**Санкт-Петербургский государственный университет**

**Р А Б О Ч А Я П Р О Г Р А М М А**

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Многократное рассеяние света

Multiple Light Scattering

**Язык(и) обучения**

русский

Трудоемкость в зачетных единицах: 3

Регистрационный номер рабочей программы: 021839

**Раздел 1. Характеристики учебных занятий**

**1.1. Цели и задачи учебных занятий**

Целью изучения дисциплины является обучение аспирантов новому современному направлению в физике неоднородных конденсированных систем: исследование распространения электромагнитных волн в сильно неоднородных средах. Теоретическое изучение распространения и рассеяния электромагнитных волн в неоднородных диэлектрических средах, многократное рассеяние волн, изучение когерентных и интерференционных эффектов при многократном рассеянии волн.

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

Обучающиеся должны иметь знания по общей физике, классической механике и электродинамике, статистической физике. Необходимо также знание математического анализа, владение аппаратом математической физики.

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

Изучив курс, аспиранты должны знать особенности решения конкретных задач рассеяния волн в различных средах, иметь отчетливое представления об основных принципах описания многократного рассеяния в конкретных системах, понимать значение и знать основные подходы к решению задач рассеяния света в разных конденсированных средах.

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

Семинары 30 часов, промежуточная аттестация 2 часа

**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 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| очная форма обучения | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1й год обучения | 30 | 30 |  |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 46 |  |  |  | 2 | 3 |
|  | 1-100 | 1-100 |  |  |  |  |  |  | 1-100 |  |  |  | 1-1 |  |  |  |  |  |
| ИТОГО | 30 | 30 |  |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 46 |  |  |  | 2 | 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 | | | | | | |
| очная форма обучения | | | | | | |
| 1й год обучения |  |  | зачёт, устно, традиционная форма | по графику промежуточной аттестации |  |  |

**2.2. Структура и содержание учебных занятий**

*Здесь надо расписать что относится к лекциям, а что к семинарам.*

1. Система уравнений Максвелла для неоднородных диэлектрических сред. Лекция. 2 ч.
2. Волновое уравнение в интегральной форме. Лекция. 3 ч.
3. Скалярная задача. Функция Грина скалярного поля. Семинар, 3 ч.
4. Функция Грина электромагнитного поля. Лекция. 3 ч.
5. Однократное рассеяние на неоднородностях диэлектрической проницаемости. Семинар, 3 ч.
6. Многократное рассеяние. Средняя функция Грина. Диаграммное представление. Физическая интерпретация. Уравнение Дайсона. Семинар, 3 ч.
7. Функция когерентности, диаграммный ряд для неё. Лестничные и циклические диаграммы. Физическая интерпретация. Лекция. 3 ч.
8. Уравнение Бете - Солпитера. Лекция. 3 ч.
9. Методы приближенного нахождения среднего поля точечного источника в неограниченных средах. Семинар, 3 ч.
10. Функция когерентности поля. Лекция. 3 ч.
11. Получение оптической теоремы из уравнения Бете - Солпитера. Семинар, 3 ч.
12. Уравнение переноса излучения, как следствие уравнения Бете - Солпитера. Семинар, 3 ч.
13. Феноменологический подход к уравнению переноса излучения. Лекция. 2 ч.
14. Плоская волна в анизотропной среде. Лекция. 3 ч.
15. Волны в одноосных кристаллах. Семинар, 3 ч.
16. Волны в двухосных кристаллах. Семинар, 3 ч.
17. Диффузионное приближение. Лекция. 3 ч.
18. Когерентное обратное рассеяние. Семинар, 3 ч.
19. Модель точечных рассеивателей. Лекция. 2 ч.
20. Когерентное обратное рассеяние на частицах конечной формы. Лекция. 3 ч.
21. Рассеяние волн на шероховатых поверхностях. Семинар, 3 ч.

**Раздел 3. Обеспечение учебных занятий**

**3.1. Методическое обеспечение**

**3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины**

Посещение занятий, изучение обязательной и дополнительной литературы; научных статей и обзоров по темам семинаров (предоставляются преподавателем).

**3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы**

Обязательная и дополнительная литература; научные статьи и обзоры по темам семинаров (предоставляются преподавателем).

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

Текущий контроль успеваемости не производится.

Зачет проводится в устной форме. Билет зачета содержит два теоретических вопроса. Время подготовки ответа составляет 90 минут. Использование конспектов и учебников, а также электронных устройств хранения, обработки или передачи информации на зачетах категорически запрещено. Зачет ставится за правильно изложенный ответ на оба вопроса билета.

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

*Примерный перечень вопросов к зачету по всему курсу*

1. Система уравнений Максвелла для неоднородных диэлектрических сред.
2. Функция Грина электромагнитного поля.
3. Волновое уравнение в интегральной форме.
4. Функция Грина скалярного поля.
5. Однократное рассеяние на неоднородностях диэлектрической проницаемости.
6. Многократное рассеяние.
7. Диаграммное представление макроскопических полей
8. Многократное рассеяние
9. Представление многократного рассеяния в диаграммной форме.
10. Средняя функция Грина. Уравнение Дайсона.
11. Уравнение Бете - Солпитера.
12. Приближения для среднего поля.
13. Лестничные и циклические диаграммы.
14. Функция когерентности поля.
15. Получение оптической теоремы
16. Получение уравнения переноса излучения из уравнения Бете - Солпитера.
17. Феноменологическое уравнение переноса излучения.
18. Плоская волна в анизотропной среде.
19. Волны в одноосных кристаллах.
20. Волны в двухосных кристаллах.
21. Диффузионное приближение.
22. Когерентное обратное рассеяние.
23. Методы наблюдения когерентного обратного рассеяния.
24. Модель точечных рассеивателей.
25. Когерентное обратное рассеяние на частицах конечной формы.
26. Распространение импульса в неоднородной среде.
27. Скорость переноса излучения.
28. Рассеяние волн на шероховатых поверхностях.

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

Примерная анкета-отзыв по преподаванию дисциплины

Просим Вас заполнить анонимную анкету-отзыв по пройденному Вами курсу. Обобщенные данные анкет будут использованы для совершенствования преподавания. По каждому вопросу проставьте соответствующие оценки по шкале от 1 до 10 баллов (обведите выбранный Вами балл). В случае необходимости впишите свои комментарии.

1. Насколько Вы удовлетворены содержанием дисциплины в целом?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. Насколько Вы удовлетворены формами преподавания?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. Как Вы оцениваете качество подготовки предложенных учебно–методических материалов?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. Насколько Вы удовлетворены использованием преподавателями интерактивных и активных методов обучения ?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Комментарий\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. Какие из тем дисциплины Вы считаете наиболее полезными, ценными с точки зрения дальнейшего обучения и/или применения в последующей практической деятельности?
2. Что бы Вы предложили изменить в методическом и содержательном плане для совершенствования преподавания данной дисциплины?

СПАСИБО!

**3.2. Кадровое обеспечение**

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

К проведению занятий должны привлекаться преподаватели, имеющие ученую степень не ниже кандидата наук (в том числе степень PhD, прошедшую установленную процедуру признания и установления эквивалентности) и/или ученое звание по специальностям теоретическая физика или физика конденсированного состояния..

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

Не предусмотрено

**3.3. Материально-техническое обеспечение**

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

Стандартно оборудованная аудитория.

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

Не предусмотрено

**3.3.3 Характеристики специализированного оборудования**

Стандартно оборудованная аудитория.

**3.3.4 Характеристики специализированного программного обеспечения**

Не требуется.

**3.3.5 Перечень и объёмы требуемых расходных материалов**

доска, мел

**3.4. Информационное обеспечение**

**3.4.1 Список обязательной литературы**

1. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Теоретическая физика: Учеб. пособ. для вузов в 10 т. Т. VIII. / Электродинамика сплошных сред, 3-е изд., стереот. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005, 620 с.

2. С.М. Рытов, Ю.А. Кравцов, В.И. Татарсткий. / Введение в статистическую радиофизику. Часть 2. Случайные поля. Учеб. пособ. для вузов. 2-е изд., М. Наука: ФИЗМАТЛИТ, 1978, 463 с.

3. А. Исимару. / Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах, М.: Мир, 1981, т. 1, 280 с.

4. А. Исимару. / Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах, М.: Мир, 1981, т. 2, 320 с.

**3.4.2 Список дополнительной литературы**

1. В.Л. Кузьмин, В.П. Романов. / Когерентные эффекты при рассеянии света в неупорядоченных системах, УФН, 1996, т. 166, №3, с. 247.

2. B. van Tiggelen, H. Stark, Rev. Mod. Phys. 72, 1017 (2000).

**3.4.3 Перечень иных информационных источников**

Не предусмотрено

**Раздел 4. Разработчики программы**

Ульянов Сергей Владимирович докт. физ.-мат. наук, доцент, Профессор кафедры статистической физики, ulyanov\_sv@mail.ru, тел. (812) 428-45-15, 79117540264.