

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол от
«31» мая 2023 г. №6

Рабочая программа дисциплины

Методы математической физики

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

03.03.02 Физика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

профиль "Теоретическая физика"

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

бакалавр

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Год начала обучения

2022

(для обучающихся какого года начала обучения разработана Рабочая программа)

Нижегород

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Методы математической физики» относится к вариативной части Б1.В блока Б1 «Дисциплины (модули)», является обязательной для освоения, преподается на третьем году обучения, в пятом семестре. Освоению дисциплины предшествует освоение дисциплин (модулей) «Математика», «Общая физика» в первом – четвертом семестрах.

Целями освоения дисциплины «Методы математической физики» являются:

- овладение методами исследования математических и физических моделей объектов и процессов в окружающем мире, основанных на принципах теории линейных векторных пространств и теории линейных операторов в гильбертовом пространстве (ГПР);
- изучение фундаментальных законов и положений, определяющих свойства линейных операторов в ГПР;
- выработка у студентов практических навыков описания сложных процессов микромира и закономерностей физики на языке адекватных обобщенных операторных моделей.

2. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины «Методы математической физики» составляет 6 зачетных единиц, всего 216 часов, из которых 67 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (3 часа – мероприятия промежуточной аттестации; 32 часа занятия лекционного типа, 32 часа занятия семинарского типа (практические занятия), в том числе 2 часа – мероприятия текущего контроля успеваемости), 149 часов составляет самостоятельная работа обучающегося (113 часов самостоятельная работа в течение семестра, 36 часов самостоятельная работа при подготовке к промежуточной аттестации).

Содержание дисциплины «Методы математической физики»

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				Самостоятельная работа в течение семестра, часы
		контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) в течение семестра, часы, из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
1. Линейные векторные пространства. Размерность, базис пространства. Аксиомы.	41	4	4	—	8	33
2. Линейные операторы. Линейные и нелинейные операторы. Коммутаторы. Свойства коммутирующих операторов. Собственные векторы и собственные значения операторов.	72	16	16	—	32	40
3. Оператор Лапласа в сферической и цилиндрической системах координат. Оператор Лапласа в сферической системе координат. Операторы квадрата момента импульса и проекции момента на ось z. Общие собственные функции. Полиномы Лежандра, рекуррентные соотношения и свойства. Сферические гармоники. Оператор Лапласа в цилиндрической системе координат. Функции Бесселя и Неймана. Общее решение уравнения Лапласа в сферической и цилиндрической системах координат.	64	12	12	—	24	40
В т.ч. текущий контроль	2	2				—
Промежуточная аттестация – зачет и экзамен						

3. Образовательные технологии

- 1) Чтение лекций;
- 2) сопровождение лекций написанием и выводом формул, построением графиков, изображением рисунков на доске;
- 3) методика «вопросы и ответы»;
- 4) выполнение практического задания у доски;
- 5) индивидуальная работа над практическим заданием;

- 6) работа в парах над практическим заданием;
- 7) работа в малых группах над практическим заданием;
- 8) методика «мозговой штурм».

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся предполагает изучение конспектов лекций, выделенных разделов основной литературы, а также дополнительной литературы, выполнение практических заданий, отвечающих изучаемым разделам дисциплины, подготовку к промежуточной аттестации.

Перечень основной и дополнительной литературы для самостоятельного изучения приведен в п. 7 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Контрольные вопросы для промежуточной аттестации, примеры практических заданий приведены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	Демонстрация способности применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

6.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Промежуточной аттестацией для дисциплины «Методы математической физики» являются **зачет и экзамен**.

По итогам зачета выставляются оценки «Не зачтено» (означает отсутствие аттестации) или «Зачтено» (означает прохождение первого этапа промежуточной аттестации – зачета). В случае прохождения зачета обучающийся допускается ко второму этапу промежуточной аттестации – экзамену.

По итогам экзамена выставляется оценка по семибалльной шкале: оценки «Плохо» и «Неудовлетворительно» означают отсутствие аттестации, оценки «Удовлетворительно», «Хорошо», «Очень хорошо», «Отлично» и «Превосходно» выставляются при успешном прохождении аттестации.

6.2. Процедуры и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- индивидуальное собеседование (промежуточная аттестация).

Контрольные вопросы для индивидуального собеседования представлены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и навыков используются следующие процедуры и технологии:

- выполнение практических заданий (текущий контроль, промежуточная аттестация).

Примеры практических заданий для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в п. 6.3 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Критериями оценивания на зачете являются наличие умений и владений (навыков), перечисленных в п. 5 настоящей Рабочей программы дисциплины. Критериями оценивания на экзамене являются полнота знаний, наличие умений и владений (навыков), перечисленных в п. 5 настоящей Рабочей программы дисциплины.

«Не зачтено» – обучающийся не показал минимально допустимый уровень умений и навыков выполнения практических заданий;

«Зачтено» – обучающийся успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий базового уровня сложности;

«Плохо» – обучающийся не продемонстрировал никаких знаний об основных теоретических разделах курса, не показал никаких умений и навыков выполнения практических заданий;

«Неудовлетворительно» – обучающийся не продемонстрировал представления об основных теоретических разделах курса, не показал минимально допустимый уровень умений и навыков выполнения практических заданий;

«Удовлетворительно» – обучающийся продемонстрировал изложение формулировок основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий базового уровня сложности;

«Хорошо» – обучающийся продемонстрировал связное изложение основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения стандартных практических заданий;

«Очень хорошо» – обучающийся продемонстрировал связное изложение практически всех теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения стандартных практических заданий;

«Отлично» – обучающийся продемонстрировал связное изложение всех теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий повышенного уровня сложности;

«Превосходно» – обучающийся продемонстрировал уровень знаний в объеме, превышающем стандартную программу подготовки, и продемонстрировал творческий подход к выполнению практических заданий повышенного уровня сложности.

6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

6.3.1. При проведении промежуточной аттестации обучающимся предлагаются следующие контрольные вопросы, охватывающие программу дисциплины «Методы математической физики»:

1. Линейные векторные пространства. Линейная зависимость и независимость векторов. Полный набор линейно независимых векторов.
2. Скалярное произведение векторов. Сопряженное векторное пространство.
3. Линейные операторы. Коммутатор. Коммутирующие операторы.
4. Функции от оператора. Оператор сдвига.
5. Эрмитовское сопряжение операторов. Самосопряженные операторы.
6. Матричное представление оператора. След оператора.
7. Интегральное ядро оператора. Унитарные операторы.
8. Собственные векторы и спектр оператора.
9. Собственный базис оператора. Функции от операторов в собственном базисе.
10. Обратный оператор. Связь унитарных и эрмитовских операторов.
11. Совместный спектр нескольких коммутирующих операторов. Полный набор коммутирующих операторов.
12. Проекционные операторы.

13. Условие полноты системы базисных векторов. δ - функция Дирака и ее свойства.
14. Собственные функции и собственные значения оператора сдвига.
15. $\hat{\mathbf{r}}$ - и $\hat{\mathbf{p}}$ - представления операторов.
16. Функция Грина оператора.
17. Оператор Лапласа в сферических координатах. Угловая часть оператора Лапласа и ее связь с оператором момента импульса.
18. Собственные значения и собственные функции оператора квадрата момента импульса.
19. Производящая функция для полиномов Лежандра. Полиномы Лежандра.
20. Присоединенные полиномы Лежандра. Явный вид сферических функций.
21. Оператор Лапласа в цилиндрических координатах. Общее решение уравнения Лапласа в цилиндрических координатах.
22. Производящая функция для функций Бесселя. Рекуррентные соотношения для функций Бесселя. Асимптотическое поведение и нули функций Бесселя.

6.3.2. Примеры практических заданий для практических занятий, самостоятельной работы обучающихся, проведения текущего контроля и промежуточной аттестации:

1. Функцию $f(z, \varphi) = \sin z \cdot \cos \varphi$ разложить по общему собственному базису операторов $\hat{\ell}_z$ и \hat{P}_z .
2. Вычислить интеграл $\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\delta(x \cdot \cos x)}{x^2 + 1} dx$.
3. Разложить по полиномам Лежандра функцию $f(x) = x(x-1)^2$.
4. Найти вид оператора $\hat{A} = \begin{pmatrix} 1 & i \\ -i & -1 \end{pmatrix}$ в собственном представлении оператора $\exp(i\hat{\sigma}_z)$.
5. Используя метод функции Грина, найти частное решение уравнения $\frac{df}{dx} + f = x^2$.

6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

1. Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 №55-ОД.

2. Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

Дж. Мэтьюз, Р. Уокер «Математические методы в физике», М.: Атомиздат, 1972. Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ, 20 экз.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=66339>.

б) дополнительная литература:

1) Ли Цзун Дао «Математические методы в физике», М.: Мир, 1965. Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ, 4 экз.

<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=66797>.

2) А.И. Ахиезер, И.М. Глазман «Теория линейных операторов в гильбертовом пространстве»

(В 2 т. Т. 1. – Харьков: Высшая школа, 1977. – 315 с. Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ, 2 экз.

<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=94339>;

В 2 т. Т. 2. – Харьков: Высшая школа, 1978. – 288 с. Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ, 1 экз.

<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=94340>;

М.: Наука, Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1966. – 544 с. Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ, 6 экз.

<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=94875>;

М.; Л.: Гостехиздат, 1950. – 483 с. Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ, 11 экз.

<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=94356>)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Интернет-ресурсы Фундаментальной библиотеки ННГУ

<http://www.lib.unn.ru/>.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины обусловлено наличием учебных аудиторий для проведения занятий, оборудованных специализированной мебелью, меловыми или магнитно-маркерными досками для представления учебной информации большой аудитории. Ресурс мела и маркеров для доски в учебных аудиториях регулярно возобновляется.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся (на базе Фундаментальной библиотеки ННГУ) оснащены компьютерной техникой с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями самостоятельно установленного ННГУ образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Автор:

доцент кафедры теоретической физики

физического факультета,

к. ф.-м. н., доцент _____ / Перов А.А. /

Рецензент:

Зав. кафедрой теоретической физики

физического факультета,

д. ф.-м. н., доцент _____ / Бурдов В.А. /

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии
физического факультета ННГУ от « » _____ 2021 года,
протокол № б/н.

Председатель

Учебно-методической комиссии

физического факультета ННГУ _____ / Перов А.А. /