

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО:
Декан физического факультета
С.Н. Филимонов

Оценочные материалы по дисциплине

Суперсимметрия

по направлению подготовки

03.04.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки:
Фундаментальная и прикладная физика

Форма обучения
Очная

Квалификация
Магистр

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
О.Н. Чайковская

Председатель УМК
О.М. Сюсина

1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-1 – Способен проводить научные исследования в выбранной области с использованием современных экспериментальных и теоретических методов, а также информационных технологий.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК-1.1 – Собирает и анализирует научно-техническую информацию по теме исследования, обобщает научные данные в соответствии с задачами исследования.

ИПК-1.2 – Умеет выделять и систематизировать основные цели исследований в выбранной области физики, извлекать информацию из различных источников, включая периодическую печать и электронные коммуникации, представлять её в понятном виде и эффективно использовать.

ИПК-1.3 Владеет навыками аналитической переработки информации, проведения исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий, обобщения и представления результатов, полученных в процессе решения задач исследования.

2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля.

I. По Темам 1-9 курса предусмотрены Задания (ИПК-1.1, ИПК-1.2, ИПК-1.3).

Пример Задания по Теме 2. Суперпространство

Дать ответы в виде текста на контрольные вопросы по теме.

Контрольные вопросы:

1. Дать определение суперпространства $R^{(4|4)}$.
2. Сформулировать правила левого и правого дифференцирования в $R^{(4|4)}$.
3. Дать определение суперскобки Ли и привести примеры.
4. Доказать супертождества Якоби для суперскобки Ли.

Критерии оценивания: результаты задания определяются оценками «зачтено» и «не зачтено». Оценка «зачтено» выставляется, если студент дает правильный ответ на три вопроса, то есть понимает используемые термины и формулы и получил правильный ответ. При невыполнении указанных критериев оценки «зачтено» выставляется оценка «не зачтено».

3. Оценочные материалы итогового контроля и критерии оценивания

Зачет в 1 семестре проводится в устной форме по экзаменационным билетам.

Билет содержит два теоретических вопроса, проверяющие сформированность компетенции ПК 1 в соответствии с индикаторами достижения компетенции ИПК 1.1, ИПК 1.2, ИПК 2.3. После ответа на билет студент отвечает на уточняющие и дополнительные вопросы из открытого перечня вопросов экзаменационных билетов.

Открытый перечень вопросов, выносимых на зачет.

1. Определение алгебры Грассмана.
2. Понятие суперчисла и грассмановой четности суперчисла.
3. Дифференцирование в суперпространстве.
4. Интегрирование в суперпространстве.
5. Суперскобка Ли. Супертождества Якоби.
6. Матрицы Дирака и спиноры в различных размерностях.
7. Метод нелинейных реализаций групп Ли.

8. $N=1$ супералгебра Пуанкаре в произвольной размерности.
9. Структура неприводимых унитарных представлений $N=1$, $d=4$ супералгебры Пуанкаре.
10. Ковариантная производная. Алгебра ковариантных производных.
11. Киральное суперполе.
12. Вариационный принцип в суперполевым подходе.
13. Функционал действия в суперполях и компонентах.
14. Переход к компонентам в суперполевым функционале действия. Суперсимметрия вне и на массовой оболочке.
15. Киральный мультиплет. Модель Весса-Зумино.
16. Суперсимметричная теория поля Янга-Миллса. Векторный мультиплет в компонентах и в суперполях. Суперполевые калибровочные преобразования.
17. Дифференциальные формы на суперпространстве. Тетрада, связность и кривизна. Тождества Бьянки.
18. Суперсимметричная теория поля Янга-Миллса в геометрическом подходе. Условия связи. Решение тождеств Бьянки и условий связи.

Отметка «Зачтено» ставится студенту при правильном ответе не менее чем на 60% вопросов билета и дополнительных вопросов.

4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)

Теоретические вопросы (ИПК-1.2, ИОПК-1.1):

1. Киральное суперполе и его свойства.

Ответ должен содержать определение кирального суперполя, как комплексного скалярного суперполя, ковариантная производная которого обращается в ноль. Должно быть предъявлено компонентное разложение комплексного скалярного суперполя по грасммановым переменным и условие киральности должно быть решено явно. В итоге, должно быть установлено, что киральный мультиплет содержит два комплексных скалярных поля и один комплексный вейлевский спинор. Должна быть указана связь киральных суперполей с голоморфными супер полями и отмечено, что линейная комбинация и произведение киральных суперполей являются киральными супер полями.

2. Переход к компонентным полям в суперполевым функционале действия модели Весса-Зумино.

Ответ должен содержать явные выражения для компонентных полей модели в терминах ковариантных производных исходного комплексного кирального суперполя. Мера интегрирования по суперпространству $R^{4|4}$ должна быть представлена в виде произведения меры интегрирования по пространству Минковского, квадрата ковариантной производной и квадрата комплексно сопряженной ковариантной производной. Должно быть явно вычислено действие указанного дифференциального оператора на функцию Лагранжа, представляющую собой произведение кирального суперполя на его комплексное сопряжение, и все множители представлены в виде компонентных полей с помощью формул, полученных на первом этапе ответа. Результирующее выражение должно содержать сумму кинетического слагаемого модели свободного комплексного безмассового скалярного поля, кинетического слагаемого модели свободного безмассового вейлевского спинора и квадрата модуля вспомогательного скалярного поля, которое не является динамическим.

Информация о разработчиках

Галажинский А.В., доктор физико-математических наук, профессор РАН, профессор кафедры квантовой теории поля ФФ НИ ТГУ.