

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

---

Радиофизический факультет  
(факультет / институт / филиал)

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

**Рабочая программа дисциплины**

**Интегралы, зависящие от параметров, и  
операционное исчисление**

---

*(наименование дисциплины (модуля))*

Уровень высшего образования  
бакалавриат

---

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

**03.03.03 Радиофизика**

---

*(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)*

Направленность образовательной программы

**Радиофизика и электроника**

---

*(указывается профиль / магистерская программа / специализация)*

Форма обучения

очная

---

*(очная / очно-заочная / заочная)*

Нижний Новгород

2023 год

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Базовая. Блок 1.	Дисциплина <i>Б1.В.06 Интегралы, зависящие от параметров, и операционное исчисление</i> относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» ООП по направлению подготовки <b>03.03.03 "Радиофизика"</b> с профилем «Радиофизика и электроника». Дисциплина обязательна для освоения в 4 семестре.

## 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	
ПК-1. Способен анализировать текущую научную и научно-техническую литературу в области физики и радиофизики.	ПК-1.1. Применяет основные методы анализа текущей научной и научно-технической литературы в области физики и радиофизики.	<p>Знает основные методы анализа текущей научной и научно-технической литературы в области физики и радиофизики.</p> <p>Умеет применять основные методы анализа текущей научной и научно-технической литературы в области физики и радиофизики.</p> <p>Имеет практический опыт применения основных методов анализа текущей научной и научно-технической литературы в области физики и радиофизики.</p>	Собеседование Тест

	ПК-1.2. Анализирует текущую научную и научно-техническую литературу в области физики и радиофизики.	Знает способы анализа текущей научной и научно-технической литературы в области физики и радиофизики.  Умеет анализировать текущую научную и научно-техническую литературу в области физики и радиофизики.  Имеет практический опыт анализа текущей научной и научно-технической литературы в области физики и радиофизики.	Собеседование Тест
ПК-2. Способен осваивать и применять новейшие методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики.	ПК-2.1. Обладает базовыми знаниями, необходимыми для освоения новейших методов проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики.	Знает новейшие методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики.  Умеет применять базовые знания для освоения новейших методов проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики.  Имеет практический опыт освоения новейших методов проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики.	Практическое задание
	ПК-2.2. Осваивает и применяет новейшие методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики.	Знает новейшие методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики.  Умеет применять новейшие методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики.  Имеет практический опыт освоения и применения новейших методов теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики.	Практическое задание

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Трудоемкость дисциплины

	<b>Очная форма обучения</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>2 ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>72</b>

<b>в том числе</b>	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>32</b>
- занятия семинарского типа	<b>16</b>
- текущий контроль (КСР)	<b>1</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>23</b>
<b>Промежуточная аттестация – зачет</b>	

### 3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание 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	Занятия лабораторного типа	Всего	
	Очная	Очная	Очная	Очная	Очная	Очная
1. Интегралы, зависящие от параметров		19	12			17
2. Операционное исчисление		13	4			6
Текущий контроль					1	
Итого	72	32	16		1	23

Практические занятия организуются, в том числе в форме практической подготовки.

На практических занятиях более подробно изучается программный материал в плоскости отработки практических умений и навыков и усвоения следующих тем:

1. Собственные интегралы, зависящие от параметра.
2. Признаки сходимости несобственных интегралов.
3. Равномерная сходимость несобственных интегралов.
4. Вычисление несобственных интегралов дифференцированием и интегрированием по параметру.
5. Вычисление несобственных интегралов путём сведения к именным.
6. Эйлеровы интегралы.
7. Вычисление несобственных интегралов с помощью гамма- и бета-функций.
8. Задачи на преобразование Лапласа.

Промежуточная аттестация проходит в форме **зачета**.

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

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Интегралы, зависящие от параметров, и операционное исчисление» включает выполнение практических заданий под контролем преподавателя и подготовку к зачету.

Контрольные и тестовые вопросы и практические задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

#### 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

##### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		Зачтено				
<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, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающий 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 и 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 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 владения материалом. 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 оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»

	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

**Критерий оценивания ответов на типовые контрольные вопросы для собеседования и вопросы к зачету**

Результаты ответа	Оценка
Студент дал развернутый ответ на все вопросы.	зачтено
Студент ответил только на часть вопросов или дал неразвернутый ответ на все вопросы.	не зачтено

**Критерий оценивания практических заданий**

Результаты работы	Оценка
Все практические задания выполнены в полном объеме и в срок. Результаты работы представлены преподавателю.	зачтено
Выполнены не все практические задания или выполнены не в полном объеме (результаты работы не представлены преподавателю).	не зачтено

**Шкала оценки результатов тестирования**

Баллы, %	Оценка сформированности компетенции
80-100	зачтено
0-79	не зачтено

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

### 5.2.1. Вопросы к зачету по дисциплине «Интегралы, зависящие от параметров, и операционное исчисление» для оценки сформированности компетенций ПК-1 и ПК-2

Вопрос	Код компетенции
1. Непрерывность собственных интегралов, зависящих от параметра, с постоянными пределами интегрирования	ПК-2
2. Интегрирование и дифференцирование собственных интегралов, зависящих от параметра, с постоянными пределами интегрирования	ПК-2
3. Непрерывность собственных интегралов, зависящих от параметра, с переменными пределами интегрирования	ПК-2
4. Правило Лейбница дифференцирования собственных интегралов, зависящих от параметра, с переменными пределами	ПК-2
5. Равномерная сходимость несобственного интеграла, зависящего от параметра. Критерий Коши равномерной сходимости	ПК-2
6. Признак Вейерштрасса и признак Абеля равномерной сходимости несобственного интеграла, зависящего от параметра	ПК-2
7. Признак Дирихле и признак Дини равномерной сходимости несобственного интеграла, зависящего от параметра	ПК-2
8. Свойства несобственных интегралов, зависящих от параметра	ПК-2
9. Первая теорема о несобственном интегрировании по параметру	ПК-2
10. Вторая теорема о несобственном интегрировании по параметру	ПК-2
11. Вычисление интеграла Дирихле	ПК-2
12. Вычисление интеграла Пуассона	ПК-2
13. Вычисление интегралов Френеля	ПК-2
14. Определение эйлеровых интегралов, их области сходимости	ПК-2
15. Непрерывность эйлеровых интегралов	ПК-2
16. Свойства гамма-функции. Свойство симметрии бета-функции. Формула приведения для бета-функции	ПК-2
17. Связь эйлеровых интегралов	ПК-2
18. Вывод формулы дополнения	ПК-2
19. Определение преобразования Лапласа. Область существования	ПК-2
20. Линейность изображения. Теорема подобия. Примеры	ПК-2
21. Теорема запаздывания. Примеры	ПК-2
22. Изображение периодической функции. Пример	ПК-2



23.	Изображение производной и изображение интеграла	ПК-2
24.	Изображение свертки. Пример	ПК-2
25.	Дифференцирование и интегрирование изображения	ПК-2
26.	Применение теоремы интегрирования изображения для вычисления несобственных интегралов. Теорема смещения	ПК-2
27.	Лемма Жордана. Следствие	ПК-2
28.	Обращение преобразования Лапласа. Формула Римана-Меллина	ПК-2
29.	Теоремы разложения	ПК-2
30.	Практические задачи, вызвавшие интерес к дробному исчислению	ПК-1
31.	Способы введения дробной производной	ПК-1
32.	Примеры решения уравнений в дробных производных	ПК-1

### 5.2.2. Типовые практические задания для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Применяя дифференцирование или интегрирование по параметру под знаком интеграла, вычислить несобственный интеграл

$$\int_0^{\infty} x e^{-ax^2} \sin bx \, dx \quad (a > 0).$$

2. Применяя дифференцирование или интегрирование по параметру под знаком интеграла, вычислить несобственный интеграл

$$\int_0^{\pi/2} \frac{\ln(1 + p \cos x)}{\cos x} \, dx \quad (|p| < 1).$$

3. Применяя дифференцирование или интегрирование по параметру под знаком интеграла, вычислить несобственный интеграл

$$\int_0^1 \operatorname{arctg} \left( p \sqrt{1 - x^2} \right) \frac{dx}{1 - x^2}.$$

4. Определить область существования несобственного интеграла и выразить его через эйлеровы

$$\int_{-1}^1 \frac{(1+x)^{2m-1} (1-x)^{2n-1}}{(1+x^2)^{m+n}} \, dx.$$

5. Определить область существования несобственного интеграла и выразить его через эйлеровы

$$\int_0^{\infty} \frac{x^{p-1} - x^{q-1}}{(1+x) \ln x} \, dx.$$

6. Определить область существования несобственного интеграла и выразить его через эйлеровы

$$\int_0^{\infty} \frac{\sin \alpha x - \sin \beta x}{x^{\mu+1}} dx.$$

7. Применяя свойства преобразования, найти изображение по Лапласу функции

$$\int_t^{\infty} \frac{J_0(\tau)}{\tau} d\tau,$$

где  $J_0(t)$  - функция Бесселя нулевого порядка.

8. Применяя преобразование Лапласа, найти решение уравнения Эйри

$$y'' - ty = 0,$$

удовлетворяющее начальным условиям:  $y(0)=0$ ,  $y'(0)=1$ .

9. Применяя преобразование Лапласа, найти решение интегрального уравнения ( $0 < \alpha < 1$ )

$$\int_0^t (t - \tau)^{\alpha-1} y(\tau) d\tau = f(t).$$

10. Найти изображение по Лапласу периодической функции

$$f(t) = B |\sin \omega t|.$$

11. Доказать, что если

$$\exists \int_0^{\infty} \frac{f(\tau)}{\tau} d\tau,$$

то справедливо равенство

$$\int_0^{\infty} \frac{f(\tau)}{\tau} d\tau = \int_0^{\infty} F(p) dp,$$

$$f(t) \doteq F(p).$$

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература:

1. Ильин В.А., Позняк Э.Г. – Основы математического анализа. Ч.II. – М.: Физматлит, 2023. – 464 с. (Ссылка на карточку в электронном каталоге ФБ ННГУ: <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=802930&idb=0>)
2. Кудрявцев Л.Д. – Краткий курс математического анализа. Т.2. Дифференциальное и интегральное исчисления функций многих переменных. Гармонический анализ. – М.: Физматлит, 2010. – 424 с. (Ссылка на карточку в электронном каталоге ФБ ННГУ: <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=434822&idb=0>)
3. Фихтенгольц Г.М. – Курс дифференциального и интегрального исчисления. Т.2. – М.: Физматлит, 2018. – 864 с. (Ссылка на карточку в электронном каталоге ФБ ННГУ: <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=741034&idb=0>)
4. Демидович Б.П. Сборник задач и упражнений по математическому анализу. – СПб.: Лань, 2023. – 624 с. (Ссылка на карточку в электронном каталоге ФБ ННГУ: <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=781614&idb=0>)

### б) дополнительная литература:

1. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. – Методы теории функций комплексного переменного. –

- М.: Наука, 1987. – 688 с. (Ссылка на карточку в электронном каталоге ФБ ННГУ: <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=342143&idb=0>)
2. Евграфов М.А. – Аналитические функции. – СПб.: Лань, 2023. – 448 с. (Ссылка на карточку в электронном каталоге ФБ ННГУ: <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=799564&idb=0>)
3. Дёч Г. – Руководство к практическому применению преобразования Лапласа и Z-преобразования. – М.: Наука, 1971. – 288 с. (Ссылка на карточку в электронном каталоге ФБ ННГУ: <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=261651&idb=0>)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

[http://www.unn.ru/books/met\\_files/Laplace%20transform.pdf](http://www.unn.ru/books/met_files/Laplace%20transform.pdf)

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Для обучения студентов имеются аудитории, оснащенные партами, учебной доской, мобильное место преподавателя (проектор, ноутбук, экран, ПО для презентаций, презентации лекций), а также учебная и научная литература, учебно-методические материалы, представленные в библиотечном фонде и базе электронных изданий университета.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 7 августа 2020 г. N 912.

Автор \_\_\_\_\_ Дубков А.А.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Дубков А.А.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «25» мая 2023 года, протокол № 04/23.