

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования\_  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Физический факультет

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Основы теории линейных операторов

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

09.03.02 - Информационные системы и технологии

---

Направленность образовательной программы

Информационные системы и технологии в физических исследованиях

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.02 Основы теории линейных операторов относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-15: Способен применять современный математический аппарат при проведении, моделировании и анализе результатов компьютерного или натурального эксперимента	ПК-15.1: Знать современный математический аппарат, используемый при разработке компьютерных моделей и анализе результатов ПК-15.2: Уметь применять современный математический аппарат при проведении, моделировании и анализе результатов компьютерного или натурального эксперимента ПК-15.3: Владеть навыками применения современных аналитических и численных методов в решении профессиональных задач	ПК-15.1: Владение современными математическими методами, границами их применимости при разработке компьютерных моделей реальных процессов. Способность проанализировать результаты модельных расчетов.  ПК-15.2: Владение современным математическим аппаратом физики при разработке компьютерных моделей реальных процессов. Способность проанализировать результаты модельных и/или реальных экспериментов.  ПК-15.3: Умения обоснованно применять методы аналитического и численного анализа при решении производственных профессиональных задач.	Задачи	Экзамен: Разноуровневые задания

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>5</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>180</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
<b>самостоятельная работа</b>	<b>78</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>36</b> <b>Экзамен</b>

### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Тема 1. Линейные векторные пространства. Размерность, базис пространства. Аксиомы	18	4	4	8	10
Тема 2. Линейные операторы. Линейные и нелинейные операторы. Коммутаторы. Свойства коммутирующих операторов. Собственные векторы и собственные значения операторов.	50	10	10	20	30
Тема 3. Оператор Лапласа в сферической и цилиндрической системах координат. Оператор Лапласа в ССК. Операторы квадрата момента импульса и проекции момента на ось z. Общие собственные функции. Полиномы Лежандра, рекуррентные соотношения и свойства. Сферические гармоники. Оператор Лапласа в ЦСК. Функции Бесселя и Неймана. Общее решение уравнения Лапласа в ССК и ЦСК.	74	18	18	36	38
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	180	32	32	66	78

#### Содержание разделов и тем дисциплины

Линейные векторные пространства. Теория линейных операторов в гильбертовом пространстве. Сферическая и цилиндрическая системы координат.

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Самостоятельная работа обучающегося проводится в форме выполнения домашних контрольных заданий и изучения лекционного материала. В качестве учебно-методического обеспечения самостоятельной работы используется литература, указанная в разделе 6.

#### 5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-15:

1). Исследовать полноту базиса гильбертова векторного пространства при решении задачи на собственные значения оператора в представлении другого оператора с дискретным невырожденным спектром.

2). Оценить поправки к спектру оператора, обусловленные физическими причинами перехода из бесконечномерного пространства к конечномерному.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Задачи выполнены в полном объеме, студент продемонстрировал хорошие предметные знания
не зачтено	Задачи не выполнены или выполнены не полностью, имеют место грубые ошибки.

#### 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

##### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компет	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				

компетенций)							
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы

		одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Разноуровневые задания) для оценки сформированности компетенции ПК-15

- 1). В терминах теории линейных операторов объяснить невозможность достижения абсолютного нуля температуры в реальных физических экспериментах.
- 2). Каким образом обеспечить сохранение нормы динамического вектора, для поиска которого численно решается система дифференциальных уравнений методами Рунге-Кутты?

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Разноуровневые задания)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Знания и умения студента выходят за рамки программы по курсу.
отлично	Знания и умения студента безупречны в рамках программы курса
очень хорошо	Знания и умения студента хорошие в рамках программы курса. Допускаются отдельные неточности в ответах.
хорошо	Знания и умения студента хорошие в рамках программы курса. Имеется одна несущественная ошибка.
удовлетворительно	Знания и умения студента удовлетворительные в рамках программы курса. Решение практической задачи с помощью преподавателя.
неудовлетворительно	Навыки и знания в надлежащем объеме отсутствуют. Студент не решает практическую задачу с помощью преподавателя.
плохо	Полное отсутствие навыков и знаний по курсу. Попытка списать на экзамене.

### 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Мэтьюз Дж. Математические методы физики / пер. с англ. В. П. Крайнова. - М. : Атомиздат,

1972. - 398 с. : черт. - 1.59., 50 экз.

2. Ахиезер Наум Ильич. Теория линейных операторов в гильбертовом пространстве. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1966. - 544 с. - 54.00., 3 экз.

3. Бурдов Владимир Анатольевич. Операторные основы физики : учебное пособие / В. А. Бурдов, А. А. Перов, Д. В. Хомицкий ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2022. - 188 с. - ISBN 978-5-91326-773-3 : 200.00., 80 экз.

Дополнительная литература:

1. Ли Цзун-дао. Математические методы в физике / пер. с англ. Е. В. Захарова и А. В. Холопова ; под ред. С. В. Фомина. - М. : Мир, 1965. - 296 с. - 0.79., 3 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1) Пакеты компьютерных аналитических и графических вычислений для персонального компьютера. Допускается применение сред Wolfram Mathematica, Matlab, MathCAD, Maple или любых иных компьютерных ресурсов аналогичного назначения.

2) Интернет-ресурсы справочной и математической литературы со свободным или условно-свободным доступом [www.eqworld.ipmnet.ru](http://www.eqworld.ipmnet.ru) , [www.twirpx.com](http://www.twirpx.com)

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

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 09.03.02 - Информационные системы и технологии.

Автор(ы): Перов Анатолий Александрович, кандидат физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Морозов Олег Александрович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 09.01.2024, протокол № б/н.