



**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»**

Институт физики высоких энергий имени А.А. Логунова  
Национального исследовательского центра  
«Курчатовский институт»

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ –  
ПРОГРАММА ПОДГОТОВКИ НАУЧНЫХ  
И НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ В АСПИРАНТУРЕ  
ПО НАУЧНОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ:**

**1.3.18 ФИЗИКА ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ  
И УСКОРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА**

Протвино, 2023 год

## **1. Общие положения**

**1.1.** Программа подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (далее – программа аспирантуры) по группе научных специальностей:

1.3. Физические науки, наименование специальности: 1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника, реализуемая в федеральном государственном бюджетном учреждении «Институт физики высоких энергий имени А.А. Логунова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт, краткое наименование НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ (далее – Институт), представляет собой комплект документов, разработанный и утвержденный Институтом в соответствии с федеральными государственными требованиями (далее - требования).

Программа аспирантуры включает в себя научный компонент, образовательный компонент, а также итоговую аттестацию и представляет собой комплект документов, в которых определены требования к результатам ее освоения, содержащий план научной деятельности, учебный план, календарный учебный график, рабочие программы дисциплин и практики.

Научный компонент включает в себя научную деятельность аспиранта, направленную на подготовку диссертации к защите, подготовку публикаций, в которых излагаются основные научные результаты диссертации, промежуточную аттестацию по этапам выполнения научного исследования.

Образовательный компонент программы аспирантуры включает дисциплины и рабочие программы практик, промежуточную аттестацию по дисциплинам и практике.

Итоговая аттестация по программам аспирантуры проводится в форме оценки диссертации на предмет ее соответствия установленным критериям.

**1.2.** Нормативные документы для разработки программы аспирантуры:

- Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Федеральный закон от 30 декабря 2020 г. № 517-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» и отдельные законодательные акты Российской Федерации»;

- Постановление Правительства РФ от 30 ноября 2021 г. № 2122 «Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)»;

- Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней»;

- Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951 «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)»;

- Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24 февраля 2021 г. № 118 «Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, и внесении изменения в Положение о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, утвержденное приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 ноября 2017 г. № 1093»;

- Устав НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ;

- иные законы, подзаконные нормативные акты и локальные акты НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ.

### **1.3. Общая характеристика программы аспирантуры**

1.3.1. Цель образовательной программы – осуществление аспирантом научной (научно-исследовательской) деятельности под руководством научного руководителя с целью подготовки диссертации к защите на соискание ученой степени кандидата наук.

Форма обучения: очная с применением дистанционных образовательных технологий.

Объем программы: 240 зачетных единиц (1 зачетная единица – 36 академических часов).

Объем программы за учебный год составляет 60 зачетных единиц.

Срок освоения программы: 4 года.

Язык обучения: русский.

К освоению программы аспирантуры допускаются лица, имеющие образование не ниже высшего образования (специалитет или магистратура), в том числе лица, предоставившие документ (документы) иностранного государства об образовании и о квалификации, если указанное в нем образование признается в Российской Федерации на уровне соответствующего высшего образования (не ниже специалитета или магистратуры).

Зачисление в аспирантуру осуществляется по результатам вступительных испытаний.

При обеспечении инклюзивного образования инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья программа аспирантуры должна содержать специализированные адаптационные дисциплины.

1.3.2. Образовательная программа аспирантуры определяет планируемые результаты ее освоения – результаты научной (научно-исследовательской) деятельности, результаты освоения дисциплин, результаты прохождения практики.

В результате освоения программы по научной специальности 1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника выпускник должен обладать следующими компетенциями:

1) способностью к оценке современных научных достижений, самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов;

2) способностью определять нестандартные решения научно-исследовательских задач в заданных условиях;

3) способностью определять и транслировать профессиональное мнение на основе системы логических аргументов;

4) способностью к взаимодействию в команде при организации и реализации научных исследований;

5) способностью разрабатывать, реализовывать и управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла, предусматривать и учитывать проблемные ситуации и риски проекта;

6) способностью осуществлять устную и письменную коммуникацию на иностранном языке для решения научно-исследовательских задач;

7) способностью определять методологию исследования, оставлять план работы, демонстрировать системное понимание области исследований и предлагать методы (в том числе, нестандартные) решения поставленных задач;

8) способностью проводить экспериментальные и расчетно-теоретические исследования и (или) осуществлять разработки с получением научного и (или) научно-практического результата, оценивать достоверность и значимость результатов научных исследований;

9) способностью и готовностью к использованию лабораторной и инструментальной базы для получения научных данных.

## **2. Научный компонент программы**

### **2.1. Паспорт научной специальности 1.3.18. «Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника» (отрасль науки – физико-математические)**

**Область науки:** 1. Естественные науки

**Группа научных специальностей:** 1.3. Физические науки

**Наименование отрасли науки, по которой присуждаются ученые степени:** Физико-математические, технические

**Шифр научной специальности:** 1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника

#### **Направления исследований:**

1. Получение пучков заряженных частиц, расчетно-теоретические и экспериментальные исследования параметров пучков.

2. Расчетно-теоретические аспекты формирования и транспортировки пучков заряженных частиц, создания ускорителей, накопителей, коллайдеров, систем охлаждения пучков тяжелых заряженных частиц.

3. Исследования и расчеты динамики пучков заряженных частиц в линейных и кольцевых (циклических) ускорителях.

4. Формирование и исследование магнитных и электрических полей, необходимых для ускорения и удержания пучков заряженных частиц.

5. Расчетно-теоретические и экспериментальные исследования излучений, создаваемых ускоренными пучками заряженных частиц.

6. Теоретические и экспериментальные исследования электрической прочности систем формирования и ускорения пучков заряженных частиц.

7. Расчетно-теоретические и экспериментальные исследования взаимодействий пучков заряженных частиц с электромагнитными полями, друг с другом, с молекулами остаточного газа и мишенями.

8. Расчеты и измерения радиационных полей, возникающих в процессе потерь ускоренных пучков заряженных частиц на конструктивных и технологических элементах ускорителя.

## **2.2. План научной деятельности**

План научной деятельности отражает реализацию научного компонента программы аспирантуры.

Освоение программы аспирантуры осуществляется аспирантами по индивидуальному плану работы, включающему индивидуальный план научной деятельности и индивидуальный учебный план (далее вместе – индивидуальный план работы).

План научной деятельности включает в себя примерный план выполнения научного исследования, план подготовки диссертации и публикаций, в которых излагаются основные научные результаты диссертации, а также перечень этапов освоения научного компонента программы аспирантуры, распределение указанных этапов и итоговой аттестации аспирантов.

Индивидуальный план научной деятельности предусматривает осуществление аспирантом научной (научно-исследовательской) деятельности, направленной на подготовку диссертации в соответствии с программой аспирантуры.

Индивидуальный план научной деятельности формируется аспирантом совместно с научным руководителем. Индивидуальный учебный план предусматривает освоение образовательного компонента программы аспирантуры на основе индивидуализации его содержания с учетом особенностей и

образовательных потребностей конкретного аспиранта.

Аспирант обязан добросовестно и в полном объеме осваивать программу аспирантуры, выполнять индивидуальный план работы.

### **План научной деятельности по научной специальности:**

#### **1.3.18 Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника**

Настоящий План научной деятельности образовательной программы высшего образования – программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре включает:

- 1) План подготовки диссертации.
- 2) План подготовки публикаций, в которых излагаются основные научные результаты диссертации.
- 3) Перечень этапов освоения научного компонента программы аспирантуры.
- 4) Распределение этапов освоения научного компонента программы аспирантуры и итоговой аттестации.

Научное исследование осуществляется в рамках утвержденной темы диссертации. Тема диссертации и индивидуальный план работы, включающий индивидуальный план научной деятельности и индивидуальный учебный план утверждаются аспиранту не позднее 30 календарных дней с даты начала освоения программы аспирантуры.

В рамках индивидуального плана научной деятельности настоящий план научной деятельности конкретизируется в части содержания, последовательности и продолжительности выполнения отдельных этапов, в том числе допускается перераспределение и/или изменение отдельных этапов в соответствии с задачами конкретного исследования.

Текущий контроль успеваемости по этапам осуществления научной деятельности аспиранта осуществляется научным руководителем. Научный руководитель обеспечивает контроль за своевременным выполнением аспирантом индивидуального плана научной деятельности. Основные формы текущего контроля: собеседование с аспирантом, проверка результатов научных

исследований, текстов докладов, статей, глав и элементов диссертации научным руководителем, апробация результатов научных исследований на научных мероприятиях.

Промежуточная аттестация аспирантов проводится два раза в год (во время осенней промежуточной аттестации и весенней промежуточной аттестации) на заседаниях комиссии по промежуточной аттестации аспирантов (далее – аттестационная комиссия), на которых заслушивается отчет аспиранта о выполнении индивидуального плана научной деятельности. По итогам обсуждения отчета, с учетом отзыва научного руководителя о качестве, своевременности и успешности проведения аспирантом этапов научной (научно-исследовательской) деятельности аспиранту выставляется оценка («зачтено») за соответствующие этапы научной деятельности и подготовки публикаций.



### Примерный план подготовки диссертации

Семестр	Содержание работ	Сроки
<i><b>Теоретический этап (1 курс)</b></i>		
1	Утверждение темы диссертации, план исследования (оглавление диссертации)	Сентябрь
1	Обоснование актуальности избранной темы диссертации и степень ее разработанности (Введение, Глава 1)	Октябрь
1	Цели и задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы (Введение, Глава 1)	Ноябрь
1	Объект и предмет исследования, объект наблюдения, предполагаемый личный вклад автора в разработку темы (Введение, Глава 1)	Декабрь
1	Обзор научной литературы и иных источников по направлению исследований (Глава 1)	Январь
2	Перечень источников (Список литературы)	Февраль
<i><b>Методологический этап (1 курс)</b></i>		
2	Развернутый аннотированный план разделов диссертации исследования (Глава 1)	Март
2	Характеристика объекта и предмета исследования (Глава 1)	Апрель
2	Анализ известных моделей и методов для выполнения аналитической части исследования (Глава 1)	Май
2	Разработка методологии исследования (Глава 1)	Июнь
<i><b>Аналитический этап (2 курс)</b></i>		
3	Разработка системы показателей оценки объекта наблюдения, систематизация практического материала, статистическая обработка данных, полученных с помощью современных методов	Сентябрь-октябрь
3	Обобщение результатов анализа состояния объекта наблюдения, тенденций развития объекта наблюдения (Глава 2)	Декабрь
3	Адаптация и развитие экономико-математического аппарата анализа и моделирования (Глава 2)	Февраль
4	Моделирование и прогнозные расчеты (Глава 2)	Апрель
4	Подготовка результатов исследования к апробации (Глава 3)	Июнь
<i><b>Апробационный этап (3 курс)</b></i>		
5-6	Апробация и мониторинг результатов исследования (Глава 3)	Октябрь - июнь
5-6	Экономическая эффективность внедрения результатов исследования (Глава 3)	Декабрь-июнь
6	Предложения по использованию результатов исследования (Глава 3)	Февраль-июнь
<i><b>Заключительный этап (4 курс)</b></i>		
7	Выводы, сформулированные по результатам исследования (Заключение)	Сентябрь-февраль
8	Окончательный вариант диссертации на бумажном носителе, подготовленный для отзыва научного руководителя и рецензирования	Февраль-апрель
8	Текст автореферата на бумажном носителе и в электронном виде, подготовленный для отзыва научного руководителя и рецензирования	Май-июнь

**Примерный план подготовки публикаций, в которых излагаются основные результаты диссертации**

Семестр	Содержание работ	Сроки
Теоретический этап (1 курс)		
2	Тезисы доклада на региональной/ международной конференции	Март
Методологический этап (1 курс)		
2	Тезисы доклада на региональной/ международной конференции	Май
2	Статья в ведущем научном журнале	Июль
Аналитический этап (2 курс)		
3-4	Тезисы доклада на региональной/ международной конференции	Октябрь-март
3-4	Статья в ведущем научном журнале	Декабрь-март
Апробационный этап (3 курс)		
5-6	Тезисы доклада на региональной/ международной конференции	Октябрь-май
5-6	Статья в ведущем научном журнале	Декабрь-май
Заключительный этап (4 курс)		
7-8	Тезисы доклада на региональной/ международной конференции	Март
7-8	Статья в ведущем научном журнале	Апрель

План публикаций за весь период обучения включает научные публикации по теме исследования, в том числе тезисы в сборниках конференций, статьи в рецензируемых научных изданиях, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук.

## **Примерный перечень этапов освоения научного компонента программы аспирантуры**

### *Этап 1. Теоретический (1 курс, 1, 2 семестры)*

#### *1.1. Изучение теоретических основ научных исследований*

Изучение методики выполнения научных исследований. Ознакомление с основными направлениями научной работы в исследуемой области, с планами и отчетами по НИР структурного подразделения Института, с локальными актами Института и другой документацией по НИР. Выбор направления научных исследований.

#### *1.2. Изучение теоретических методов исследования*

Освоение методик проведения теоретических исследований: методик анализа, систематизации и обобщения информации по теме исследований. Изучение документов по составлению библиографического описания и требований к оформлению библиографического списка.

#### *1.3. Проведение теоретических исследований*

Изучение актуальных, в том числе иностранных, научных монографий, публикаций в научных журналах и материалах конференций, авторефератов и текстов диссертаций в области ядерных энергетических установок, топливного цикла, радиационной безопасности с использованием различных методик доступа к информации: посещение библиотек работа в электронных библиотечных системах, в сети Интернет.

Отбор источников для аналитического обзора литературы в исследуемой области. Критический анализ основных результатов, полученных ведущими специалистами в данной области исследования, их систематизация, обобщение, оценка применимости в рамках исследования. Составление библиографического списка литературы по теме исследования.

Определение проблемы в массиве информации. Постановка цели и задач исследования. Теоретическое обоснование целесообразности научных исследований по выбранной теме. Анализ научной и практической значимости проводимых исследований.

## ***Этап 2. Методологический (2 курс, 3,4 семестры)***

### ***2.1. Изучение аналитических методов исследования***

Ознакомление с методиками аналитических исследований, применяемых в исследуемой области. Выбор стандартных и общепринятых методов исследования, соответствующих его задачам. Разработка методов исследования в соответствии с задачами конкретного исследования (при необходимости). Освоение методик исследования.

### ***2.2. Разработка плана аналитических исследований***

Составление плана аналитических исследований, направленных на решение задач диссертационного исследования.

## ***Этап 3. Аналитический (3 курс, 5-6 семестр)***

### ***3.1. Проведение аналитических исследований***

Сбор и обработка статистической информации по теме диссертации. Анализ достоверности полученных результатов. Интерпретация результатов анализа.

### ***3.2. Проведение аналитических исследований***

Обработка информации по теме научно-исследовательской работы в соответствии с планом и задачами исследования. Статистическая обработка экспериментальных данных. Анализ достоверности полученных результатов. Интерпретация результатов.

## ***Этап 4. Апробационный (4 курс, 7 семестр)***

### ***4.1. Проведение аналитических исследований***

Статистическая обработка экспериментальных данных. Анализ достоверности полученных результатов. Интерпретация результатов.

***4.2. Практическая апробация результатов. Апробация результатов исследований в практической деятельности.***

## ***Этап 5. Заключительный (4 курс, 8 семестр)***

***5.1. Подведение итогов исследования. Обобщение результатов теоретических и аналитических исследований.***

***5.2. Формулирование выводов и рекомендаций по использованию***

результатов исследования.

**Примерное распределение этапов освоения научного компонента  
программы аспирантуры и итоговой аттестации**

Наименование компонента программы аспирантуры и его составляющих	Аттестация в семестре
<b>Научный компонент</b>	
<i>Научная деятельность, направленная на подготовку диссертации к защите</i>	
Научно-исследовательская деятельность, направленная на подготовку диссертации к защите	
Теоретический и методический этапы	<b>1-2</b>
Аналитический этап	<b>3-4</b>
Апробационный этап	<b>5-7</b>
Заключительный этап	<b>8</b>
<i>Подготовка публикаций и (или) другие научные достижения</i>	
Подготовка научных публикаций и другие научные достижения	
Теоретический и методический этапы	<b>2</b>
Аналитический этап	<b>3-4</b>
Апробационный этап	<b>5-7</b>
<i>Итоговая аттестация</i>	
Предзащита кандидатской диссертации	<b>8</b>

### **3. Образовательный компонент программы аспирантуры**

#### **3.1. Учебный план**

Учебный план по научной специальности 1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника (Приложение №1) определяет перечень и последовательность освоения дисциплин, практики, научных исследований, промежуточной и итоговой аттестаций, их трудоемкость, распределение лекционных и практических видов занятий и самостоятельной работы обучающихся.

#### **3.2. Календарный учебный график**

В календарном учебном графике (Приложение №2) указана последовательность реализации образовательной программы по годам, включая теоретическое обучение, практику, промежуточные и итоговую аттестации, каникулы.

#### **3.3. Аннотации рабочих программ дисциплин**

##### **Иностранный язык (английский)**

Цели дисциплины: умение вести беседу на темы, связанные с научной работой аспиранта; умение выступать с подготовленными сообщениями по своей научной работе; понимание устных сообщений по близкой научной тематике.

Для достижения поставленных целей в группах ведется учебная работа по комплексному развитию навыков владения различными видами речевой деятельности.

Чтение. Совершенствование навыков чтения на иностранном языке предполагает овладение навыками чтения с различной степенью полноты и точности понимания: просмотровым, ознакомительным и изучающим видами чтения.

Просмотровое чтение имеет целью ознакомление с тематикой текста и предполагает умение, на основе извлечённой из текста информации, кратко охарактеризовать текст с точки зрения его научной тематики.

Ознакомительное чтение характеризуется умением проследить развитие темы и общую линию аргументации автора.

Изучающее чтение предполагает полное и точное понимание содержания текста.

Аудирование и говорение. В целях достижения профессиональной направленности устной речи навыки аудирования и говорения должны развиваться во взаимодействии с навыками чтения.

При обучении устной речи (говорению и аудированию) большое внимание уделяется особенностям устного научного стиля речи, естественно-мотивированными высказываниями в монологической и диалогической формах - в виде пояснений, определений, аргументации, формирования выводов, возражений, сопоставления точек зрения и т.п.

Перевод. Устный и письменный перевод с иностранного языка на родной используется как средство обучения чтению, а также контроля полноты и точности понимания.

В процессе работы с иностранным текстом даются необходимые сведения о правилах и приёмах перевода. Обучение переводу как отдельному виду речевой деятельности программой не предусмотрено.

Письмо. Письменные упражнения являются эффективным средством закрепления пройденного грамматического и лексического материала.

Обучение указанным видам речевой деятельности ведётся комплексно, в единстве с системным прохождением фонетического, лексического и грамматического материала.

Фонетика. Программой предусматривается проведение коррективного фонетического курса на материале текстов для обучения чтению.

Лексика. Объем изучаемого лексического материала определяется словарями-минимум для чтения научной литературы, которые включают около 3-4 тысяч общенаучных и служебно-строевых слов и устойчивых словосочетаний. Предполагается также овладение необходимым количеством терминов, число которых определяется спецификой научной специальности каждого аспиранта. Большое внимание уделяется словообразовательным моделям и устойчивым словосочетаниям, характерным для научного стиля речи.

Грамматика. Программа предполагает знание и практическое владение грамматическим материалом по иностранным языкам, проходимым в неязыковых вузах. В течение курса при углубленном изучении грамматического материала, необходимого для чтения научной литературы и ведения бесед по научной тематике, основное внимание уделяется синтаксическому членению предложения, сложным синтаксическим конструкциям, типичным для стиля научной речи, а также текстообразующим средствам, выявленным лингвистикой текста.

### **История и философия науки**

Цели дисциплины: познакомить аспирантов с историей науки, основными этапами динамики науки в Западной культуре, изменениями парадигм научной рациональности, сформировать знание о природе науки, критериях научности, методах научного исследования, структуре научного знания, о проблемах истины и объективности, соотношении фундаментального и прикладного знания в современных исследованиях, о роли ценностей в научном познании.

В результате обучения аспирант должен:

Знать: предмет и проблемное поле истории и философии науки, характер современных социальных проблем, связанных с особенностями функционирования данной сферы общества; основные школы философии науки и основных представителей отечественной и зарубежной философии науки.

Уметь: отвечать на вопросы о природе науки, общих закономерностях научного познания в его историческом развитии и в изменяющемся социокультурном контексте; ориентироваться в основных методологических и мировоззренческих проблемах, возникающих в науке на современном этапе ее развития; использовать базовые теоретические знания для решения профессиональных задач; применять на практике базовые профессиональные навыки.



Владеть: информацией по данной дисциплине, на уровне умения вести дискуссию и отстаивать собственную точку зрения; навыками методологического анализа в области теоретических и прикладных исследований.

### **Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника**

Цель дисциплины: изучение основных положений теории физики пучков заряженных частиц и ускорительной техники.

При построении курса особое внимание уделяется теоретической трактовке предмета, устанавливается связь теоретических знаний, умений и навыков с разработкой реальных методов решения практических задач и их практического применения.

Изучение дисциплины направлено на:

развитие у аспирантов представлений о том, какие пучки, каких частиц, с какими параметрами необходимы и используются как в фундаментальных исследованиях (физика высоких энергий), так и в прикладных задачах (в медицине – радиационная терапия, электронно-лучевая сварка, имплантация ионов, дефектоскопия, неразрушающий анализ, производство радионуклидов, стерилизация и т.д.);

изучение существующих и разрабатываемых методов ускорения и фокусировки частиц, способов реализации этих методов и трудностей создания пучков с наперед заданными параметрами;

показ научной широты, требующейся при создании ускорителей: от теоретической механики, электродинамики, квантовой механики и ядерной физики до «технологических» наук, связанных с материаловедением, созданием сверхпрочных поверхностей и т.д.;

акцентирование внимания на знании и понимании физических законов, лежащих в основе функционирования различных типов ускорителей;

знакомство с качественным и количественным анализом нелинейных колебаний научить различным методам анализа устойчивости в нелинейной

динамической системе, которую представляет собой частица, движущаяся в ускорителе.

Подобный подход позволяет заложить прочную основу для дальнейшей работы с пучками заряженных частиц.

### **Диагностика пучков заряженных частиц**

Диагностика пучков заряженных частиц является одним из важнейших направлений в физике пучков заряженных частиц и ускорительной техники.

Основными задачами данного направления являются сбор, обработка и представление информации об основных характеристиках пучка на всех стадиях ускорительного цикла для оптимизации настройки магнитооптического и электрофизического оборудования и обеспечения радиационной безопасности последнего с целью достижения требуемого качества пучка.

Цель освоения дисциплины: приобретение компетенций в сфере экспериментальных методов измерения параметров пучка на ускорительных установках в диапазоне энергий сотни кэВ – единицы ТэВ.

Задачи дисциплины:

дать целостное представление об основных физических явлениях генерации электрических сигналов в датчиках параметров пучка,

освоить общие вопросы разработки и создания современных систем диагностики пучка.

Знания, умения и навыки, приобретенные в результате освоения данной дисциплины, необходимы для подготовки к сдаче кандидатского экзамена по специальной дисциплине «Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника».

## **Методы формирования пучков частиц на ускорителях высоких энергий**

Современные ускорители и их экспериментальные базы представляют собой единые комплексы, обеспечивающие исследования в области физики высоких энергий. Физические исследования на современных ускорителях проводят, используя как метод фиксированных мишеней, так и метод встречных пучков. Эти методы дополняют друг друга и позволяют решать разнообразные физические проблемы и задачи. В настоящее время разветвлённая система магнитооптических каналов, формирующих на экспериментальные установки пучки частиц от фиксированных мишеней с необходимыми параметрами, стала важной частью любого крупного ускорителя.

Дисциплина «Методы формирования пучков частиц на ускорителях высоких энергий» посвящена методам формирования на современных протонных ускорителях пучков различного сорта вторичных заряженных и нейтральных частиц от фиксированных мишеней, включая и пучки первичных протонов.

Предлагаемый курс необходим для аспирантов, соприкасающихся в своей деятельности с формированием пучков частиц или занимающимися смежными вопросами, а также работающих на экспериментальных физических установках.

Например, будут рассмотрены следующие вопросы:

уравнения движения заряженных частиц в статических магнитных полях и фокусирующие свойства магнитов и квадрупольных линз;

матричный метод описания оптических схем и траекторий отдельных частиц;

фазовое пространство и описание поведения пучка частиц как целого – метод фазовых эллипсов и метод моментов;

хроматические и нелинейные абберации в магнитных системах, их источники;

свойства, принципы построения и методы расчёта магнитооптических систем для универсальных и специализированных каналов частиц;

влияние нестабильности питания магнитооптических элементов каналов и начальных параметров пучка на его размер на экспериментальной установке;

расчёт и оптимизация параметров оптических схем (программа TRANSPORT), расчёт характеристик пучков частиц (программы TURTLE и HALO);

каналы частиц ускорительного комплекса ИФВЭ и параметры пучков, номенклатура и основные характеристики магнитооптического оборудования.

### **Основы педагогики и психологии высшего образования**

Цели освоения дисциплины: повышение общей и психолого-педагогической культуры аспирантов; формирование у аспирантов представлений о психологических и педагогических основах, сущности и содержании деятельности преподавателя высшей школы; ознакомление с особенностями организации учебного процесса в высшей школе, закономерностями усвоения студентами и слушателями содержания высшего образования; овладение способами разработки и применения современных образовательных технологий, выбора оптимальной стратегии преподавания и целей обучения, путей создания творческой атмосферы образовательного процесса и социокультурного пространства вуза; выявление взаимосвязей научно-исследовательского и учебного процессов в высшей школе, использование результатов научных исследований для совершенствования образовательного процесса.

Задачи освоения дисциплины: ознакомление с историей и современным состоянием высшего профессионального образования в России и за рубежом, понимание взаимообусловленности уровня развития образования характером социально-экономического развития общества; понимание психологических механизмов и педагогических путей взаимодействия субъектов

образовательного процесса в условиях социокультурного пространства высшей школы;

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

**Знать:** основы психологии личности и социальной психологии, психологические особенности студенчества; основные достижения, проблемы и тенденции развития системы образования в России и за рубежом; нормативно-правовые основы системы высшего образования; сущность и проблемы обучения и воспитания в высшей школе; методы и формы организации учебной деятельности студентов, причины неуспеваемости и способы их преодоления; подходы к разработке и применению современных образовательных технологий.

**Уметь:** применять знания педагогических и психологических основ преподавания; использовать современные достижения в области образования в процессе преподавания дисциплин соответствующей научной области; разрабатывать и применять образовательные технологии при преподавании соответствующих дисциплин, представленных в учебном плане, осваиваемом студентами.

**Владеть:** методами организации образовательного процесса; основами научно-методической и учебно-методической работы в высшей школе (отбор содержания образования, структурирование и психологически грамотное преобразование научного знания в учебный материал, методы и приемы составления задач, упражнений, тестов по различным темам); методами и приемами организации основных и инновационных форм академической образования (лекции, семинарские и практические занятия, практикумы и др.), профессионально-ориентированных форм (практики, курсовые работы, исследовательские работы, выпускные квалификационные работы и пр.); основами применения информационных и коммуникативных технологий в учебном и научном процессах; методами формирования у студентов навыков самостоятельной работы, профессионального мышления и развития их творческих способностей.

## **Статистические методы обработки экспериментальных данных**

Цель освоения дисциплины: изучение методов обработки данных в физике высоких энергий, их практического применения.

Основная задача этого курса – дать представление об экспериментальных методах исследования фундаментальных взаимодействий, методах статистического анализа данных. Хороший уровень подготовки достигается за счет сочетания обсуждения примеров из современных экспериментов и работой с программным обеспечением для решения возникающих задач. Существенной для усвоения предмета является практическая работа.

Значительная часть курса посвящена решению задач с помощью пакетов среды программирования ROOT – RooFit и RooStat. Эти пакеты разработаны специально для задач статистического анализа данных. Пакет RooFit позволяет конструировать функции плотности вероятности большой сложности, а пакет RooStat обеспечивает возможность проведения статистического анализа в различных подходах (частотном и байесовском) с одинаковым интерфейсом.

Подобный подход позволяет заложить прочную основу для дальнейшей работы по анализу данных.

## **Экспериментальные методы в физике высоких энергий**

Цель дисциплины: овладение аспирантами основами экспериментальных методов, применяемых в исследованиях частиц высоких энергий. Курс имеет практическую направленность с установлением связи с теоретическими дисциплинами.

Курс логически состоит из 2-х частей. В первой рассматриваются основные явления, характеризующие взаимодействие частиц высоких энергий с веществом. Особое внимание уделено графическому представлению формульного материала зависимостей сечений от энергии и др.

На этой основе и с привлечением различных разделов общей физики (молекулярная физика, физика твердого тела, механика) во второй части курса рассматриваются принципы функционирования основных детекторов частиц.

### **Электрослабые взаимодействия**

Предлагаемый курс посвящен изучению квантовой электродинамики и теории слабых взаимодействий. Особое внимание в курсе уделяется описанию современного состояния физики элементарных частиц как с феноменологической точки зрения, так и в терминах релятивистской теории поля.

### **Сильные взаимодействия**

Цель курса: изучение неабелевых калибровочных теорий и их реализация в физике фундаментальных взаимодействий.

В первой части курса на примере квантовой электродинамики разбираются схемы перенормировок. В последующих разделах рассмотрено квантование неабелевых калибровочных теорий. Подробно рассмотрены пертурбативные эффекты квантовой хромодинамики.

Курс завершает изложение калибровочных теорий со спонтанным нарушением симметрии.

### **Современные эксперименты в физике высоких энергий**

Цель дисциплины: ознакомление аспирантов с проблематикой и методикой современных физических экспериментов, а также актуальными направлениями современной космологии, тесно связанной с физикой частиц, ядерной физикой и физикой высоких энергий, для развития физического кругозора.

Работа организована в виде обзорных докладов, которые аспиранты индивидуально готовят по заданной тематике на основе опубликованных

научных работ и представляют на семинаре своим коллегам и ведущим ученым Института для совместного обсуждения.

Программа составлена таким образом, чтобы каждый аспирант должен хотя бы один раз в семестр выступить с докладом. Такая форма организации позволяет аспирантам, с одной стороны, приобрести личный опыт работы с научной литературой, а с другой стороны – получить опыт публичных научных выступлений.

Полная программа курса включает в себя проблематику экспериментов на Большом адронном коллайдере в ЦЕРН, в том числе данные по обнаружению бозона Хиггса, поиску лепто-кварков, поиску и изучению свойств сверхплотной ядерной материи, образующейся в столкновениях ультрарелятивистских ионов свинца, дифракционным процессам в pp-взаимодействиях, поиску CP нарушающих эффектов в распадах мезонов с тяжелыми кварками.

Другим направлением является нейтринная тематика, включая реакторные эксперименты по изучению осцилляций нейтрино, измерение потока солнечных нейтрино, регистрации космических нейтрино сверхвысоких энергий.

Отдельное направление курса посвящено космической и космологической тематике, включая эксперименты по измерению анизотропии реликтового микроволнового излучения, поиску темной материи, а также по проверке модели первичного нуклеосинтеза легких ядер, поиски эффектов.

Наконец, важное внимание уделяется экспериментальному поиску эффектов, противоречащих Стандартной модели.

Тематика конкретных докладов меняется каждый семестр. Это позволяет существенно расширить научный кругозор аспирантов. В результате аспиранты получают достаточный опыт для самостоятельной научной работы.



### **3.4. Аннотация программы практики**

Педагогическая практика является обязательным компонентом профессиональной подготовки к научно-педагогической деятельности и представляет собой вид практической деятельности аспирантов по осуществлению учебно-воспитательного процесса в высшей школе. Данный вид деятельности включает преподавание специальных дисциплин, организацию учебной деятельности студентов, научно-методическую работу по предмету, получение навыков практической преподавательской деятельности.

Цели педагогической практики: формирование профессиональных компетенций, обеспечивающих готовность к педагогическому проектированию учебно-методических комплексов дисциплин и проведению отдельных видов учебных занятий с использованием инновационных образовательных технологий; закрепление психолого-педагогических знаний в области профессиональной педагогики и приобретение навыков творческого подхода к решению научно-педагогических задач.

В процессе прохождения педагогической практики аспиранты должны овладеть основами научно-методической и учебно-методической деятельности: навыками структурирования научного знания и его использования в учебном материале; навыками анализа авторских методик преподавания дисциплин в вузах; методами анализа нормативной документации в сфере высшего образования; методами и приемами составления заданий и тестовых материалов по одной из дисциплин учебных планов образовательных программ бакалавриата, специалитета и магистратуры.

В ходе практической деятельности по ведению учебных занятий должны быть сформированы: умения постановки и систематизации учебно-воспитательных целей и задач при реализации образовательной программы; умения выбора типа, вида занятия, использования различных форм

организации учебной деятельности студентов; диагностики, контроля и оценки эффективности учебной деятельности.

В ходе посещения занятий преподавателей соответствующих дисциплин аспиранты должны познакомиться с различными способами структурирования и подачи учебного материала, способами активизации учебной деятельности; особенностями профессиональной риторики; с различными способами и приемами оценки учебной деятельности в высшей школе; со спецификой взаимодействия в системе «студент-преподаватель».

#### **4. Итоговая аттестация**

4.1. Итоговая аттестация определяет требования к выполнению диссертации и критерии оценивания по научной специальности и предполагает предзащиту кандидатской диссертации.

4.2. В соответствии с требованиями к условиям реализации программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре итоговая аттестация включает оценку диссертации на предмет ее соответствия критериям, установленным в соответствии с Федеральным законом от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике».

4.3. Итоговая аттестация аспирантов-выпускников регламентируется локальным нормативным актом Института.

4.4. Итоговая аттестация выпускника по программам аспирантуры является обязательной и осуществляется после ее освоения в полном объеме.

4.5. При успешном прохождении итоговой аттестации Институт выдает заключение, в соответствии с пунктом 16 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

## **5. Условия реализации программы аспирантуры**

Условия реализации программы аспирантуры включают в себя кадровое, материально-техническое и учебно-методическое обеспечение.

### **5.1. Кадровое обеспечение образовательной программы**

5.1.1. В реализации образовательной программы участвуют как штатные научно-педагогические работники Института, так и работники, привлекаемые на условиях внутреннего и внешнего совместительства, не менее 60% которых имеют учёную степень.

5.1.2. Научные руководители аспирантов имеют ученую степень доктора наук или, в отдельных случаях, по решению Ученого совета Института, ученую степень кандидата наук; осуществляют научную (научно-исследовательскую) деятельность (участвуют в осуществлении такой деятельности) по соответствующему направлению исследований в рамках научной специальности: 1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника за последние три года; имеют публикации по результатам осуществления указанной научной (научно-исследовательской) деятельности в рецензируемых отечественных и (или) зарубежных научных журналах и изданиях; осуществляют апробацию результатов указанной научной (научно-исследовательской) деятельности, в том числе участвуют с докладами по тематике научной (научно-исследовательской) деятельности на российских и (или) международных конференциях в течение последних трех лет.

### **5.2. Материально-техническое обеспечение реализации программы**

5.2.1 Институт обеспечивает обучающемуся доступ к научно-исследовательской инфраструктуре в соответствии с рабочими программами дисциплин, практики и планом научных исследований.

5.2.2. Для реализации программы аспирантуры Институт располагает материально-технической базой, обеспечивающей осуществление научной (научно-исследовательской) деятельности и соответствующей действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

5.2.3. В составе используемых помещений имеются оборудованные помещения для проведения учебных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации, а также помещения для самостоятельной работы: поточно-лекционные аудитории, аудитории для практических и семинарских занятий, аудитории, оборудованные мультимедиа проекторами.

5.2.4. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Института.

### 5.3. Учебно-методическое обеспечение реализации программы

#### 5.3.1. Институт обеспечивает аспиранту:

1) индивидуальный доступ к электронной информационно-образовательной среде Института посредством информационно-телекоммуникационной сети Интернет и (или) локальной сети организации в пределах, установленных законодательством Российской Федерации в области защиты государственной и иной охраняемой законом тайны в течение всего периода освоения программы аспирантуры;

2) доступ к учебно-методическим материалам, библиотечным фондам и библиотечно-справочным системам, а также информационным, информационно-справочным системам, профессиональным базам данных, состав которых определен соответствующей программой аспирантуры и индивидуальным планом работы.

5.3.2. Электронная информационно-образовательная среда Института обеспечивает доступ аспиранту ко всем электронным ресурсам, которые сопровождают научно-исследовательский и образовательный процессы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре согласно соответствующей программе аспирантуры, в том числе к информации об итогах промежуточных аттестаций с результатами выполнения

индивидуального плана научной деятельности и оценками выполнения индивидуального плана работы.

5.3.3. Институт обеспечивает образовательную деятельность учебными изданиями исходя из расчёта не менее одного учебного издания в печатной и (или) электронной форме, достаточного для освоения программы аспирантуры на каждого аспиранта по каждой дисциплине.

5.3.4. Сведения об учебно-методическом обеспечении реализации программы аспирантуры – перечни учебников, учебных, учебно-методических пособий, в том числе электронных, базы данных приводятся в рабочих программах дисциплин, практики, в индивидуальном плане работы аспиранта.

**Учебный план программы аспирантуры  
по научной специальности 1.3.18 Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника**

Индекс	Наименование	Форма контроля		Часов			ЗЕ	Распределение по годам обучения																	
		Экзамены	Дифф. зачеты	Всего	в том числе			1 год обучения				2 год обучения				3 год обучения				4 год обучения					
					СР	Ауд		Пр	Часов				ЗЕ	Часов				ЗЕ	Часов				ЗЕ		
									Лек	Сем	Пр	СР		Лек	Сем	Пр	СР		Лек	Пр	СР	ЗЕ		Лек	Сем
	Итого на подготовку аспиранта (без факультативов)			8640			240					60					60				60				60
<b>1.</b>	<b>Научный компонент, в том числе промежуточная аттестация по этапам выполнения научного исследования</b>			7488			208					43					49				58				58
1.1.	Научная деятельность, направленная на подготовку диссертации к защите						162					33					39				40				50
1.2.	Подготовка публикаций и (или) заявок на патенты на изобретения, полезные модели, промышленные образцы, селекционные достижения, свидетельства о государственной регистрации программ для электронных вычислительных машин, баз данных, топологий интегральных микросхем						46					10					10				18				8
<b>2.</b>	<b>Образовательный компонент, в том числе промежуточная аттестация по дисциплинам (модулям) и практике</b>			1080	468	576	36	30	114	90	156	252	17	180	36		180	11		36	36	2			
2.1.	Дисциплины (модули)																								
2.1.1.	Обязательные дисциплины, в том числе направленные на подготовку к сдаче кандидатских экзаменов			864	360	504		24	114	18	156	180	13	180	36		180	11							
2.1.1.1.	Иностранный язык (английский язык)	2	1	180	36	144		5			144	36	5												
2.1.1.2.	История и философия науки	2	1	144	72	72		4	42	18	12	72	4												
2.1.1.3.	Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника	6	1,2	144	72	72		4	72			72	4												
2.1.1.4.	Диагностика пучков заряженных частиц		3,4	144	72	72		4						72			72	4							
2.1.1.5.	Методы формирования пучков частиц на ускорителях высоких энергий		3,4	144	72	72		4						72			72	4							
2.1.1.6.	Основы педагогики и психологии ВО		3,4	108	36	72		3						36	36		36	3							
2.1.2.	Элективные дисциплины*			144	72	72		4		72		72	4												
2.1.2.1.	Статистические методы обработки экспериментальных данных		1,2	72	36	36		2		36		36	2												
2.1.2.2.	Электрослабые взаимодействия		1,2	72	36	36		2		36		36	2												
2.1.2.3.	Экспериментальные методы в физике высоких энергий		1,2	72	36	36		2		36		36	2												
2.1.2.4.	Сильные взаимодействия		1,2	72	36	36		2		36		36	2												
2.2.	Практика			72	36		36	2											36	36	2				
2.2.1.	Педагогическая практика		6	72	36		36	2											36	36	2				
<b>3.</b>	<b>Итоговая аттестация</b>	<b>8</b>		<b>72</b>	<b>72</b>		<b>2</b>																	<b>72</b>	<b>2</b>
3.1	Оценка диссертации на предмет ее соответствия критериям	8		72	72		2																	72	2
	<b>Факультативные дисциплины</b>																								
	Современные эксперименты в физике высоких энергий		1,2	72	36	36		2		36		36	2												

\*из элективных дисциплин – выбирается две дисциплины (обязательно)

**Сводный учебный план программы аспирантуры  
по научной специальности 1.3.18 Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника  
2023-2024 учебный год**

Итого на подготовку	Итого		1 год обучения		2 год обучения		3 год обучения		4 год обучения	
	ЗЕ	Часов	ЗЕ	Часов	ЗЕ	Часов	ЗЕ	Часов	ЗЕ	Часов
	240	8640	60	2160	60	2160	60	2160	60	2160
<b>Научный компонент</b>	208	7488	43	1548	49	1764	58	2088	58	2088
Научная деятельность, направленная на подготовку диссертации к защите	162	5832	39	1404	39	1404	40	1440	50	1800
Подготовка публикаций и (или) заявок на патенты на изобретения, полезные модели, промышленные образцы, селекционные достижения, свидетельства о государственной регистрации программ для электронных вычислительных машин, баз данных, топологий интегральных микросхем	46	1656	10	360	10	360	18	648	8	288
<b>Образовательный компонент</b>	30	1080	17	612	11	396				
Обязательные дисциплины	24	864	13	468	11	396				
Элективные дисциплины	4	144	4	144						
Практика	2	72					2	72		
<b>Итоговая аттестация</b>	2	72							2	72
Оценка диссертации на предмет ее соответствия критериям	2	72							2	72

