

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Д.А. Таюрский

\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

### Программа дисциплины

Математические методы статистической физики Б1.В.ДВ.13

Направление подготовки: 44.03.05 - Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)

Профиль подготовки: Физика и информатика

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Демин С.А.

**Рецензент(ы):**

Нефедьев Л.А.

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Мокшин А. В.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 6161619

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) старший преподаватель, б/с Демин С.А. кафедра вычислительной физики и моделирования физических процессов научно-педагогическое отделение, Sergey.Demin@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина 'Математические методы статистической физики' вырабатывает у студентов навыки построения математических моделей различных физических процессов и решения получающихся при этом математических задач. Данный курс составляет математическую основу дисциплины 'Теоретическая физика' и значительного числа специальных дисциплин для всех физических специальностей. В рамках дисциплины рассматриваются задачи математической физики, приводящие к уравнениям с частными производными. Порядок изложения связан с описанием типичных физических процессов, поэтому расположение материала соответствует основным типам уравнений.

Курс 'Математические методы статистической физики' предназначен для улучшения математической подготовки студентов, обучающихся по специальности 'Физика с дополнительной специальностью 'информатика''. Основной целью его является знакомство студентов с основными математическими методами, используемыми современной теоретической физикой для описания поведения различных физических систем. Изучение курса предполагает знание студентами основ высшей математики.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.13 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 5 курсе, 10 семестр.

Курс призван создать представление по методам математической физики, значительно расширить и дополнить знания соответствующих разделов, изучаемых в курсе теоретической физики, с одновременным применением их на практике.

Данная рабочая учебная программа предназначена для студентов по направлению подготовки (специальности) - 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки).

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-6 (общекультурные компетенции)	способность к самоорганизации и самообразованию
ПК-1 (профессиональные компетенции)	готовность реализовывать образовательные программы по учебным предметам в соответствии с требованиями образовательных стандартов
ПК-10 (профессиональные компетенции)	способность проектировать траектории своего профессионального роста и личностного развития
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способность использовать современные методы и технологии обучения и диагностики

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-6 (профессиональные компетенции)	готовность к взаимодействию с участниками образовательного процесса
ПК-7 (профессиональные компетенции)	способность организовывать сотрудничество обучающихся, поддерживать их активность, инициативность и самостоятельность, развивать творческие способности

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- вывод уравнения малых поперечных колебаний для струны, закрепленной на концах;
- решение уравнения колебаний закрепленной струны методом разделения переменных (методом Фурье); физический смысл полученного решения;
- решение уравнения для бесконечной струны методом Даламбера;
- вывод уравнения распространения тепла для конечного стержня, изолированного на концах;
- решение уравнения теплопроводности для конечного стержня методом Фурье (с использованием начальных и граничных условий); физический смысл полученного решения;
- основные специальные функции;
- методы решения уравнений эллиптического типа;
- основные элементы линейной алгебры.

2. должен уметь:

- классифицировать УЧП второго порядка;
- приводить к каноническому виду уравнения гиперболического, параболического и эллиптического типов;
- решать УЧП второго порядка гиперболического, параболического и эллиптического типов методом разделения переменных (методом Фурье);
- выполнять линейные преобразования в унитарном пространстве.

3. должен владеть:

- методами аналитического исследования скалярных полей физических величин;
- методами аналитического исследования векторных полей физических величин;
- методами аналитического исследования тензорных полей физических величин;
- методами решения УЧП второго порядка и применение их при решении различных прикладных задач.

4. должен продемонстрировать способность и готовность:

применять полученные ЗУН на практике и в своей профессиональной деятельности.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 10 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);  
 55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);  
 54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	
1.	Тема 1. Классификация линейных дифференциальных уравнений второго порядка в частных производных.	10		0	6	0	Письменная работа
2.	Тема 2. Специальные функции.	10		0	10	0	Письменная работа
3.	Тема 3. Уравнение Шрёдингера для атома водорода.	10		0	10	0	Письменная работа
4.	Тема 4. Элементы линейной алгебры.	10		0	6	0	Отчет
.	Тема . Итоговая форма контроля	10		0	0	0	Экзамен
	Итого			0	32	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Классификация линейных дифференциальных уравнений второго порядка в частных производных.

###### *практическое занятие (6 часа(ов)):*

Сведения о дифференциальных уравнениях в частных производных; уравнения в частных производных второго порядка. Понятия о начальных и краевых (граничных) условиях.

##### Тема 2. Специальные функции.

###### *практическое занятие (10 часа(ов)):*

Классические ортогональные полиномы: полиномы Лежандра (присоединенные полиномы Лежандра), Лагерра, Эрмита, Якоби, Чебышева. Функции Бесселя 1-го и 2-го рода. Понятие о сферических функциях.

##### Тема 3. Уравнение Шрёдингера для атома водорода.

###### *практическое занятие (10 часа(ов)):*

Движение в центрально-симметричном поле. Решение уравнения Шредингера для атома водорода.

##### Тема 4. Элементы линейной алгебры.

###### *практическое занятие (6 часа(ов)):*

Метрические, топологические, гильбертовы пространства: определения, аксиомы, свойства. Примеры.

#### 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел дисциплины	Се-местр	Неде-ля семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудо-емкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Классификация линейных дифференциальных уравнений второго порядка в частных производных.	10		подготовка к письменной работе	10	Письменная работа
2.	Тема 2. Специальные функции.	10		подготовка к письменной работе	10	Письменная работа
3.	Тема 3. Уравнение Шрёдингера для атома водорода.	10		подготовка к письменной работе	10	Письменная работа
4.	Тема 4. Элементы линейной алгебры.	10		подготовка к отчету	10	Отчет
	Итого				40	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Для эффективного усвоения учебного материала студенту необходимо знать основы математического анализа, аналитической геометрии и линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, дифференциальных уравнений, теории вероятности и статистики, а также курсов общей и экспериментальной физики.

При подготовке к экзамену рекомендуется кроме лекционного материала использование учебников и учебных пособий по методам математической физики, отдельным разделам статистической физики (см. перечень основной и дополнительной литературы), различных современных информационных источников, к примеру, Веб - сайтов, электронных библиотек, Интернет - энциклопедий и словарей и т.п.

Так как балльно-рейтинговая система оценки знаний подразумевает получение определенного числа баллов во время семестра, студентам рекомендуется выполнение всех самостоятельных работ в рамках всех модулей. Студенты также должны принимать активное участие при решении типовых физических задач во время аудиторных занятий. Кроме того, необходимо наличие всех домашних заданий, при выполнении которых студенты закрепляют усвоение нового практического и теоретического материала.

### 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

#### Тема 1. Классификация линейных дифференциальных уравнений второго порядка в частных производных.

Письменная работа , примерные вопросы:

Канонические уравнения гиперболического типа. Вывод уравнения малых колебаний для струны, закрепленной на концах. Решение уравнения колебаний закрепленной струны методом разделения переменных (методом Фурье). Физический смысл решения: понятие о суперпозиции решений, собственных значениях и собственных функциях. Решение уравнения для бесконечной струны методом Даламбера.

### **Тема 2. Специальные функции.**

Письменная работа , примерные вопросы:

Уравнения параболического типа. Вывод уравнения распространения тепла для конечного стержня, изолированного на концах. Решение уравнения теплопроводности для конечного стержня методом Фурье (с использованием начальных и граничных условий). Физический смысл решения.

### **Тема 3. Уравнение Шрёдингера для атома водорода.**

Письменная работа , примерные вопросы:

Уравнения эллиптического типа. Задача Дирихле, Неймана и третья краевая задача для уравнения Лапласа. Уравнение Лапласа для круга и его решение методом Фурье. Уравнение Лапласа для шара и его решение методом Фурье.

### **Тема 4. Элементы линейной алгебры.**

Отчет , примерные вопросы:

Линейные конечномерные операторы в гильбертовых пространствах. Бесконечномерные операторы. Алгебры фон Неймана и  $C^*$ -алгебры. Дифференциальное исчисление в линейных пространствах. Сильный и слабый дифференциалы. Интегральные преобразования и метод функций Грина в задачах физики.

### **Итоговая форма контроля**

экзамен (в 10 семестре)

Примерные вопросы к итоговой форме контроля

1. Понятие о дифференциальных уравнениях в частных производных (общий вид, линейность, однородность, начальные и краевые условия).
2. Классификация дифференциальных уравнений в частных производных.
3. Вывод уравнения колебаний струны, закрепленной на концах.
4. Решение уравнения колебаний струны, закрепленной на концах, методом Фурье (методом разделения переменных).
5. Анализ решения уравнения колебаний струны: собственные значения, собственные функции, принцип суперпозиции, ряд Фурье.
6. Решение уравнения колебаний бесконечной струны методом Даламбера.
7. Вывод уравнения теплопроводности для ограниченного стержня, изолированного на концах.
8. Решение уравнения теплопроводности для ограниченного стержня методом разделения переменных.
9. Анализ решения уравнения теплопроводности.
10. Понятие об уравнении Лапласа. Формулировка задач Дирихле, Неймана. Третья краевая задача.
11. Решение уравнения Лапласа для круга.
12. Решение уравнения Лапласа для шара.
13. Уравнение и многочлены Лежандра.
14. Уравнение Шредингера для атома водорода.
15. Решение радиальной части уравнения Шредингера для атома водорода.
16. Решение угловой части уравнения Шредингера для атома водорода.
17. Понятие о многочленах Чебышева-Лагерра.
18. Понятие о сферических функциях (сферические функции как решения угловой части уравнения Лапласа в сферических координатах).

19. Линейные пространства.
20. Частично-упорядоченные множества.
21. Понятие о метрических пространствах.
22. Теоремы сходимости в метрических пространствах.
23. Замыкание.
24. Гомеоморфные отображения метрических пространств.
25. Сепарабельные пространства.
26. Понятие о компактных множествах.
27. Топологическое пространство. Аксиомы топологического пространства.
28. Линейные топологические пространства.
29. Линейные операторы в линейных топологических пространствах.
30. Пространства линейных операторов.
31. Линейные нормированные пространства.
32. Гильбертовы пространства.
33. Сопряженные и самосопряженные операторы в гильбертовых пространствах.
34. Сжимающие отображения.
35. Понятие о производной Фреше.
36. Понятие о производной Гато.

### 7.1. Основная литература:

1. Физика: Механика. Механические колебания и волны. Молекулярная физика. Термодинамика: Учебное пособие / С.И. Кузнецов. - 4-е изд., испр. и доп. - М.: Вузовский учебник: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 248 с.: 60x90 1/16. (п) ISBN 978-5-9558-0317-3 - Режим доступа:

<http://znanium.com/catalog/product/412940>

2. Лекции по численным методам математической физики: Уч.пос./ М.В.Абакумов, А.В.Гулин; МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет вычисл. математике и кибернетики. - М.:НИЦ ИНФРА-М,2013-158 с.: 60x88 1/16. - (ВО:Бакалавр.). (о) ISBN 978-5-16-006108-5 - Режим доступа:

<http://znanium.com/catalog/product/364601>

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Физика в вузе. Современный учебник по механике: Монография / С.И. Кузнецов. - М.: Вузовский учебник: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 264 с.: 60x88 1/16. - (Научная книга). (обложка) ISBN 978-5-9558-0324-1 - Режим доступа:

<http://znanium.com/catalog/product/417465>

2. Физика. Практикум: Учебное пособие / Г.В. Врублевская, И.А. Гончаренко, А.В. Ильюшонок. - М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Нов. знание, 2012. - 286 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-16-005340-0 - Режим доступа:

<http://znanium.com/catalog/product/252334>

### 7.3. Интернет-ресурсы:

Конспект лекций по статистической физике. -

<http://window.edu.ru/resource/603/50603/files/tdsph.pdf>

Курс статистической физики. Конспект лекций. - <https://books.ifmo.ru/file/pdf/729.pdf>

Лекции по термодинамике и статистической физике. -

<http://window.edu.ru/resource/217/40217/files/oct03060.pdf>

Статистическая физика. Видеолекции. -

<https://lectoriy.mipt.ru/course/TheoreticalPhysics-StatisticalPhysics-14L>

Уравнения математической физики. - <http://window.edu.ru/resource/522/59522/files/may07055.pdf>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Математические методы статистической физики" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Для обеспечения учебного процесса на лекционных и практических занятиях по курсу "Математические методы статистической физики" имеются тексты самостоятельных работ по модулям, учебное пособие с кратким содержанием лекционного материала дисциплины, а также дополнительные электронные учебно-методические пособия с изложением лекционного курса. Для проведения лекционных занятий имеется техническое средство обучения в составе одного ноутбука и мультимедийного проектора для демонстрации физических процессов и явлений, к которым приводит математическая физика, также в наличии имеется интерактивная доска для эффективного проведения практических занятий. Имеется комплект CD-дисков с лекционными и наглядно-демонстрационными материалами.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 44.03.05 "Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)" и профилю подготовки Физика и информатика .

Автор(ы):

Демин С.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Нефедьев Л.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.