

**Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
«Международный университет природы, общества и человека «Дубна»
(университет «Дубна»)
Факультет естественных и инженерных наук
Кафедра теоретической физики**

УТВЕРЖДАЮ

проректор по учебной работе

_____ С.В. Моржухина

« _____ » _____ 2011 г.

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Суперсимметрия

Магистерская программа 010700.68

«Теоретическая и математическая физика»

(№, наименование направления, специальности)

Форма обучения: очная

Уровень подготовки: *магистр*

Курс 5, семестр 9

г. Дубна, 2011 г.

1. Выписка из ГОС ВПО

Относится к дисциплинам регионального компонента цикла ДН(М). Знания, умения и навыки определяются ООП ВУЗа

2. Аннотация

Программа дисциплины «Суперсимметрия» составлена в соответствии с разделом ДНМ ГОС ВПО магистерской программы «**Теоретическая и математическая физика**». Дисциплина «Суперсимметрия» входит региональный компонент цикла ДНМ.

Место курса в профессиональной подготовке магистров

Данный курс является специальным, однако он предполагает наличие у студентов лишь основных знаний по ряду уже пройденных ими разделов высшей математики (математический анализ, теория функций, теория групп и т.п.), а также по квантовой механике. Полезным является параллельное прослушивание ими курса квантовой теории поля, поскольку в данных лекциях активно используются многие понятия из этой теории (лагранжиан, одночастичные состояния, вакуум, гильбертово пространство и т.п.).

Курс в известной степени самодостаточен: изложение специальных вопросов всегда предваряется напоминанием конкретных понятий теории групп, квантовой теории поля и дифференциальной геометрии, знание которых необходимо для понимания основного материала. Таким образом, курс призван не только существенно расширить кругозор слушателей в области теоретической физики, но и научить их применять уже известный им по другим курсам математический аппарат при встрече с новыми идеями и концепциями. Многие технические вопросы излагаемого в лекциях материала оформлены в виде упражнений, предлагаемых студентам на семинарских занятиях, что способствует его более активному усвоению.

Формы работы студентов

При изучении курса «Суперсимметрия» студенты должны прослушать лекции, а также проделать необходимую самостоятельную работу: вывести некоторые формулы, доказать утверждения, решить задачи. Для самостоятельной работы студенты используют рекомендуемую научно-учебную литературу.

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом, выполняется в ходе семестра в форме домашних работ. Для самостоятельной работы студенты используют конспекты лекций, общедоступные монографии и ряд статей из обзорных журналов.

Виды текущего контроля

Текущий контроль усвоения студентами полученных знаний осуществляется в виде опросов и обсуждения решения предложенных задач. Текущий контроль проводится, чтобы установить степень усвоения студентами лекционного материала, а также проверить их навыки в решении конкретных задач.

Форма промежуточного контроля

Зачет, экзамен.

3. Цели и задачи дисциплины

Основная цель - дать студентам представление, на достаточно простом уровне, о суперсимметрии, которая по современным воззрениям лежит в основе поиска единой теории

всех взаимодействий. Именно суперсимметрия является базисной концепцией теории суперструн как наиболее вероятного кандидата на роль такой единой теории.

Задача курса — не только только существенно расширить кругозор слушателей в области теоретической физики, но и научить их применять уже известный им по другим курсам математический аппарат при встрече с новыми идеями и концепциями.

4. Требования к уровню освоения содержания дисциплины (знания, умения, навыки)

В результате изучения данного курса будущий магистр-теоретик должен **владеть** теорией представлений групп Лоренца и Пуанкаре на полях в пространстве Минковского, основными понятиями теории суперсимметрии, такими как алгебра суперсимметрии, суперпространство, суперполе, **знать** основные суперсимметричные модели, **иметь представление** о спонтанном нарушении суперсимметрии, о супергравитации и расширенной суперсимметрии, **уметь** делать вычисления в пространствах разных размерностей, иметь **навык** самостоятельного изучения ("с карандашом") монографий и оригинальных работ по суперсимметрии и смежным предметам,

5. Объем дисциплины и виды учебной работы (в часах)

Вид занятий	Всего часов	9-й семестр
Общая трудоемкость	150	150
Аудиторные занятия:	68	68
Лекции	34	34
Семинары	34	34
Самостоятельная работа:	82	32
Промежуточная аттестация		Зачет, Экзамен

6. Разделы дисциплины и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Лекции (час.)	Семинары	Самост. работа
1	Методы теории групп	6	6	25
2	Группа Пуанкаре	4	4	20
3.	Алгебра суперсимметрии	8	8	20
4.	Суперпространство и суперполя	4	4	20
5.	Суперсимметричные модели	4	4	22
6.	Простая супергравитация	6	6	22
7.	Расширенная суперсимметрия	2	2	21

Содержание разделов дисциплины

1. Группы и алгебры: определения и примеры. Группы и алгебры Ли: генераторы, представления, операторы Казимира. Скобка Ли. Группа $SU(2)$ и её представления. Группы внутренних и пространственно-временных симметрий. Глобальные и локальные симметрии.
2. Группа Лоренца и группа Пуанкаре, их реализация на координатах пространства

Минковского и полях. 2-х компонентный спинорный формализм. Операторы Казимира группы Пуанкаре: оператор квадрата массы и оператор квадрата спина. Вектор Паули-Любанского. Неприводимые представления в массивном и безмассовом случаях. Спиральность.

3. Алгебра простой и расширенной суперсимметрий Пуанкаре. Представления на одночастичных состояниях и полях: массивный и безмассовый случаи. Физические и вспомогательные поля, простейшие лагранжианы. Суперспин и суперизоспин, суперрасширение вектора Паули-Любанского.
4. Суперпространство как расширение пространства Минковского антикоммутирующими грассмановыми координатами. Алгебры Грассманна. Суперполя. Спинорные ковариантные производные. Интеграл Березина. Общее и киральное $N = 1$ суперпространства. Инвариантные суперполевые действия.
5. Модель Весса-Зумино: суперполевое и компонентное действия. $N = 1$ калибровочная теория. Препотенциал и калибровка Весса-Зумино. $N = 1$ суперсимметричная электродинамика. Спонтанное нарушение суперсимметрии. Механизм Файе-Илиопулоса.
6. Поле гравитино из локализации супертрансляций. Компонентное действие $N = 1$ супергравитации. Супергравитация в суперпространстве. Метод суперконформных компенсаторов, супермультиплет Вейля. Суперполевая геометрия $N = 1$ супергравитации. Суперполевое действие минимальной $N = 1$ супергравитации Эйнштейна.
7. Расширенные суперсимметрии с центральными зарядами в $d = 4$ как простые суперсимметрии в $d > 4$. Размерная редукция. Калибровочные теории с расширенной суперсимметрией в $d = 4$ как редукция теорий в $d = 6$ и $d = 10$. Максимально расширенная $N = 8$, $d = 4$ супергравитация из $N = 1$, $d = 11$ супергравитации.

Практические занятия (семинары)

пп №	раздела дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)
1.	1	Матрицы Паули. Оператор Казимира группы SU(2). Тождества с антисимметричными символами.
2.	1	Неприводимые представления ортогональных и унитарных групп.
3.	1	Скобки Ли в линейной группе GL(n) и в унитарной группе U(n).
4.	1	Матрицы Вейля. Активные и пассивные преобразования полей. Преобразования спинорных полей.
5.	2	Операторы Казимира в группе Пуанкаре. Коммутационные соотношения для вектора Паули-Любаньского.
6.	2	Токи и заряды для группы Пуанкаре, а также для внутренних симметрий.
7	3	Четность в алгебре Грассмана. Перестановочные соотношения для свободных бозонных и фермионных полей.

8	3	Проверка скобки Ли одномерных преобразований суперсимметрии. Тождество Якоби с градуировкой. Токи Нетер для суперзарядов.
9	3	Проверка алгебры суперсимметрии. Тождества Якоби в алгебре суперсимметрии.
10	3	Проверка замыкания алгебры суперсимметрии на физических и вспомогательных полях.
11	4	Подсчет числа состояний в мультиплете расширенной суперсимметрии. Модификация вектора Паули-Любаньского.
12	4	Алгебра спинорных производных в $N=1$ суперсимметрии. Суперсимметричные дифференциальные формы.
13	5	Компонентные разложения киральных суперполей. Переход от суперполевого к компонентному полевому действию.
14	5	Компонентное разложение калибровочного суперполя в суперсимметричной электродинамике.
15	5	Компонентное разложение калибровочного суперполя в суперсимметричной теории Янга-Миллса.
16	7	Суперполевое действие минимальной $N = 1$ супергравитации Эйнштейна.
17		Зачетная неделя

Учебно-методическое обеспечение дисциплины

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. **Хамермеш М.** Теория групп и ее применение к физическим проблемам / Хамермеш Мортон; Пер.с англ. Ю.А.Данилова. - 3-е изд. - М.: ЛИБРОКОМ, 2010.
2. **Б.А. Дубровин, С.П. Новиков, А.Т. Фоменко.** ``Современная геометрия'', т. 1. М.: УРСС, 2001.
3. **Ю. Весс, Дж. Бэггер.** ``Суперсимметрия и супергравитация'', Изд-во Новокузнецкого физ.-мат. института, 1998. (любое издание)
4. **П. Уэст.** ``Введение в суперсимметрию и супергравитацию'', М.: Мир, 1989.
5. **Е.А. Иванов,** Лекции по суперсимметрии, Конспект лекций. Электронное пособие, Дубна, 2010 [*прилагается на диске*]

Статьи в периодических изданиях

6. **В. И. Огиевецкий, Л. Мезинческу.** ``Симметрии между бозонами и фермионами и суперполя'', УФН, 1975, т. 117, с. 637.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

7. **Желобенко Д.П.** Представления групп Ли / Желобенко Дмитрий Петрович, Штерн Александр Исаакович. - М.: Наука, 1983.
8. **А. Барут, Р. Рончка.** ``Теория представлений групп и её приложения'', в 2 томах, М.: Мир, 1980.

Интернет-ресурсы (конспекты лекций в электронном архиве hep-th)

1. S.J.Gates Jr, M.T.Grisaru, M.Rocek, W.Siegel. Superspace. [hep-th/0108200](https://arxiv.org/abs/hep-th/0108200) [Front.Phys. 58 (1983) 1-548]
2. P.C.West. Introduction to Rigid Supersymmetric Theories. [hep-th/9805055](https://arxiv.org/abs/hep-th/9805055)
3. A.Bilal.Introduction to Supersymmetry.[hep-th/0101055](https://arxiv.org/abs/hep-th/0101055)
4. J.D.Lykken. Introduction to Supersymmetry.[hep-th/9612114](https://arxiv.org/abs/hep-th/9612114)
5. J.Figueroa-O'Farrill.BUSSTEPP Lectures on Supersymmetry. [hep-th/0109172](https://arxiv.org/abs/hep-th/0109172)
6. O.Piguet. Introduction to Supersymmetric Gauge Theories. [hep-th/9710095](https://arxiv.org/abs/hep-th/9710095)
7. S.Krippendorf, F.Quevedo, O.Schlotterer. Cambridge Lectures on Supersymmetry and Extra Dimensions. [arXiv:1011.1491](https://arxiv.org/abs/1011.1491)
8. S.P.Martin. A Supersymmetry Primer.[hep-ph/9709356](https://arxiv.org/abs/hep-ph/9709356)
9. L.Frappat, A.Sciarrino, P.Sorba.Dictionary on Lie Superalgebras. [hep-th/9607161](https://arxiv.org/abs/hep-th/9607161)
10. A.vanProeyen. Tools for supersymmetry.[hep-th/9910030](https://arxiv.org/abs/hep-th/9910030)
11. P.vanNieuwenhuizen. Supersymmetry, supergravity, superspace and BRST symmetry in a simple model.[hep-th/0408179](https://arxiv.org/abs/hep-th/0408179)
12. H.Nastase. Introduction to supergravity.[arXiv:1112.3502](https://arxiv.org/abs/1112.3502)