**Санкт-Петербургский государственный университет**

**Р А Б О Ч А Я П Р О Г Р А М М А**

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Теория критических явлений

Theory of Critical Phenomena

**Язык(и) обучения**

русский

Трудоемкость в зачетных единицах: 3

Регистрационный номер рабочей программы: 003670

**Раздел 1. Характеристики учебных занятий**

**1.1. Цели и задачи учебных занятий**

Формирование у студентов, обучающихся по учебному плану кафедры статистической физики, представления о разнообразных методах, используемых для описания критических систем и построения теории сложных физических явлений.

**1.2. Требования подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты)**

Для успешного освоения программы учебной дисциплины обучающиеся должны прослушать курсы «Статистическая физика», «Диаграммные разложения в статистической физике» и «Дополнительные главы статистической » или аналогичные в объёме бакалавриата по направлениям «Физика», «Радиофизика» или «Прикладные математика и физика». Обучающиеся должны знать основные положения статистической физики и основные методы квантовой теории поля.

**1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)**

Прослушав курс, студенты должны:  
- владеть методами квантово-полевой ренормализационной группы,  
- понимать сущность проблемы голдстоуновских сингулярностей и знать методы их обработки,  
- иметь представление о вильсоновскм операторном разложении (алгебре флуктуирующих операторов) .

**1.4. Перечень и объём активных и интерактивных форм учебных занятий**

Консультации, практические занятия, текущий контроль, промежуточная аттестация.

**Раздел 2. Организация, структура и содержание учебных занятий**

**2.1. Организация учебных занятий**

**2.1.1 Основной курс**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Код модуля в составе дисциплины,  практики и т.п. | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | | | | | | | | | | Самостоятельная работа | | | | Объём активных и интерактивных  форм учебных занятий | Трудоёмкость |
| лекции | семинары | консультации | практические  занятия | лабораторные работы | контрольные работы | коллоквиумы | текущий контроль | промежуточная  аттестация | итоговая аттестация | под руководством преподавателя | в присутствии  преподавателя | сам. раб. с использованием  методических материалов | текущий контроль (сам.раб.) | промежуточная аттестация (сам.раб.) | итоговая аттестация  (сам.раб.) |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Форма обучения: очная | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Семестр 3 | 30 |  | 2 |  |  |  |  |  | 2 |  |  | 15 | 5 |  | 54 |  | 4 | 3 |
|  | 2-15 |  | 2-15 |  |  |  |  |  | 2-15 |  |  | 2-15 | 1-1 |  | 1-1 |  |  |  |
| ИТОГО | 30 |  | 2 |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 20 |  | 54 |  |  | 3 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Виды, формы и сроки текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | | | | | | |
| Код модуля в составе дисциплины, практики и т.п. | Формы текущего контроля успеваемости | | Виды промежуточной аттестации | | Виды итоговой аттестации  (только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ) | |
| Формы | Сроки | Виды | Сроки | Виды | Сроки |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | |
| Форма обучения: очная | | | | | | |
| Семестр 3 |  |  | экзамен, устно, традиционная форма | по графику промежуточной аттестации |  |  |

Минимальный и максимальный размеры группы обучающихся: 2-10 слушателей.

**2.2. Структура и содержание учебных занятий**

Основные темы и вопросы курса.

1. Феноменологическое описание фазовых переходов 2-го рода. Гипотезы универсальности и подобия. Критические индексы, универсальные отношения.

2. Теория среднего поля Ландау.

3. Гидродинамическое приближение. Критерий Гинзбурга.

4. Преобразование Каданова. Блочные гамильтонианы.

5. Гауссово приближение.

6. Вильсоновская ренормализационная группа, неподвижные точки,

критические поверхности, критические индексы.

7. Гауссова неподвижная точка.

8. 4-ε-разложение теории φ4.

9. Ренормализационная группа в динамике.

10. Теория ренормировки, константы ренормировки, уравнения РГ, канонические и аномальные размерности, логарифмичность теории.

11. Связь вильсоновской и квантово-полевой ренормализационных групп.

12. Универсальность критического поведения. Составные операторы.

13. . 4-ε и 1/n - разложения.

14. Инстантонный анализ, сходимость ε - рядов, пересуммирование по Борелю.

15. Универсальные отношения и скейлинговые функции.

16. Сингулярности скейлинговых функций. Операторное разложение Вильсона.

17. Голдстоуновские сингулярности. Инфракрасная теория возмущений.

18. РГ в задачах случайных блужданий, скейлинг полимерной цепи.

**Раздел 3. Обеспечение учебных занятий**

**3.1. Методическое обеспечение**

**3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины необходимо регулярно посещать лекционные занятия и достаточно подробно конспектировать лекции. Перед занятиями обучающимся рекомендуется прочитать конспект предыдущей лекции, отметить возникшие вопросы. Желательно ознакомиться с темой предстоящей лекции (по п. 2.2 данной рабочей программы дисциплины). В течение и в конце лекции обучающиеся могут задать лектору уточняющие вопросы.

**3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы обучающиеся должны использовать методические материалы, рекомендованные преподавателем, включая рекомендованную литературу (п. 3.4), презентации лекций и набор контрольных вопросов (представленный в п. 3.1.4). Проверка знаний при помощи последних позволяет выявить проблемные места, которые следует разобрать при помощи рекомендованной литературы. Для получения дополнительной информации по изучаемой дисциплине рекомендуется использовать ресурсы, размещённые в сети интернет.

**3.1.3 Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания**

Промежуточная аттестация проводится в форме устного экзамена по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса. На подготовку ответа на билет обучающемуся предоставляется 40 минут. После ответа на основные вопросы билета, преподаватель вправе задать дополнительные вопросы по любой теме из списка вопросов, вынесенных на экзамен. В качестве дополнительных используются только вопросы, не требующие длительного вывода и трудоемких вычислений, в том числе определения, основные формулы и графики.

Критерии оценивания: полнота изложения материала, правильность ответа, степень владения материалом из разных частей курса, степень понимания физического смысла и границ применимости моделей.

Оценка «отлично» выставляется, если выполняются оба условия:

1. обучающимся даны полные исчерпывающие ответы по всем вопросам билета, обучающийся свободно ориентируется в материале;
2. обучающийся отвечает на все дополнительные вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется, если выполняются оба условия

1. обучающимся дан полный ответ на один из вопросов билета, по второму вопросу написаны все определения, основные формулы и графики (в случае наличия);
2. обучающийся отвечает более чем на 3/4 дополнительных вопросов.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если выполняются оба условия

1. по обоим вопросам написаны все основные определения, формулы и графики (в случае наличия);
2. обучающийся дает правильный ответ более чем на половину заданных дополнительных вопросов.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если не выполняются условия для получения оценок «отлично», «хорошо» и «удовлетворительно».

Знания курса оцениваются по пятибалльной шкале:

5 баллов - Ответ полный, без замечаний, дана интерпретация полученных результатов, проиллюстрировано практическими примерами, есть элементы творческого отношения к предмету.

4 балла - В ответе есть незначительные упущения, вывод основных соотношений дан недостаточно подробно, дана интерпретация полученных результатов, проиллюстрировано практическими примерами.

3 балла - В ответе есть упущения, не все основные соотношения написаны или в их выводе допущены ошибки, не полная интерпретация полученных результатов, проявлена несистематичность в знаниях.

2 балла - Продемонстрировано знание некоторых основных положений теории при существенных упущениях в деталях, слабое представление о практическом применении теории.

1 балл - Нет ответа на поставленный вопрос (основные соотношения отсутствуют или написаны неверно).

Экзамены проводятся в соответствии с расписанием экзаменационных сессий.

Оценке отлично соответствует 5 баллов.

Оценке хорошо соответствует 4 балла.

Оценке удовлетворительно соответствует 3 балла.

Оценке неудовлетворительно соответствует 1 или 2 балла.

**3.1.4 Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы, оценочные средства)**

Примерный перечень вопросов к устному экзамену по курсу:

1. Фазовые переходы 2-го рода.
2. Теория среднего поля
3. Гидродинамическое приближение.
4. Критерий Гинзбурга
5. Преобразование Каданова
6. Гауссово приближение
7. Вильсоновская ренормализационная группа
8. Неподвижные точки, критические поверхности, критические индексы
9. Гауссова неподвижная точка
10. 4-ε разложение теории φ4
11. Квантово-полевая ренормализационная группа
12. Связь вильсоновской и квантово-полевой ренормализационных групп
13. Универсальность критического поведения. Составные операторы
14. 4-ε и 1/n - разложения, сходимость ε - рядов,
15. Универсальные отношения и скейлинговые функции
16. Сингулярности скейлинговых функций. Операторное разложение Вильсона
17. Голдстоуновские сингулярности. Инфракрасная теория возмущений
18. Стацфаза в 0-мерной теории поля, пересуммирование по Борелю.

**3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса**

|  |
| --- |
| Анкета  Просим вас заполнить анкету-отзыв по прочитанной дисциплине. Обобщенные данные анкет будут использованы для ее совершенствования.  По каждому вопросу проставьте соответствующие оценки по шкале от 1 до 10 баллов. В случае необходимости впишите свои комментарии.  1. Насколько вы удовлетворены содержанием дисциплины в целом? \_\_\_\_\_  Комментарий\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  2. Насколько вы удовлетворены общим стилем преподавания? \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Комментарий\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  3. Как вы оцениваете качество подготовки предложенных методических материалов? \_\_\_  Комментарий\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  4. Насколько вы удовлетворены использованием преподавателями активных интерактивных методов обучения? \_\_\_\_\_\_  Комментарий\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  5. Какой из разделов дисциплины вы считаете наиболее полезным, ценным с точки зрения дальнейшего обучения и/или применения в последующей практической деятельности?\_\_\_\_\_\_\_\_  Комментарий\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  6. Что бы вы предложили изменить в методическом и содержательном плане для совершенствования преподавания данной дисциплины?\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Комментарий\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  СПАСИБО! |

**3.2. Кадровое обеспечение**

**3.2.1 Образование и (или) квалификация штатных преподавателей и иных лиц, допущенных к проведению учебных занятий**

Преподаватель должен иметь степень кандидата или доктора физико-математических наук (либо: кандидата или доктора технических наук и т.п.; либо: высшее образование, соответствующее профилю преподаваемой дисциплины), а также желательно наличие учёного звания; требуется наличие публикаций по тематике данной дисциплины в периодических рецензируемых журналах, индексируемых библиографическими базами данных Web of Science и/или Scopus (либо: журналах, входящих в первый или второй квартиль согласно Web of Science и/или SCImago/Scopus).

**3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом**

не требуется

**3.3. Материально-техническое обеспечение**

**3.3.1 Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий**

Стандартно оборудованные лекционные аудитории.

**3.3.2 Характеристики аудиторного оборудования, в том числе неспециализированного компьютерного оборудования и программного обеспечения общего пользования**

доска, мел

**3.3.3 Характеристики специализированного оборудования**

нет

**3.3.4 Характеристики специализированного программного обеспечения**

нет

**3.3.5 Перечень и объёмы требуемых расходных материалов**

1 коробка мела

**3.4. Информационное обеспечение**

**3.4.1 Список обязательной литературы**

1. Ма Ш. Современная теория критических явлений. М. 1980.  
2. Паташинский А.З., Покровский В.Л. Флуктуационная теория фазовых  
переходов. М. 1982.  
3. Васильев А.Н. Функциональные методы в квантовой теории поля и  
статистике. Л. 1976.  
4. Васильев А.Н. Квантовополевая ренормгруппа в теории критического поведения и стохастической динамике. С.П-б 1998

**3.4.2 Список дополнительной литературы**

1. Brezin E., Le-Guillou J.C., Zinn-Justin J. Phase Transitions and  
Critical Phenomena. N.Y. 1976, v. 6.  
2. Коллинз Дж. Перенормировка. М. 1988.  
3. Налимов М.Ю. ТМФ т. 80, N 2, 1989.

**3.4.3 Перечень иных информационных источников**

**Раздел 4. Разработчики программы**

Налимов Михаил Юрьевич, д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры статистической физики, m.nalimov@spbu.ru