

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

УТВЕРЖДЕНО

**и.о. директора физтех-школы
физики и исследований им.
Ландау**

А.А. Воронов

| | |
|----------------------------|---|
| | Рабочая программа дисциплины (модуля) |
| по дисциплине: | Суперсимметричные модели в физике элементарных частиц |
| по направлению: | Прикладные математика и физика |
| профиль подготовки: | Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра фундаментальных и прикладных проблем физики микромира |
| курс: | 1 |
| квалификация: | магистр |

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: А.В. Гладышев, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры фундаментальных и прикладных проблем физики микромира
25.05.2020

Аннотация

Данный курс содержит изложение основных теоретических концепций физики высоких энергий за пределами Стандартной Модели. Подробно рассматриваются $N=1$ суперсимметрия и Минимальная суперсимметричная Стандартная Модель. Обсуждаются неминимальные суперсимметричные расширения Стандартной Модели, с учетом экспериментальных результатов, полученных на Большом адронном коллайдере. Курс является углубленным и предназначен для студентов, специализирующихся в области теоретической физики.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- освоение студентами фундаментальных знаний в области современной физики элементарных частиц, изучение теоретических концепций физики высоких энергий за пределами Стандартной Модели, а также приобретение базовых навыков самостоятельной научно-исследовательской работы.

Задачи дисциплины

формирование базовых знаний в области теоретической физики и физики элементарных частиц;

обучение студентов современным методам теоретического описания явлений физики высоких энергий и навыкам решения сопутствующих задач;

формирование подходов к выполнению студентами исследований в области теоретической физики в рамках выпускных работ на степень магистра.

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 |
| ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук | ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук |
| | ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности |
| | ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности |
| 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-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения | ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения |
| | ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений |

| | |
|---|--|
| 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-5.1 Способен работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия |
| | ОПК-5.2 Владеет навыком руководства малым коллективом в сфере своей профессиональной деятельности |
| | ОПК-5.3 Стремится к получению новых знаний, профессиональному и личностному росту |
| 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-1.2 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 |

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

Преобразования суперсимметрии. Компонентные поля. Вспомогательные поля.
 Генераторы суперсимметрии.
 Алгебру суперсимметрии.
 Двух- и четырех-компонентные спиноры.
 Грассмановы переменные.
 Суперпространство и суперполя. Супермультиплеты.
 Киральные и антикиральные суперполя.
 Модель Весса-Зумино.
 Векторные суперполя.
 Калибровку Весса-Зумино.
 Лагранжиан $N=1$ суперсимметричной теории Янга-Миллса.
 Лагранжиан $N=1$ суперсимметричной теории Янга-Миллса с полями материи.
 Суперпотенциал.
 Скалярный потенциал в моделях с суперсимметрией.
 Механизм О'Райферти.
 Механизм Файе-Илиопулоса.
 МССМ – Минимальная суперсимметричная Стандартная Модель.
 R-четность.
 Нарушение суперсимметрии в МССМ. Параметры мягкого нарушения суперсимметрии.
 Массовые матрицы и смешивания.
 Уравнения ренормгруппы для параметров модели.
 Ограничения на массу легчайшего хиггсовского бозона в МССМ.
 Радиационное нарушение электрослабой симметрии в МССМ.
 Спектр бозонов Хиггса в МССМ.
 Теоретические и экспериментальные ограничения на значения параметров МССМ.
 Модели с расширенным хиггсовским сектором.
 Модели с нарушенной R-четностью.
 Модели с различными механизмами нарушения суперсимметрии.
 Суперсимметричные теории Великого Объединения.
 Основные процессы рождения и каналы распадов суперпартнеров.
 Последние результаты по экспериментальному поиску суперсимметрии.
 $N=2$ суперсимметричная теория Янга-Миллса. $N=2$ гипермультиплет.
 $N=4$ суперсимметричная теория Янга-Миллса.

уметь:

эффективно применять вышеуказанные знания на практике для решения фундаментальных и прикладных научных задач в области современной теоретической физики высоких энергий.

владеть:

техники работы с двух- и четырех-компонентными спинорами;
 техникой работы с грассмановыми переменными;
 техникой построения суперсимметричных лагранжианов;
 техникой построения и диагонализации массовых матриц суперчастиц;
 техникой описания процессов рождения и распадов суперчастиц.

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 | Стандартная Модель фундаментальных взаимодействий | 2 | 2 | | 6 |
| 2 | Пути решения проблем Стандартной Модели с помощью суперсимметрии | 2 | 2 | | 3 |
| 3 | Преобразования суперсимметрии | 2 | 2 | | 3 |
| 4 | $N=1$ суперсимметрия | 4 | 4 | | 4 |
| 5 | Спонтанное нарушение суперсимметрии | 2 | 2 | | 3 |
| 6 | Минимальная суперсимметричная Стандартная Модель | 4 | 4 | | 3 |
| 7 | Бозоны Хиггса в суперсимметричных теориях | 2 | 2 | | 3 |
| 8 | Пространство параметров МССМ | 2 | 2 | | 3 |
| 9 | Неминимальные суперсимметричные расширения Стандартной Модели | 4 | 4 | | 3 |
| 10 | Поиск суперсимметрии в неускорительных экспериментах | 2 | 2 | | 3 |
| 11 | Поиск суперсимметрии в ускорительных экспериментах | 2 | 2 | | 3 |
| 12 | Понятие о расширенной суперсимметрии | 2 | 2 | | 8 |
| Итого часов | | 30 | 30 | | 45 |
| Подготовка к экзамену | | 30 час. | | | |
| Общая трудоёмкость | | 135 час., 3 зач.ед. | | | |

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

Семестр: 2 (Весенний)

1. Стандартная Модель фундаментальных взаимодействий

Основные положения Стандартной Модели. Электромагнитные взаимодействия. Слабые взаимодействия. Сильные взаимодействия. Симметрии Стандартной Модели. Кварки и лептоны. Калибровочные поля. W , Z бозоны и глюоны. Лагранжиан Стандартной Модели

2. Пути решения проблем Стандартной Модели с помощью суперсимметрии

Бегущие константы связи. Великое Объединение. Скалярные поля в Стандартной Модели. Проблема иерархий. Решение проблемы иерархий с помощью суперсимметрии. Проблема темной материи и ее решение в рамках суперсимметричных расширений Стандартной Модели.

3. Преобразования суперсимметрии

Алгебра суперсимметрии. Понятие суперсимметрии. Преобразования суперсимметрии. Компонентные поля. Вспомогательные поля. Генераторы суперсимметрии. Алгебра суперсимметрии. Двух- и четырехкомпонентные спиноры. Грассмановы переменные.

4. N=1 суперсимметрия

N=1 суперсимметрия (часть I).

Суперпространство и суперполя. Супермультиплеты. Грассмановы переменные. Киральные и антикиральные суперполя. Разложение по компонентным полям. Модель Весса -Зумино.

N=1 суперсимметрия (часть II).

Векторные суперполя. Разложение векторного суперполя по компонентным полям. Калибровка Весса -Зумино. N=1 суперсимметричная теория Янга -Миллса. Построение инвариантов из киральных, антикиральных и векторных полей.

N=1 суперсимметрия (часть III).

Построение инвариантов из киральных, антикиральных и векторных полей. Построение лагранжианов. N=1 суперсимметричная теория Янга -Миллса с полями материи. Суперпотенциал. Скалярный потенциал в моделях с суперсимметрией.

5. Спонтанное нарушение суперсимметрии

Спонтанное нарушение суперсимметрии. Механизм О'Райферти и механизм Файе -Илиопулоса.

6. Минимальная суперсимметричная Стандартная Модель

МССМ – Минимальная суперсимметричная Стандартная Модель. Суперпартнеры. Взаимодействия частиц Стандартной Модели и суперпартнеров. R-четность. Нарушение суперсимметрии в МССМ. Мягкое нарушение суперсимметрии за счет эффектов гравитации. Параметры мягкого нарушения суперсимметрии.

Суперпартнеры – взаимодействия и массы. Массовые матрицы и смешивания. Уравнения ренормгруппы для параметров модели.

7. Бозоны Хиггса в суперсимметричных теориях

Хиггсовские бозоны в суперсимметричных теориях. Ограничения на массу легчайшего хиггсовского бозона (древесное приближение и радиационные поправки). Радиационное нарушение электрослабой симметрии в МССМ. Спектр бозонов Хиггса в МССМ.

8. Пространство параметров МССМ

Анализ пространства параметров МССМ. Теоретические и экспериментальные ограничения на значения параметров модели.

9. Неминимальные суперсимметричные расширения Стандартной Модели

Неминимальные расширения Стандартной Модели. Модели с расширенным хиггсовским сектором. Модели с нарушенной R - четностью.

Модели с различными механизмами нарушения суперсимметрии. Суперсимметричные теории Великого Объединения.

10. Поиск суперсимметрии в неускорительных экспериментах

«Суперсимметричная» темная материя. Сравнение предсказаний суперсимметричных теорий с результатами по прямому детектированию темной материи.

11. Поиск суперсимметрии в ускорительных экспериментах

Поиск суперсимметрии в экспериментах на коллайдерах (Tevatron , LHC). Основные процессы рождения и каналы распадов суперпартнеров. Обсуждение последних результатов по экспериментальному поиску суперсимметрии.

12. Понятие о расширенной суперсимметрии

Понятие о расширенной суперсимметрии. $N=2$ суперсимметричная теория Янга-Миллса. $N=2$ гипермультиплет. $N=4$ суперсимметричная теория Янга-Миллса.

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

Учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Суперсимметрия и супергравитация [Текст]/Ю. Весс, Дж. Беггер , -М., Мир, 1986
2. Введение в суперсимметрию и супергравитацию [Текст]/П. Уэст , -М., Мир, 1989
3. Вайнберг С., Квантовая теория поля, т. 3. Суперсимметрия, - М.: ФАЗИС, 2002.

Дополнительная литература

1. Sohnius M., Introducing supersymmetry, Phys. Rept., v.128, p.39 (1985).
2. Drees M., Godbole R.M., Roy P., Theory and Phenomenology of Sparticles, Singapore, World Scientific, 2004.

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

Доступные через интернет журналы по физике элементарных частиц (Успехи физических наук, Теоретическая и математическая физика, Физика элементарных частиц и атомного ядра, European Physical Journal C, Journal of High Energy Physics, Lecture Notes in Physics, Nuclear Physics B, Physics Letters B, Physics Reports, Physical Review D, Reviews of Modern Physics), а также учебное пособие и сборник задач, разработанные для данного курса.

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

Необходимое программное обеспечение Adobe Acrobat Reader.

Обеспечение самостоятельной работы: доступ к библиотеке и базам данных по журналам Успехи физических наук, Теоретическая и математическая физика, Физика элементарных частиц и атомного ядра, European Physical Journal C, Journal of High Energy Physics, Lecture Notes in Physics, Nuclear Physics B, Physics Letters B, Physics Reports, Physical Review D, Reviews of Modern Physics.

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.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

| | |
|---|---|
| по направлению: | Прикладные математика и физика |
| профиль подготовки: | Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра фундаментальных и прикладных проблем физики микромира |
| курс: | <u>1</u> |
| квалификация: | магистр |
| Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен | |
| Разработчик: | А.В. Гладышев, канд. физ.-мат. наук |

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 |
| ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук | ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук |
| | ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности |
| | ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности |
| 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-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения | ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения |
| | ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений |
| 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-5.1 Способен работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия |
| | ОПК-5.2 Владеет навыком руководства малым коллективом в сфере своей профессиональной деятельности |
| | ОПК-5.3 Стремится к получению новых знаний, профессиональному и личностному росту |
| 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-1.2 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 |

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Суперсимметричные модели в физике элементарных частиц» обучающийся должен:

знать:

Преобразования суперсимметрии. Компонентные поля. Вспомогательные поля.
Генераторы суперсимметрии.
Алгебру суперсимметрии.
Двух- и четырех-компонентные спиноры.
Грассмановы переменные.
Суперпространство и суперполя. Супермультиплеты.
Киральные и антикиральные суперполя.
Модель Весса-Зумино.
Векторные суперполя.
Калибровку Весса-Зумино.
Лагранжиан $N=1$ суперсимметричной теории Янга-Миллса.
Лагранжиан $N=1$ суперсимметричной теории Янга-Миллса с полями материи.
Суперпотенциал.
Скалярный потенциал в моделях с суперсимметрией.
Механизм О'Райфери.
Механизм Файе-Илиопулоса.
МССМ – Минимальная суперсимметричная Стандартная Модель.
R-четность.
Нарушение суперсимметрии в МССМ. Параметры мягкого нарушения суперсимметрии.
Массовые матрицы и смешивания.
Уравнения ренормгруппы для параметров модели.
Ограничения на массу легчайшего хиггсовского бозона в МССМ.
Радиационное нарушение электрослабой симметрии в МССМ.
Спектр бозонов Хиггса в МССМ.
Теоретические и экспериментальные ограничения на значения параметров МССМ.
Модели с расширенным хиггсовским сектором.
Модели с нарушенной R-четностью.
Модели с различными механизмами нарушения суперсимметрии.
Суперсимметричные теории Великого Объединения.
Основные процессы рождения и каналы распадов суперпартнеров.
Последние результаты по экспериментальному поиску суперсимметрии.
 $N=2$ суперсимметричная теория Янга-Миллса. $N=2$ гипермультиплет.
 $N=4$ суперсимметричная теория Янга-Миллса.

уметь:

эффективно применять вышеуказанные знания на практике для решения фундаментальных и прикладных научных задач в области современной теоретической физики высоких энергий.

владеть:

техникой работы с двух- и четырех-компонентными спинорами;
техникой работы с грассмановыми переменными;
техникой построения суперсимметричных лагранжианов;
техникой построения и диагонализации массовых матриц суперчастиц;
техникой описания процессов рождения и распадов суперчастиц.

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

Перечень контрольных вопросов для сдачи экзамена в 10-ом семестре:

1. Понятие суперсимметрии.
2. Преобразования суперсимметрии.
3. Компонентные поля.
4. Вспомогательные поля.
5. Генераторы суперсимметрии.
6. Алгебра суперсимметрии.
7. Двух- и четырех-компонентные спиноры.
8. Грассмановы переменные.

9. Суперпространство и суперполя.
10. Супермультиплеты.
11. Киральные и антикиральные суперполя.
12. Разложение по компонентным полям.
13. Модель Весса-Зумино.
14. Векторные суперполя.
15. Разложение векторного суперполя по компонентным полям.
16. Калибровка Весса-Зумино.
17. $N=1$ суперсимметричная теория Янга-Миллса.
18. Построение инвариантов из киральных, антикиральных и векторных полей.
19. $N=1$ суперсимметричная теория Янга-Миллса с полями материи.
20. Суперпотенциал.
21. Скалярный потенциал в моделях с суперсимметрией.
22. Спонтанное нарушение суперсимметрии.
23. Механизм О'Райферти.
24. Механизм Файе-Илиопулоса.
25. МССМ – Минимальная суперсимметричная Стандартная Модель.
26. Суперпартнеры. Взаимодействия частиц Стандартной Модели и суперпартнеров.
27. R-четность.
28. Нарушение суперсимметрии в МССМ. Мягкое нарушение суперсимметрии за счет эффектов гравитации. Параметры мягкого нарушения суперсимметрии.
29. Массовые матрицы и смешивания.
30. Уравнения ренормгруппы для параметров модели.
31. Хиггсовские бозоны в суперсимметричных теориях.
32. Ограничения на массу легчайшего хиггсовского бозона (древесное приближение и радиационные поправки) в МССМ.
33. Радиационное нарушение электрослабой симметрии в МССМ.
34. Спектр бозонов Хиггса в МССМ.
35. Теоретические и экспериментальные ограничения на значения параметров МССМ.
36. Модели с расширенным хиггсовским сектором.
37. Модели с нарушенной R-четностью.
38. Модели с различными механизмами нарушения суперсимметрии.
39. Суперсимметричные теории Великого Объединения.
40. Суперсимметричная темная материя.
41. Сравнение предсказаний суперсимметричных теорий с результатами по прямому детектированию темной материи.
42. Основные процессы рождения и каналы распадов суперпартнеров.
43. Последние результаты по экспериментальному поиску суперсимметрии.
44. Понятие о расширенной суперсимметрии.
45. $N=2$ суперсимметричная теория Янга-Миллса. $N=2$ гипермультиплет.
46. $N=4$ суперсимметричная теория Янга-Миллса.

Примеры экзаменационных билетов:

Билет 1.

1. Понятие суперсимметрии.
2. Механизм Файе-Илиопулоса.

Билет 2.

1. Преобразования суперсимметрии.
2. МССМ – Минимальная суперсимметричная Стандартная Модель.

Билет 3.

1. Компонентные поля.
2. Суперпартнеры. Взаимодействия частиц Стандартной Модели и суперпартнеров.

Билет 4.

1. Вспомогательные поля.
2. R-четность.

Билет 5.

1. Генераторы суперсимметрии.

2. Нарушение суперсимметрии в МССМ. Мягкое нарушение суперсимметрии за счет эффектов гравитации. Параметры мягкого нарушения суперсимметрии.

Критерии оценивания

Обучающемуся ставится оценка в соответствии с продемонстрированным уровнем подготовки; оценивание производится на усмотрения экзаменатора в соответствии с особенностями дисциплины и следующими критериями:

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 оценивания знаний обучающемуся предоставляется время на подготовку на усмотрение экзаменатора. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать одного астрономического часа. Оценивание знаний производится в соответствии с вышеуказанными критериями в соответствии с содержанием дисциплины.