

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
природоподобных, плазменных и
ядерных технологий им. И.В.**

Курчатова

Т.Е. Григорьев

Рабочая программа дисциплины (модуля)

по дисциплине:	Семинар по экспериментам в физике высоких энергий
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий Физтех-школа природоподобных, плазменных и ядерных технологий им. И.В. Курчатова кафедра теоретической астрофизики и квантовой теории поля
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

1 (осенний) - Дифференцированный зачет

2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 60 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: А.М. Зайцев, д-р физ.-мат. наук, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры теоретической астрофизики и квантовой теории поля 21.02.2025

Аннотация

Семинар призван сформировать у слушателей знания по экспериментальной физике на Большом адронном коллайдере и других ускорителях. Обучающиеся ознакомятся с постановкой экспериментов и основными результатами, полученным в экспериментах на БАК, методикой анализа данных в этих экспериментах.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- формирование знаний по экспериментальной физике на Большом адронном коллайдере и других ускорителях.

Задачи дисциплины

- формирование знаний по постановке экспериментов на Большом адронном коллайдере (БАК);
- формирование знаний по основным результатам, полученным в экспериментах на БАК.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1 Способен вести обмен деловой информацией в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и не менее чем на одном иностранном языке
	УК-4.3 Способен представлять результаты академической и профессиональной деятельности на различных научных мероприятиях, включая международные
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования

ОПК-5 Способен и готов к повышению квалификации, профессиональному росту и руководству коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	ОПК-5.2 Владеет навыком руководства малым коллективом в сфере своей профессиональной деятельности
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

постановку экспериментов на БАК и других ускорителях и методику анализа данных в этих экспериментах.

уметь:

интерпретировать экспериментальные результаты.

владеть:

методикой анализа данных, получаемых на ускорителях элементарных частиц.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Доклады и выступление на семинаре по физике высоких энергий.		30		15
2	Доклады и выступление на семинаре по физике высоких энергий.		30		15
Итого часов			60		30
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 1 (Осенний)

1. Доклады и выступление на семинаре по физике высоких энергий.
1. Экспериментальные установки на БАК
 - Конструкция и принцип работы установок CMS и ATLAS;
 - Трековая система установок CMS и ATLAS;
 - Калориметрические системы установок CMS и ATLAS.
 - Триггер и система сбора данных CMS.
 - Основные особенности установок LHCb и ALICE.
2. Поиск и исследование свойств бозона Хиггса
 - Зависимость сечения процессов образования бозона Хиггса в pp взаимодействиях от его массы.
 - Вероятности распадов бозона Хиггса по различным каналам.
 - Результаты поиска бозона Хиггса на БАК.
 - Измерение массы и ширины бозона Хиггса.
 - Измерение спина и четности бозона Хиггса
3. Исследование электрослабых процессов на БАК
 - Исследование процессов с образованием W и Z бозонов на БАК
 - Процессы образования пар и одиночных топ кварков.
 - Измерение массы топ кварков.

Семестр: 2 (Весенний)

2. Доклады и выступление на семинаре по физике высоких энергий.
4. Исследование КХД процессов в pp взаимодействиях
 - Процессы с образованием адронных струй с большими поперечными импульсами.
 - Измерение α_s при больших переданных импульсах.
5. Поиск темной материи, суперсимметрии и других явлений вне СМ
 - Сигнатуры образования суперсимметричных частиц.
 - Ограничения на параметры суперсимметрии, поставленные в экспериментах БАК.
 - Сигнатуры образования частиц темной материи.
 - Ограничения на параметры частиц темной материи, поставленные в экспериментах БАК.
 - Измерение вероятности распада Bs мезона на два мюона.
 - Сигнатура проявления дополнительных размерностей и результаты их поиска.
6. Исследование Pb-Pb взаимодействий
 - Общие характеристики процессов PbPb столкновений на БАК.
 - Измерение прицельного параметра для PbPb столкновений на БАК.
 - Измерение коллективных параметров для PbPb столкновений на БАК.
 - Образование адронных струй в PbPb столкновениях на БАК.
 - Образование тяжелых кваркониев в PbPb столкновениях на БАК

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Для занятий требуется аудитория, оборудованная доской, мультимедиапроектором и экраном.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

Фонд литературы кафедры

1. Evidence for the direct decay of the 125 GeV Higgs boson to fermions, Serguei Chatrchyan et al, Nature Phys. 10 (2014)
2. Measurement of the properties of a Higgs boson in the four-lepton final state, Serguei Chatrchyan et al, Phys.Rev. D89 (2014) 092007

Дополнительная литература

Фонд литературы кафедры

1. Interpretation of Searches for Supersymmetry with simplified Models, Serguei Chatrchyan et al, Phys.Rev. D88 (2013) 5, 052017.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Не используются

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Microsoft PowerPoint, Zoom, Google Meet.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий Физтех-школа природоподобных, плазменных и ядерных технологий им. И.В. Курчатова кафедра теоретической астрофизики и квантовой теории поля
курс:	<u>1</u>
квалификация:	магистр
Семестры, формы промежуточной аттестации:	
1 (осенний) - Дифференцированный зачет	
2 (весенний) - Дифференцированный зачет	
Разработчик:	А.М. Зайцев, д-р физ.-мат. наук, профессор

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1 Способен вести обмен деловой информацией в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и не менее чем на одном иностранном языке
	УК-4.3 Способен представлять результаты академической и профессиональной деятельности на различных научных мероприятиях, включая международные
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
ОПК-5 Способен и готов к повышению квалификации, профессиональному росту и руководству коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	ОПК-5.2 Владеет навыком руководства малым коллективом в сфере своей профессиональной деятельности
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Семинар по экспериментам в физике высоких энергий» обучающийся должен:

знать:

постановку экспериментов на БАК и других ускорителях и методику анализа данных в этих экспериментах.

уметь:

интерпретировать экспериментальные результаты.

владеть:

методикой анализа данных, получаемых на ускорителях элементарных частиц.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Не предусмотрено.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Экспериментальные установки на БАК
 - Конструкция и принцип работы установок CMS и ATLAS;
 - Трековая система установок CMS и ATLAS;
 - Калориметрические системы установок CMS и ATLAS.
 - Триггер и система сбора данных CMS.
 - Основные особенности установок LHCb и ALICE.
2. Поиск и исследование свойств бозона Хиггса
 - Зависимость сечения процессов образования бозона Хиггса в pp взаимодействиях от его массы.
 - Вероятности распадов бозона Хиггса по различным каналам.
 - Результаты поиска бозона Хиггса на БАК.
 - Измерение массы и ширины бозона Хиггса.
 - Измерение спина и четности бозона Хиггса
3. Исследование электрослабых процессов на БАК
 - Исследование процессов с образованием W и Z бозонов на БАК
 - Процессы образования пар и одиночных топ кварков.
 - Измерение массы топ кварков.
4. Исследование КХД процессов в pp взаимодействиях
 - Процессы с образованием адронных струй с большими поперечными импульсами.
 - Измерение α_s при больших переданных импульсах.
5. Поиск темной материи, суперсимметрии и других явлений вне СМ
 - Сигнатуры образования суперсимметричных частиц.
 - Ограничения на параметры суперсимметрии, поставленные в экспериментах БАК.
 - Сигнатуры образования частиц темной материи.
 - Ограничения на параметры частиц темной материи, поставленные в экспериментах БАК.
 - Измерение вероятности распада Bs мезона на два мюона.
 - Сигнатура проявления дополнительных размерностей и результаты их поиска.
6. Исследование Pb-Pb взаимодействий

- Общие характеристики процессов PbPb столкновений на БАК.
- Измерение прицельного параметра для PbPb столкновений на БАК.
- Измерение коллективных параметров для PbPb столкновений на БАК.
- Образование адронных струй в PbPb столкновениях на БАК.
- Образование тяжелых кваркониев в PbPb столкновениях на БАК

Критерии оценивания

Оценка "отлично" (10 баллов) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка "отлично" (9 баллов) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка "отлично" (8 баллов) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочётами.

Оценка "хорошо" (7 баллов) выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка "хорошо" (6 баллов) выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка "хорошо" (5 баллов) выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка "удовлетворительно" (4 балла) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка "удовлетворительно" (3 балла) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка "неудовлетворительно" (2 балла) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка "неудовлетворительно" (1 балл) выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

При проведении дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 1 час времени на подготовку. Во время проведения дифференцированного зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также любой литературой и вычислительной техникой.