	
8	Взаимодействие частиц с веществом.	8	8	2		5	
9	Основные экспериментальные методики	9	6	2		4	
10	Космические частицы и ФВЭ.	10	8	3		5	
11	Темная материя и темная энергия	11	7	3		4	
12	Нейтринная физика	12	6	2		4	
13	ЛНС, хиггсовский бозон	13	7	2		4	
14	ФВЭ в ИЯФ	14	6	2		4	
15	Будущие проекты в ФВЭ	15	6	2		4	
16	Консультации		4				
17	Зачет		4				4
18	Итого		108	32	0	64	4

Содержание дисциплины:

1. Точечные и составные частицы и их взаимодействия

1) Кварки, лептоны, промежуточные бозоны

Параметры кварков: массы, квантовые числа, цвет. Мезоны и барионы, их кварковый состав. Смешивание кварков. Лептоны: таблица параметров, квантовые числа, сохранение лептонного числа. Атомы как составные частицы. Кварконию. Промежуточные бозоны: фотон, W и Z бозоны, глюоны – их свойства.

2) Взаимодействия элементарных частиц.

Квантовая электродинамика, диаграммы Фейнмана. Электрослабое взаимодействие. Константы взаимодействия, их зависимость от энергии. Квантовая хромодинамика, глюоны и цвет, конфайнмент. Асимптотическая свобода. Экзотические адроны. Поколения кварков и лептонов.

2. Экспериментальная часть физики высоких энергий.

- 1) Взаимодействие частиц и излучений с веществом. Ионизационные потери, ядерное взаимодействие, электромагнитные и ядерные ливни. Взаимодействие нейтрино.
- 2) Основные экспериментальные методики: трековые детекторы, сцинтилляционная и черенковская методики, современные фотоприемники. Калориметрия. Идентификация частиц. Крупные детекторные системы на коллайдерах. Неускорительные детекторы.
3. Современные эксперименты в ФВЭ.
  - 1) Эксперименты на ЛНС. Обнаружение Хиггсовского бозона. Эксперименты на  $e^+e^-$  фабриках. Крупные наземные эксперименты по космическим лучам. Поиск частиц темной материи. ФВЭ в ИЯФе. Будущие проекты.

## **5. Образовательные технологии**

При проведении лекционных занятий используется мультимедийное оборудование.

При проведении занятий с обучающимися рассматриваются и обсуждаются научные статьи, содержащие результаты экспериментов по физике высоких энергий. Обсуждение этих результатов проводится в интерактивной форме в виде свободной дискуссии.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов и аспирантов**

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими методическими пособиями:

1. Середняков С.И., А.Г. Харламов, Введение в физику высоких энергий, материалы на сайте кафедры ФЭЧ НГУ, для студентов НГУ, <http://wwwsnd/inp.nsk.su/hepdiv>
2. Середняков С.И. Современная физика высоких энергий, материалы на сайте кафедры ФЭЧ НГУ <http://wwwsnd/inp.nsk.su/hepdiv>

Система контроля включает текущий (по ходу семестра) контроль освоения практического материала, а также зачет.

В качестве текущего контроля успеваемости используется контроль посещаемости.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на зачете. Зачет проводится в конце семестра в аттестационную сессию, по билетам, в устной форме.

## 7. Фонд оценочных средств для проведения аттестации по итогам освоения дисциплины:

**Образцы вопросов для подготовки к зачету** – вопросы формулируются идентично названиям подразделов программы курса, представленной выше в п. 4

Билеты для зачета.

1. Кварки и лептоны, их квантовые числа, поколения
2. Составление мезонов и барионов из кварков. Кварконии.
3. Электромагнитные взаимодействия, КЭД, диаграммы Фейнмана
4. Слабое взаимодействие, промежуточные бозоны, слабые распады частиц
5. Сильное взаимодействие: глюоны, цвет, бегущая константа КХД.
6. Сильное взаимодействие: правило Цвейга, экзотические адроны.
7. Физика на  $e^+e^-$  коллайдерах, изучение кваркониев.
8. Электромагнитные ливни, калориметры,
9. Методы идентификации заряженных и нейтральных частиц.
10. Схема детектора для коллайдерного эксперимента.
11. Физика космических лучей – основные проблемы.
12. Проблема темной материи, экспериментальные поиски
13. Обнаружение Хиггсовского бозона, его основные параметры.
14. CP нарушение: KL-мезоны, B-мезоны
15. Тау-лептон, его место и роль в ФВЭ.
16. Нейтринные осцилляции, смешивание лептонов

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

**Список основной и дополнительной литературы:**

**Основная литература**

1. *Онучин А. П.* Экспериментальные методы ядерной физики : - : НГТУ, 2010. - 219 с.
2. Е.В.Абакумова, В.М.Аульченко, М.Н.Ачасов, А.Ю.Барняков, К.И.Белобородов, et al. Статус экспериментов с детектором СНД на коллайдере ВЭПП-2000, Препринт ИЯФ 2012-020 (440 Кб), Новосибирск, 2012

**Дополнительная литература**

1. Л. Б. *Окунь*, *Лептоны и кварки*, М., Наука, 1990
2. Мухин Введение в ядерную физику : Учебник для инженерно-физических и физико-технических вузов и факультетов
3. А.Бондарь, А.Бузулуцков, А.Долгов, С.Пелеганчук, Р.Снопков, А.Соколов, Е.Шемякина, Л.Шехтман. Проект двухфазного криогенного лавинного детектора для поиска темной материи и регистрации низкоэнергетических нейтрино, Препринт ИЯФ 2013-010 (539 Кб), Новосибирск, 2013
4. А.Е. Бондарь, В.С. Воробьев, А.О. Полуэктов. Квантовые корреляции  $D0D0$  в исследовании CP-нарушения B- и D-мезонов, Препринт ИЯФ 2011-030 (1433 Кб), Новосибирск, 2011
5. Анашин В.В., Аульченко В.М., Балдин Е.М., et al. Детектор КЕДР, Препринт ИЯФ 2010-040 (3509 Кб), Новосибирск, 2010
6. К. Группен, Детекторы элементарных частиц, Сибирский хронограф, Новосибирск, 1999.

**Открытые интернет-ресурсы**

7. Середняков С.И., А.Г. Харламов, Введение в физику высоких энергий, материалы на сайте кафедры ФЭЧ НГУ, для студентов НГУ, <http://wwwsnd/inp.nsk.su/hepdiv>
8. Середняков С.И. Современная физика высоких энергий, материалы на сайте кафедры ФЭЧ НГУ, для аспирантов НГУ, <http://wwwsnd/inp.nsk.su/hepdiv>
9. И.Ф. Гинзбург *Нерешённые проблемы фундаментальной физики* (рус.) // *Успехи физических наук*. — 2009. — Т. 179. — С. 525–529. — DOI:10.3367/UFNr.0179.200905d.0525
10. И. М. Дремин, А. Б. Кайдалов *Квантовая хромодинамика и феноменология сильных взаимодействий* // *Успехи физических наук*, том 176, № 3., с. 275, 2006 г
11. Биленький С. М. *Массы, смешивание и осцилляции нейтрино*, УФН 173 1171—1186 (2003).
12. Лукаш В. Н., Михеева Е. В. *Тёмная материя: от начальных условий до образования структуры Вселенной*, УФН 177 1023—1028 (2007).
13. . С. М. Биленький *Массы, смешивание и осцилляции нейтрино* // *УФН*. — 2003. — Т. 173. — С. 1171—1186. — DOI:10.3367/UFNr.0173.200311b.1171
14. 6. Ю. Г. Куденко *Исследование нейтринных осцилляций в ускорительных экспериментах с длинной базой* // *УФН*. — 2011. — Т. 181. — С. 569–594. — DOI:10.3367/UFNr.0181.201106a.0569
15. 7. Ю. Г. Куденко *Наблюдение осцилляций мюонных нейтрино в электронные нейтрино в эксперименте T2K* // *УФН*. — 2013. — Т. 183. — С. 1225–1230. — DOI: 10.3367/UFNr.0183.201311d.1225
16. 8. Н. В. Красников, В. А. Матвеев (июль 2004). «Поиск новой физики на большом адронном коллайдере». *Успехи физических наук* **174** (7): 697-725.

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оборудованной мультимедийным проектором и компьютером, необходимых для презентации электронного варианта лекций и проведения компьютерных демонстраций.